



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
Τμήμα Βιομηχανικής Διοίκησης και Τεχνολογίας
Πρόεδρος Τμήματος:
Καθηγητής Λ. Καμαρινόπουλος



**ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΗΣ ΓΝΩΣΗΣ
ΣΕ ΕΡΓΑ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ**

**Διδακτορική Διατριβή
Φίλιππου-Μάρκου Σπανίδη**

Διπλωματούχου Αγρονόμου Τοπογράφου Μηχανικού Α.Π.Θ.
Μ.Δ.Ε. στην Οργάνωση και Διοίκηση Βιομηχανικών Συστημάτων

ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ
Καθηγητής Φ. Μπατζιάς (Επιβλέπων)
Καθηγητής Α. Δελής
Επικ. Καθηγητής Δ. Σιδηράς

ΠΕΙΡΑΙΑΣ, Οκτώβριος 2009

Εξεταστική Επιτροπή

Καθηγητής Φ. Μπατζιάς (Επιβλέπων)

Καθηγητής Α. Δελής

Επίκουρος Καθηγητής Δ. Σιδηράς

Καθηγητής Ι. Πολλάλης

Επίκουρος Καθηγητής Ι. Σώρρος

Επίκουρος Καθηγητής Σ. Μοσχούρης

Λέκτορας Χ. Σιοντόρου

Αφιερώνεται στη μνήμη του πατέρα μου

Υπάρχουν τρεις δρόμοι για να αποκτήσει κανείς τη γνώση:

Ο πρώτος είναι εύκολος και λέγεται μίμηση

Ο δεύτερος είναι σκληρός και λέγεται μάθηση

Ο τρίτος είναι πικρός και λέγεται πείρα

Κομφούκιος

Πρόλογος

Η βιομηχανία του φυσικού αερίου παρουσιάζει ιδιαίτερη ανάπτυξη σε διεθνή κλίμακα, ιδιαίτερα μετά τις μεγάλες πετρελαϊκές κρίσεις του 1973 και του 1979. Η ανάπτυξη αυτή ενισχύθηκε μετά την κατάρρευση του γεωπολιτικού συνασπισμού της ανατολικής Ευρώπης και στη συνέχεια, με την απελευθέρωση και διεθνοποίηση των αγορών, καθώς επίσης και με την αλματώδη άνοδο της παγκόσμιας πρωτογενούς ενεργειακής ζήτησης. Ενισχυτικά στη διάδοση του φυσικού αερίου, λειτούργησε η εντεινόμενη απαίτηση της διεθνούς κοινότητας, για την είσοδο ενός χαμηλού κόστους επεξεργασίας και φιλικού προς το περιβάλλον καυσίμου στο διεθνές ενεργειακό ισοζύγιο. Αποτέλεσμα όλης αυτής της δυναμικής είναι η δημιουργία οικονομιών κλίμακας στο τομέα των διεργασιών και των τεχνολογιών μεταφοράς του φυσικού αερίου, οι οποίες αντιπροσωπεύονται στις ενεργειακές αγορές από το σχεδιασμό και την κατασκευή ολοκληρωμένων υποδομών μεταφοράς, αποθήκευσης και διάχυσης του καυσίμου, τόσο στην αέρια, όσο και στην υγρή του φάση, ως Liquefied Natural Gas (LNG).

Ο τομέας των έργων κατασκευής υποδομών για τις διεργασίες του φυσικού αερίου, παρουσιάζει μεγάλη ανάπτυξη. Στο πλαίσιο αυτό, τα έργα αγωγών μεταφοράς μεγάλης κλίμακας, χαρακτηρίζονται από διεπιστημονικότητα και γνωσιολογική πολυπλοκότητα και η αντιμετώπιση των προβλημάτων που αυτές συνεπάγονται, επιλύονται κυρίως με συνεργασίες μεταφοράς και διάχυσης τεχνογνωσίας. Ωστόσο, η διαχείριση της γνώσης και τεχνογνωσίας, αναδεικνύεται ως ένα σύνολο από πολυδιάστατα προβλήματα ιδιαίτερα για τους οργανισμούς που έχουν καθοριστική συμμετοχή στην υλοποίηση των έργων του φυσικού αερίου, όπως π.χ. μελετητές, σύμβουλοι, επενδυτές, κλπ. Για την αντιμετώπιση των προβλημάτων του τύπου αυτού, τόσο η διεθνής όσο και η εγχώρια επιστημονική βιβλιογραφία, δεν παρουσιάζουν συγκροτημένες, συστηματοποιημένες και εξειδικευμένες διαχειριστικές προτάσεις, όπως σχετικά διαπιστώθηκε.

Η παρούσα διατριβή πραγματεύεται το ζήτημα της διαχείρισης της γνώσης, στο περιβάλλον τεχνικών έργων που σχεδιάζονται και κατασκευάζονται για την ανέγερση βιομηχανικών υποδομών που σχετίζονται με τις διεργασίες αξιοποίησης του φυσικού αερίου. Η διατριβή εστιάζεται στα έργα αγωγών μεταφοράς, αναδεικνύοντας τα προβλήματα διαχείρισης γνώσης που συνδέονται με τα έργα αυτά και διερευνώντας τις αιτίες τους, δηλαδή τα κενά γνώσης, όπως αυτά εντοπίζονται στο διεθνές περιβάλλον και όπως επίσης αναγνωρίζονται και εξειδικεύονται στις εταιρίες συμβούλου μελετητή (ΕΣΜ), ιδιαίτερα στις εγχώριες.

Η συμβολή της διατριβής έγκειται στην συστηματική διερεύνηση και ανάδειξη μεθόδων και τεχνικών διαχείρισης της γνώσης που ενδείκνυνται, αφενός για την οργάνωση και αντικειμενικοποίηση της διεπιστημονικής γνώσης των έργων του φυσικού αερίου, αφετέρου για την ενσωμάτωση της λειτουργικής διάστασης της γνώσης αυτής, στον παραγωγικό μηχανισμό τυπικών εγχώριων ΕΣΜ. Η εφικτότητα του προτεινόμενου συστήματος, τεκμηριώνεται υλοποιώντας τις προτεινόμενες μεθόδους και τεχνικές διαχείρισης της γνώσης, βάσει πραγματικών δεδομένων (ποσοτικών και ποιοτικών) έργων αγωγών μεταφοράς, που αντλήθηκαν από διεθνείς βάσεις δεδομένων, αλλά και από την εμπειρία των έργων του φυσικού αερίου στην Ελλάδα. Το ερευνητικό αποτέλεσμα και τα συμπεράσματα, παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τις εγχώριες ΕΣΜ και την ανταγωνιστικότητά τους, αλλά και για τους ερευνητικούς φορείς-

ινστιτούτα που δραστηριοποιούνται σε θέματα ενέργειας στην Ελλάδα, καθώς επίσης και για τους ιδιώτες επενδυτές που δραστηριοποιούνται σε συνθήκες απελευθέρωσης της εγχώριας αγοράς ενέργειας.

Η διατριβή εκπονήθηκε στο Τμήμα Βιομηχανικής Διοίκησης και Τεχνολογίας του Πανεπιστημίου Πειραιώς, με συμβουλευτική επιτροπή αποτελούμενη, εκ μέρους του Πανεπιστημίου Πειραιώς από τον Επιβλέποντα Καθηγητή κ. Φ. Μπατζιά και τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Δ. Σιδηρά, ενώ εκ μέρους του Τμήματος Πληροφορικής και Επικοινωνιών του Πανεπιστημίου Αθηνών, τον καθηγητή κ. Α. Δελή.

Στην προσπάθειά μου αυτή να δημιουργήσω ένα στοιχειώδες *ordo ab chaos* στο πεδίο της γνωσιολογικής ανάλυσης, είχα την υποστήριξη πολλών και σημαντικών ανθρώπων. Για το λόγο αυτό, θα ήθελα να εκφράσω πρωτίστως τις ευχαριστίες μου στον επιβλέποντα Καθηγητή κ. Φ. Μπατζιά για την εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπό μου, για την επιστημονική και ηθική υποστήριξη που μου παρείχε, για την καθοδήγησή του, την υπομονή του και την πολύτιμη συμβολή του στην σύνταξη των επιστημονικών δημοσιεύσεων, στο περιεχόμενο των οποίων ενσωματώνεται σημαντικό μέρος του περιεχομένου της διατριβής.

Θερμές ευχαριστίες εκφράζω επίσης στα μέλη της συμβουλευτικής επιτροπής, τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Δ. Σιδηρά και τον Καθηγητή Α. Δελή για την υποστήριξή τους, αλλά και τις πολύτιμες συμβουλές και υποδείξεις τους.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω πολλούς συναδέλφους μου από την εταιρία ΑΣΠΡΟΦΟΣ ΑΕ στην οποία εργάζομαι για περισσότερα από εικοσιένα έτη και ειδικότερα τους εμπειρογνώμονες κ. Ε. Πρωτοπαππά Δρα Γεωλόγο, την κ. Ε. Μωραΐτου Διπλ. Χημικό Μηχανικό, τον κ. Α. Ζάμπα Διπλ. Πολτικό Μηχανικό, τον κ. Σ. Φιλόπουλο Διπλ. Χημικό Μηχανικό, τον κ. Π. Δρόσο Διπλ. Μηχανολόγο Μηχανικό, τον κ. Ν. Καραμιχάλη Γεωλόγο, τον κ. Δ. Καλογιάννη Γεωλόγο και τον κ. Κ. Διακάκη Διπλ. Μηχανολόγο Μηχανικό, καθώς επίσης και τους συναδέλφους Σ. Βάρναλη και Ε. Παπαντωνάκη για την τεχνική υποστήριξη που μου παρείχαν.

Επισημαίνεται ότι το λογισμικό στην ανάλυση δένδρου σφαλμάτων και στην πολυκριτηριακή επιλογή εναλλακτικών λύσεων υπό συνθήκες αβεβαιότητας, αναπτύχθηκε από τον Δρα Δ. Μπατζιά, τον οποίο ευχαριστώ θερμά για τη συμβολή του στην ποσοτική ανάλυση των αντιστοίχων θεμάτων.

Τέλος, αναφέρω τη συμβολή του Καθηγητή κ. Ι. Πολλάλη, του Επίκουρου Καθηγητή κ. Ι. Σώρρου, της λέκτορος κ. Χ. Σιοντόρου και του Δρα Δ. Μπατζιά στην ουσιαστική επέκταση ορισμένων σημείων της διατριβής, που άπτονται περιφερειακών μεν αντικειμένων, αλλά προσθέτουν σημαντική γνωσιολογική αξία, αναδεικνύοντας τη διεπιστημονική/διεπιστημική διάσταση του παρόντος ερευνητικού έργου, όπως φαίνεται και από τις αντίστοιχες εργασίες που έχουμε από κοινού δημοσιεύσει.

Φίλιππος-Μάρκος Σπανίδης
Οκτώβριος, 2009

Περίληψη.....	Π-1
Abstract.....	Π-8
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1-1
1.1 Γνώση: σύγχρονες απόψεις και τάσεις.....	1-1
1.2 Διεργασίες αξιοποίησης και έργα υποδομών φυσικού αερίου	1-4
1.3 Αντικείμενο, σκοπός και στόχοι της διατριβής	1-7
1.4 Οργάνωση της διατριβής.....	1-9
2. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΓΝΩΣΗΣ: ΓΕΝΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ	2-1
2.1 Βιβλιογραφική επισκόπηση.....	2-1
2.2 Αντιπροσωπευτικά μοντέλα και συστήματα διαχείρισης γνώσης.....	2-5
2.3 Παράγοντες διαχείρισης της γνώσης.....	2-9
2.3.1 Ο ανθρώπινος παράγων.....	2-9
2.3.2 Επιχειρησιακή στρατηγική.....	2-10
2.3.3 Λειτουργίες	2-11
2.3.4 Συνεργασίες.....	2-12
2.3.5 Οντολογίες.....	2-14
2.3.6 Τεχνολογίες συστημάτων.....	2-20
2.3.7 Εξειδικευμένες μέθοδοι-τεχνικές.....	2-21
3. ΕΡΓΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΗΣ ΓΝΩΣΗΣ	3-1
3.1 Τεχνολογικά χαρακτηριστικά έργων φυσικού αερίου.....	3-1
3.2 Ενεργειακή οικονομία και γεωπολιτική.....	3-2
3.3 Γεωπεριβαλλοντική διάσταση-Ασφάλεια.....	3-5
3.4 Διοίκηση έργων.....	3-6
3.5 Το φυσικό αέριο στην Ελλάδα.....	3-11
3.6 Το πλαίσιο διαχείρισης της γνώσης στα έργα του φυσικού αερίου.....	3-12
3.6.1 Η γνώση σε περιβάλλον έργων φυσικού αερίου.....	3-13
3.6.2 Εξειδίκευση των παραγόντων διαχείρισης της γνώσης	3-17
3.7 Βιβλιογραφική επισκόπηση στο χώρο των έργων του φυσικού αερίου.....	3-21
3.8 Αξιολόγηση-κριτική αποτελεσμάτων βιβλιογραφικής επισκόπησης.....	3-28
4. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΚΕΝΑ ΓΝΩΣΗΣ-ΔΙΑΠΙΣΤΩΣΕΙΣ-ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΑΣ	4-1
4.1 Προβλήματα διαχείρισης της γνώσης στα έργα.....	4-1
4.1.1 Προβλήματα κατανόησης της διαχείρισης της γνώσης.....	4-1
4.1.2 Προβλήματα σχετικά με τους εμπειρογνώμονες.....	4-3
4.1.3 Προβλήματα συνεργασιών.....	4-4
4.1.4 Προβλήματα σχετικά με τα έγγραφα	4-4
4.1.5 Προβλήματα τεχνολογικής ενσωμάτωσης της γνώσης	4-5
4.2 Το ΕΣΦΑ και τα συναφή προβλήματα.....	4-6
4.3 Τα κενά γνώσης στην περίπτωση του ΕΣΦΑ.....	4-8
4.4 Διαπιστώσεις.....	4-14
4.5 Ερωτήματα έρευνας.....	4-16
5. ΠΡΟΤΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΗΣ ΓΝΩΣΗΣ	5-1
5.1 Γενικές αρχές.....	5-1
5.2 Μεθοδολογία.....	5-2
5.2.1 Ανάλυση: προσδιορισμός δομικών και λειτουργικών στοιχείων συστήματος.....	5-2
5.2.2 Σύνθεση: γενικό μοντέλο, μέθοδοι και παραδείγματα.....	5-5
5.2.3 Υλοποίηση-Υποσυστήματα.....	5-26

5.2.4 Διευκρινίσεις-Σχολιασμός.....	5-27
6. ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑ ΠΡΩΤΟ: ΕΞΟΡΥΞΗ ΚΑΙ ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΓΝΩΣΗΣ ΣΤΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ ΕΡΓΩΝ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ	6-1
6.1 Επισκόπηση βιβλιογραφίας.....	6-2
6.2 Τεκμηρίωση ερευνητικού ενδιαφέροντος υποσυστήματος.....	6-5
6.3 Αντικείμενο έρευνας: διείσδυση του φυσικού αερίου στην Πελοπόννησο.....	6-6
6.4 Απόσπαση γνώσης: συλλογή πρωτογενών στοιχείων.....	6-9
6.4.1 Ενεργειακή εικόνα Πελοποννήσου.....	6-9
6.4.2 Συστήματα συμπαράγωγής ΔΕΗ.....	6-10
6.4.3 Κόστος αγωγών.....	6-12
6.4.4 Κόστος μονάδων ΥΦΑ.....	6-13
6.4.5 Κόστος προμήθειας φυσικού αερίου.....	6-14
6.4.6 Κόστος λειτουργίας και συντήρησης.....	6-15
6.4.7 Δανειοδότηση έργων.....	6-17
6.5 Ανάλυση γνώσης: εξόρυξη και επεξεργασία δεδομένων.....	6-17
6.5.1 Πρόβλεψη κόστους κατασκευής αγωγών.....	6-17
6.5.2 Πρόβλεψη κόστους υποδομών ΥΦΑ.....	6-23
6.5.3 Πρόβλεψη λειτουργικού κόστους –Παραμένονσα αξία.....	6-23
6.5.4 Πρόβλεψη πρωτογενούς ενεργειακής ζήτησης.....	6-24
6.5.5 Πρόβλεψη τιμών πώλησης φυσικού αερίου.....	6-26
6.5.6 Ανάλυση διείσδυσης φυσικού αερίου με κανόνες ασαφούς λογικής.....	6-27
6.5.7 Επιλογή διαμέτρου.....	6-31
6.5.8 Χρηματοοικονομικοί δείκτες.....	6-36
6.5.9 Μαθηματική διερεύνηση του κόστους κατασκευής αγωγού.....	6-40
6.5.10 Εξέταση περίπτωσης διείσδυσης ΥΦΑ.....	6-42
6.6 Αναπαράσταση της γνώσης: οντολογίες πλαισίου επένδυσης.....	6-44
6.7 Σύνοψη και συμβολή στην επιστημονική έρευνα.....	6-48
7. ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑ ΔΕΥΤΕΡΟ: ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΟΔΕΥΣΕΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ	7-1
7.1 Επισκόπηση βιβλιογραφίας.....	7-2
7.2 Τεκμηρίωση ερευνητικού ενδιαφέροντος υποσυστήματος.....	7-4
7.3 Αντικείμενο έρευνας υποσυστήματος.....	7-6
7.4 Εξαγωγή της γνώσης.....	7-6
7.4.1 Γεωπεριβαλλοντική και ενεργειακή διερεύνηση.....	7-7
7.4.2 Διαμόρφωση εναλλακτικών προτάσεων.....	7-9
7.4.3 Προσδιορισμός κριτηρίων.....	7-12
7.4.4 Επιλογή εμπειρογνομώνων.....	7-15
7.4.5 Η μέθοδος Delphi-Ερωτηματολόγια.....	7-15
7.5 Ανάλυση της γνώσης: η μέθοδος PROMETHEE-II.....	7-22
7.6 Ερμηνεία αποτελεσμάτων μεθόδου PROMETHEE-II.....	7-27
7.7 Αναπαράσταση γνώσης: λειτουργική οντολογία υποσυστήματος.....	7-31
7.8 Σύνοψη και συμβολή στην επιστημονική έρευνα.....	7-33
8. ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑ ΤΡΙΤΟ: ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΑΓΩΓΩΝ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ	8-1
8.1 Το φαινόμενο της διάβρωσης.....	8-1
8.2 Διάβρωση και αγωγοί φυσικού αερίου.....	8-2
8.3 Συμπτωματολογία διάβρωσης.....	8-2
8.4 Τεκμηρίωση ερευνητικού-γνωσιολογικού ενδιαφέροντος υποσυστήματος.....	8-4
8.5 Επιλογή μεθόδου οντολογικής αναπαράστασης.....	8-6
8.6 Εξαγωγή και ανάλυση της γνώσης.....	8-6
8.7 Αναπαράσταση της γνώσης: σύνθεση οντολογιών διάβρωσης.....	8-11

8.7.1	Σύνθεση οντολογίας εμπειρικής γνώσης.....	8-12
8.7.2	Συνθήκες.....	8-18
8.7.3	Σύνθεση οντολογίας θεωρητικής ανάλυσης μηχανισμού ΗΙΕ.....	8-19
8.7.4	Σύνθεση οντολογίας θεωρητικής ανάλυσης μηχανισμού ΜΙC.....	8-21
8.7.5	Σύνθεση οντολογίας θεωρητικής ανάλυσης μηχανισμού SСC.....	8-24
8.7.6	Σύνθεση οντολογίας συνεργισμού βιο-γεω-χημικών παραγόντων.....	8-25
8.8	Επιθεωρήσεις, έλεγχοι και αποκατάσταση αστοχιών	8-29
8.9	Η απόκτηση γνώσης ως λειτουργική οντολογία.....	8-32
8.10	Σύνοψη και συμβολή στην επιστημονική έρευνα.....	8-34
9.	ΔΙΕΥΚΡΙΝΙΣΕΙΣ-ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ	9-1
9.1	Συνέπεια υποσυστημάτων.....	9-1
9.2	Μεθοδολογία βιβλιογραφικής επισκόπησης.....	9-2
9.3	Έμφαση υποσυστημάτων.....	9-4
9.4	Οργανωτικές επιπτώσεις και συμπεριφορά προσωπικού.....	9-5
9.5	Η βάση γνώσης των ΕΣΜ.....	9-6
9.6	Τεχνοοικονομικά ζητήματα.....	9-7
9.10	Συσχετισμός με θεωρητικά μοντέλα διαχείρισης της γνώσης.....	9-16
10.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ, ΠΡΩΤΟΤΥΠΗ ΣΥΜΒΟΛΗ ΚΑΙ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ	10-1
10.1	Συμπεράσματα.....	10-1
10.2	Πρωτότυπη συμβολή της διατριβής.....	10-5
10.3	Προτεινόμενες κατευθύνσεις και υλοποίηση περαιτέρω έρευνας.....	10-7
10.4	Σύνοψη διατριβής.....	10-12
10.5	Αντί επιλόγου.....	10-12
	ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΩΝ ΚΑΙ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ	Δ-1
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	Β-1
	ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΓΓΡΑΦΕΩΝ	Σ-1
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΠΙΝΑΚΩΝ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

Σχήματα

Αριθμός	Τίτλος σχήματος	Σελίδα
Σ-2.1	Μοντέλο SECI (Nonaka και Takeuchi, 1994)	2-7
Σ-2.2	Σύνδεση Γνωσιολογικών Λειτουργιών μοντέλου GENF (Probst, Raub και Romhardt, 2000)	2-7
Σ-2.3	Οι τρεις πυλώνες του μοντέλου Munich (Reinmann-Rotmeier και Mandl, 2000)	2-8
Σ-2.4	Σύνδεση Γνωσιολογικών Λειτουργιών μοντέλου Munich (Reinmann-Rotmeier και Mandl, 2000)	2-8
Σ-2.5	Υπόδειγμα επιχειρησιακής λειτουργίας (Business Process) κατά Nickols (2004)	2-15
Σ-2.6	Σχεδιασμός οντολογίας για τη διαχείριση πετρελαϊκών αποβλήτων με ιεραρχία (Chan, 2005)	2-15
Σ-2.7	Υπόδειγμα σχεδιασμού των οντοτήτων ICOM της λειτουργίας 'ανάπτυξη νέου προϊόντος' με τη μέθοδο IDEF0 (Kim et al., 2003)	2-17
Σ-2.8	Απόσπασμα λειτουργίας IDEF1 σχετικά με τη διαχείριση ανθρώπινων πόρων (Bal, 1998)	2-17
Σ-2.9	Απόσπασμα λειτουργίας IDEF3 σχετικά με διεργασία βιομηχανικής βαφής (Avison και Fitzgerald, 1998)	2-19
Σ-2.10	Απόσπασμα δικτύου Petri με εφαρμογή σε σύστημα επεξεργασίας εγγράφων (Van der Aalst και Van Hee, 1996)	2-19
Σ-2.11	Διάγραμμα ροής τυπικής διαδικασίας Delphi (Riggs, 1983)	2-24
Σ-2.12	FTA για την αναπαράσταση της γνώσης σε φαινόμενα αστοχίας της κατασκευαστικής μεθόδου HDD (Batzias και Spanidis, 2008b)	2-24
Σ-3.1	Εξέλιξη κατασκευής αγωγών ΦΑ σε παγκόσμια κλίμακα	3-4
Σ-3.2	Μοναδιαίο κόστος κατασκευής αγωγών υδρογονανθράκων σε σχέση με το μήκος τους (δείγμα 149 έργων)	3-4
Σ-3.3	Σύγκριση κόστους μεταφοράς μεταξύ ΦΑ και ΥΦΑ	3-4
Σ-3.4	Διάγραμμα μεταβολής της πιθανότητας εμφάνισης αστοχίας σε συνάρτηση με το πάχος των (χαλύβδινων) αγωγών ΦΑ (πηγή δεδομένων: European Gas Pipeline Incident Data Group, 2001)	3-9
Σ-3.5	Τυπικό χρονοδιάγραμμα βασικού και λεπτομερούς σχεδιασμού αγωγού ΦΑ (χρονική διάρκεια σε μήνες)	3-9
Σ-3.6	Τεχνική λειτουργία (engineering process) χάραξης αγωγού ΦΑ υψηλής πίεσης (Batzias και Spanidis, 2008d)	3-10
Σ-3.7	Πρόβλεψη εξέλιξης ζήτησης ΦΑ στην Ελλάδα μεταξύ 2000-2020 (ΡΑΕ, 2001)	3-14
Σ-3.8	Σχέση διαθεσιμότητας γνώσης και βαθμών ελευθερίας σχεδιασμού (διάγραμμα Ullman, από Conroy και Soltan, 1997)	3-14
Σ-3.9	Σχέση μεταξύ κόστους και απαιτήσεων προδιαγραφών έργων (Mohitpour et al., 2003)	3-19
Σ-3.10	Επιμερισμός απόκτησης γνώσης από το προσωπικό τυπικής εγχώριας ΕΣΜ	3-19
Σ-3.11	Ενδοσκόπηση γνώσης εντός των ΕΣΜ σε συνθήκες εισερχόμενου έργου	3-20
Σ-4.1	Αναπαράσταση κενών γνώσης με χρήση γραφημάτων και οντολογικών σχέσεων	4-12
Σ-5.1	Διάγραμμα λειτουργιών μοντέλου Inferential Modeling Technique (IMT) (Chan, 2005)	5-6
Σ-5.2	Γενικευμένη αναπαράσταση του ΣΔΓ βάσει του IMT μοντέλου προσαρμοσμένου σε περιβάλλον έργων ΦΑ	5-6
Σ-5.3	Γενική Οντολογία Ανάπτυξης Έργων Φυσικού Αερίου	5-10
Σ-5.4	Απόσπασμα οντολογίας FTA που αναπαριστά τη διαβρωτική δράση του υδρογόνου (HIC) σε υπόγειους αγωγούς ΦΑ (απόσπασμα οντολογίας FTA τρίτου υποσυστήματος της διατριβής)	5-15

Σ-5.5	Αναπαράσταση λεκτικών μεταβλητών (linguistic variables) ως ασαφή (υπο)σύνολα στοιχεία κόμβων εισόδου στο bottom up αλγόριθμο	5-16
Σ-5.6	Αναπαράσταση λεκτικών μεταβλητών (linguistic variables) ως ασαφή (υπο)σύνολα στοιχεία κόμβων εξόδου στο bottom up αλγόριθμο	5-16
Σ-5.7	Παράδειγμα output: Medium – Υπολογισμός κεντροειδούς και της τετμημένης του (crisp number) βάσει της γραμμοσκιασμένης επιφάνειας	5-16
Σ-5.8	Μοντέλο γνωσιολογικών λειτουργιών έργων οριζόντιας κατευθυνόμενης διάτρησης (Batzias και Spanidis, 2008b)	5-25
Σ-6.1	Όδευση αγωγού ΦΑ για τροφοδοσία ΔΕΗ Μεγαλόπολης και πιθανή χωροθέτηση μονάδας ΥΦΑ	6-11
Σ-6.2	Ενεργειακή κατανάλωση Πελοποννήσου μεταξύ 1965-2003 (ΕΣΥΕ: Στατιστικές Επετηρίδες 1965-2003)	6-11
Σ-6.3	Εγκατεστημένη ισχύς Πελοποννήσου μεταξύ 1965-2003 (ΕΣΥΕ: Στατιστικές Επετηρίδες 1965-2003)	6-19
Σ-6.4	Προγραμματισμός λειτουργίας μονάδων ΔΕΗ Μεγαλόπολης μεταξύ 2010-2030 (Γκρός, 1977; Ελευθερίου, 1997; ΔΕΗ, 2006)	6-19
Σ-6.5	Κύρια βήματα μεθοδολογίας Data Mining κατά Feelders et al., (2000) και εξειδίκευσή τους κατά Batzias και Spanidis (2008c)	6-19
Σ-6.6.α	Διάγραμμα διασποράς μεταξύ C και Q	6-21
Σ-6.6.β	Διάγραμμα διασποράς μεταξύ C και L	6-21
Σ-6.6.γ	Διάγραμμα διασποράς μεταξύ $\log(C)$ και $\log(Q)$	6-21
Σ-6.6.δ	Διάγραμμα διασποράς μεταξύ $\log(C)$ και L	6-21
Σ-6.7	Διάγραμμα διασποράς μεταξύ παροχής Q και κόστους κατασκευής $C_{\text{Φα}}$	6-28
Σ-6.8	Πρόβλεψη ενεργειακής κατανάλωσης Πελοποννήσου για την περίοδο 2003-2030 από μοντέλο ARIMA(1, 1, 0)	6-28
Σ-6.9.α	Διάγραμμα συνάρτησης ACF	6-29
Σ-6.9.β	Διάγραμμα συνάρτησης PACF	6-29
Σ-6.10	Πρόβλεψη μεταβολής Δ.Τ.Χ. ενέργειας μεταξύ 2004-2011 από μοντέλο ARIMA(0,1,1) – Έτος βάσης 1985, τιμή Δ.Τ.Χ. (1985)=256	6-29
Σ-6.11	Οντολογία FTA για τη διερεύνηση της διάχυσης του ΦΑ στην Πελοπόννησο το 2030	6-32
Σ-6.12	Διάγραμμα συσχετισμού παροχής και ονομαστικής διαμέτρου (εξαγόμενα από τη σχέση Spitzglass για τα δεδομένα του υποσυστήματος)	6-37
Σ-6.13.α	Διάγραμμα νεκρού σημείου επένδυσης	6-38
Σ-6.13.β	Αθροιστικές ετήσιες χρηματορροές	6-38
Σ-6.13.γ	Διάγραμμα μεταβολής ΚΠΑ σε συνάρτηση με την τιμή πώλησης ΦΑ το 2011	6-39
Σ-6.13.δ	Διάγραμμα μεταβολής του λόγου BCR σε συνάρτηση με την τιμή πώλησης ΦΑ το 2011	6-39
Σ-6.14	Διάγραμμα μεταβολής των διαφορών κόστους κατασκευής $\Delta C_{\text{Φα}}$ σε συνάρτηση με την αύξηση της ετήσιας παροχής Q	6-41
Σ-6.15	Διάγραμμα μεταβολής $\Delta C_{\text{Φα}}/C_{\text{Φα}}$	6-41
Σ-6.16	Οντολογία πλαισίου επένδυσης έργων ΦΑ	6-45
Σ-6.17	ICOM οντότητες γνωσιολογικών λειτουργιών υποσυστήματος	6-47
Σ-7.1	Γεωγραφική ένταξη περιοχής έρευνας υποσυστήματος	7-11
Σ-7.2	Σχέση μεταξύ κλίμακας και ακρίβειας χαρτών (Λιβιεράτος, 1985)	7-11
Σ-7.3	Εναλλακτικές οδεύσεις μεταφοράς ΦΑ προς διερεύνηση (υπόβαθρο ΓΥΣ 1:250.000 – σε σμίκρυνση)	7-11
Σ-7.4	Δομή και διασυνδέσεις παραμέτρων πολυκριτηριακού συστήματος	7-16
Σ-7.5	Διαδικασία μεθόδου Delphi (Batzias και Res, 2005)	7-18
Σ-7.6.1 έως Σ-7.6.7	Τελική βαθμολογία κριτηρίων (από F_1 έως και F_7)	7-20
Σ-7.6.8	Μέσος όρος βαθμολογίας κριτηρίων: MOF_i	7-20

Σ-7.7.1 έως Σ-7.7.7	Βαθμολογία εναλλακτικών οδούσεων ως προς κάθε κριτήριο (F_1 έως F_7)	7-21
Σ-7.7.8	Μέσοι όροι εναλλακτικών MOA(i, j) ως προς κάθε κριτήριο (F_1 έως F_7)	7-21
Σ-7.8	Διάρθρωση πολυκριτηριακής μήτρας	7-25
Σ-7.9	Γενική μορφή συνάρτησης $H(d)$	7-25
Σ-7.10	Κριτήριο γραμμικής προτίμησης	7-25
Σ-7.11.1	Ανάλυση ευαισθησίας κριτηρίων F_1, F_2, F_3 και F_4 για ζεύγη τιμών $q=1,5$ και $p=3,0$	7-29
Σ-7.11.2	Ανάλυση ευαισθησίας κριτηρίων F_5, F_6 και F_7 , για ζεύγη τιμών $q=1,5$ και $p=3,0$	7-29
Σ-7.11.3	Ανάλυση ευαισθησίας κριτηρίων F_1, F_2, F_3 και F_4 για ζεύγη τιμών $q=0,5$ και $p=1,0$	7-29
Σ-7.11.4	Ανάλυση ευαισθησίας κριτηρίων F_5, F_6 και F_7 , για ζεύγη τιμών $q=0,5$ και $p=1,0$	7-29
Σ-7.11.5	Κατάταξη εναλλακτικών για ζεύγη τιμών $q=0,5$ και $p=1,0$ (μετά την απασαφοποίηση, PRA)	7-29
Σ-7.11.6	Κατάταξη εναλλακτικών για ζεύγη τιμών $q=1,5$ και $p=3,0$ (μετά την απασαφοποίηση, PRA)	7-29
Σ-7.11.7	Ασαφή σύνολα τελικών τιμών για ζεύγη τιμών $q=0,5$ και $p=1,0$ (τελική κατάταξη, TRA)	7-29
Σ-7.11.8	Ασαφή σύνολα τελικών τιμών για ζεύγη τιμών $q=1,5$ και $p=3,0$ (τελική κατάταξη, TRA)	7-29
Σ-7.12	Οντολογία IDEF3 για την αναπαράσταση των γνωσιολογικών λειτουργιών του υποσυστήματος	7-32
Σ-8.1	Γεωμετρία συνθηθέστερων τύπων απώλειας μετάλλου κατά τη διάβρωση	8-7
Σ-8.2	Σύστημα γνωσιολογικής ανάλυσης <i>υπόγειος αγωγός</i> ΦΑ	8-7
Σ-8.3	Οντολογία FTA εμπειρικής ανάλυσης της διάβρωσης αγωγών ΦΑ	8-13
Σ-8.4	Οντολογία FTA μηχανισμού Hydrogen Induced Embrittlement (HIE)	8-22
Σ-8.5	Οντολογία FTA μηχανισμού Microbiologically Induced Corrosion (MIC)	8-22
Σ-8.6	Οντολογία FTA μηχανισμού Stress Corrosion Cracking (SCC)	8-26
Σ-8.7	Οντολογία FTA του συνεργισμού Βιο-γεω-χημικών παραγόντων	8-26
Σ-8.8	Σύνδεση οντολογίας εμπειρικής ανάλυσης με μεθόδους Επιθεώρησης / Ελέγχου (απόσπασμα οντολογίας εμπειρικής γνώσης, κλάδος HIC)	8-31
Σ-8.9	Αναπαράσταση οντολογίας γνωσιολογικών λειτουργιών υποσυστήματος με τη μέθοδο IDEF0	8-33
Σ-9.1	Οντολογία επιλογής υλικού αγωγών ΦΑ	9-8
Σ-9.2	Μεταβολή ΣΚΥ συναρτήσει της αύξησης της διακριτοποίησης της γνώσης (Laudon και Laudon, 2002)	9-8
Σ-9.3	Λειτουργία αξιολόγησης της γνώσης από την ομάδα μηχανικών γνώσης (knowledge engineers)	9-9
Σ-9.4	Αντιπροσωπευτικός σχεδιασμός ΒΓ σύμφωνα με την αρχιτεκτονική ANSI/SPARC 3-επιπέδων	9-14
Σ-9.5.α	Μεταβολή συνολικού κόστους C_1+C_2 προς $C_1'+C_2'$	9-17
Σ-9.5.β	Μεταβολή οριακού κόστους MC_1 προς MC_1'	9-17
Σ-9.5.γ	Μεταβολή συνολικού κόστους C_1+C_2 προς C_1+C_2'	9-17
Σ-9.5.δ	Μεταβολή οριακού κόστους MC_2 προς MC_2'	9-17
Σ-9.6.α	Επικάλυψεις μεταξύ άρρητης και ρητής γνώσης εντός των ΕΣΜ	9-18
Σ-9.6.β	Κόστος διαχείρισης άρρητης C_a και ρητής C_p και ολικό κόστος $C_{ολ}$ ΔΓ εντός των ΕΣΜ	9-18

Πίνακες

Αριθμός	Τίτλος πίνακα	Σελίδα
Π-3.1	Κώδικες σχεδιασμού και ελέγχων αγωγών υδρογονανθράκων	3-8
Π-3.2	Συντελεστές εκπομπών αερίων ρύπων ανά είδος καυσίμου	3-8
Π-3.3	Στοιχεία αγωγών συστήματος υψηλής πίεσης ΔΕΣΦΑ	3-15
Π-3.4	Μητρώο συσχετισμού βασικών τομέων γνώσης έργων ΦΑ	3-16
Π-4.1	Ταξινόμηση προβλημάτων σχετικών με τη διαχείριση γνώσης στα έργα του ΕΣΦΑ (Batzias και Spanidis, 2008a)	4-9
Π-5.1	Γλωσσική και ισοδύναμη Μαθηματική (FOL) διατύπωση κανόνων Γενικής Οντολογίας (προσδιορίζονται οι κύριες σχέσεις της Γενικής Οντολογίας)	5-11
Π-5.2.α	Διαμόρφωση ασαφών αριθμών κόμβων-εισόδου για Bottom-Up διαδρομή του σχήματος Σ-5.3	5-19
Π-5.2.β	Διατύπωση κανόνων ασαφούς λογικής (Mamdani Rules)	5-21
Π-5.2.γ	Διαγράμματα ασαφών μεταβλητών-κόμβων εξόδου (Output) Σεναρίου-1	5-22
Π-5.3	ICOM οντότητες γνωσιολογικών λειτουργιών έργων οριζόντιας κατευθυνόμενης διάτρησης	5-25
Π-6.1	Αποτελέσματα πολλαπλής παλινδρόμησης για την πρόβλεψη κόστους κατασκευής αγωγών ΦΑ	6-21
Π-6.2	Καταγεγραμμένη και προβλεπόμενη ενεργειακή κατανάλωση Πελοποννήσου: 1965-2003 ΕΣΥΕ, 2004-2030 μοντέλο ARIMA (1,1,0)	6-28
Π-6.3	Αποτελέσματα μοντέλου ARIMA(1,1,0) από MINITAB	6-28
Π-6.4	Σύνολα ασαφών αριθμών για τη Bottom-Up διαδρομή του σχήματος Σ-6.11 (έτος 2030)	6-32
Π-6.5	Σύνολα ασαφών αριθμών για τη Bottom-Up διαδρομή του σχήματος Σ-6.11 (έτος 2011)	6-34
Π-6.6	Παράμετροι και χρηματοοικονομικοί δείκτες πλαισίου επένδυσης αγωγού ΦΑ	6-37
Π-6.7	Κόστος κατασκευής αγωγού ΦΑ $Ca_{φα} = Ca_{φα}(Q)$	6-41
Π-6.8	ICOM οντότητες γνωσιολογικών λειτουργιών υποσυστήματος	6-46
Π-7.1.α	Μέσοι όροι επιδόσεων εναλλακτικών λύσεων E_1 και E_2 ως προς κάθε κριτήριο	7-28
Π-7.1.β	Μέσοι όροι επιδόσεων εναλλακτικών λύσεων E_3 και E_4 ως προς κάθε κριτήριο	7-28
Π-7.2	Μέσοι όροι κριτηρίων MOF_i , επιδόσεις εναλλακτικών a_{ij} ως προς κάθε κριτήριο και τελική βαθμολογία εναλλακτικών οδεύσεων $S_i = \sum a_{ij} \cdot W_{ij}$	7-28
Π-8.1	ICOM οντότητες γνωσιολογικών λειτουργιών υποσυστήματος	8-33
Π-9.1	Διακριτοποίηση γνώσης έργων ΦΑ: 1ο επίπεδο (Batzias και Spanidis, 2008a)	9-10
Π-9.2	Διακριτοποίηση γνώσης έργων ΦΑ: 2ο επίπεδο (Batzias και Spanidis, 2008a)	9-10
Π-9.3	Εξιιώσεις παραμέτρων που σχετίζονται με τον τομέα γνώσης αντιδιαβρωτική προστασία (Batzias και Spanidis, 2008a)	9-11
Π-9.4	Συσχετισμός προτεινόμενου ΣΔΓ με το μοντέλο SECI	9-19
Π-9.5	Συσχετισμός προτεινόμενου ΣΔΓ με το μοντέλο GENF	9-19

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η γνώση αποτελεί παράγοντα ιδιαίτερης σπουδαιότητας για τη βιωσιμότητα και την ανταγωνιστικότητα των επιχειρήσεων. Στη σύγχρονη βιομηχανία, παραδοσιακές διαδικασίες παραγωγής αντικαθίστανται σταδιακά από τεχνολογικά προηγμένες, βασιζόμενες στη γνώση και τη διαχείρισή της (ΔΓ). Σημαντικό μέρος της στρατηγικής των επιχειρήσεων, επικεντρώνεται στην ανάπτυξη συστημάτων και τεχνολογιών που αποσκοπούν στη δημιουργία, διατήρηση και συνεχή αναβάθμιση της γνώσης των οργανισμών.

Όπως διαπιστώνεται από την επιστημονική βιβλιογραφία, στον τομέα των τεχνικών έργων, η ΔΓ παρουσιάζει πολλά και σημαντικά προβλήματα. Τα σημαντικότερα από τα αυτά αφορούν δυσκολίες έγκαιρης αναγνώρισης των τεχνολογικών απαιτήσεων των έργων, δυσχέρειες διαχείρισης συνεργασιών μεταφοράς τεχνογνωσίας και γενικώς, αναποτελεσματική οργάνωση της γνώσης και ελλείψεις υποδομών επωφελούς ενσωμάτωσης της γνώσης, που αποκτάται λόγω, και δια μέσου, των έργων. Πολλοί συγγραφείς κάνουν αναφορά για απαξίωση γνώσης, αμνησία των έργων και επιλήσμονα σύνδρομο. Περιπτώσεις τέτοιων προβλημάτων, αναγνωρίζονται και στα έργα κατασκευής υποδομών διεργασιών αποθήκευσης, επεξεργασίας και μεταφοράς φυσικού αερίου (ΦΑ). Κύρια αιτία των προβλημάτων είναι η ύπαρξη κενών γνώσης, τα οποία στη βιβλιογραφία ορίζονται ως η διαφορά μεταξύ της απαιτούμενης και της διαθέσιμης γνώσης (ή τεχνογνωσίας) για την αντιμετώπιση των αναγκών ενός συγκεκριμένου έργου.

Προβλήματα και κενά γνώσης είναι ιδιαιτέρως ευδιάκριτα σε περιβάλλον εταιριών συμβούλου μελετητή (ΕΣΜ). Οι επιχειρήσεις αυτές είναι οργανισμοί έντασης γνώσης, από τη δράση των οποίων διαχέεται μεγάλο μέρος της τεχνογνωσίας των έργων. Στις ΕΣΜ, όπως σε κάθε οργανισμό, η γνώση γίνεται αντιληπτή ως ρητή, δηλαδή καταγραμμένη σε μελέτες και σχέδια των έργων, τεχνικά αρχεία ή βάσεις δεδομένων, είτε ως άρρητη, που είναι υποκειμενική, διαπροσωπική και τη διαθέτουν εμπειρογνώμονες. Τα κενά γνώσης οφείλονται στον ανεπαρκή τρόπο διαχείρισης της (ρητής ή άρρητης) γνώσης που εισρέει στο οργανισμό των ΕΣΜ. Στη βιβλιογραφία, η κατανόηση της φύσης των κενών γνώσης διατυπώνεται με πολλούς τρόπους. Στις εγχώριες ΕΣΜ τα κενά γνώσης γίνονται κατανοητά με την ανάδειξη τεχνικών και διοικητικών προβλημάτων, αλλά και δια μέσου της συμμετοχής των οργανισμών αυτών στο σχεδιασμό και επίβλεψη ενεργειακών έργων του Εθνικού Συστήματος Φυσικού Αερίου (ΕΣΦΑ) της Ελλάδας, από τη δεκαετία του 1980 μέχρι σήμερα.

Η παρούσα διδακτορική διατριβή προσεγγίζει το ζήτημα της ΔΓ με έμφαση στις εγχώριες ΕΣΜ που παρουσιάζουν σημαντική υστέρηση σχετικά με το ζήτημα αυτό. Το ερευνητικό ενδιαφέρον τεκμηριώνεται από τη διαπίστωση ελλείψεων στη βιβλιογραφία σχετικά με τη ΔΓ στον τομέα των τεχνικών έργων, σε συνδυασμό με το ενδιαφέρον των εγχώριων ΕΣΜ να εισάγουν τη ΔΓ στον επιχειρησιακό τους μηχανισμό. Η επιτυχής συμμετοχή των ΕΣΜ, αυτοτελώς ή μέσω συνεργασιών, στη διεκδίκηση και εκπόνηση έργων ΦΑ στην περιφέρεια της νοτιοανατολικής Ευρώπης, εξαρτάται από τη δυνατότητα αξιοποίησης του γνωστικού τους δυναμικού, σε περιβάλλον μεγάλου ανταγωνισμού και συνεργασιών που επιβάλουν συντονισμό πολύπλοκων και διεπιστημονικών γνωστικών αντικειμένων. Συνεπώς, η όποια πρόταση, μέθοδος ή

τεχνική θα μπορούσε να συνεισφέρει δυναμικά στη δημιουργία υποδομής ΔΓ για τις εγχώριες ΕΣΜ, συνιστά παράγοντα ερευνητικού ενδιαφέροντος.

Τα προαναφερόμενα, αποτέλεσαν το κίνητρο εκπόνησης της παρούσας διατριβής, ο σκοπός της οποίας εστιάζεται σε δύο άξονες: (α) κατανόηση των διαστάσεων του ζητήματος της ΔΓ στον τομέα των έργων του ΦΑ και τη διαλεκτική σύνδεσή του με επιστημονικές θεωρήσεις της γνωσιολογίας των επιχειρήσεων και (β) με την πρόταση συστήματος ΔΓ (ΣΔΓ) για το συγκεκριμένο είδος έργων, ώστε να αναδεικνύονται αποτελεσματικοί τρόποι γεφύρωσης κενών γνώσης, συστηματοποίησης της απόκτησης γνώσης και ανάδειξης υπολογιστικών εργαλείων και τεχνικών που συμβάλλουν προς την υλοποίηση της πρότασης στο περιβάλλον εγχώριων ΕΣΜ.

Το προτεινόμενο ΣΔΓ στοχεύει στην ικανοποίηση δύο βασικών απαιτήσεων της γνωσιολογικής θεωρίας: την αντιμετώπιση της γνώσης (α) ως προς το περιεχόμενο και (β) ως προς τη λειτουργία. Η ικανοποίηση της πρώτης πραγματοποιείται με μετασχηματισμό ρητής/άρρητης γνώσης των έργων σε ρητή επαναχρησιμοποιήσιμη. Η ικανοποίηση της δεύτερης, πραγματοποιείται με κατάρτιση γνωσιολογικών λειτουργιών εφαρμόσιμων στις ΕΣΜ. Η κάλυψη των απαιτήσεων της γνωσιολογικής θεωρίας βασίστηκε στην διαπίστωση, ότι η ΔΓ εξασφαλίζεται πρώτιστα με επιτυχή οργάνωση και συστηματοποίηση της αποκτώμενης γνώσης. Η γενική φιλοσοφία του ΣΔΓ, προσαρμόστηκε στις αρχές της μέθοδου εξαγωγής συμπερασμάτων (Inferential Modelling Technique, IMT) η οποία ενσωματώνει τρεις θεμελιώδεις λειτουργίες: την απόσπαση, την ανάλυση και την αναπαράσταση της γνώσης. Στο περιεχόμενο των λειτουργιών αυτών, ενσωματώθηκαν μέθοδοι, τεχνικές και υπολογιστικά εργαλεία που συνιστώνται στη βιβλιογραφία. Αποτέλεσμα της μεθόδου IMT ήταν να αναδειχθεί βάσει πραγματικών δεδομένων έργων κατασκευής υποδομών του ΕΣΦΑ, αλλά και βάσει στοιχείων της βιβλιογραφίας, πως μπορεί να υλοποιηθεί το προτεινόμενο ΣΔΓ σε πραγματικές συνθήκες και πως σημαντικά δεδομένα/πληροφορίες των έργων, υπόκεινται σε αντικειμενικοποίηση, δηλαδή πως τελικά η γνώση καθίσταται διαχειρίσιμη ρητή, δια μέσου της επιστημονικής μεθοδολογίας.

Για την αντικειμενικοποίηση της γνώσης χρησιμοποιήθηκαν δομές οντολογιών. Η δόμηση οντολογιών προέκυψε με την αποσύνθεση γνώσης των έργων σε διακριτές οντότητες, την αξιολόγηση και ερμηνεία τους και την ανασύνθεσή τους σε λογικά σχήματα επιδεχόμενα επεξεργασία από υπολογιστικές μεθόδους. Χρησιμοποιήθηκαν δύο ειδών οντολογίες: (α) οντολογίες τομέων γνώσης (domain ontologies) που εστιάζονται στο περιεχόμενο της γνώσης (οντολογικοί γράφοι, δένδρα σφαλμάτων) και (β) λειτουργικές οντολογίες (task ontologies) που εξυπηρετούν το σχεδιασμό επιχειρησιακών λειτουργιών (Integrated DEFINITION Languages, IDEFx) αναπαριστώντας τις ροές γνώσης εντός των ΕΣΜ. Όσον αφορά τις υπολογιστικές μεθόδους και εργαλεία, χρησιμοποιήθηκε η εξόρυξη γνώσης από δεδομένα συνδυαζόμενη με πολλαπλή παλινδρόμηση και οικονομετρικές τεχνικές ARIMA, η ανάλυση γνώσης με χρήση κανόνων ασαφούς λογικής και η πολυκριτηριακή ανάλυση. Με τις μεθόδους αυτές κατέστη δυνατή απόσπαση άρρητης γνώσης από εμπειρογνώμονες και μερικώς δομημένης ρητής από τη βιβλιογραφία και τα τεχνικά εγχειρίδια έργων και η αναδόμησή της σε επεξεργάσιμη ρητή. Η υλοποίηση της πρότασης του ΣΔΓ τεκμηριώνεται μέσω της διερεύνησης τριών διακριτών υποσυστημάτων, που είναι τα εξής:

- (i) *Πλαίσιο επένδυσης έργων*: το υποσύστημα διερευνά το πλαίσιο ιδιωτικής επένδυσης κατασκευής αγωγού ΦΑ στην Πελοπόννησο εικοσαετούς διάρκειας (2011-2030), για τροφοδοσία της ΔΕΗ Μεγαλόπολης. Εξορυσσονται πρωτογενή δεδομένα σημαντικών παραμέτρων κοστολόγησης έργων ΦΑ, τα οποία στη συνέχεια, καταχωρούνται σε βάση τεχνοοικονομικών δεδομένων. Εκπονείται μη γραμμική παλινδρόμηση στα δεδομένα αυτά και εξάγεται συνάρτηση κόστους κατασκευής αγωγών ΦΑ, με ανεξάρτητες μεταβλητές την ετήσια παροχή και το μήκος των σωληνογραμμών. Εκτιμάται η μεγέθυνση της πρωτογενούς ενεργειακής ζήτησης μεταξύ 2011-2030 με χρήση μοντέλων ARIMA. Διατυπώνονται γνωσιολογικοί κανόνες ασαφούς λογικής για την κατάρτιση σεναρίων διείσδυσης ΦΑ, σε συνάρτηση με την ανάπτυξη των ΑΠΕ και το ενδεχόμενο μερικής χρήσης άνθρακα από μονάδες της ΔΕΗ. Διερευνάται η μαθηματική σημασία της συνάρτησης κόστους αγωγών ΦΑ για τη λήψη απόφασης επιλογής διαμέτρου. Συνεκτιμώνται, τα κόστη αγοράς και εμπορίας ΦΑ, βάσει στοιχείων της εγχώριας ενεργειακής αγοράς και της ισχύουσας νομοθεσίας. Υπολογίζονται οι χρηματοοικονομικοί δείκτες της επένδυσης (NPV, IRR, BCR, διάγραμμα χρηματοροών και ανάλυση νεκρού σημείου) και ερευνάται η ευαισθησία τους βάσει του επιτοκίου προεξόφλησης και της τιμής πώλησης ΦΑ το 2011. Αναπαρίσταται η γνώση (α) ως οντολογία τομέων του πλαισίου επένδυσης και (β) ως οντολογία γνωσιολογικών λειτουργιών των ΕΣΜ.
- (ii) *Αξιολόγηση οδύσεων μεταφοράς ΦΑ*: το υποσύστημα πραγματεύεται την πολυκριτηριακή αξιολόγηση εναλλακτικών οδύσεων μεταφοράς ΦΑ στην περιοχή της Χαλκιδικής. Συλλέγονται πρωτογενή γεωπεριβαλλοντικά δεδομένα βάσει των οποίων καταρτίζονται επτά κριτήρια αξιολόγησης αναφερόμενα στα φυσικογεωγραφικά χαρακτηριστικά, τους περιβαλλοντικούς περιορισμούς, την ασφάλεια, την κοινωνική αποδοχή, το κόστος κατασκευής κάθε εναλλακτικής, όπως και σε καθαρώς γνωσιολογικούς παράγοντες, όπως η διαθεσιμότητα, η μεταφορά και η διάχυση τεχνογνωσίας. Χρησιμοποιείται μέθοδος Delphi δύο γύρων (μέσω ερωτηματολογίων) για την απόσπαση άρρηκτης γνώσης από ομάδα εμπειρογνομώνων και μετασχηματισμού της σε ρητή, υπό μορφή βαθμολογίας κριτηρίων και εναλλακτικών οδύσεων. Εφαρμόζεται η μέθοδος PROMETHEE-II, τροποποιημένη μέσω νευροασαφούς αλγορίθμου, για τον υπολογισμό του βάρους των κριτηρίων και την ανάδειξη της βέλτιστης εναλλακτικής οδού. Επισημαίνεται η έννοια της ασάφειας υπό μορφή εύρους αβεβαιότητας στις βαθμολογίες των εμπειρογνομώνων. Παρουσιάζεται ανάλυση ευαισθησίας των κριτηρίων, που αναδεικνύει το πώς επηρεάζεται η τελική κατάταξη των εναλλακτικών οδύσεων από ενδεχόμενες μεταβολές του βάρους των κριτηρίων. Τέλος, αναπαρίσταται η εφαρμογή της όλης πολυκριτηριακής μεθόδου ως λειτουργικής οντολογίας των ΕΣΜ.
- (iii) *Διάβρωση αγωγών ΦΑ*: το υποσύστημα διερευνά το φαινόμενο της διάβρωσης αγωγών ΦΑ. Αποσπώνται πληροφορίες (πρωτογενής ρητή και μερικώς δομημένη γνώση) από τη βιβλιογραφία και τα εγχειρίδια συντήρησης και επιθεώρησης υπόγειων σωληνογραμμών και προσδιορίζονται οι κύριες αιτίες του φαινομένου, που είναι: (α) διάβρωση λόγω δράσης του υδρογόνου, (β) διάβρωσης λόγω δράσης

υπόγειων μικροοργανισμών και (γ) συνδυασμένη δυναμοδιάβρωση. Προσδιορίζεται ο συνεργισμός των βιο-γεω-χημικών παραγόντων της διάβρωσης που λειτουργούν στο υπόγειο περιβάλλον εγκατεστημένων αγωγών. Ταξινομείται, ιεραρχείται και αναπαρίσταται η ρητή γνώση της διάβρωσης σε οντολογίες δένδρων ανάλυσης σφάλματος, ως προς τρία διαφορετικά φαινομενολογικά επίπεδα: ένα εμπειρικό, ένα θεωρητικό και ένα συνεργιστικό. Συνδέεται η εκ των άνω προς τα κάτω οντολογία του φαινομένου με τις εφαρμοζόμενες τεχνολογίες επιθεώρησης ελέγχων και αποκατάστασης σε αγωγούς ΦΑ. Γίνεται χρήση αλγορίθμου βασισμένου σε κανόνες ασαφούς λογικής, για την εκ των κάτω προς τα άνω διαδρομή της δένδροειδούς οντολογίας. Τέλος, αναπαρίσταται η λειτουργική οντολογία του υποσυστήματος στο περιβάλλον μιας ΕΣΜ.

Συμπληρωματικά των υποσυστημάτων, παρέχονται διευκρινίσεις για τη συνέπεια του προτεινόμενου ΣΔΓ ως προς τις αρχές της ανάλυσης συστημάτων, καθώς επίσης ένας γενικότερος σχολιασμός επί του προτεινόμενου ΣΔΓ. Αναφέρονται οι προβλεπόμενες επιπτώσεις στη συμπεριφορά του προσωπικού των ΕΣΜ, για τις οποίες προτείνεται συμμετοχή εμπειρογνομώνων στη φάση σχεδιασμού και ανάπτυξης του. Προτείνεται η αναγκαιότητα ίδρυσης τμήματος ΔΓ για τη ολοκληρωμένη αντιμετώπιση του ζητήματος ΔΓ στις ΕΣΜ, σε αντιστοιχία με συναφείς παρατηρήσεις της βιβλιογραφίας. Επισημαίνεται και αναλύεται με μαθηματικό συλλογισμό η σημασία της διακριτοποίησης της γνώσης, που αντιπροσωπεύει σημαντική παράμετρο καθορισμού του επιπέδου ως προς το οποίο θα επιχειρηθεί το βάθος ανάλυσης των γνωσιολογικά σημαντικών πληροφοριών των έργων. Τέλος, παρουσιάζεται αντιστοιχία των επί μέρους στοιχείων του προτεινόμενου ΣΔΓ και των συστατικών του (λειτουργιών, μεθόδων και τεχνικών απόκτησης της γνώσης) με γνωστά θεωρητικά μοντέλα, όπως είναι τα SECI και GENF.

Στο πλαίσιο της γενικής και ειδικής θεώρησής του προτεινόμενου ΣΔΓ, παρέχεται δυνατότητα διαφορετικών τρόπων εφαρμογής του, ανάλογα με το είδος και το μέγεθος των έργων, την εμπειρία του προσωπικού και τη στρατηγική των ΕΣΜ σχετικά με τη ΔΓ. Η προσέγγιση του προτεινόμενου ΣΔΓ, εστιάζεται στο να τεθούν, οι θεωρητικές και πρακτικές διατάξεις αντιμετώπισης της ΔΓ στα έργα του ΦΑ, που μέχρι στιγμής δεν αναδεικνύονται συστηματικά και επαρκώς στη βιβλιογραφία. Τα συμπεράσματα που στοιχειοθετήθηκαν και τεκμηριώνουν την πρωτοτυπία και συμβολή της διατριβής είναι:

- [1] Η προοπτική ανάπτυξης ΣΔΓ είναι επιστημονικά εφικτή και υλοποιήσιμη στις τυπικές εγχώριες ΕΣΜ. Βασικός άξονας του ΣΔΓ είναι η αντιμετώπιση κενών γνώσης που προκύπτουν, λόγω του ότι η απόκτηση γνώσης πραγματοποιείται με αποσπασματικό και περιστασιακό τρόπο από τους οργανισμούς αυτούς, μέχρι στιγμής.
- [2] Η οργάνωση απόκτησης γνώσης εξυπηρετείται από το μοντέλο IMT, με εισαγωγή διακριτών γνωσιολογικών λειτουργιών (απόσπαση, ανάλυση και αναπαράσταση γνώσης) που εκτελούνται, παράλληλα ή σε συνδυασμό με τις επιχειρησιακές λειτουργίες των ΕΣΜ (π.χ. παραγωγή μελετών, τεχνικών εγγράφων, επιβλέψεις, κλπ). Για κάθε λειτουργία, χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικές μέθοδοι, εργαλεία και υπολογιστικές τεχνικές, ανάλογα με το προς αντιμετώπιση αντικείμενο

διερεύνησης κάθε υποσυστήματος. Επιτεύχθηκε, η κατάρτιση πρωτότυπων οντολογιών τομέων γνώσης και λειτουργικών οντολογιών, συμβάλλοντας στην ικανοποίηση των δύο θεμελιωδών θεωρήσεων της γνωσιολογικής θεωρίας (γνώση ως περιεχόμενο και ως λειτουργία).

- [3] Με τις οντολογικές δομές αποδείχθηκε, με πρωτότυπο τρόπο, η δυνατότητα αποσύνθεσης της εισερχόμενης στις ΕΣΜ άρρητης ή ρητής μερικώς δομημένης γνώσης σε διακριτά σύνολα πληροφοριών και στη συνέχεια, ανασύνθεσης και αναπαράστασής της σε ιεραρχημένες δομές (ταξινόμηση και τμημονόμηση) με λειτουργικό προσανατολισμό (λειτουργικές οντολογίες). Η κατάρτιση δικτύων με σχέσεις ιεραρχίας *kind_of* και *part_of* όπως και δένδρων ανάλυσης σφάλματος, απέδωσε με αντιπροσωπευτικό τρόπο τις οντολογίες των τριών υποσυστημάτων. Με τις λειτουργικές οντολογίες, αναπαριστάται η αλληλεπίδραση μεταξύ παραγόντων ΔΓ (τμήματα ΕΣΜ, εμπειρογνώμονες, υποδομές, ροές εγγράφων, περιορισμοί, δραστηριότητες, κλπ.) σε πραγματικές συνθήκες έργων, συμβάλλοντας στην κατανόηση της οργάνωσης απόκτησης της γνώσης (ποια δραστηριότητα συνδέεται επαγωγικά και χρονικά με ποια, ποιο τμήμα εμπλέκεται σε κάθε δραστηριότητα, ποιοι είναι και πως υπεισέρχονται ο περιορισμοί, κλπ) στο επιχειρησιακό περιβάλλον των ΕΣΜ.
- [4] Η μεθοδολογία διερεύνησης δεδομένων και πληροφοριών έργων ΦΑ και η κατάρτιση των οντολογιών των υποσυστημάτων, αποδεικνύουν πώς η πρωτογενής ρητή ή άρρητη γνώση υφίσταται αντικειμενικοποίηση μετασχηματιζόμενη σε δομές επεξεργάσιμες από υπολογιστικές μεθόδους. Συνεπώς, η αντικειμενικοποιημένη πλέον γνώση, μπορεί να ενσωματωθεί στις πληροφοριακές δομές μιας ΒΓ, καθιστάμενη προσπελάσιμη από εμπειρογνώμονες και επιδεχόμενη τήρηση και αναβάθμιση, σε πραγματικό χρόνο.
- [5] Η πολλαπλή, μη γραμμική παλινδρόμηση, συνδυαζόμενη με εξόρυξη γνώσης από πρωτογενή δεδομένα, παρέχει αυξημένης στατιστικής σημαντικότητας συνάρτηση υπολογισμού κόστους κατασκευής αγωγών ΦΑ, αντί των παραδοσιακών αναλογιστικών ή εμπειρικών μεθόδων. Η μαθηματική διερεύνηση απέδειξε, ότι όσο μεγαλύτερες τιμές ετήσιας παροχής ΦΑ εισάγονται στη συνάρτηση, τόσο μεγαλύτερη είναι η κλιμάκωση της μείωσης του κόστους κατασκευής, γεγονός που επιτρέπει στους επενδυτές ανάληψη ρίσκου κατασκευής αγωγών μεγαλύτερης χωρητικότητας, εφόσον εκτιμηθεί, ότι ο ανταγωνισμός από άλλες ενεργειακές τεχνολογίες αξιολογείται μικρότερος του αναμενόμενου. Με τον τρόπο αναμένεται μείωση κινδύνων λήψης απόφασης αποδοχής ενός ασύμφορου έργου ή απόρριψης ενός βιώσιμου, που παρουσιάζονται ιδιαίτερα αυξημένοι στις πρώιμες φάσεις των έργων. Η συνάρτηση κόστους αποτελεί πρωτότυπη συμβολή του πρώτου υποσυστήματος στην τεχνοοικονομική έρευνα της εφοδιαστικής αλυσίδας του ΦΑ.
- [6] Η χρήση οικονομετρικών μοντέλων ARIMA παρέχει επαρκείς μακροχρόνιες προβλέψεις για τα ενεργειακά φορτία και το κόστος της ενέργειας, συνιστώντας μηχανισμό εξόρυξης γνώσης από δεδομένα χρονοσειρών, που εξασφαλίζει στη συνέχεια δυνατότητα σύνθεσης ρεαλιστικών σεναρίων διείσδυσης του ΦΑ, με μαθηματικά συνεπή και ελέγξιμο τρόπο.
- [7] Η κατάρτιση γνωσιολογικών κανόνων ασαφούς λογικής, σε συνάρτηση με τις οντολογίες δένδρων σφαλμάτων, επιτρέπει τη διερεύνηση, με ποσοτικούς όρους,

των σεναρίων διεΐσδυσης του ΦΑ, όπως και των μηχανισμών της διάβρωσης με μαθηματικά συνεπή και ελέγξιμο τρόπο. Παράλληλα, συνιστά πρωτοτυπία του πρώτου και του τρίτου υποσυστήματος που συμβάλλει δυναμικά στην περαιτέρω διερεύνηση της επιστημονικής διάστασης της εφοδιαστικής αλυσίδας του ΦΑ, όπως και της διάβρωσης, για αγωγούς ΦΑ.

- [8] Η πολυκριτηριακή ανάλυση ανέδειξε την εφικτότητα ποσοτικοποίησης της άρρηκτης γνώσης των εμπειρογνομώνων, στην αντιμετώπιση διεπιστημονικών τεχνικών προβλημάτων αυξημένης πολυπλοκότητας, όπως είναι η αξιολόγηση εναλλακτικών οδύσεων μεταφοράς ΦΑ. Η σύνθεση ερωτηματολογίων έρευνας και η εισαγωγή κριτηρίων γνωσιολογικής υφής και η ενσωμάτωση της ασάφειας στον νευροασαφή αλγόριθμο, τεκμηριώνει τη χρηστικότητα της πολυκριτηριακής μεθόδου σε περιπτώσεις παρόμοιων τεχνικών προβλημάτων. Η ένταξη κριτηρίων με αμιγώς γνωσιολογική διάσταση, αποτελεί σαφή πρωτοτυπία του δεύτερου υποσυστήματος.
- [9] Η εξέταση της διακριτοποίησης της γνώσης με μαθηματικούς όρους, απέδειξε τη σημασία της για την όποια σχεδίαση και υλοποίηση ΣΔΓ στις ΕΣΜ. Πέραν ενός επιθυμητού επιπέδου, η συνεχής αύξηση της διακριτοποίησης συνεπάγεται αύξηση του συνολικού κόστους ανάπτυξης του ΣΔΓ. Συνεπώς, η διερεύνηση της τεχνοοικονομικής διάστασης του προτεινόμενου ΣΔΓ, συνιστά επίσης πρωτότυπη συμβολή, δεδομένου ότι μέσω αυτής επισκοπείται ένα επίπεδο διαχειριστικό, παράλληλα με το καθαρά επιστημονικό, που αποτυπώνεται στα υποσυστήματα της διατριβής. Σκοπός λοιπόν του προτεινόμενου προς ίδρυση τμήματος ΔΓ (που αποτελεί μέρος της πρότασης του ΣΔΓ) είναι η αξιολόγηση και οριοθέτηση ενός βέλτιστου επιπέδου διακριτοποίησης της γνώσης που είναι γνωσιολογικά σημαντικό για κάθε ΕΣΜ.

Βάσει των προαναφερόμενων, η πρωτοτυπία της, στο ερευνητικό πεδίο της ΔΓ και η συμβολή της στην επιστημονική έρευνα, συνοψίζονται στα ακόλουθα:

[α] Η πρωτοτυπία έγκειται, αφενός στην ανάδειξη κενού βιβλιογραφίας στον τομέα της γνώσης των έργων της βιομηχανίας ΦΑ και αφετέρου, στην εξειδικευμένη πρόταση μεθόδων και εργαλείων, με τη συμβολή των οποίων η γνώση αυτή μπορεί να αποσπαστεί, αξιολογηθεί, δομηθεί και υπαχθεί σε σύστημα διαχείρισης

[β] Η επιστημονική συμβολή έγκειται στην ανάδειξη μεθοδολογίας συστηματοποίησης της απόκτησης γνώσης έργων μεγάλης πολυπλοκότητας και διεπιστημονικότητας, δια μέσου της αντικειμενικοποίησής της, με προοπτική επωφελούς αξιοποίησής της για τους εγχώριους τεχνικούς οργανισμούς και δυναμικά, για ευρύτερες ερευνητικές ανάγκες της επιστημονικής κοινότητας, στους τομείς της ενέργειας και του περιβάλλοντος.

Η εμπειρία των έργων του ΦΑ στην Ελλάδα, μπορεί να αποδειχθεί χρήσιμη για τις εγχώριες ΕΣΜ, μέσω της προοπτικής υλοποίησης ενός ΣΔΓ, που θα τις καταστήσει βιώσιμες και ανταγωνιστικές, στο βαθμό που επιτρέπει τη συστηματική και αποδοτική αξιοποίηση σημαντικού μέρους γνώσης/τεχνογνωσίας. Όπως υποστηρίζεται από τα εξαγόμενα της διατριβής, η προοπτική αυτή είναι επιστημονικώς και τεχνικώς εφικτή.

Δεδομένου ότι τα έργα που έχουν δρομολογηθεί στην νοτιοανατολική Ευρώπη στο προσεχές μέλλον αναμένεται να εμπλέξουν σημαντικό αριθμό εγχώριων ΕΣΜ, οι οργανισμοί αυτοί θα πρέπει να ανταποκριθούν θετικά στη πρόκληση αυτή, προετοιμάζοντας κατάλληλα το γνωστικό δυναμικό τους.

SUMMARY

Knowledge is seen an issue of growing importance for the viability and competitiveness of nowadays organizations. In contemporary industries, traditional production methods are steadily substituted by new ones, technologically improved, which are highly concerned on knowledge and knowledge management (KM). The modern business strategies are intensively concentrated to the development of enterprise systems and technologies aiming to the creation, maintenance and continuous upgrading of the corporate knowledge.

Literature reveals that the introduction of KM in engineering projects demonstrates significant problems. The most important of these are relevant to difficulties in early recognizing of the technological requirements of projects, dysfunctions in managing synergies of know-how and technology transfer, ineffective organization of knowledge acquisition and in general, lack of infrastructure for beneficial utilization of knowledge that is diffused towards, and because of the projects. Many authors characterize these problems as knowledge outdated, syndrome of forgetting or project amnesia. In engineering projects of the NG (NG) processing and transportation industry, such problems are even observed. Major cause of these problems is the occurrence of knowledge gaps, which in literature are referred as the difference between knowledge required to carry out a certain project and the knowledge that is actually available for the same reason.

The knowledge gaps and the associated problems are particularly recognizable in the business environment of engineering and consulting firms (ECFs). Acting as vehicles of knowledge diffusion in contexts of undertaken projects, these companies are becoming knowledge intensive organizations. As every organization, ECFs maintain two types of knowledge: tacit, which, being captured by experts, is subjective and personal, and explicit, which, being recorded in technical documentation, project manuals and digital archives as well, is objective. Subsequently, the knowledge gaps are associated to the methods that are used by ECFs when managing tacit and/or explicit knowledge that is captured in project contexts. In literature, there are reported several explanations for the nature and the business effects of knowledge gaps. In Greek ECFs, the knowledge gaps are explained by investigating technical and administrative problems that these organizations have met during their involvement in the design and construction supervision of projects of the NG Transmission System (NGTS) of Greece, from the 1980s until nowadays.

This doctoral thesis deals major questions of KM observed in ECFs but especially for the Greek ones, which, being backward in adopting KM methods and technologies, are considerably interested to insert the KM purpose in their business structure. The poor literature on KM for NG projects along with the concern of local ECFs to participate, independently or through collaborations, in inquiries for undertaking projects at the region of southeastern Europe, constitute the interest and sensitivity of these organizations on KM issues worthwhile. The successful participation of ECFs to NG projects depends on the capacity for utilization of their knowledge resources in highly competitive conditions, where collaborations in complex and multidisciplinary domains of NG technology and know-how are taking place. Hence, any proposal,

method or tool that could potentially assist the perspective of a KM system deployment to local ECFs, constitutes a worthwhile subject of research.

The above mentioned, became driver for elaboration of the present doctoral thesis, the objective of which is twofold: (a) understanding of KM questions in the sector of NG projects and dialectic association of these questions to the current theoretical aspects cited in KM literature and (b) proposal of a KM system (KMS) adaptable to the managerial features of NG projects, affording effective solutions for bridging knowledge gaps into the Greek ECFs, upon the systematization of knowledge acquisition and demonstration of methods and computational techniques suitable for implementation of the proposal.

The aim of the proposed KMS is to cover two fundamental requirements of KM: the perception of knowledge (a) as of its content and (b) as a process. For the first requirement, the KMS deals the transformation of tacit or explicit knowledge of projects to reusable explicit. For the second, the KMS deals formulation of representative business processes that may constitute the knowledge of projects functional and manageable into the business structure of ECFs. The suiting of these requirements and the subsequent selection of methods and tools, were based to the fact, that KM success depends basically on the level to which the organization and systematization of knowledge acquisition is achieved into the ECFs. The general philosophy of the KMS originates from the theoretical principles of the Inferential Modelling Technique (IMT) that comprises three distinct KM processes: knowledge elicitation (KEL), knowledge analysis (KAN) and knowledge representation (KRP). According to the functional purpose of each one of these processes, techniques and computational tools advisable in KM research are adopted. The IMT is promoted as well establishing concept, enabling to demonstrate how physical data and information collected from experts and/or project documentation, can be transformed to an objective form or in other words, how knowledge portions being captured/delivered from different sources, can become explicit and manageable within ECFs, in contexts of under execution projects.

For transforming the projects' knowledge to an objective form, ontological structures are used. These structures are formulated by making decomposition, evaluation and interpretation of projects' knowledge to discrete entities and in turn, re-composition of these entities into logical schemes, suitable for processing by computational methods and tools. Two ontological types are considered: (a) domain ontology for understanding of knowledge in its content (ontological graphs and fault tree structures) and (b) task ontology adjusted to business process models (Integrated DEFINITION languages, IDEFx) for representation of knowledge functionality within ECFs. The following computational methods and tools are used: data mining along with multiple regression, ARIMA(p,d,q) econometric models for time-series analysis, fuzzy logic rules for knowledge analysis and inference and multi-criteria analysis and decision making.

Three representative subsystems corresponding to distinct and critical problems of NG projects are developed, in order to substantiate how the proposed KMS can be physically implemented into ECFs. The subsystems are the following:

- (iv) *Framework for NG pipeline investment*: the subsystem investigates a twenty years (2011-2030) private/public investment for a pipeline construction to Peloponisos for feeding with NG the PPC plant of Megalopolis. Raw data sets of significant cost estimation parameters are collected and registered to a primary database containing techno-economical information. On these data sets, a non linear multiple regression is performed and a function for prediction of pipeline construction cost is outlined, with independent variables the annual capacity and the pipeline length. Forecasting of primary energy demand growth in Peloponnisos between 2011 and 2030 is obtained by applying ARIMA econometric models. Fuzzy logic inference rules for composition of scenarios for the NG diffusion are conducted, embodying worthy assumptions for anticipating competition from renewable energy technologies, as well as for the possibility of partial consumption of lignite by PPC. The mathematical significance of the pipeline cost function is given for a decision making case related to the selection of pipeline diameter size. The procurement and sailing costs of NG are estimated, by applying also ARIMA econometric models, incorporating data for gas pricing collected from the local energy market and Greek energy legislation as well. The financial parameters of the investment are outlined (NPV, IRR, BCR, cash flow and break event analysis) and their sensitivity is investigated upon different values of the discount rate and the gas sailing price selected for the first investment period (2011). Knowledge is represented in (a) a domain-ontology adapted to information groups by which the context of NG projects is conceivable and (b) a task-ontology of KM processes adaptable to local ECFs, when techno-economical analyses of NG supply projects are undertaken to these companies.
- (v) *Evaluation of gas supply routes*: the subsystem presents a multi-criteria evaluation of NG supply alternative routes at the region of Clakidiki (Greece). Primary geo-environmental data are collected and upon them, seven evaluation criteria are formulated respecting to the physical and geographical features, environmental constraints, safety, public acceptance and construction cost of each alternative. Also, pure KM criteria like availability, transferability and diffusion of know-how requirement of each alternative route, are introduced to the multi-criteria concept. A two round Delphi method is applied (via questionnaires) for elicitation of tacit knowledge from experts and transformation of it to an explicit form, by the scoring of criteria and alternative routes (numerical evaluation). A modified neuro-fuzzy algorithm PROMETHEE-II is applied for evaluation of the weight of each criterion and for obtaining the optimum route. Sensitivity analysis of criteria is presented, showing how the final ranking of alternatives can be modified when changes in the relative weights of criteria should be considered. Finally, the functionality of the multi-criteria framework is represented in task ontology, deployable to local ECFs.
- (vi) *Pipeline Corrosion*: The subsystem investigates the phenomenon of underground NG pipelines' corrosion. Information from literature and manuals of maintenance and inspection of pipelines (partially structured explicit knowledge) is collected. The major causes of corrosion are analyzed and divided as follows: (a) Hydrogen Induced Corrosion (HIC), (b) Microbiologically Induced Corroion (MIC) and (c) Stress Corrosion Cracking (SCC). The synergy of corrosive bio-geo-chemical

factors acting through soil layers, in the vicinity of buried pipelines, is examined. Distinctive information for understanding of pipe corrosion knowledge are put into taxonomy/hierarchy and represented by means of fault tree analysis ontology, in three phenomenological levels: an empirical, a theoretical and a synergistic. The association of corrosion ontology with domains representing technologies of inspection, testing and rehabilitation applicable in pipeline systems, is also obtained. A fuzzy rules algorithm for bottom up examination of the formulated fault tree ontological structures is applied. Finally, a task-ontology of the subsystem into an ECF business environment is represented.

Complementary to the subsystems, clarifications for the consistency of the proposed KMS to some basic rules of system analysis, as well as a general discussion on the KMS features are provided. Anticipating changes on ECFs' personnel behavior, because of the KMS deployment, are highlighted and proposal for ECFs experts' participation, in the stage of the KMS design and development, is suggested as evident for the smooth transition of the company to the mentality of KM. The necessity of a KM department establishment in ECFs for carrying out KM issues, as widely suggested in literature for similar cases, is also advised. The general concept of the necessary data classification subsystems of a KB operating within an ECF is advised. The significance of knowledge granularity referred to the deepness of the analysis of critical project information for an ECF is also discussed in a mathematically justified techno-economical viewpoint. Finally, the comparison of the basic components of the proposed KMS, with the corresponding ones of the widely promoted in literature SECI and GENF models, is conducted.

In this doctoral thesis, the KMS approach is directed to the establishment of theoretical and practical foundations and purposes of KM in NG projects, through an objective and systematic context, which are not yet sufficiently and systematically cited in literature. The general philosophy and the purpose of implementation of the proposed KMS can be approached under different customization purposes, depending on the type, the size and the corporate strategy of each ECF. Nevertheless, the conclusions, on which the novelty and scientific contribution of this thesis might be assumed, are the following:

- [10] The deployment of the proposed KMS is proven scientifically substantial and technically feasible to cover custom-built KM needs of local ECFs. The objective of the KMS is the bridging of knowledge gaps, which are generated because of the not properly organized/managed knowledge acquisition in ECFs.
- [11] Knowledge acquisition can be organized following the distinct KM processes of the IMT: knowledge elicitation, analysis and representation. These processes can be synergistically adapted to ones of the regular engineering production (preparation of engineering studies, drawings, reports, etc) or as standing alone functions within ECFs. For each KM process, different methods, tools and computational techniques can be applied, depending on the technical subject that each subsystem investigates. For implementing the knowledge acquisition, domain ontologies along with task

ontologies are drawn, satisfying the fundamental requirements of the KM theory (knowledge in its content and as a function).

- [12] The concept of domain ontology, allows decomposition of tacit (or partially explicit) knowledge that flows within ECFs, in discrete information sets and in turn, recomposing and representation of this information in hierarchical schemes (by means of taxonomy and paronomy) applied by relations like *kind_of* and *part_of* or formulated by means of fault tree structures. The concept of task ontology, allowed the understanding of interaction among critical factors of KM (experts, infrastructure, documentation, tasks, constraints, etc) and the physical representation of the functional context of knowledge acquisition (which task and how associates/interlinks to which, how constraints are considered, which department involves to which task, etc) in the business environment of ECFs'.
- [13] The methodology suggested for collection of data and information useful for NG projects and the structuring of schemes of the subsystems' ontology, proved that the primary tacit or explicit knowledge can be transformed to an objective form consisted by structures admitting processing via computational methods. Therefore, the objective knowledge can be incorporated in the information model of a KB, accessible by experts and subjective to continuous maintenance and upgrading in real time conditions.
- [14] The non linear multiple regression, as a part of data mining method, provides a statistically significant function for prediction of pipelines' construction cost, against traditional cost estimation methods, which are proportional or empirical. The mathematical investigation on this function shows that, the greater annual gas capacity of a pipeline, the lower construction cost derives. This fact enables investors to take the risk to construct pipelines of higher capacity, if the competition of other energy technologies is predicted to be of low intension. Besides, the cost function enhances the reduction of the risk an investor to accept for construction a not profitable or the rejection of a profitable pipeline project, especially in the very early stages, where these risks are seen considerably increased. The cost prediction function constitutes a prototype contribution of the first subsystem to the research on financial issues of NG projects.
- [15] The application of econometric ARIMA models provides worthwhile forecasting of primary energy demand figures and energy costs as well, constituting these models a kind of time series data mining tool that enables, in turn, elaboration of realistic scenarios for NG diffusion, in a mathematically consistent and controllable manner.
- [16] The composition of fuzzy logic rules, combined with fault tree ontology, allows quantified expression of evident scenarios for diffusion of the NG, also in a mathematically consistent and controllable manner. Besides, the use of fuzzy logic, allows deeper scientific investigation of the causes of the corrosion phenomenon and its criticality for the underground NG pipelines, constituting another prototype contribution of the first subsystem to the research of NG supply chain engineering and corrosion management.
- [17] The multi-criteria analysis method reveals that quantification of experts' tacit knowledge is feasible for resolving multidisciplinary and complex technical problems, in emerging assessments, like the evaluation of alternative NG supply

routes. The preparation of research questionnaires and the introduction of criteria related to KM in the neuro-fuzzy algorithm, justifies the usefulness of the multi-criteria method in resolving similar technical problems. The introduction of criteria containing know-how and technology transfer considerations, constitute another prototype consideration of the second subsystem.

- [18] The mathematical examination of knowledge granularity is proven important for any KMS to be designed and implemented within ECFs. The uncontrolled increase of granularity implies increase of the total cost of the KMS implementation. Therefore, the techno-economical investigation of a proposed KMS and its marginal cost sensitivity constitutes another non-exclusively discussed in literature approach through which, scientific and the managerial approaches of the KMS and its subsystems are jointly examined, in an integrated viewpoint. To this essence, the major duty of the KM department (consists a part of the proposed KMS) is to evaluate and specify the limitations for achieving of an optimum granularity level, which is proven essential for the beneficial implementation and operation of the KMS in ECFs.

Based on the above, the originality and contribution to the scientific research of the doctoral thesis in the field of KM, is concluded to the following:

[a] The originality is proven through the systematic literature examination, by which limited research findings on the KM of NG projects are proven, along with a proposal for introduction of methods and tools, by which knowledge collected from these projects could be elicited, evaluated, structured and subjected to a manageable system.

[b] The scientific contribution is proven by demonstration of methodologies/tools for systematization of knowledge acquired through multidisciplinary projects of high complexity and by transforming this knowledge to an objective form, in order to be used beneficially by local ECFs and potentially by academic communities for research needs of energy and environmental science and technology.

The knowledge captured through NG projects in Greece is significantly valuable for local ECFs, since it can be improved and constituted beneficial by means of properly designed and implemented KMS. As this doctoral thesis proves, the introduction of KM in these organizations is scientifically and technically feasible and may constitute ECFs viable and competitive, in the long run. Considering that projects planned for the region of southeastern Europe are anticipated to involve a number of local ECFs in the near future, these organizations must pay a lot of attention on this challenge and to prepare properly their KM infrastructure.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα, η γνώση έχει αναδειχθεί ως αντικείμενο προβληματισμού και αναζήτησης στα δρώμενα της φιλοσοφίας, της επιστήμης και της κοινωνίας. Μετά τη βιομηχανική επανάσταση, η χρήση, η αξιοποίηση και ο έλεγχος της γνώσης, άρχισε να αποκτά σταδιακά στρατηγική σημασία. Αυτό συνέβη, επειδή η γνώση συνδέθηκε με τη μείωση του κόστους παραγωγής, με τη βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων και των υπηρεσιών, ενώ παράλληλα αποτέλεσε συστατικό της έρευνας, της τεχνολογίας και της ανάπτυξης καινοτόμων μεθόδων, στο περιβάλλον της βιομηχανίας και γενικότερα, της κοινωνίας (Weber και Weber, 2007).

Σύμφωνα με τους Drucker (1992) και Smith (1998), η γνώση αποτελεί ανταγωνιστικό πλεονέκτημα των οργανισμών στο περιβάλλον της αγοράς που αυτοί δραστηριοποιούνται. Στο βαθμό που η τεχνολογία ενσωματώνει με συστηματικό τρόπο ενότητες εξειδικευμένης και επιστημονικά εξελιγμένης γνώσης σε τομείς της οικονομικής και βιομηχανικής δραστηριότητας, η γνώση κατέστη σταδιακά κύριο συστατικό της τεχνολογίας. Για το λόγο αυτό η εξειδίκευση της γνώσης στο επίπεδο της τεχνολογίας, απαντάται συχνά με τον ισοδύναμο όρο τεχνογνωσία (Καλογήρου και Παπαγιαννάκης, 1991).

Η γνώση έχει καταξιωθεί ως ο τέταρτος συντελεστής της παραγωγής (Nurmi, 1998) πέρα από τους παραδοσιακούς που είναι το έδαφος, το κεφάλαιο και η εργασία. Για το λόγο αυτό, από πολλές επιχειρήσεις δίνονται ολοένα και μεγαλύτερη έμφαση στην ολοκληρωμένη και αποτελεσματική διαχείρισή της γνώσης, που στη βιβλιογραφία συναντάται με τον όρο *knowledge management* (KM) (Nonaka και Takeuchi, 1995; Davenport και Prusak, 1998).

Στο παρόν κεφάλαιο, παρουσιάζεται γενική αναφορά στο εννοιολογικό πλαίσιο που διέπει τις σύγχρονες απόψεις και τάσεις που κυριαρχούν για τη γνώση και τη διαχείρισή της. Αναδεικνύεται ο συσχετισμός της γνώσης και διαχείρισής της με τις διεργασίες αξιοποίησης του φυσικού αερίου (ΦΑ), με έμφαση στα τεχνικά έργα κατασκευής υποδομών για την μεταφορά, αποθήκευση και διανομή του καυσίμου, ως εισαγωγική τοποθέτηση για περαιτέρω κατανόηση του αντικειμένου και των σκοπών της παρούσας διδακτορικής διατριβής, της οποίας η δομή και το περιεχόμενο παρατίθενται στην τελευταία παράγραφο.

1.1 Γνώση: σύγχρονες απόψεις και τάσεις

Ως έννοια, η γνώση έχει απασχολήσει πολλούς φιλοσόφους (Αριστοτέλης, Πλάτωνα, Καρτέσιος, κλπ), τόσο σε σχέση με το εννοιολογικό της περιεχόμενο, όσο και με το ρόλο της για την κοινωνία, την παραγωγή και την πνευματική ανάπτυξη του ανθρώπου. Ο εννοιολογικός προσδιορισμός της γνώσης ωστόσο, δεν είναι μονοσήμαντος. Εξαρτάται από το πεδίο μέσω του οποίου προσεγγίζεται ή διερευνάται, αλλά και από τα φιλοσοφικά και επιστημονικά ρεύματα που κυριαρχούν στις εκάστοτε περιόδους της πολιτιστικής, τεχνολογικής και κοινωνικοοικονομικής εξέλιξης του πολιτισμού.

Το λεξικό Webster's ορίζει τη γνώση ως *γεγονός ή συνθήκη της αντίληψης που επέρχεται μέσα από εμπειρίες ή συσχετίσεις*. Ο Francis Bacon υποστηρίζει πως η γνώση είναι *δύναμη*, δίνοντας έμφαση στην αξία της και στα οφέλη που αυτή προσφέρει στον

άνθρωπο. Ο Polanyi (1966) ερμηνεύει τη γνώση ως *διαπροσωπική διαδικασία* που κατανοείται μέσω της διεξαγωγής της ανάμεσα στις κοινωνικές ομάδες. Οι Maturana και Varela (1984) ορίζουν τη γνώση ως *μέρος της ζωής*, που έχει τις ρίζες της στις βιολογική δομή του ανθρώπινου είδους και αποσκοπεί στην οργάνωση της εμπειρίας που αποκτάται μέσω προσδιορισμένων νευροψυχικών λειτουργιών. Οι Nonaka και Takeuchi (1994; 1995) όπως και ο Grant (1996), προσανατολισμένοι περισσότερο στην Πλατωνική θεώρηση του γνωσιολογικού ζητήματος ορίζουν τη γνώση ως σύνολο *εμπεδωμένων πεποιθήσεων για την ερμηνεία της πραγματικότητας*. Οι Davenport και Prusak (1998) υποστηρίζουν ότι, η γνώση αποτελεί *ρευστό μίγμα πλαισιωμένων εμπειριών, αξιών, πληροφοριών και εξειδικευμένης τεχνογνωσίας που παρέχει το πλαίσιο για την εκτίμηση και ενσωμάτωση νέων εμπειριών και πληροφοριών. Εκκίνηση και πεδίο εφαρμογής αποτελεί ο ανθρώπινος νους, ενώ στους οργανισμούς, συχνά ενσωματώνεται όχι μόνο σε κείμενα ή βάσεις δεδομένων, αλλά και σε επιχειρησιακές λειτουργίες, πρακτικές και κανόνες*.

Από τα προαναφερόμενα διαπιστώνεται, ότι η γνώση ενσωματώνει καταρχήν μια διεπιστημονικότητα ως προς την εννοιολογική της αναφορά και κατανόηση, γεγονός που την εντάσσει σε ένα ευρύτερο επιστημονικό πεδίο έρευνας. Δεύτερον, εμπεριέχει ανθρωποκεντρική διάσταση, δηλαδή αποκτά νόημα σε σχέση με τον άνθρωπο, είτε ως αυτοτελούς μονάδας, είτε ως μέλους κοινωνικής ομάδας που προβάλλει συλλογικές δράσεις και αποφάσεις (Nonaka, 1994). Τρίτον, αποκτά οντολογική αξία, ως διαλεκτικό υποκείμενο που εντάσσεται σε συγκρίσεις, αξιολογήσεις και διαπραγματεύσεις, στο πλαίσιο των ατομικών ή συλλογικών δράσεων της κοινωνίας (Reinmann-Rothmeier, Mandl, 2000). Τέταρτον, ενσωματώνει τεχνολογική και οικονομική διάσταση, στο βαθμό που οι ανθρώπινες δράσεις και αποφάσεις συνδέονται με τις λειτουργίες της παραγωγής (processes) και ευρύτερα, με την οικονομική ανάπτυξη, τη δράση των επιχειρήσεων και τη διαμόρφωση της αγοράς (Lahti, 2000). Από τις διαπιστώσεις αυτές, προκύπτει ότι η γνώση, εύλογα έχει αποκτήσει βαρύνουσα σημασία για τις επιχειρήσεις του σύγχρονου βιομηχανικού περιβάλλοντος.

Η γνώση διακρίνεται σε *ρητή (tacit)* και σε *άρρητη (explicit)* (Polanyi, 1966; Nonaka and Takeuchi, 1995). Η ρητή είναι προσωπική, αποκτάται μέσω της εμπειρίας, της εκπαίδευσης και της κοινωνικής αγωγής, ενώ είναι δύσκολα μεταβιβάσιμη σε τρίτους. Είναι συνυφασμένη με το ένστικτο, την αντίληψη, τη νόηση και γενικότερα, με τους ψυχικούς μηχανισμούς κάθε ανθρώπου. Αντίστοιχα η άρρητη γνώση είναι αντικειμενική, συστηματική και εκπροσωπεί οντότητα καταχωρημένη από τον άνθρωπο σε εγκατεστημένες πληροφοριακές δομές (αρχεία εγγράφων, βάσεις δεδομένων). Η άρρητη και η ρητή γνώση δεν είναι αυθύπαρκτες, αλλά βρίσκονται σε συνεχή διαλεκτική αλληλεπίδραση με τις ανθρώπινες λειτουργίες, αλλά και με την αντικειμενική πραγματικότητα μέσω, και λόγω της οποίας, οι λειτουργίες αυτές αποκτούν φυσική υπόσταση και προοπτική.

Στη βιβλιογραφία υπάρχουν πολλοί χαρακτηρισμοί για τη γνώση, τη διαχείριση της γνώσης (ΔΓ) και τα χαρακτηριστικά των οργανισμών που αναπτύσσουν συστήματα διαχείρισης της γνώσης (ΣΔΓ). Για παράδειγμα οι Sveiby (1987) και Drucker (1992) χαρακτηρίζουν τη γνώση *άυλο αγαθό* (intangible asset) που γίνεται κατανοητό ως προστιθέμενη αξία στα προϊόντα και τις υπηρεσίες που παράγονται. Η ΔΓ (άρρητης ή/και ρητής) προβάλλεται ως πρωτοβουλία *στρατηγικής σημασίας* για τον εκσυγχρονισμό και

την ανταγωνιστικότητα των επιχειρήσεων (Lahti, 2000; Shankar et al., 2003), ιδιαίτερα όταν η διαχείριση αυτή ενσωματώνει συνεργασίες στους τομείς της βιομηχανικής έρευνας και εκπαίδευσης (Carayannis et al., 2000). Οι επιχειρήσεις που στηρίζουν τη βιωσιμότητά τους στη γνώση χαρακτηρίζονται ως *οργανισμοί έντασης γνώσης (knowledge intensive firms)*. Οι οργανισμοί αυτοί εφαρμόζουν και προβάλλουν πρωτοποριακές διαδικασίες και αντιλήψεις παραγωγής, καθώς επίσης εξελιγμένους τρόπους επικοινωνίας με τους πελάτες τους αλλά και τους ανταγωνιστές τους (Nurmi, 1998).

Η εξέλιξη του τομέα της πληροφορικής μετά τον β' παγκόσμιο πόλεμο, επηρέασε τη θεώρηση της έννοιας της γνώσης και του ρόλου της για τη βιομηχανία και των υπηρεσιών (πρωτογενής τομέας παραγωγής, ενέργεια, υγεία, μεταφορές, εκπαίδευση, μεταποίηση, κλπ). Η αύξηση του ανταγωνισμού, η ανάγκη αποτελεσματικής διαχείρισης μεγάλου όγκου πληροφοριών και η μετάβαση από την βιομηχανική κοινωνία σε αυτήν της πληροφορίας, μετατόπισε το κέντρο βάρους της αντίληψης της επιστημονικής κοινότητας προς μια περισσότερο *συστηματική (systematic knowledge)* και *δομημένη (structured knowledge)* θεώρηση αναφορικά με τη γνώση και τη ΔΓ (Nurmi, 1998; Davenport and Prusak, 1998; Lahti, 2000). Σήμερα, δίνεται μεγάλη έμφαση στην αυτοματοποιημένη διαχείριση της γνώσης μέσω συστημάτων βάσεων δεδομένων, τεχνητής νοημοσύνης και πληροφοριακών δικτύων (Zack, 1999; Gallupe, 2001). Προς αυτή την κατεύθυνση φαίνεται να στρέφεται και η ευρωπαϊκή βιομηχανία στα πλαίσια της πολιτικής της ευρωπαϊκής ένωσης που αποσκοπεί στη δημιουργία *'της πιο δυναμικής και ανταγωνιστικής οικονομίας του κόσμου, βασισμένης στην γνώση'* (Brinkley and Lee, 2006).

Επιχειρώντας έναν εναλλακτικό προσδιορισμό της έννοιας της γνώσης με έμφαση στα βιομηχανικά δρώμενα και σε συνεκτίμηση με τις απόψεις που διατυπώθηκαν, μπορεί να υποστηριχθεί ότι, *η γνώση αποτελεί πληροφορία προηγμένης μορφής, της οποίας η διαλεκτική υπόσταση, αξία και χρηστικότητα, συναρτάται με τα νοητικά, σημειολογικά και οντολογικά πρότυπα του ανθρώπου, καθώς επίσης και από τον επίπεδο λειτουργικότητας και ολοκλήρωσης των τεχνολογικών συστημάτων, μέσω των οποίων η πληροφορία αυτή αποκτά φυσική υπόσταση και καθίσταται διαχειρίσιμη από τη βιομηχανική κοινωνία.*

Οι σύγχρονες επιχειρήσεις καλούνται να αναπτύξουν μεθόδους, δομές και ΣΔΓ, για τη γνώση που αποκτάται μέσω, και λόγω, της παραγωγικής διαδικασίας, καθιστώντας την επαναχρησιμοποιήσιμη, έγκυρη για λήψη αποφάσεων, καθώς επίσης επιδεκτική βελτιώσεων και καινοτομιών. Όπως χαρακτηριστικά αναφέρει ο Lahti, (2000) οι επιχειρήσεις μετατρέπονται σε *μανθάνοντες οργανισμούς (learning organizations)* αξιοποιώντας τεχνολογίες της πληροφορικής και των επικοινωνιών (*information and communication technologies, ITC*). Συνεπώς, διαφαίνεται τάση αύξησης του μεριδίου τη ρητής γνώσης και της διαχείρισής της, έναντι της άρρητης που συσσωρεύεται σε έναν οργανισμό. Ωστόσο, η τάση αυτή δεν αποτρέπει τη συνεχή προσπάθεια αξιοποίησης της άρρητης γνώσης, που αποκτά το προσωπικό ενός οργανισμού μέσω της παραγωγικής διαδικασίας. Έτσι, επιχειρείται η επίτευξη της (ούτως ή άλλως υφιστάμενης) αλληλεπίδρασης μεταξύ άρρητης και ρητής γνώσης, να καθίσταται ωφέλιμη στον μέγιστο δυνατό βαθμό για κάθε οργανισμό.

Στο επίπεδο της επιχειρησιακής στρατηγικής, άλλοι οργανισμοί επικεντρώνονται στη διαχείριση άρρητης γνώσης, άλλοι στη διαχείριση της ρητής, ενώ άλλοι επιλέγουν

υβριδικές λύσεις (Choi and Lee, 2003). Όμως, το αποτέλεσμα των προσπαθειών αυτών δεν είναι πάντα το προβλεπόμενο από τους στρατηγικούς σχεδιασμούς των οργανισμών. Αυτό συμβαίνει επειδή οι απαιτήσεις ΔΓ διαφοροποιούνται σημαντικά μεταξύ των οργανισμών, ενώ συνυφαίνονται με πλήθος οργανωτικών, διοικητικών, οικονομικών και τεχνολογικών ιδιαιτεροτήτων και περιορισμών. Τα προαναφερόμενα, αναδεικνύουν προβλήματα και αδυναμίες στη σύλληψη, δόμηση και υλοποίηση των ΣΔΓ. Τα προβλήματα αυτά, είναι περισσότερο εμφανή στον τομέα των τεχνικών-κατασκευαστικών έργων της ενεργειακής βιομηχανίας και η προσέγγισή τους συνιστά προϋποθέσεις δημιουργίας ενός νέου πεδίου περαιτέρω έρευνας, όπως θα τεκμηριωθεί σε επόμενα κεφάλαια της διατριβής.

1.2 Διεργασίες αξιοποίησης και έργα υποδομών φυσικού αερίου

Το ΦΑ εξορύσσεται από αντίκλινα που περιέχουν μίγματα αέριων υδρογονανθράκων ή ως συνοδό αέριο στα κοιτάσματα άντλησης αργού πετρελαίου. Κυριότερο συστατικό του ΦΑ είναι το μεθάνιο (CH_4) που αντιστοιχεί στο 66,8-98,8% της κατ' όγκο αναλογίας του αερίου μίγματος. Άλλα συστατικά του ΦΑ είναι: άζωτο (N_2) 0,60-14,4%, αιθάνιο (C_2H_6) 0,28-19,4%, προπάνιο (C_3H_8) 0,14-20,5%, βουτάνιο (C_4H_{10}) 0,02-7,1%, διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) 0,03-9,3%, υδρόθειο (H_2S) 0-15,3% και σε πολύ μικρές ποσότητες, ευγενή αέρια όπως το ραδόνιο (Rn) (Θωμαδάκης, 1999). Η σύσταση του μίγματος εξαρτάται από την περιοχή εξόρυξης και την ποιότητα του κοιτάσματος των υδρογονανθράκων.

Το ΦΑ προέρχεται επίσης από διεργασίες αξιοποίησης της βιομάζας υπό μορφή βιοαερίου, το οποίο αποτελείται κυρίως από CH_4 και CO_2 . Παρασκευάζεται από αναερόβια χώνευση κτηνοτροφικών κυρίως αποβλήτων, όπως είναι τα λύματα των χοιροστασιών, πτηνοτροφείων, βουστασιών, καθώς και αστικών και βιομηχανικών απορριμμάτων. Επίσης, βιοαέριο παράγεται και στους ΧΥΤΑ από ειδικές μονάδες. Σε κάθε περίπτωση, η ποιότητα του βιοαερίου, και συνεπώς η κατ' όγκο αναλογία του παραγόμενου CH_4 , εξαρτάται από την περιεκτικότητα των απορριμμάτων σε οργανικά υλικά (ΚΑΠΕ, 1996).

Από τις περιοχές εξόρυξης, το καύσιμο μεταφέρεται σε υψηλή πίεση προς τις περιοχές κατανάλωσης, μέσω μεταλλικών αγωγών υψηλής αντοχής. Η τελική διανομή του ΦΑ γίνεται μέσω δικτύων μεταλλικών ή/και πλαστικών αγωγών μέσης και χαμηλής πίεσης αντίστοιχα (Σπανίδης, 1994; ΔΕΡΑ, 1996). Η αποθήκευση του ΦΑ, γίνεται σε δεξαμενές αποτελούμενες από χάλυβα κρυογενικής τεχνολογίας, όπου το καύσιμο εισάγεται σε υγροποιημένη μορφή (liquefied natural gas, LNG) (Foss, 2003). Το υγροποιημένο φυσικό αέριο (ΥΦΑ) φορτώνεται, μεταφέρεται και εκφορτώνεται από δεξαμενόπλοια που φέρουν επίσης κρυογενικές δεξαμενές σφαιρικής ή πρισματικής γεωμετρίας. Το ΦΑ, από τις θέσεις αποθήκευσης, μεταφέρεται σε δίκτυα χερσαίων αγωγών, αφού υποστεί επαναεριοποίηση (regasification). Εναλλακτικά, μπορεί να αποθηκευτεί σε υπόγειες κοιλότητες απεμπλουτισμένων κοιτασμάτων υδρογονανθράκων μέσω συστημάτων κατάθλιξης. Η σχετική τεχνολογία εφαρμόζεται για τη δημιουργία στρατηγικών αποθεμάτων του καυσίμου, αφού προηγουμένως έχει ελεγχθεί η μηχανική αντοχή των υπόγειων κοιλοτήτων, έναντι φαινομένων σεισμικής διέγερσης ή/και τεκτονικών υποχωρήσεων.

Η εφοδιαστική αλυσίδα του ΦΑ υποστηρίζεται από ένα σύνολο φυσικών και χημικών διεργασιών, μέσω των οποίων γίνεται αξιοποίηση του καυσίμου, δηλαδή ο καθαρισμός, η επίτευξη της πίεσης παράδοσης και της επιθυμητής θερμογόνου δύναμης και τέλος, η διακίνηση και χρήση του στην ενεργειακή αγορά. Οι κυριότερες από τις διεργασίες αυτές συνοψίζονται ως εξής (Θωμαδάκης, 1999; Shrinivasan και Kane, 1999; Βασάλος, 2003):

(α) *Αφυδάτωση (Dehydration)*: αποτελεί χημική διεργασία απομάκρυνσης του νερού από το αντλούμενο ΦΑ, είτε αυτό βρίσκεται σε ξηρή φάση (ανώτεροι υδρογονάνθρακες $< 0,04 \text{ lit/m}^3$), είτε σε υγρή φάση (ανώτεροι υδρογονάνθρακες $> 0,04 \text{ lit/m}^3$). Σκοπός της διεργασίας είναι η αποφυγή σχηματισμού υδριτών (κρυσταλλικές ενώσεις νερού και ΦΑ) των οποίων η παρουσία επιφέρει απόφραξη των σωληνώσεων κατά την εκτόνωση του καυσίμου στα βλαβιδιστάσια. Η αφυδάτωση επιτυγχάνεται με συνδυασμό διατάξεων διαχωριστών φάσης και στηλών ξήρανσης, με προσθήκη αλκοολών, όπως η αιθυλενο-γλυκόλη ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$), η δι-αιθυλενο-γλυκόλη ($\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}_3$) και η τρι-αιθυλενο-γλυκόλη ($\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_4$). Παράλληλα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν απορροφητικά μέσα, όπως η ενεργοποιημένη αλουμίνα, τα silica gel και τα μοριακά κόσκινα.

(β) *Γλύκανση (Sweetening)*: αποτελεί χημική διεργασία απομάκρυνσης των όξινων συστατικών του ΦΑ, δηλαδή του CO_2 και του H_2S . Η απομάκρυνση επιτυγχάνεται με την προσθήκη αμινών όπως η μονο-αιθανολαμίνη (MEA, $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CH}_2-\text{NH}_2$) σε κ.β. αναλογία 15-25% ή η δι-αιθανοαμίνη (DEA, $(\text{CH}_2\text{OH}-\text{CH}_2)_2\text{NH}_2$) σε κ.β. αναλογία 25-35% οι οποίες επιδρούν στην αλλαγή της σύστασης του καυσίμου μειώνοντας τη διαβρωτική του συμπεριφορά. Σε ορισμένες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται ως πρόσθετα το K_2CO_3 σε κ.β. αναλογία 30%, το Sulfinol DIPA ($(\text{CH}_3-\text{CHOH}-\text{CH}_2)_2\text{NH}$) σε κ.β. αναλογία 40%, το DGA ($\text{CH}_2\text{OH}-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$) σε κ.β. αναλογία 50-80% ή το Sulfolane ($(\text{CH}_2-\text{CH}_2)_2\text{SO}_2$) σε κ.β. αναλογία 40-80%. Με τη γλύκανση ρυθμίζεται η επιθυμητή τιμή του λόγου $\text{H}_2\text{S}/\text{CO}_2$ στο διακινούμενο ΦΑ.

(γ) *Υγροποίηση*: αποτελεί φυσική διεργασία ψύξης του ΦΑ σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες (-162°C), ώστε (βάσει της αρχής του νόμου των αερίων που συνδέει τα καταστατικά μεγέθη πίεση, θερμοκρασία, όγκος) να μειωθεί ο όγκος του και να καταστεί εφικτή η αποθήκευσή του στις κρυογενικές δεξαμενές.

(δ) *Αεριοποίηση*: αποτελεί φυσική διεργασία αντίστροφη της υγροποίησης, κατά την οποία το ΥΦΑ υπάγεται σε συνθήκες αυξανόμενης θερμοκρασίας, ώστε να ανακτήσει όγκο και συνεπώς την επιθυμητή πίεση, ώστε να καταστεί διοχετεύσιμο στο δίκτυο των αγωγών μεταφοράς.

(ε) *Συμπίεση*: αποτελεί φυσική διεργασία, όπου το ΦΑ υπόκειται σε συμπίεση μέσω συμπιεστών και στη συνέχεια εκτονώνεται με ελεγχόμενο ρυθμό, ώστε να διακινηθεί με την επιθυμητή ταχύτητα, όταν παρουσιάζεται πτώση πίεσης στο δίκτυο.

(ζ) *Καύση*: αποτελεί χημική διεργασία τελικής χρήσης του ΦΑ, βάσει του θερμοδικού του περιεχομένου. Εντοπίζεται στις μονάδες συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας, στην κίνηση των οχημάτων που χρησιμοποιούν ως καύσιμο κίνησης το ΦΑ και στους καυστήρες των οικιστικών και εμπορικών καταναλωτών.

Οι προαναφερόμενες διεργασίες εκπροσωπούν ένα ευρύ φάσμα επιστημονικής έρευνας και τεχνολογικών εφαρμογών. Η εξέταση του φάσματος αυτού αποτελεί αντικείμενο διεπιστημονικής γνωσιολογικής έρευνας, η ολοκληρωμένη διεξαγωγή της οποίας

υπερβαίνει τα όρια της παρούσας διατριβής. Ωστόσο, από άποψη γνωσιολογικής έρευνας, η διατριβή εστιάζεται στο τεχνικό σκέλος της κατασκευής των μονάδων αποθήκευσης και αγωγών διακίνησης του ΦΑ. Η επιλογή αυτή έγινε, επειδή η τεχνολογική γνώση που έχει συσσωρευτεί τα τελευταία 20 χρόνια με την είσοδο του ΦΑ στην Ελλάδα, αφορά κυρίως τα συστήματα των αγωγών και τη μονάδα ΥΦΑ της Ρεβυθούσας. Συνεπώς, από άποψη ΔΓ, η όποια επιστημονική έρευνα είναι λογικό και σκόπιμο να αξιοποιήσει το υπάρχον υλικό και τη γνώση των εμπειρογνομόνων που κατακτήθηκε, δια μέσου, και λόγω, των έργων αυτών. Στο κυρίως σώμα της διατριβής που πραγματεύεται τη ΔΓ στο χώρο του ΦΑ και ακολουθεί στα επόμενα κεφάλαια, η έμφαση θα δοθεί στα έργα της κατασκευής των υποομών, τα οποία μαζί με τις μονάδες διεργασιών, συνθέτουν την ολοκληρωμένη εφοδιαστική αλυσίδα του καυσίμου.

Στη σύγχρονη κατασκευαστική βιομηχανία ο τομέας των ενεργειακών έργων, τα οποία επιτρέπουν την παραγωγή, αποθήκευση, μεταφορά και διανομή της ενέργειας, κατέχει ιδιαίτερη κοινωνικοοικονομική και αναπτυξιακή σημασία. Αυτό απορρέει από τις πολιτικές που εφαρμόζονται σε παγκόσμια κλίμακα για τη διασύνδεση, επέκταση και ολοκλήρωση των ενεργειακών δικτύων σε μεγάλες περιφέρειες του πλανήτη (Ogutcu, 1995). Στο πλαίσιο του τομέα των ενεργειακών έργων και της αγοράς που διαμορφώνεται ως συνέπεια των έργων αυτών, τα έργα υποδομών ΦΑ αποτελούν αντικείμενο συσσώρευσης και μεταφοράς σημαντικών τεχνολογικών γνώσεων της βιομηχανίας του ΦΑ, λόγω του ότι διέπονται από των υψηλού επιπέδου τεχνικές προδιαγραφές σχεδιασμού, κατασκευής, ασφάλειας και λειτουργίας.

Οι επιχειρήσεις που κατά κύριο λόγο εμπλέκονται με την μελέτη και κατασκευή αγωγών ΦΑ είναι οι *εταιρίες συμβούλου μελετητή (ΕΣΜ)* οι οποίες αναφέρονται στη βιβλιογραφία ως *engineering companies* ή ως *engineering services firms* ή *ESFs*, όπως αναφέρουν οι Roberts (1973) και οι Brener and Kurdoglou (1988). Οι οργανισμοί αυτοί εμπλέκονται ως μελετητές (*engineers*), υπεργολάβοι (*subcontractors*), επιβλέποντες (*supervisors*) ή ως διαχειριστές έργων (*project managers*). Για την υλοποίηση των έργων της ενεργειακής βιομηχανίας απαιτείται κατά τον Roberts (1973) *ένα σύνολο μεθόδων και οργανωτικών δομών, οι οποίες να επιτρέπουν τη συγκέντρωση των σχετικών επιστημονικών, τεχνικών και οικονομικών γνώσεων και τη μετατροπή τους σε σχέδια και οδηγίες για την κατασκευή εξειδικευμένων έργων*. Συνεπώς, τα έργα κατασκευής υποδομών ΦΑ, προϋποθέτουν τη συγκρότηση ενός τεχνολογικού πακέτου που ενσωματώνει τριών ειδών τεχνολογικές γνώσεις: (α) την τεχνολογία του παραγωγικού συστήματος (δηλαδή του αγωγού μεταφοράς), (β) την τεχνολογία σχεδιασμού και συντονισμού του έργου και (γ) την τεχνολογία κατασκευής μηχανημάτων (δηλαδή των υλικών, του εξοπλισμού και της εγκατάστασής τους κατά μήκος της διαδρομής των αγωγών). Ο ρόλος λοιπόν των ΕΣΜ σε όλη αυτή την αλυσίδα δράσεων, καθίσταται ιδιαίτερα σημαντικός.

Τα έργα μεταφοράς υδρογονανθράκων, απαιτούν εμπειριστατωμένη αλληλεξάρτηση πολλών τεχνολογικών γνώσεων με μεγάλο βαθμό εξειδίκευσης (Dey et al., 1996). Προϋποθέτουν, συνεπώς, διεπιστημονική (*intra-disciplinary*) και πολύ-επιστημονική (*multi-disciplinary*) γνώση και ταυτόχρονα τρόπους ΔΓ για την αντιμετώπιση και εκτέλεση των επί μέρους δραστηριοτήτων. Αυτό έχει διαπιστωθεί από τις εγχώριες ΕΣΜ και για την περίπτωση έργων του *ΕΣΦΑ (Εθνικού Συστήματος Φυσικού Αερίου)*, ιδιαίτερα στα στάδια της μελέτης και κατασκευής του έργου (Σπανίδης, 1994). Για

παράδειγμα, η σχεδίαση οδεύσεων αγωγών δια μέσου της πολυσχιδούς και ασταθούς γεωλογικής δομής της Ελλάδας επιβάλλει συνδυασμό και ενσωμάτωση γνώσεων από πεδία της γεωφυσικής, της τεκτονικής, της υδρογεωλογίας, της οικολογίας, της τεχνολογίας υλικών και της ερμηνευτικής της περιβαλλοντικής/τεχνικής νομοθεσίας (Batzias and Spanidis, 2008a; Spanidis and Protopappa, 2003). Αξίζει επίσης να σημειωθεί, ότι η διάρκεια κατασκευής των αγωγών ΦΑ παρουσιάζεται ως επίσης ιδιαίτερα σημαντική παράμετρος, στο βαθμό που τα έργα αυτά εμφανίζουν μεγάλους χρονικούς ορίζοντες λειτουργίας, συνιστούν προϋπόθεση ανάπτυξης οικονομικών κλίμακας, ενώ εντάσσονται σε διακρατικούς ενεργειακούς σχεδιασμούς, που συνυφαίνονται με ζητήματα γεωπολιτικής.

Συμπεραίνεται λοιπόν, ότι για τη διαχείριση έργων κατασκευής υποδομών ΦΑ, απαιτείται υψηλό επίπεδο συντονισμού για την ενσωμάτωση εξειδικευμένων γνώσεων στις δραστηριότητες και της πολυπλοκότητας που αυτή συνεπάγεται. Επίσης, απαιτείται πρόβλεψη μεθόδων συγκρότησης ολοκληρωμένων τεχνολογικών υποδομών αξιοποίησης των εγγράφων των έργων, ώστε να καθίσταται εφικτή η τήρηση και ανάκτηση των τεχνικών/τεχνολογικών, όταν και εφόσον αυτό απαιτηθεί σε ανάγκες μελλοντικών έργων. Η απόκτηση των γνώσεων αυτών, συχνά δεν είναι προβλέψιμη *ab-initio*, αλλά προκύπτει προοδευτικά από τις παρουσιαζόμενες ανάγκες των έργων (Uher and Toakley, 1999). Αυτό οδηγεί τις ΕΣΜ στη σύναψη συνεργασιών (υπεργολαβήσεων, προσλήψεων συμβούλων εμπειρογνομόνων) που καθιστούν το πλαίσιο συντονισμού της γνωσιολογικής διάστασης του έργου επίπονο και συχνά προβληματικό (Cushman, et al., 2001; Batzias and Spanidis, 2008a).

1.3 Αντικείμενο, σκοπός και στόχοι της διατριβής

Τις τελευταίες δεκαετίες, πέρα από το ενδιαφέρον της βιομηχανικής και της ακαδημαϊκής κοινότητας, οι τεχνικοί οργανισμοί που ειδικεύονται στη μελέτη, κατασκευή και λειτουργία των τεχνικών έργων, δραστηριοποιούνται επίσης προς την κατεύθυνση της ΔΓ (Σαρακάκης και Βλάχος, 2003). Ειδικότερα, στα έργα κατασκευής ενεργειακών υποδομών (δωλιστήρια, αγωγοί, μονάδες παραγωγής ενέργειας, κλπ) που διέπονται από τεχνολογική πολυπλοκότητα και διεπιστημονικότητα, η ΔΓ σχετίζεται με την οικονομία και την ποιότητα των παρεχομένων υπηρεσιών. Στοιχεία της βιβλιογραφίας, που επιβεβαιώνονται και από την εμπειρία, δείχνουν, ότι στο περιβάλλον των τεχνικών έργων η ΔΓ διεξάγεται είτε σε επίπεδο αντιμετώπισης *ad-hoc* αναγκών (Batzias and Spanidis, 2008a), είτε μέσω εφαρμογής συντονιστικών και διοικητικών λειτουργιών (PMBOK, 2004), είτε εξαντλείται σε επίπεδο αρχειοθέτησης (συμβατικής ή ψηφιακής) τεχνικών και διοικητικών εγγράφων μετά το πέρας της κατασκευής (Uelpenich and Bodendorf, 1999).

Οι ΕΣΜ, μέσω των οποίων διαχέεται το μεγαλύτερο μέρος της τεχνογνωσίας του ενεργειακού τομέα (Καλογήρου και Παπαγιαννάκης, 1991), συχνά αντιμετωπίζουν κρίσιμα προβλήματα ΔΓ. Η πίεση για έγκαιρη ολοκλήρωση των έργων, οι συχνές αλλαγές των οργανογραμμάτων που συνεπάγονται μετακινήσεις εξειδικευμένου προσωπικού, η αποφυγή ανάληψης του κόστους διάχυσης της τεχνογνωσίας και η περιορισμένη εξοικείωση πολλών διοικητών έργων (project managers) αναφορικά με τη σημασία της ΔΓ, είναι μερικά από τα κύρια προβλήματα που λειτουργούν περιοριστικά στην προοπτική αξιοποίησης της γνώσης (Schindler and Eppler, 2003). Τα προβλήματα

αυτά προέρχονται από τη δημιουργία κενών γνώσης (knowledge gaps) που ερμηνεύονται ως διαφορές ανάμεσα στη γνώση που απαιτείται και σε αυτήν που διαθέτει ένας τεχνικός οργανισμός (στην προκειμένη περίπτωση οι ΕΣΜ) για την εκπόνηση ενός έργου (Zack, 1999; McBriar et al., 2003; Regev et al., 2006). Κενά γνώσης ανακύπτουν ακόμη και σε έργα των οποίων τα τεχνολογικά χαρακτηριστικά είναι επαναλαμβανόμενα ή κοινά (Batziias and Spanidis, 2008a). Τα κενά αυτά καλύπτονται από τις ΕΣΜ μέσω συνεργασιών, με παράλληλη ενσωμάτωση του κόστους μεταφοράς τεχνογνωσίας στο κόστος των έργων. Το γεγονός αυτό, αυξάνει το λειτουργικό κόστος των ΕΣΜ, καθιστώντας τις λιγότερο ανταγωνιστικές. Η αναζήτηση βιβλιογραφικών στοιχείων για τη ΔΓ σε έργα ΦΑ, δεν αποκάλυψε ουσιαστικές ποιοτικές διαφοροποιήσεις στη φιλοσοφία αντιμετώπισης των προβλημάτων και τη φύση των κενών γνώσης που ισχύουν γενικώς στα έργα της κατασκευαστικής βιομηχανίας. Ειδικότερα, σε χώρες που εμφανίζουν περιορισμένους ρυθμούς τεχνολογικής ανάπτυξης (π.χ. Ελλάδα) οι επιπτώσεις των κενών γνώσης είναι ιδιαίτερος επιβαρυντικές για τα έργα αλλά και τις ΕΣΜ, με επακόλουθο τη σπατάλη πόρων και χρόνου (Batziias and Spanidis, 2003).

Το αντικείμενο της παρούσας διατριβής συνίσταται στη διεξοδική βιβλιογραφική διερεύνηση προβλημάτων και κενών γνώσης στα τεχνικά έργα μεγάλης πολυπλοκότητας και διεπιστημονικότητας, με έμφαση σε αυτά του ΦΑ, στον εντοπισμό περιοχών που επιδέχονται περαιτέρω έρευνα σχετικά με τη ΔΓ στα έργα αυτά, τη διατύπωση πρότασης ΣΔΓ για τη γεφύρωση των κενών γνώσης, με έμφαση στη διαχείριση της ρητής γνώσης, και στην τεκμηρίωση της υλοποίησης του προτεινόμενου ΣΔΓ σε διακριτές φάσεις έργων αγωγών ΦΑ, εντός του περιβάλλοντος μιας τυπικής εγχώριας ΕΣΜ.

Σκοπός της διατριβής είναι να αναδείξει πώς οι θεωρητικές προσεγγίσεις, οι μέθοδοι και οι τεχνικές που προτείνονται στη βιβλιογραφία για ΔΓ και τα ΣΔΓ μπορούν να συγκροτηθούν στο πλαίσιο μιας *ερευνητικής πρότασης*, που θα εστιάζεται στην κατεύθυνση μετεξέλιξης των εγχώριων ΕΣΜ σε μανθάνοντες οργανισμούς. Επιχειρείται δηλαδή, να καταστεί αντιληπτό πως η ρητή/άρρητη γνώση (αποκτώμενη από λάθη, δυσκολίες, εμπειρίες, εκπαίδευση, συνεργασίες αλληλεπίδραση γνωστικών αντικειμένων, κλπ) μπορεί να αντικειμενικοποιηθεί, συνιστώντας προϋπόθεση καταχώρησης σε βάση γνώσης (ΒΓ) (knowledge base, KB) μέσω του προτεινόμενου ΣΔΓ.

Στο σκοπό της διατριβής εντάσσεται επίσης η εξέταση των διοικητικών και τεχνικοοικονομικών παραμέτρων που συναρτώνται με το προτεινόμενο ΣΔΓ. Σχολιάζεται η γενική φιλοσοφία της ΒΓ των ΕΣΜ και της σημασίας του επιπέδου της διακριτοποίησης ως προς το οποίο θα επιχειρηθεί η ανάλυση της γνώσης των έργων. Επίσης, επιχειρείται η αντιστοίχιση των δομικών στοιχείων του προτεινόμενου ΣΔΓ με τη γενική θεώρηση των γνωσιολογικών μοντέλων SECI και GENF. Τέλος, υπογραμμίζεται το κατά πόσον οι ΕΣΜ ως μανθάνοντες οργανισμοί, θα μπορούσαν, μέσω της προοπτικής ΔΓ, να ισχυροποιήσουν την παρουσία τους στην ανάληψη έργων στο χώρο της Βαλκανικής (π.χ. Transadriatic pipeline, AMBO pipeline, South Stream pipeline, κλπ) να ενταχθούν σε συμφωνίες έρευνας και τεχνολογίας (research and development, R&D) ή/και να λειτουργήσουν υποστηρικτικά στην εκπαίδευση. Οι επί μέρους στόχοι της διατριβής ταξινομούνται επιγραμματικά όπως παρακάτω:

1. Επισήμανση των περιοχών της βιβλιογραφίας που δεν εμφανίζουν επαρκή ανάπτυξη στον τομέα των τεχνικών έργων κατασκευής υποδομών ΦΑ

2. Διερεύνηση των κενών γνώσης και της αλληλεπίδρασης τους με τα προβλήματα που υπεισέρχονται στη λειτουργία των ΕΣΜ στο περιβάλλον των έργων
3. Προσδιορισμός των παραγόντων της ΔΓ εντός των ΕΣΜ και του τρόπου ένταξής τους στις γνωσιολογικά σημαντικές λειτουργίες των ΕΣΜ
4. Διερεύνηση του τρόπου γεφύρωσης των κενών γνώσης μέσω της οργάνωσης του τρόπου που αποκτάται η γνώση στις ΕΣΜ
5. Πρόταση και τεκμηρίωση γενικού μοντέλου ΔΓ και της μεθοδολογίας υλοποίησής του, που εστιάζεται στην εξαγωγή, ανάλυση και αναπαράσταση της γνώσης
6. Ανάδειξη οντολογιών τομέων γνώσης του ΦΑ και οντολογιών λειτουργίας για τη ΔΓ εντός των ΕΣΜ
7. Επιλογή, χρήση και ανάδειξη μεθόδων και εργαλείων ΔΓ σχετικά με: (α) την εξόρυξη τεχνικοοικονομικών δεδομένων έργων αγωγών και την κατάρτιση μαθηματικών συναρτήσεων πρόβλεψης κόστους έργων, ενεργειακών καταναλώσεων, κλπ. (β) τη συνεκτίμηση της αβεβαιότητας στη λήψη τεχνικών και διοικητικών αποφάσεων, με χρήση θεωρίας ασαφών συνόλων, (γ) την πολυκριτηριακή ανάλυση και αξιολόγηση τεχνικών και κατασκευαστικών προβλημάτων των έργων και (δ) την αναπαράσταση της φαινομενολογίας της διάβρωσης των αγωγών ΦΑ με δενδροειδείς δομές πληροφοριών
8. Ανάδειξη του τρόπου απόσπασης άρρητης γνώσης από εμπειρογνώμονες και μετατροπή της σε ποσοτικοποιημένη ρητή ή της μερικώς δομημένης ρητής σε δομημένη ρητή με υπολογιστικές μεθόδους ή τεχνικές αναπαράστασης της γνώσης
9. Ανάδειξη διοικητικών ζητημάτων και τεchnοοικονομικών παραμέτρων που συνδέονται με τη ΔΓ στις ΕΣΜ στο πλαίσιο έργων ΦΑ

Στην ερευνητική προσπάθεια αξιοποιήθηκαν δεδομένα και ερευνητικό υλικό από την ανάπτυξη των έργων του ΕΣΦΑ στην Ελλάδα, τα οποία έχουν δρομολογηθεί, και συνεχίζουν να εξελίσσονται, από τα μέσα της δεκαετίας του 1980 μέχρι σήμερα.

1.4 Οργάνωση της διατριβής

Μετά την εισαγωγή που αποτελεί το πρώτο κεφάλαιο της διατριβής, στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται βιβλιογραφική επισκόπηση σχετικά με τις βασικές θεωρητικές έννοιες και προσεγγίσεις για τη ΔΓ. Σχολιάζονται χαρακτηριστικά ΣΔΓ και αναδεικνύονται οι κυριότεροι παράγοντες ΔΓ (εμπειρογνώμονες, επιχειρησιακή στρατηγική, λειτουργίες, συνεργασίες, μέθοδοι σχεδιασμού ΣΔΓ, τεχνολογίες συστημάτων και εξειδικευμένες ποιοτικές-ποσοτικές μέθοδοι επίτευξης ΔΓ).

Στο τρίτο κεφάλαιο, παρουσιάζεται ο συσχετισμός των έργων ΦΑ με τις έννοιες της ΔΓ. Δίνονται τα χαρακτηριστικά πολύπλοκων και διεπιστημονικών έργων και βάσει αυτών, επιχειρείται κατανόηση της ανάπτυξης και διάχυσης άρρητης και ρητής γνώσης. Αναδεικνύονται οι ΕΣΜ ως οργανισμοί μεταφοράς τεchnογνωσίας. Παρατίθενται τεχνικά και τεχνολογικά στοιχεία των έργων του ΦΑ, η ενεργειακή, γεωπολιτική και οικονομική τους διάσταση, καθώς επίσης και οι κίνδυνοι που τα επηρεάζουν. Παρουσιάζεται ιστορικό της εισόδου του ΦΑ την Ελλάδα. Παρατίθεται εκτεταμένη βιβλιογραφική επισκόπηση ΣΔΓ που έχουν αναπτυχθεί στον τομέα του ΦΑ, αλλά και σε θεματικές

περιοχές που συναρτώνται με το ευρύτερο πεδίο έρευνας για το ΦΑ. Τέλος, καταγράφεται μια πρώτη αξιολόγηση-κριτική θεώρηση των βιβλιογραφικών ευρημάτων.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, παρουσιάζεται περαιτέρω βιβλιογραφική επισκόπηση για τα προβλήματα ΔΓ που παρουσιάζονται στα έργα, ενώ προσδιορίζονται και αξιολογούνται τα κενά γνώσης. Καταγράφονται κρίσιμες διαπιστώσεις σχετικά με τη ΔΓ στα έργα του ΦΑ σε συναπόδειξη με την εμπειρία των έργων του ΕΣΦΑ. Τέλος, διατυπώνονται βασικά ερωτήματα έρευνας, βάσει των οποίων μπορεί να στοιχειοθετηθεί τεκμηρίωση πρότασης ΣΔΓ για τις εγχώριες ΕΣΜ.

Στο πέμπτο κεφάλαιο κατατίθενται οι αρχές συγκρότησης και η γενική πρόταση ΣΔΓ για τις ΕΣΜ, τα δομικά του συστατικά και τα στάδια της μεθοδολογίας υλοποίησής του: ανάλυση, σύνθεση, υλοποίηση και τεκμηρίωση της συμβολής στην επιστημονική έρευνα. Τεκμηριώνεται η επιλογή του βασικού μοντέλου των λειτουργιών απόκτησης της γνώσης του συστήματος που είναι η εξαγωγή, η ανάλυση και η αναπαράσταση της γνώσης. Καταρτίζεται η γενική οντολογία των γνωσιολογικά σημαντικών τομέων γνώσης των έργων του ΦΑ και υποδεικνύονται τα εργαλεία κατάρτισης των λειτουργικών οντολογιών. Παρουσιάζονται αποσπάσματα των αλγορίθμων υλοποίησης των οντολογιών αυτών και τέλος, περιγράφονται συνοπτικά τα υποσυστήματα που επιλέχθηκαν για την υλοποίηση του ΣΔΓ και την τεκμηρίωση της εφικτότητάς του. Τέλος, γίνεται συνοπτική αναφορά σε ενδεικτικά υποσυστήματα δεδομένων, που θα πρέπει να ενσωματώνει μια αντιπροσωπευτική ΒΓ των ΕΣΜ.

Στο έκτο κεφάλαιο, αναπτύσσεται η πρώτο υποσύστημα, που επικεντρώνεται στην διερεύνηση του πλαισίου ιδιωτικής επένδυσης έργων ΦΑ για την περιοχή της Πελοποννήσου. Αναδεικνύεται μέθοδος εξόρυξης γνώσης (Data Mining, DM) για την κατάρτιση στατιστικών συναρτήσεων (πολλαπλής παλινδρόμησης, Multiple Regression) πρόβλεψης κόστους των έργων, από πρωτογενή τεχνοοικονομικά στοιχεία της διεθνούς κατασκευαστικής βιομηχανίας, που καταγράφονται σε μια πρώτου επιπέδου ΒΓ. Εισάγεται οικονομετρικό μοντέλο πρόβλεψης της ενεργειακής ζήτησης βάσει χρονοσειρών (ARIMA models) και σε συνδυασμό με τη χρήση ασαφών αριθμών (Fuzzy numbers), ερευνάται η αβεβαιότητα στη διάχυση του ΦΑ στην Πελοπόννησο. Τέλος, υπολογίζονται οι χρηματοοικονομικοί δείκτες, εκπονείται ανάλυση ευαισθησίας και διερευνάται με η μαθηματική σημασία της συνάρτησης του κόστους κατασκευής αγωγού ΦΑ για τον ιδιώτη επενδυτή.

Στο έβδομο κεφάλαιο αναπτύσσεται το δεύτερο υποσύστημα, που επικεντρώνεται σε σενάριο προέκτασης του ΕΣΦΑ στην περιοχή της Χαλκιδικής. Τεκμηριώνεται η σημασία της λήψης αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια (Multiple Criteria Decision Analysis, MCDA) στην επιλογή βέλτιστης λύσης έργου μεταφοράς ΦΑ. Εισάγονται ως κριτήρια, παράμετροι που σχετίζονται με τη ΔΓ σε έργα του είδους αυτού. Αναδεικνύεται η συλλογή της άρρητης γνώσης των εμπειρογνομώνων και η καταγραφή της ως ρητής επεξεργάσιμης, μέσω διακίνησης ερωτηματολογίων (μέθοδος Delphi). Επιλύεται το πολυκριτηριακό σύστημα με αναβαθμισμένη μέθοδο PROMETHEE-II, η οποία ενσωματώνει παραμέτρους ασαφούς λογικής, βάσει των οποίων διερευνάται η ευαισθησία του συστήματος αυτού.

Στο όγδοο κεφάλαιο, αναπτύσσεται το τρίτο υποσύστημα, που επικεντρώνεται στην ανάλυση της διάβρωσης αγωγών ΦΑ, με χρήση τεχνικής ανάλυσης δένδρου σφαλμάτων (Fault Tree Analysis, FTA). Προσεγγίζονται γνωσιολογικά οι αστοχίες αγωγών ΦΑ που

οφείλονται σε διάβρωση, ως προς τρία κύρια επίπεδα φαινομενολογικής ανάλυσης: το εμπειρικό, το θεωρητικό και το συνεργιστικό. Επιχειρείται σύνδεση με τις διαδικασίες της λειτουργίας των συστημάτων ΦΑ, όπως οι επιθεωρήσεις, οι έλεγχοι και οι αποκαταστάσεις των αστοχιών. Τέλος, αναδεικνύεται η μετατροπή της μερικής δομημένης ή αδόμητης ρητής γνώσης σε ρητή, ιεραρχικά δομημένη και επεξεργάσιμη από υπολογιστικά μοντέλα.

Στο ένατο κεφάλαιο, παρουσιάζονται σχόλια και παρατηρήσεις για το προτεινόμενο ΣΔΓ. Εξετάζονται επιδράσεις από τις αλλαγές στην οργανωτική-διοικητική δομή και στη συμπεριφορά/σχέσεις του προσωπικού, που αναμένονται λόγω εισαγωγής του ΣΔΓ, σε μια τυπική εγχώρια ΕΣΜ. Παρουσιάζεται γενικός σχολιασμός για τη ΒΓ των ΕΣΜ και το ρόλο των μηχανικών γνώσης στην τήρηση, ενημέρωση και λειτουργικότητά της. Αναπτύσσεται η διάσταση των τεχνοοικονομικών προϋποθέσεων εφαρμογής του ΣΔΓ και ειδικότερα των κοστολογικών επιπτώσεων της διακριτοποίησης της γνώσης στον οργανισμό των ΕΣΜ. Τέλος, σχολιάζεται η αντιστοίχιση οντολογικών λειτουργιών των υποσυστημάτων, με τις θεωρητικές διαστάσεις γνωσιολογικών μοντέλων της βιβλιογραφίας.

Στο δέκατο και τελευταίο κεφάλαιο, διατυπώνονται τα τελικά (γενικά και ειδικά) συμπεράσματα, ενώ τεκμηριώνεται η πρωτότυπη συμβολή της διατριβής. Τέλος, υποδεικνύονται κατευθύνσεις και θεματικές προεκτάσεις της διατριβής σε επίπεδο περαιτέρω έρευνας.

Η διατριβή ολοκληρώνεται, με την αναφορά στις δημοσιεύσεις και τη δραστηριότητα του συγγραφέως, με την παράθεση της χρησιμοποιηθείσας ξενόγλωσσας και ελληνικής βιβλιογραφίας, με τον κατάλογο των συγγραφέων που αναφέρονται στα κεφάλαια της διατριβής, καθώς επίσης και του παραρτήματος, στο οποίο εμπεριέχεται υλικό αναγκαίο για την κατανόηση και υποστήριξη του περιεχομένου των επί μέρους κεφαλαίων.

2. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΓΝΩΣΗΣ: ΓΕΝΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

Η ΔΓ κατέχει μεγάλη βαρύτητα για την οικονομία, βιωσιμότητα και ανταγωνιστικότητα των σύγχρονων επιχειρήσεων. Μέσω της αυτής, διαμορφώνονται νέες φιλοσοφίες παραγωγής, καινοτόμες πρακτικές και δημιουργικές σχέσεις με πελάτες, προμηθευτές, ακόμη και με τους ανταγωνιστές των επιχειρήσεων.

Ο Αποστόλου (2002) προσδιορίζει τη ΔΓ ως *νέα διοικητική πρακτική (management discipline) που αφορά στη συστηματική και συλλογική δημιουργία, διάχυση και χρήση της επιχειρησιακής γνώσης, με σκοπό τη ριζική βελτίωση της οργανωτικής αποδοτικότητας, τη βελτίωση επιχειρησιακής ανταγωνιστικότητας και την ανάπτυξη της καινοτομίας*. Οι Bullinger et al., (1998) υποστηρίζουν, ότι η ΔΓ είναι κατανοητή ως η ενσυνείδητη, υπεύθυνη και συστηματική αλληλεπίδραση με την γνώση, που έχει ως αντικειμενικό σκοπό την εφαρμογή της (γνώσης) μέσα στους οργανισμούς. Ο Kucza (2001) ορίζει τη ΔΓ μέσω του σκοπού τον οποίο εξυπηρετεί: να καταστήσει τη γνώση επαναχρησιμοποιήσιμη σε περισσότερους από έναν υπαλλήλους. Ο Lahti (2000) αναγνωρίζει τη ΔΓ μέσω διακριτών γνωσιολογικών λειτουργιών όπως: δημιουργία, αναπαράσταση, προσβασιμότητα και μεταφορά της γνώσης.

Ο ορισμός της ΔΓ είναι πολυσήμαντος, όπως πολυσήμαντος είναι και ο τρόπος που η γνώση γίνεται αντιληπτή ως έννοια. Ωστόσο, το πλαίσιο της ΔΓ επιβάλλει διεξοδικότερη επισκόπηση σε σχέση με την κατανόηση του αντικείμενου που υπόκειται σε διαχείριση, αλλά και σε σχέση με τις λειτουργίες μέσω των οποίων η επιτυγχάνεται και αξιολογείται η διαχείριση αυτή. Στο παρόν κεφάλαιο, παρουσιάζεται επισκόπηση αντιπροσωπευτικών μοντέλων και συστημάτων διαχείρισης της γνώσης (ΣΔΓ) που περιγράφονται στη βιβλιογραφία. Προσδιορίζονται οι παράγοντες βάσει των οποίων διαμορφώνονται τα ΣΔΓ, με τεκμηριωμένη αναφορά στις μεθόδους, τεχνολογίες και εξειδικευμένες τεχνικές, που χρησιμοποιούνται για το σχεδιασμό και τη λειτουργία των συστημάτων αυτών.

2.1 Βιβλιογραφική επισκόπηση

Για να επιτευχθεί υπαγωγή της γνώσης σε σύστημα διαχείρισης, πρέπει να της αποδοθούν κάποια φυσικά χαρακτηριστικά βάσει των οποίων θα αποκτήσει αξία και χρηστικότητα. Πρέπει, δηλαδή καταρχήν, να υποστεί μια *αντικειμενικοποίηση* που θα την καθιστά οντότητα με *περιεχόμενο* βάσει του οποίου θα κωδικοποιείται, θα αποθηκεύεται, θα (επανα)χρησιμοποιείται και θα υπόκειται σε συνεχείς βελτιώσεις/αναθεωρήσεις από την ίδια την κοινωνία της παραγωγής.

Πολλοί συγγραφείς έχουν συνδέσει τη γνώση με τις έννοιες των δεδομένων και της πληροφορίας, όπως αυτές είναι κατανοητές στην πληροφορική (Davenport και Prusak, 1998; Zack, 1999; Shankar et al., 2003). Έτσι, διατυπώθηκε στις θεωρήσεις σχετικά με τη ΔΓ έχει γίνει γενικώς αποδεκτή από την επιστημονική κοινότητα (δεδομένου ότι υπάρχουν πολυάριθμες σχετικές αναφορές) η ύπαρξη της εξελικτικής αλυσίδας: *δεδομένα → πληροφορία → γνώση* όπου:

(α) τα *δεδομένα (data)* εκπροσωπούν αυτοτελείς, πρωτογενείς αλφαριθμητικές οντότητες ή εικονοστοιχεία, που προέρχονται από διάφορες πηγές και φέρουν ένδειξη για τον τρόπο και προορισμό της χρήσης τους

(β) οι πληροφορίες (*information*) εκπροσωπούν ομάδες δεδομένων, συστηματοποιημένες με τρόπο που είναι ενδεδειγμένος για κάποιο σκοπό ή χρήση
(γ) η γνώση (*knowledge*) απαρτίζεται από πληροφορίες δομημένες και συγκροτημένες μέσω λογικών κανόνων ιεραρχίας και συσχέτισης, που καθορίζονται βάσει της προσωπικής εμπειρίας και αντικειμενικών προτύπων αναπαράστασης, προς εξυπηρέτηση αναγκών υψηλού επιπέδου και λήψη σημαντικών αποφάσεων.

Σε ορισμένες δημοσιεύσεις συμπεριλαμβάνεται και η σοφία (*wisdom*) ως ανώτερο επίπεδο γνώσης, η αξία τη οποίας συνδέεται με ανώτερα νοητικά πρότυπα, εμπειρίες και αξίες του ανθρώπου (Van Zolingen et al., 2001; Shankar et al., 2003). Όμως, η έννοια της σοφίας συνδέεται με μια ευρεία φιλοσοφική θεώρηση που σχετίζεται με την ποιότητα της ανθρώπινης σκέψης και δράσης, γεγονός που δεν επιτρέπει την εύκολη υπαγωγή της στις μεθοδολογίες σχεδιασμού ΣΔΓ, οι οποίες είναι (κατά κανόνα) αντικειμενικοστραφείς.

Από τα προηγούμενα, διαφαίνεται ένας προσανατολισμός στην κατεύθυνση της διαχείρισης της ρητής γνώσης. Υπό την έννοια αυτή, τα ΣΔΓ εξειδικεύονται στις υποδομές και τις τεχνολογίες της πληροφορικής και των επικοινωνιών (*information and communication technologies, ICT*), μέσω των οποίων η γνώση καθίσταται διαχειρίσιμη, στο βαθμό που οι τελευταίες συνεισφέρουν στη δικτύωση (*networking*) και διάχυση (*diffusion*) δεδομένων και πληροφοριών στο περιβάλλον των οργανισμών (Liao, 2003). Σχετικά με το αντικείμενο της ΔΓ στη βιβλιογραφία, εντοπίζονται τα εξής:

1. Οι Kuhn και Abecker (1997) προσεγγίζουν τη ΔΓ μέσω της σχεδίασης και υλοποίησης της εταιρικής μνήμης (*corporate memory*). Η μνήμη αυτή εκπροσωπεί μια βάση γνώσης υποβοηθητική για τους χρήστες ενός οργανισμού, μέσω του οποίου ανακτούν πληροφορίες σχετικά με τη διαθέσιμη ρητή γνώση του οργανισμού, αφήνοντας όμως στους χρήστες σημαντικό μέρος πρωτοβουλίας για την ορθή χρήση της γνώσης αυτής. Αναφέρονται στο σύστημα KONUS που σχεδιάστηκε με τη μέθοδο CommonKADS για την υποστήριξη και βελτίωση της παραγωγής μεταλλικών εξαρτημάτων κινητήρων (π.χ. στροφάλων).
2. Η CPA Journal (1998) εξειδικεύει τη ΔΓ στην οργάνωση και ανάλυση της πληροφορίας που διακινείται σε έναν οργανισμό μέσω της ΒΔ. Θεωρεί, ότι με τον τρόπο αυτό η ρητή γνώση μπορεί να διανεμηθεί άμεσα εντός του οργανισμού αντί να απαξιώνεται σε κάποιο τμήμα της επιχείρησης, αποστερώντας την προσβασιμότητα στους εκτός του τμήματος αυτού ενδιαφερόμενους.
3. Ο Smith (1998) διερευνά τα ΣΔΓ που σχεδιάστηκαν και υλοποιήθηκαν μετά το 1990. Υποστηρίζει πως η ΔΓ έχει υπόσταση μόνο μέσω των τεχνολογιών της πληροφορικής και ειδικότερα των συστημάτων ΒΔ, της τεχνητής νοημοσύνης και του διαδικτύου.
4. Ο O' Leary (1998) θεωρεί τη γνώση πόρο των σύγχρονων επιχειρήσεων (*knowledge resource*) και αναφέρεται στην τυποποίησή της ως προϋπόθεση δόμησης ενός ΣΔΓ μέσω του οποίου εξασφαλίζεται πρόσβαση για την (επανα)χρησιμοποίησή της. Για τη σχεδίαση και υλοποίηση των ΣΔΓ, προτείνει χρήση οντολογιών, με σκοπό την αντικειμενικοποίηση του πληροφοριακού περιεχομένου της γνώσης.
5. Ο Zack (1999) αναφέρεται στην κωδικοποίηση της γνώσης και την αναδεικνύει ως προϋπόθεση συγκρότησης ΣΔΓ μέσω της αρχιτεκτονικής των πληροφοριακών συστημάτων. Τεκμηριώνει τους ισχυρισμούς του με εφαρμοσμένες μελέτες (*case*

studies) σε επιχειρήσεις του χώρου της πληροφορικής και της χημικής βιομηχανίας και συγκεκριμένα, των Technology Research Inc και Buckman Laboratories.

6. Ο Carayiannis (1999) αναφέρεται στην σημασία των ICT για την ανάπτυξη ΣΔΓ σε περιβάλλον συνεργαζόμενων οργανισμών. Υποστηρίζει ότι, η ευστοχία συλλογικής λήψης αποφάσεων, η διανομή πληροφοριών, η μάθηση και η συγκρότηση της *εταιρικής μνήμης (corporate memory)* υπό μορφή ΒΓ, επιτυγχάνεται μέσω των ICT.
7. Ο Gallupe (2001) επισκοπεί τα ΣΔΓ που αναπτύχθηκαν μεταξύ 1971-2001. Διαπιστώνει ότι οι οργανισμοί δείχνουν εμφανή προτίμηση στην αυτοματοποίηση της ΔΓ που επιτυγχάνεται με την απόκτηση, κωδικοποίηση, αποθήκευση και διάδοση της ρητής γνώσης μέσω τεχνολογιών της πληροφορικής.
8. Ο Liebowitz (2001) αναφέρεται στις δυνατότητες που προέρχονται από τη διαχείριση της κατανεμημένης της γνώσης. Υποστηρίζει ότι η κατανομή αυτή επιτυγχάνεται με τα συστήματα ICT, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η υποστήριξη λήψης αποφάσεων, η μάθηση και η συγκρότηση της μνήμης των οργανισμών (*organizational memory*), στην οποία καταχωρείται και μέσω της οποίας (επανα)χρησιμοποιείται η ρητή γνώση.

Εκτός από τη διάσταση της αντικειμενικοποίησης μέσω του εξελικτικού σχήματος δεδομένα→πληροφορία→γνώση(→σοφία), η γνώση γίνεται κατανοητή ως *διεργασία* ή *λειτουργία* ή *διαδικασία (process)*, η οποία εμπλέκει ομάδες ανθρώπων, που συνεργάζονται και συναλλάσσονται στο πλαίσιο της παραγωγής. Η θεώρηση αυτή έχει οδηγήσει μέρος της επιστημονικής κοινότητας στη διερεύνηση του τρόπου με τον οποίον υλοποιείται η ΔΓ μέσα από λειτουργίες που διεξάγονται στο περιβάλλον των επιχειρήσεων. Οι λειτουργίες αυτές αντιπροσωπεύουν, είτε υποσύνολα της δομής της παραγωγικής διαδικασίας, είτε εξειδικευμένες γνωσιολογικές λειτουργίες (*knowledge processes*) οι οποίες (και στις δύο περιπτώσεις) ανταποκρίνονται στις οργανωτικές, διοικητικές και τεχνολογικές ιδιαιτερότητες των σύγχρονων οργανισμών (Davenport και Prusak, 1998; Zack, 1999). Διευκρινίζεται, ότι στην παρούσα διατριβή επιλέγεται ο όρος λειτουργία ως ισοδύναμος του όρου process της βιβλιογραφίας, προς αποφυγή παρανόησης με τον όρο διεργασία που υιοθετήθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο για την περιγραφή των βιομηχανικών διεργασιών αξιοποίησης του ΦΑ.

Στον τομέα των λειτουργιών και της συνάφειάς τους με τη ΔΓ, η βιβλιογραφία διαθέτει επίσης σημαντικό περιεχόμενο, εκλαμβάνοντας τη ρητή και την άρρητη γνώση ως απαραίτητες προϋποθέσεις σύστασης ΣΔΓ μέσω λειτουργιών, χωρίς να διαφοροποιείται σε ότι αφορά το εξελικτικό σχήμα δεδομένα→πληροφορία→γνώση. Αντίθετα, υπάρχουν αναφορές εργασιών με έμφαση στις λειτουργίες, όπου αναδεικνύεται η διαχείριση ρητής και της άρρητης γνώσης με εφαρμογή λειτουργιών σε περιβάλλον ICT. Συγκεκριμένα:

1. Ο Garvin (1995;1998) αναφέρεται εκτενώς στις λειτουργίες της οργάνωσης, διοίκησης και παραγωγής, ειδικότερα σε αυτές μέσω των οποίων επιτυγχάνεται η μάθηση στους οργανισμούς. Υποστηρίζει ότι, η ΔΓ διεξάγεται από τέσσερις διακριτές λειτουργίες: απόκτηση, ερμηνεία, διάδοση και τήρηση της γνώσης. Επίσης, αντιπαραβάλλει ομοιότητες και διαφορές μεταξύ ΣΔΓ που εφαρμόστηκαν σε επιχειρήσεις όπως η DuPont, η AT&T και η Xerox.

2. Ο Kucza (2001) αντιλαμβάνεται τη ΔΓ ως σύνολο λειτουργιών που αφορούν τη δημιουργία, αποθήκευση και διανομή της γνώσης, καθώς και τις επί μέρους δραστηριότητες (tasks) μέσω των οποίων οι λειτουργίες αυτές εκτελούνται. Προσδιορίζει ποιοτικά χαρακτηριστικά και περιγραφές των γνωσιολογικών λειτουργιών που υιοθετήθηκαν από το Τεχνολογικό Ινστιτούτο της Φινλανδίας (VTT) με σκοπό τη βελτίωση της παραγωγής στον τομέα της τεχνολογίας ηλεκτρονικών συστημάτων.
3. Οι Fahey et al., (2001) εστιάζουν την έρευνά τους σε περιβάλλον επιχειρήσεων πληροφορικής και υποστηρίζουν, ότι η ΔΓ αντιπροσωπεύεται μέσω γνωσιολογικών λειτουργιών που αλληλεπιδρούν με τις επιχειρησιακές λειτουργίες στον τομέα του *e-επιχειρείν* (e-business).
4. Οι Papavassiliou et al., (2002) αναφέρουν την αναγκαιότητα ανάπτυξης λειτουργιών για τη ΔΓ, μέσω μεθόδων σχεδιασμού επιχειρησιακών λειτουργιών (business processes modeling) που υιοθετούνται από τις επιχειρήσεις, σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό. Παρουσιάζουν επίσης, αποσπάσματα εφαρμογών που εκπονήθηκαν για τη ελληνική δημόσια διοίκηση και το ΙΚΑ.
5. Οι Kalpic και Bernus (2006) παρουσιάζουν εκτεταμένη ανασκόπηση της βιβλιογραφίας σχετικά με τις επιχειρησιακές λειτουργίες (business processes). Τεκμηριώνουν την εφικτότητα ανάπτυξης λειτουργιών ΔΓ (KM processes) σε συνάφεια με τις λειτουργίες της παραγωγής. Τονίζουν το ρόλο του ανθρώπινου παράγοντα ως κυρίαρχου για την αφομοίωση και ανάπτυξη της γνώσης μέσω των λειτουργιών ΔΓ και αναδεικνύουν τρόπους εκδήλωσης της αλληλεπίδρασης του ανθρώπου με το επιχειρησιακό περιβάλλον και τις τεχνολογικές υποδομές, στο γενικότερο πλαίσιο εφαρμογής των γνωσιολογικών και παραγωγικών λειτουργιών.
6. Οι Liebowitz και Megbolugbe (2003) εστιάζονται στα έργα (projects) και αντιλαμβάνονται τη ΔΓ ως συνύπαρξη του εξελικτικού σχήματος δεδομένα→ πληροφορία→ γνώση μέσω γνωσιολογικών λειτουργιών στις οποίες συμμετέχουν, είτε μεμονωμένα άτομα, είτε ομάδες εργαζομένων του παραγωγικού μηχανισμού.
7. Ο Davenport (1993;1998) αναφέρεται στη ΔΓ ως γενικευμένη λειτουργία υποδιαιρούμενη σε μικρότερες που εξυπηρετούν τη δημιουργία, συλλογή, αποθήκευση και διάχυση της γνώσης. Επισημαίνουν ωστόσο, ότι είναι ανέφικτη η τυποποίηση των γνωσιολογικών λειτουργιών λόγω της μεγάλης ποικιλίας που παρουσιάζουν οι επιχειρήσεις.

Από την προαναφερθείσα επισκόπηση και σε συνεκτίμηση των απόψεων των Sveiby (1996) και Wiig (1995), προκύπτει ότι, η ΔΓ γίνεται αντιληπτή σε σχέση με τη θεώρηση δύο βασικών πλαισίων (*frameworks*) ανάλυσης της γνώσης:

- ως *περιεχομένου* (περιεχομενο-κεντρική, *content-oriented*) που σχετίζεται με την κωδικοποίηση, αποθήκευση και επαναχρησιμοποίησή της, μέσω συστημάτων εταιρικής μνήμης, βάσεων γνώσης και γενικότερα ICT και,
- ως *λειτουργίας* (λειτουργιο-κεντρική, *process-oriented*) που σχετίζεται με την κοινωνική ανταλλαγή πληροφοριών και εμπειριών μεταξύ των κοινωνικών ομάδων που συμμετέχουν στην παραγωγική διαδικασία. Κύριος συντελεστής της θεώρησης αυτής

είναι ο παράγοντας *άνθρωπος* που υπάγεται και συμμετέχει, μεμονωμένα ή συλλογικά στην οργανωμένη παραγωγική διαδικασία.

Η δυαδική αυτή θεώρηση δίνει μια καταρχήν κατανοητή ερμηνεία του πώς γίνεται αντιληπτή η καθεαυτή γνώση στους οργανισμούς, αλλά και πώς εντάσσεται στα συστήματα της παραγωγής. Όμως, για την καλύτερη κατανόηση της ΔΓ, απαιτείται η παρουσίαση και περιγραφή αντιπροσωπευτικών ΣΔΓ που έχουν εφαρμοστεί στην πράξη.

2.2 Αντιπροσωπευτικά μοντέλα και συστήματα διαχείρισης γνώσης

Ο διαχωρισμός της ΔΓ σε περιεχομενο-κεντρική και λειτουργιο-κεντρική είναι χρήσιμος κυρίως για λόγους μεθοδολογίας. Μέσω του διαχωρισμού γίνεται αντιληπτή η έμφαση και ο προσανατολισμός της ερευνητικής προσέγγισης συγγραφέων και μελετητών. Στην πράξη τα όρια ανάμεσα στις δύο θεωρήσεις δεν είναι πάντοτε ευδιάκριτα, δεδομένου ότι ένα ΣΔΓ συντίθεται από πολλούς παράγοντες όπως, οι τεχνολογικές υποδομές των επιχειρήσεων, οι πληροφορίες, το είδος της παραγωγής και πάνω από όλα, ο παράγοντας *άνθρωπος*. Αυτό φαίνεται καλύτερα στη συνέχεια όπου παρουσιάζονται και σχολιάζονται τρία από τα πιο αντιπροσωπευτικά μοντέλα ΔΓ (Winkler και Mandl, 2004): το μοντέλο *SECI* των Nonaka και Takeuchi (1995), το μοντέλο των *GENF* των Probst, Raub και Romhardt (2000) και το μοντέλο *Munich* των Reinman-Rothmeier και Mandl (2000).

Σύμφωνα με το μοντέλο SECI, η γνώση είναι προϊόν αλληλεπίδρασης μεταξύ του προσωπικού των οργανισμών. Είναι δυναμική και ακολουθεί σπειροειδή εναλλαγή από άρρητη σε ρητή και αντίστροφα. Η θεώρηση αυτή αναφέρεται και ως *σπείρωμα της γνώσης* ή σπείρωμα των Nonaka-Takeuchi. Η εναλλαγή της γνώσης, πραγματοποιείται μέσω τεσσάρων διακριτών (ανθρωποκεντρικών) γνωσιολογικών λειτουργιών:

- την *κοινωνικοποίηση (socialization)*, με την οποία διενεργείται άμεσα η ανταλλαγή και μεταφορά της άρρητης γνώσης από διαπροσωπικές επαφές, χωρίς τήρηση πρωτοκόλλων ή κωδικοποίηση. Αποτέλεσμα: μετατροπή άρρητης γνώσης σε άρρητη
- το *συνδυασμό (combination)*, με τον οποίο διενεργείται συνδυασμός της υπάρχουσας (κωδικοποιημένης, καταχωρημένης) ρητής γνώσης του οργανισμού με άλλη ρητή που προέρχεται μέσα από την εξέλιξη της παραγωγικής διαδικασίας. Αποτέλεσμα: μετατροπή ρητής γνώσης σε νέα ρητή
- την *εξωτερίκευση (externalization)*, με την οποία η άρρητη γνώση που κατέχει κάθε άτομο που συμμετέχει στην παραγωγή, καταγράφεται και κωδικοποιείται, ώστε να είναι διαθέσιμη σε μελλοντική χρήση. Αποτέλεσμα: μετατροπή άρρητης γνώσης σε ρητή
- την *εσωτερίκευση (internalization)*, με την οποία η καταγεγραμμένη γνώση και κωδικοποιημένη γνώση μεταδίδεται στα άτομα του οργανισμού και μέσω των νοητικών μηχανισμών τους μετατρέπεται σε άρρητη. Αποτέλεσμα: μετατροπή ρητής γνώσης σε άρρητη.

Στο σχήμα Σ-2.1 απεικονίζονται οι προαναφερθείσες λειτουργίες, από τα αρχικά των οποίων προέκυψε το ακρωνύμιο SECI. Η συνύπαρξη και αλληλεπίδραση μεταξύ των λειτουργιών αυτών συνεισφέρει στη δημιουργία της *οργανωσιακής γνώσης (corporate knowledge)* όπως χαρακτηριστικά την αποκαλούν οι Nonaka και Takeuchi (1995). Το σπείρωμα αντιπροσωπεύει αντιληπτές δράσεις της εξέλιξης της γνώσης στους

οργανισμούς, δηλαδή την κωδικοποίηση πληροφοριών, την ανάπτυξη μηχανογραφικών υποδομών, την επικοινωνία και τη συνεργασία. Όλο αυτό το πλέγμα αλληλεπιδράσεων και σχέσεων αποκαλείται από τους Ιάπωνες ως *Ba* και εκφράζει την εξελικτική θεώρηση του γενικού πλαισίου (context) της ΔΓ.

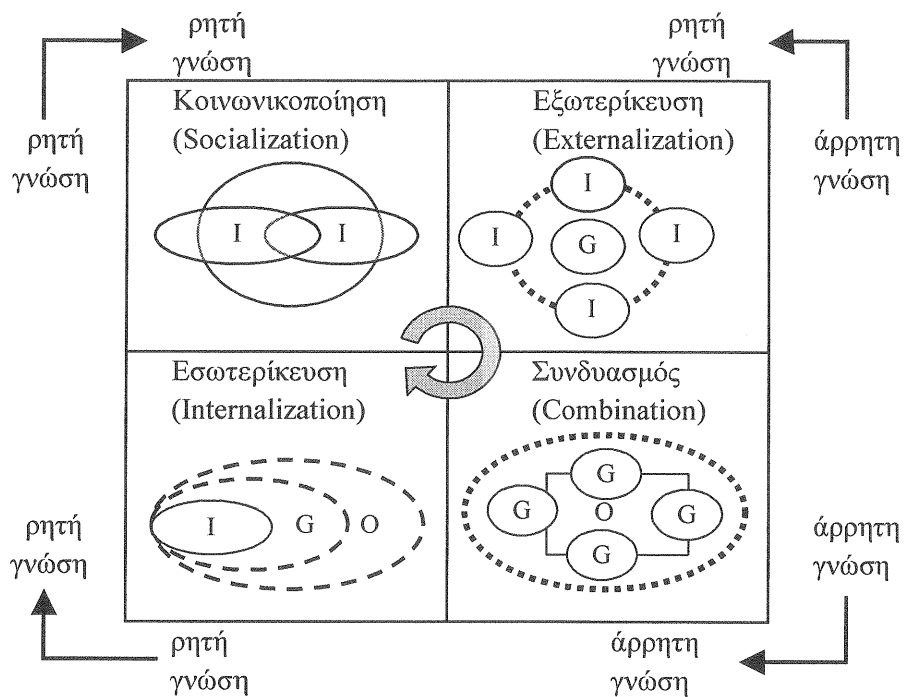
Πλεονέκτημα του SECI είναι η ευστοχία ερμηνείας της ανάπτυξης και εξέλιξης της γνώσης. Μειονέκτημά του είναι, το ότι είναι αρκετά αφαιρετικό στον τρόπο που ερμηνεύει το μετασχηματισμό της ρητής γνώσης σε άρρητη και αντίστροφα. Το γεγονός αυτό προσθέτει δυσκολία στην κατανόησή του με όρους δομικής ανάλυσης κατά το σχεδιασμό ενός ΣΔΓ, όπως σχολιάζουν οι Winkler και Mandl (2004). Ωστόσο, αναδεικνύει τους βασικούς παράγοντες της ΔΓ: τον άνθρωπο ως μονάδα (*individual*), ως ομάδα (*working-team*), τις τεχνολογικές υποδομές (*infrastructures*), τη συνεργασία (*collaboration*) και τις γνωσιολογικές λειτουργίες, μέσω των οποίων οι προηγούμενοι παράγοντες αποκτούν φυσική υπόσταση.

Το μοντέλο GENF είναι διαδομένο στο χώρο των γερμανόφωνων βιομηχανικών επιχειρήσεων. Αποτελείται από έξι διακριτές γνωσιολογικές λειτουργίες: την ταυτοποίηση, απόκτηση, ανάπτυξη, διανομή, χρησιμοποίηση και τήρηση της γνώσης. Το σχήμα Σ-2.2 απεικονίζει τη σύνδεση των λειτουργιών αυτών, που σε ανώτερο επίπεδο εξαρτώνται αφενός από τη λειτουργία διατύπωσης των στόχων που εξυπηρετεί το ΣΔΓ, αφετέρου από τη λειτουργία συνεχούς *ανάδρασης* (*feedback*) που απαιτείται για την αναπροσαρμογή των στόχων αυτών.

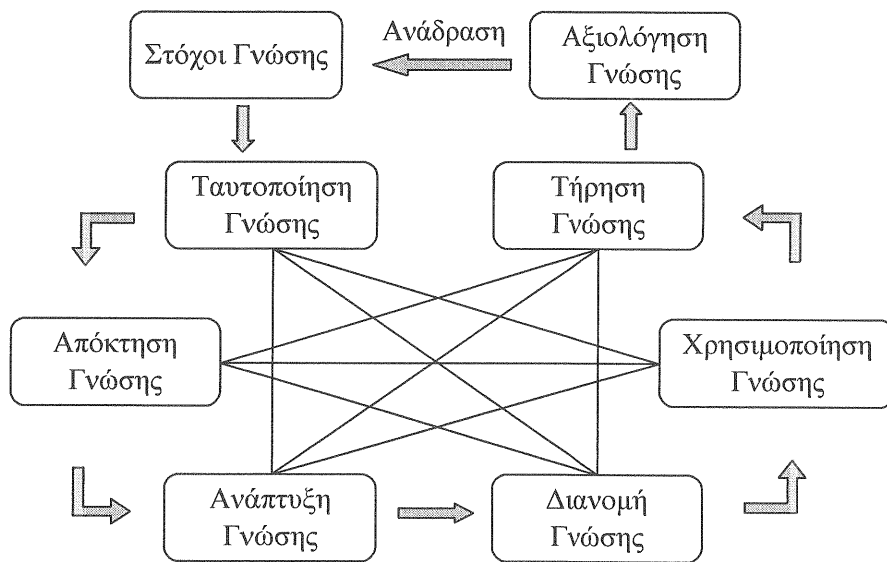
Πλεονέκτημα του GENF είναι ότι σχεδιάστηκε αφού καταγράφηκαν οι πραγματικές (κεντροβαρικές) ανάγκες διαφόρων οργανισμών, μέσω ερωτηματολογίων και συνεντεύξεων. Είναι πραγματιστικό και επικεντρώνεται στο καθαρά οργανωτικό και διαχειριστικό πλαίσιο των οργανισμών συνεκτιμώντας τις απόψεις διοικητικού και παραγωγικού προσωπικού. Μειονέκτημά του είναι η δυσκολία εφαρμογής των γνωσιολογικών λειτουργιών, λόγω της τακτικής *ανάδρασης* στη διατύπωση στόχων. Η εξέτασή του, όπως και στην περίπτωση του SECI, αναδεικνύει τον ανθρώπινο παράγοντα ως καθοριστικό για την προβολή των αναγκών/στόχων της ΔΓ.

Το ΣΔΓ Munich δομείται πάνω τρεις βασικούς πυλώνες: τον *ανθρώπινο παράγοντα*, τον οργανισμό και την τεχνολογία (σχήμα Σ-2.3). Στη θεώρηση του συστήματος προτάσσεται ο ανθρώπινος παράγοντας, που αντιπροσωπεύει τον κινητήριο μοχλό δημιουργίας πληροφοριών και καλλιέργειας ικανοτήτων-δεξιοτήτων μεταξύ των μελών του οργανισμού. Ο οργανισμός αντιπροσωπεύει το δομικό πλαίσιο μέσα στο οποίο διεξάγεται η δημιουργία γνώσης και επιτυγχάνεται η ανταλλαγή της και *ανάδειξή* της ως πόρου του οργανισμού. Η τεχνολογία αντιπροσωπεύει τις πληροφοριακές και επικοινωνιακές δομές, μέσω των οποίων επιτυγχάνεται, η αποτελεσματική διεξαγωγή των γνωσιολογικών λειτουργιών.

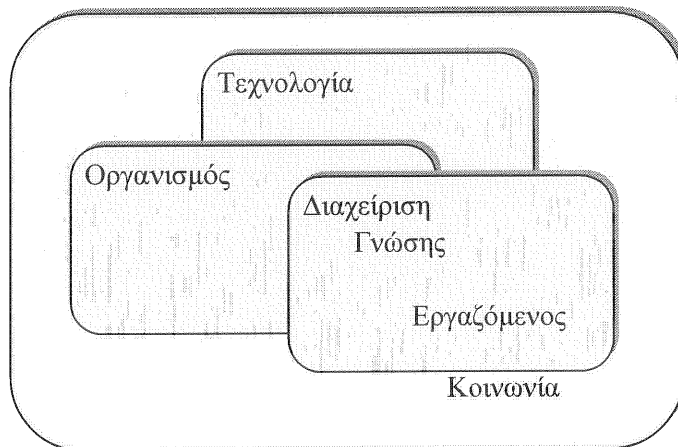
Το μοντέλο Munich περιλαμβάνει τέσσερις διακριτές λειτουργίες: δημιουργία αναπαράσταση, επικοινωνία και (επανα)χρησιμοποίηση της γνώσης. Προβλέπει επίσης και τις λειτουργίες διατύπωσης στόχων και συνεχούς *ανάδρασης* για την αναπροσαρμογή των στόχων, όπως ακριβώς και το GENF (σχήμα Σ-2.4). Παρουσιάζει σημαντικές ομοιότητες ως προς τη λογική της δόμησής του, αλλά και διαφοροποιήσεις ως προς τον αριθμό και το λειτουργικό περιεχόμενο των γνωσιολογικών λειτουργιών. Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά του, είναι αντίστοιχα με αυτά του GENF.



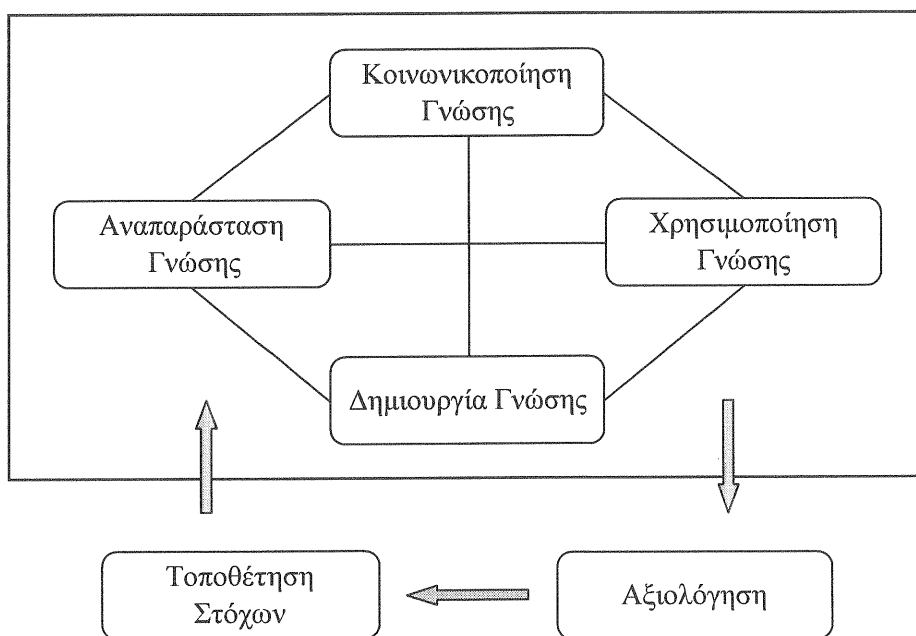
Σχήμα Σ-2.1 Μοντέλο SECI (Nonaka και Takeuchi, 1994)



Σχήμα Σ-2.2 Σύνδεση γνωσιολογικών λειτουργιών μοντέλου GEF
Μοντέλο GEF (Probst, Raub και Romhardt, 2000)



Σχήμα Σ-2.3 Οι τρεις πυλώνες του μοντέλου Munich: Τεχνολογία, Οργανισμός, Διαχείριση Γνώσης
 Προβολή : από τον εργαζόμενο προς την κοινωνία
 (Reinmann-Rothmeier και Mandl, 2000)



Σχήμα Σ-2.4 Σύνδεση Γνωσιολογικών Λειτουργιών μοντέλου Munich
 (Reinmann-Rothmeier και Mandl, 2000)

Εκτός των προαναφερόμενων, στη βιβλιογραφία παρουσιάζονται και άλλα ΣΔΓ ή/και πλαίσια ΔΓ με μεγάλη ανταπόκριση στο βιομηχανικό περιβάλλον. Ο Αποστόλου (2002) αναφέρει χαρακτηριστικά το μοντέλο Leonard-Barton (1995) που δομείται βάσει τεσσάρων παραγόντων: τη γνώση και τις ικανότητες των εργαζομένων, τα φυσικά συστήματα, που αντιπροσωπεύουν το μηχανογραφικό και (τηλ)επικοινωνιακό εξοπλισμό και το λογισμικό ΔΓ, τα συστήματα διοίκησης, που υποστηρίζουν τη ροή της γνώσης, την εκπαίδευση και τα κίνητρα και τέλος, στις αξίες της γνώσης του οργανισμού και τους κανόνες υποβοήθησης για την ανάπτυξή της. Άλλο ενδιαφέρον ΣΔΓ, που αναλύει ο ίδιος συγγραφέας, είναι αυτό του APQC (1997) που αναδεικνύει δομικούς παράγοντες ΔΓ την ηγεσία, την κουλτούρα, την τεχνολογία και τους δείκτες μέτρησης της γνώσης, ενώ ως γνωσιολογικές λειτουργίες την εφαρμογή, δημιουργία, προσδιορισμό, συλλογή, οργάνωση, διάχυση και προσαρμογή της γνώσης.

Τέλος, επιγραμματικά αναφέρονται το μοντέλο Lotus-IBM (1998) που συνδέει την παραγωγικότητα και το εύρος ενός οργανισμού μέσω τεσσάρων παραγόντων που είναι η ανάπτυξη παραγωγικότητας, η απόκριση, η καινοτομία και η ικανότητα και το μοντέλο Angus και Patel (1998) που χρησιμοποιείται για την αναπαράσταση των τεχνολογικών απαιτήσεων που αφορούν τη ΔΓ και αντιπροσωπεύονται από τις λειτουργίες συλλογή, οργάνωση, βελτίωση και διανομή της γνώσης.

2.3 Παράγοντες διαχείρισης της γνώσης

Οι προηγηθείσες βιβλιογραφικές αναφορές αντικατοπτρίζουν μια συνολική εικόνα για τα δομικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά της ΔΓ και των συστημάτων μέσω των οποίων αυτή υλοποιείται. Από λεπτομερέστερη εξέταση προκύπτει ότι, πέρα από τις όποιες διαφοροποιήσεις που είναι φυσικό να παρουσιάζονται, υπάρχουν κάποιοι βασικοί παράγοντες που μπορούν να εκληφθούν ως κοινές συνιστώσες σχεδιασμού και λειτουργίας των ΣΔΓ. Συνεπώς, μπορεί να υποστηριχθεί ότι, ο άνθρωπος ως εμπειρογνώμων, η επιχειρησιακή στρατηγική, οι συνεργασίες, οι οντολογίες οι τεχνολογίες και οι εξειδικευμένες μέθοδοι-τεχνικές, αποτελούν παράγοντες ιδιαίτερης βαρύτητας για τη σύλληψη και υλοποίηση των ΣΔΓ.

2.3.1 Ο ανθρώπινος παράγων

Ο άνθρωπος παράγων αποτελεί αιτία και προϋπόθεση ύπαρξης των ΣΔΓ (Davenport και Prusak, 1998). Μέσω του ανθρώπου πραγματοποιείται η μετατροπή της γνώσης από ρητή σε άρρητη και αντίστροφα, δηλαδή η μαθησιακή διαδικασία, σε αλληλεξάρτηση με το περιβάλλον και τις υποδομές των οργανισμών. Η μάθηση, που σύμφωνα με τον Brown (1999) εκφράζεται ως η μεταβολή του ποσού της γνώσης που συσσωρεύεται σε έναν οργανισμό στη μονάδα του χρόνου, προσδίδει στους εργαζόμενους αυξημένες δεξιότητες αντιμετώπισης προβλημάτων διοίκησης και παραγωγής. Με την πάροδο του χρόνου και με τη συνεχή μάθηση, δημιουργούνται ειδικές κατηγορίες εργαζομένων, οι *εμπειρογνώμονες (experts)*. Αυτοί αποτελούν πόρο γνώσης, στο βαθμό που το περιεχόμενο της άρρητης γνώσης που κατέχουν συνιστά ευφυές κεφάλαιο για κάθε οργανισμό. Οι εμπειρογνώμονες κατέχουν υψηλής αξίας άρρητη γνώση μέσω της οποίας καθίστανται ικανοί για δημιουργία ή απόκτηση νέας γνώσης και να διαχειρίζονται

κρίσιμα ζητήματα τεχνογνωσίας (know-how, know-who, know-what, know-why) (Winkler και Mandl, 2004).

Ο εργαζόμενος αποκτά γνώση μέσω της μακροχρόνιας ενασχόλησής του στο αντικείμενο που του έχει ανατεθεί να εκτελεί (*learning by doing*) ή μέσω εκπαιδευτικών προγραμμάτων (*doing by learning*) των οργανισμών (Caloghirou et al., 1999). Οι ικανότητες των εργαζομένων, που είναι συνυφασμένες με την ποσότητα και ποιότητα της γνώσης που κατέχουν, εκφράζονται με τη αποτελεσματικότητά τους στο να παρέχουν αξιόπιστες λύσεις και υψηλού επίπεδου υπηρεσίες στους πελάτες. Οι δεξιότητες αυτές χαρακτηρίζονται ως *ανθρώπινο κεφάλαιο* των επιχειρήσεων (Smith, 1998; Bergeron, 2003). Παράλληλα, μέσω των δεξιοτήτων των εργαζομένων καθίσταται εφικτή η εκτέλεση των παραγωγικών σε συνδυασμό με τις γνωσιολογικές λειτουργίες, όπως υποστηρίζεται στη λειτουργιο-κεντρική θεώρηση της ΔΓ (Nonaka και Takeuchi, 1995).

Η διάσταση του ανθρώπινου παράγοντα και ειδικότερα των εμπειρογνομόνων καθίσταται κρίσιμη, στο βαθμό που οι αποκτηθείσες γνώσεις αποτελούν *sine-qua non* προϋπόθεση για τη αξιοπιστία και την παραγωγικότητα ενός οργανισμού. Η αποχώρηση ή μετακίνηση ενός εμπειρογνώμονα, ιδιαίτερα όταν δεν έχει προετοιμαστεί η διαδοχή του χαρακτηρίζεται ως απώλεια ευφυούς κεφαλαίου που συνεπάγεται κόστος και χρόνο για την αναπλήρωσή του (Cross, 2000).

2.3.2 Επιχειρησιακή στρατηγική

Η επιχειρησιακή στρατηγική, αποτελεί σύνολο επεξεργασμένων και προγραμματισμένων σχεδίων, αποφάσεων και δράσεων, μέσω των οποίων οι οργανισμοί προσπαθούν να ενταχθούν, επιβιώσουν και καταξιωθούν του στο περιβάλλον της αγοράς που δραστηριοποιούνται. Στη στρατηγική εντάσσονται πολλοί στόχοι (βραχυ-, μεσο- και μακροπρόθεσμοι), ανάλογα με το μέγεθος και τον τύπο κάθε επιχείρησης (Ansoff, 1984; Chandler, 1977). Πρωταρχικοί στόχοι της στρατηγικής είναι η μείωση του κόστους παραγωγής και η αύξηση της ανταγωνιστικότητας. Η επίτευξη των στόχων συνδέεται με τη δυνατότητα ενσωμάτωσης στην αλυσίδα της παραγωγής τεχνολογικών εξελίξεων, υποδομών, μεθόδων και καινοτομιών. Σημαντική για τους στόχους είναι επίσης η αποτελεσματική ΔΓ, δηλαδή η διαχείριση πληροφοριών και εμπειριών που κατακτώνται διαχρονικά από τους εργαζόμενους. Συνεπώς, η ανάπτυξη ενός ΣΔΓ συναρτάται με τους στόχους της επιχειρησιακής στρατηγικής, στο βαθμό που ένα ΣΔΓ, συνεισφέρει στην υλοποίηση της επιχειρησιακής στρατηγικής.

Στη βιβλιογραφία, η ένταξη της ΔΓ στο πλαίσιο του στρατηγικού σχεδιασμού ενός οργανισμού που προσανατολίζεται στην αύξηση της ανταγωνιστικότητας, επιβεβαιώνεται από τους Smith (1998) και Zack (1999), των οποίων οι εργασίες μνημονεύονται εκτεταμένα στη βιβλιογραφία. Και οι δύο συγγραφείς υποστηρίζουν, ότι η επιχείρηση που διαχειρίζεται με συστηματικό τρόπο γνώση για την αγορά, τους πελάτες, τα προϊόντα, τους ανταγωνιστές, τις τεχνολογίες και τις μεταξύ τους σχέσεις και αλληλεπιδράσεις, διαθέτει επιχειρησιακό μηχανισμό με αυξημένη παραγωγικότητα και ανταγωνιστικό πλεονέκτημα.

Ο Smith (1998) τεκμηριώνει τη δυνατότητα ανταπόκρισης σε βασικά ερωτήματα, δηλαδή της γνώσης του τι, πως, γιατί και ποιος (know-what, know-how, know-why και know-who) ως αντανάκλαστικό του οργανισμού, που απορρέει από την

αποτελεσματικότητα του ΣΔΓ που υιοθετεί. Ο Zack, (1999) αναδεικνύει τη γνώση, ως *στρατηγικό πόρο* (strategic resource) που αναπτύσσεται μέσω συνεργασιών και οργανωτικών πρακτικών και αφομοιώνεται μέσω των ΣΔΓ. Ο ίδιος συγγραφέας παρουσιάζει στρατηγικό πλαίσιο για τη μεθοδολογία καταγραφής και χαρτογράφησης της γνώσης, την ταξινόμησή της (εξωτερική, εσωτερική) και την αξιοποίησή της μέσω της παραγωγής και της μαθησιακής πρακτικής.

Προς την ίδια κατεύθυνση συγκλίνουν οι Carayiannis, et al., (2000) που χαρακτηρίζουν τη ΔΓ *στρατηγικό αγαθό* (strategic asset), καθώς επίσης και των Choi και Lee (2003), που δίνουν έμφαση στη σύνδεση της ΔΓ με την αύξηση της παραγωγικότητας. Οι Probst et al., (2000) συνδέουν την επίτευξη των επιχειρησιακών στόχων (goals) μέσω της εκτέλεσης γνωσιολογικών λειτουργιών του μοντέλου GENF, ενώ αντίστοιχη είναι και η άποψη που καταθέτουν και οι Reinman-Rothmeir και Mandl (1999) στο ΣΔΓ Munich.

Τέλος διευκρινίζεται, ότι πολλές φορές οι επιχειρήσεις προσαρμόζουν τη στρατηγική ΔΓ επιλέγοντας μια μέθοδο ή τεχνολογία για να καλύψουν ανάγκες που σχετίζονται με ένα εξειδικευμένο πεδίο γνώσης (*knowledge domain*) και σταδιακά επεκτείνονται σε ένα πιο γενικευμένο ΣΔΓ, δηλαδή εφαρμόζουν μια στρατηγική εν των κάτω προς τα άνω (*bottom up*). Σε άλλες περιπτώσεις συμβαίνει το αντίθετο, όπου από μια γενικότερη σχεδίαση ΣΔΓ επεκτείνεται το σύστημα σε πιο εξειδικευμένα πεδία γνώσης, δηλαδή εν των άνω προς τα κάτω (*top down*). Στην πρώτη περίπτωση συνήθως παρουσιάζονται δυσκολίες στην ολοκλήρωση του συστήματος, ενώ στη δεύτερη, στην εξειδίκευση στους τομείς γνώσης.

2.3.3 Λειτουργίες

Σύμφωνα με τους Garvin (1995;1998) και Davenport (1993) οι λειτουργίες (processes) εκπροσωπούν ολοκληρωμένες επιχειρησιακές δράσεις αποτελούμενες από σύνολα λογικά δομημένων και αλληλοεξαρτώμενων δραστηριοτήτων (tasks ή activities). Οι λειτουργίες αποσκοπούν στην, μέσω λογικών ελέγχων, επεξεργασία και μετατροπή ποσότητας πληροφορίας και υλικών που βρίσκονται σε μια αρχική κατάσταση (inputs), σε προκαθορισμένου τύπου προϊόν ή υπηρεσία (outputs). Με τον αντιπροσωπευτικό αυτό ορισμό, ερμηνεύεται πλήθος λειτουργιών που αποτελούν συστατικό των οργανισμών, στο ευρύτερο πλαίσιο της βιομηχανικής παραγωγής (Yusuf και Smith, 1996), στη λειτουργία των επιχειρήσεων και στις σχέσεις-συναλλαγές μεταξύ των μελών της κοινωνίας της παραγωγής. Το τυπικό μοντέλο λειτουργίας αντικατοπτρίζεται από το σύστημα που προτείνεται από τον Nickols (2004): είσοδος→επεξεργασία-έλεγχος→έξοδος (σχήμα Σ-2.5).

Οι λειτουργίες αποτελούν θεμελιώδη παράγοντα ύπαρξης ΣΔΓ, (Garvin, 1995; Kucza, 2001). Μέσω των γνωσιολογικών λειτουργιών η ποσότητα δεδομένων και πληροφορίας που περνάει τα επιχειρησιακά όρια ενός οργανισμού, καταγράφεται, αξιολογείται, αποθηκεύεται στο σύστημα της εταιρικής μνήμης (δηλαδή τη ΒΓ) και διαχέεται στους εργαζόμενους (εμπειρογνώμονες, υπεύθυνους παραγωγής ή απλούς εργαζόμενους σε συγκεκριμένους τομείς της παραγωγής). Ωστόσο, τα ΣΔΓ χαρακτηρίζονται ποιοτικά, ανάλογα με τα είδη των γνωσιολογικών λειτουργιών που αναπτύσσονται σε κάθε οργανισμό. Έτσι, ως προς το είδος και τον επιχειρησιακό τους

προορισμό σε επίπεδο ΔΓ, οι λειτουργίες ταξινομούνται σε οργανωτικές, εκτελεστικές, διοικητικές, λήψης αποφάσεων, κλπ. (Garvin, 1998).

Οι λειτουργίες ενσωματώνουν την κοινωνική διάσταση της παραγωγικής διαδικασίας, αποκτώντας φυσική υπόσταση μέσω των αλληλεπιδράσεων που συντελούνται στην κοινωνία της παραγωγής. Για το λόγο αυτό συγγραφείς όπως οι Nonaka και Takeuchi (1995) υπερβαίνουν την αντίληψη του φορμαλιστικού σχήματος είσοδος→ επεξεργασία-έλεγχος→έξοδος και κάνουν λόγο για *κοινωνικές λειτουργίες (social processes)*. Σε αυτές, η ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ ανθρώπινων ομάδων συνθέτουν τον κεντρικό πυρήνα της ΔΓ. Άλλοι συγγραφείς αναφέρονται σε *συμπεριφορικές λειτουργίες (behavioural processes)* που έχουν ποιοτικά χαρακτηριστικά ανάλογα με αυτά των κοινωνικών διεργασιών (Garvin, 1998; Bal, 1998).

Οι λειτουργίες συνδράμουν στη μετάδοση της γνώσης μέσω πλαισίων συνεργασίας μεταφοράς τεχνολογίας ή δίκτυα επικοινωνίας που συνάπτονται μεταξύ οργανισμών (*interdisciplinary knowledge processes*). Με τον τρόπο αυτό, επιτυγχάνεται η σύνδεση της αντίληψης για τη ΔΓ, τόσο σε επίπεδο περιεχομένου, όσο και σε επίπεδο λειτουργίας (Van de Ven και Huber, 1990).

Τέλος, σε ότι αφορά τη φιλοσοφία ανάλυσης των γνωσιολογικών λειτουργιών, ο Kucza (2001) υποστηρίζει το ταυτόσημο ΣΔΓ και διεργασιών ΔΓ, προτείνει δε ως κατάλληλη μεθοδολογία σχεδιασμού των ΣΔΓ την *εκ των άνω προς τα κάτω (top-bottom)*. Ο ίδιος, κατατάσσει τα ΣΔΓ σε παθητικά (passive), όπου η ΔΓ διεξάγεται άτυπα ως συνεχής μετεξέλιξη της άρρητης γνώσης και εκ των ενόντων, μέσω της επικοινωνίας των εμπειρογνομόνων στο πλαίσιο των αρμοδιοτήτων τους και, στα ενεργητικά (active), όπου η ΔΓ εστιάζεται στην κωδικοποίηση και (επανα)χρησιμοποίηση της γνώσης.

2.3.4 Συνεργασίες

Οι *συνεργασίες (collaborations)* εκφράζουν την αλληλεπίδραση μεταξύ εργαζομένων ενός οργανισμού ή μεταξύ εργαζομένων σε διαφορετικές επιχειρήσεις, που συνενώνουν ή συντονίζουν τις γνώσεις και δράσεις τους για την επίτευξη κάποιου κοινού σκοπού. Από άποψη ΔΓ, οι συνεργασίες αποτελούν παράγοντα ανάπτυξης της γνώσης με σαφή κοινωνική διάσταση, δεδομένου ότι τα πλαίσια συνεργασίας, οι δομές και τα μέσα διεκπεραίωσης των όποιων συνεργασιών υπόκεινται στη διαχείριση ομάδων της κοινωνίας της παραγωγής.

Η *κοινωνική προσέγγιση (societal approach)* των συνεργασιών υπογραμμίζεται από τον Lam (2000), ο οποίος εξαιρεί τη βαρύτητα της προσωπικής συμβολής του εργαζόμενου, σε κάθε οργανισμό. Ο εργαζόμενος κάνοντας χρήση της άρρητης γνώσης του, επηρεάζει και επηρεάζεται από τα μέλη της κοινωνίας της παραγωγής, είτε υπαγόμενος στο μοντέλο οργάνωσης και παραγωγής μιας επιχείρησης, είτε μέσω προσωπικής μάθησης ή εκπαίδευσης. Ο Smith (1999), επισημαίνει την επίπτωση της προσωπικής συμμετοχής στο πλαίσιο της κοινωνικής συνεργασίας και υπογραμμίζει τη σημαντικότητά της για τη ΔΓ. Ανάλογη είναι η διάσταση που δίνει ο Nonaka (1994) κάνοντας λόγο για *κοινωνίες της αλληλεπίδρασης (communities of interaction)* που εμπλέκονται στις λειτουργίες του μοντέλου SECI.

Σε επίπεδο μεθοδολογίας, οι Tidd et al., (1997) διακρίνουν πέντε βασικούς τύπους συνεργασιών επίτευξης ΔΓ, σε περιπτώσεις όπου οι απαιτήσεις του ανταγωνισμού ξεπερνούν τις δυνατότητες κάποιου οργανισμού. Συνοπτικά, οι τύποι αυτοί είναι:

1. *Υπεργολαβίες (subcontracting)*: συνάπτονται όταν κάποια επιχείρηση δεν διαθέτει υποδομές και πόρους εξειδικευμένης γνώσης σε συγκεκριμένο τομέα(-εις) της παραγωγικής διαδικασίας. Συνηθίζονται στην κατασκευαστική βιομηχανία.
2. *Χρήση τεχνολογικών δικαιωμάτων (technology licensing)*: συνάπτονται για την απόκτηση ή/και αγορά τεχνολογικών προϊόντων από άλλες επιχειρήσεις, που κατέχουν πνευματικά δικαιώματα σε κάποιο είδος εξειδικευμένης τεχνογνωσίας.
3. *Συνεργασίες έρευνας (research consortia)*: συνάπτονται μεταξύ επιχειρήσεων που ενδιαφέρονται να εκπονήσουν ένα μεγάλο έργο, με αποσαφηνισμένο αντικείμενο, σε τομείς βασικής βιομηχανικής έρευνας.
4. *Στρατηγικές συμμαχίες (strategic alliances)*: συνάπτονται για την προώθηση στην αγορά νέου προϊόντος ή τεχνολογίας, για απόκτηση στρατηγικού πλεονεκτήματος.
5. *Κοινοπραξίες (joint ventures)*: αποτελούν υβριδικές (θυγατρικές) επιχειρήσεις που ιδρύονται από συνεργαζόμενες επιχειρήσεις, με αντιπροσωπευτικά ποσοστά συμμετοχής, για λόγους αύξησης της ευελιξίας και της αποτελεσματικότητας στην εκπόνηση ενός σχεδίου ή έργου.
6. *Δίκτυα καινοτομίας (innovation networks)*: συνάπτονται μεταξύ επιχειρήσεων και ερευνητικών ή/και εκπαιδευτικών οργανισμών για ανάπτυξη καινοτομικών μεθόδων και τεχνολογιών, σε τοπικό ή διακρατικό επίπεδο.

Στις προαναφερόμενες περιπτώσεις, οι σχέσεις μεταξύ συνεργαζόμενων οργανισμών καθορίζεται μέσω συμβάσεων συνεργασίας. Πέρα από τη διάσταση της ΔΓ, οι συνεργασίες αυτές αποσκοπούν στη μείωση και κατανομή, μεταξύ των συνεργαζόμενων μερών, του κόστους παραγωγής, στη μείωση του κινδύνου που συνεπάγεται η απόφαση να αναπτύξει μια επιχείρηση τεχνογνωσία που δεν κατέχει επί μηδενικής βάσης και στην επιτάχυνση της παροχής υπηρεσιών και της παραγωγής εξειδικευμένων προϊόντων.

Οι περιπτώσεις και τα είδη των συνεργασιών παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία, τόσο σε σχέση με τη μορφή της συνεργασίας όσο και σε σχέση με το γνωστικό αντικείμενο κάθε συνεργασίας. Οι Batzias και Spanidis (2003; 2008a) αναφέρονται στους *τεχνολογικούς συνεταιρισμούς (technological partnerships)* μεταφοράς τεχνογνωσίας και τεχνολογίας (*know-how and technology transfer, KTT*), που συνάφθηκαν από τα μέσα της δεκαετίας του 1980 στα πλαίσια της ανάπτυξης της εγχώριας τεχνογνωσίας στους τομείς των βιομηχανικών και ενεργειακών έργων στην Ελλάδα, ειδικότερα για το ΦΑ. Οι Carayannis et al., (2000) αναφέρονται σε μοντέλα συνεργασίας που αναπτύχθηκαν κατά τη δεκαετία του 1990 σε ΗΠΑ, Γερμανία και Γαλλία. Τα δίκτυα αυτά αποκαλούνται *δίκτυα αξίας (value nets)* και αφορούν έρευνα και ανάπτυξη (research and development-R&D) στους τομείς της μικροηλεκτρονικής, της πληροφορικής, της αυτοματοποίησης της παραγωγής, της ενέργειας και του περιβάλλοντος. Οι σχετικές συνεργασίες συνάφθηκαν μεταξύ πανεπιστημίων, κυβερνητικών οργανισμών και βιομηχανίας (*universities, governments, industries, UGI*).

Άλλες αναφορές της βιβλιογραφίας, περισσότερο θεωρητικές, κάνουν λόγο *κοινωνίες πρακτικής (communities of practice-CoP)*. Αυτές ορίζονται ως ομάδες

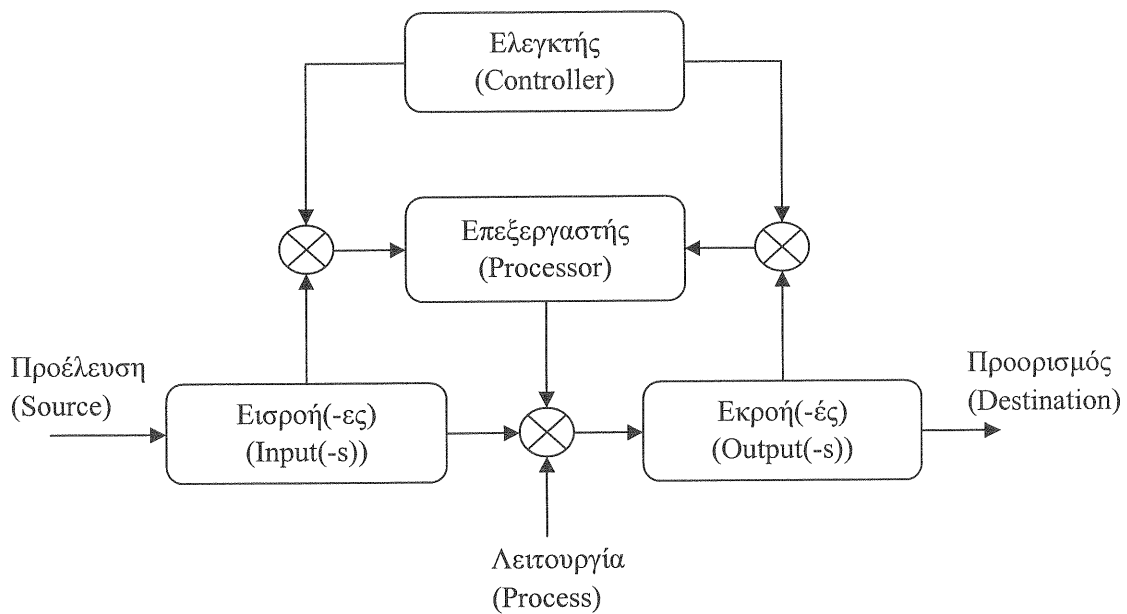
εργαζομένων που μαθαίνουν και ανταλλάσσουν μεταξύ τους εμπειρίες και πληροφορίες μέσω συμμετοχής τους σε κοινές λειτουργίες της παραγωγής (Wenger, 1998; Hildreth και Kimble, 2002; Winkler και Mandl, 2004). Οι συγγραφείς αυτοί κάνουν αναφορά σε όρο συγγενή με τη ΔΓ που αναφέρεται ως *μανθάνουσα κοινότητα (learning community)*, ο οποίος εκφράζει την προσπάθεια της κοινωνίας της παραγωγής, να μάθει αναζητώντας ιδέες και πληροφορίες, μέσω των υποδομών και των παραγωγικών λειτουργιών των οργανισμών.

2.3.5 Οντολογίες

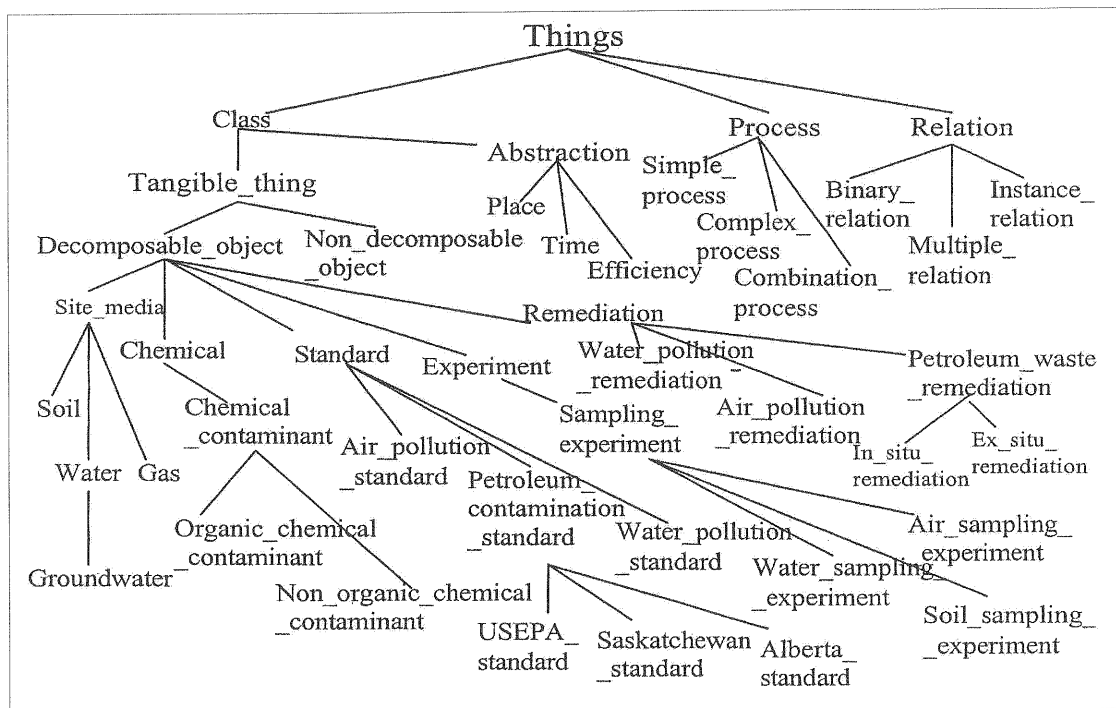
Στη γνωσιολογική έρευνα, οι οντολογίες αποτελούν δομές ερμηνείας και αναπαράστασης της γνώσης, καθώς επίσης και των λειτουργιών που συνδέονται με τη γνώση, την αντικειμενικοποίηση και διαχείρισή της, στο περιβάλλον των οργανισμών. Υπάρχουν πολλών ειδών οντολογίες μέσω των οποίων η γνώση χαρτογραφείται, δηλαδή αναπαρίσταται με αντικειμενικό τρόπο, ως προς το περιεχόμενο ή ως προς τη λειτουργία. Σύμφωνα με τους Horiuchi et al., (2004) και Grimmin et al., (2007), οι βασικότερες κατηγορίες οντολογιών είναι οι *οντολογίες τομέων γνώσης (domain ontologies)* και οι *οντολογίες λειτουργιών (task ontologies)*.

Οι οντολογίες τομέων γνώσης ορίζουν με μαθηματικό-φορμαλιστικό τρόπο όρους και έννοιες που αναφέρονται σε κάποιο πεδίο γνώσης (*knowledge domain*), τη *σημασιολογία* τους (*semantics*) και τις μεταξύ τους λογικές σχέσεις (ιεραρχικοί κανόνες, κανόνες αιτίου-αιτιατού IF-THEN, κλπ), βάσει των οποίων χαρτογραφούνται ως δομημένες πληροφοριακές οντότητες στις πλατφόρμες των ΒΓ. Υπάρχουν διάφορες τεχνικές χαρτογράφησης της γνώσης (*knowledge mapping*) που έχουν τις ρίζες τους στα υπαρξιακά γραφήματα που εισήγαγε ο Charles Pierce το 1909, αλλά και σε πιο πρόσφατες εργασίες του Sowa (1984) που συνδέονται με την ψυχολογία, τη γλωσσολογία και τη φιλοσοφία. Σε πολλές εφαρμογές δίνεται έμφαση στη διαλειτουργικότητα γνώσης μέσω του διαδικτύου, οπότε χρησιμοποιούνται *σημασιολογικά δίκτυα (semantic networks)*. Σε αυτά, η γνώση γίνεται κατανοητή στους ανθρώπους, αλλά και σε ευφυείς πράκτορες που λειτουργούν μέσω των ITC (Batzias και Markoulaki, 2002). Η χαρτογράφηση των οντολογιών της γνώσης στηρίζεται στη χρήση *εννοιολογικών διαγραμμάτων ή γράφων (conceptual graphs)*, που αναφέρονται και ως *γνωσιολογικά διαγράμματα ή χάρτες (cognitive diagrams/maps)* (Eden, 1988; Gordon, 2000; Novak και Canas 2008). Στις εφαρμογές ΣΔΓ προηγείται συνήθως σχεδιασμός του μοντέλου σε γράφημα, με κανόνες συσχέτισης, ταξινόμησης, ιδιοτήτων και ιεραρχίας μεταξύ των οντοτήτων της γνώσης (κανόνες ελέγχου IF-THEN-ELSE, κανόνες χρήσης ασαφών αριθμών). Στο σχήμα Σ-2.6 απεικονίζεται, ως παράδειγμα, ένα σημασιολογικό δίκτυο δομημένο με τις οντολογίες της γνώσης που αφορά τη διαχείριση των πετρελαϊκών αποβλήτων, όπως παρουσιάστηκε από την Chan (2005).

Οι λειτουργικές οντολογίες ορίζουν τη *ροή* της γνώσης στο περιβάλλον των οργανισμών και ενσωματώνουν τους παράγοντες ΔΓ με διακριτούς ρόλους. Οι λειτουργικές οντολογίες υπάρχουν, είτε αυτοτελώς ως γνωσιολογικές λειτουργίες όταν υπάγονται σε ολοκληρωμένα ΣΔΓ, είτε συνυφαίνονται με λειτουργίες της παραγωγής όταν η γνώση διακινείται εντός των οργανισμών με μάθηση επί του έργου ή εκπαίδευση (Kalpic και Bernus, 2006).



Σχήμα Σ-2.5 Υπόδειγμα επιχειρησιακής λειτουργίας (Business Process) κατά Nickols (2004)



Σχήμα Σ-2.6 Σχεδιασμός οντολογίας για τη διαχείριση πετρελαϊκών αποβλήτων με ιεραρχία (Chan, 2005)

Αρκετοί συγγραφείς (Davenport, 1993; Garvin, 1995 και 1998; Bal, 1998; Tserng και Lin, 2004) έχουν δώσει έμφαση στις γνωσιολογικές λειτουργίες, τις οποίες αναδεικνύουν με μεθόδους *σχεδιασμού των επιχειρησιακών λειτουργιών (business process modeling, BPM)*. Οι μέθοδοι BPM αποσκοπούν στην κατανόηση και προσομοίωση της ροής της γνώσης εντός των οργανισμών ή των συστημάτων παραγωγής. Βασίζονται σε τεχνικές ανάλυσης συστημάτων, για τη σχεδίαση μοντέλων ΔΓ και της υλοποίησής τους με τεχνολογίες λογισμικού και εργαλεία αναπαράστασης, κωδικοποίησης και αποθήκευσης σε ΒΓ, ώστε η γνώση (ως πληροφοριακή πλέον οντότητα) να καθίσταται προσπελάσιμη, επαναχρησιμοποιήσιμη και βελτιώσιμη.

Οι αντιπροσωπευτικότερες μέθοδοι BPM υπάγονται στην οικογένεια των τεχνικών **I**ntegrated Computer Aided Manufacturing **D**efinition (*IDEF*) που εισήχθησαν από τον Ross (1977). Οι IDEF τεχνικές έχουν ευρεία εφαρμογή στη βιομηχανία και αποτελούν εξέλιξη των τεχνικών της δομημένης ανάλυσης και σχεδιασμού των πληροφοριακών συστημάτων (αναφέρονται ως *Structured Analysis and Design Techniques, SADT* ή ως *Structured System Analysis and Design Techniques, SSADT*) που αναπτύχθηκαν τη δεκαετία 1960-70 (Kuisak et al., 1994). Οι τεχνικές αυτές αναφέρονται και ως *διαγράμματα βασιζόμενα σε δραστηριότητες (activity based diagrams)* επειδή ως βασική έννοια ανάλυσης χρησιμοποιείται η δραστηριότητα και ο ρόλος της στο σύστημα διεργασιών ενός οργανισμού (Yusuf και Smith, 1996), Tserng et al., 2004). Συγκεκριμένα:

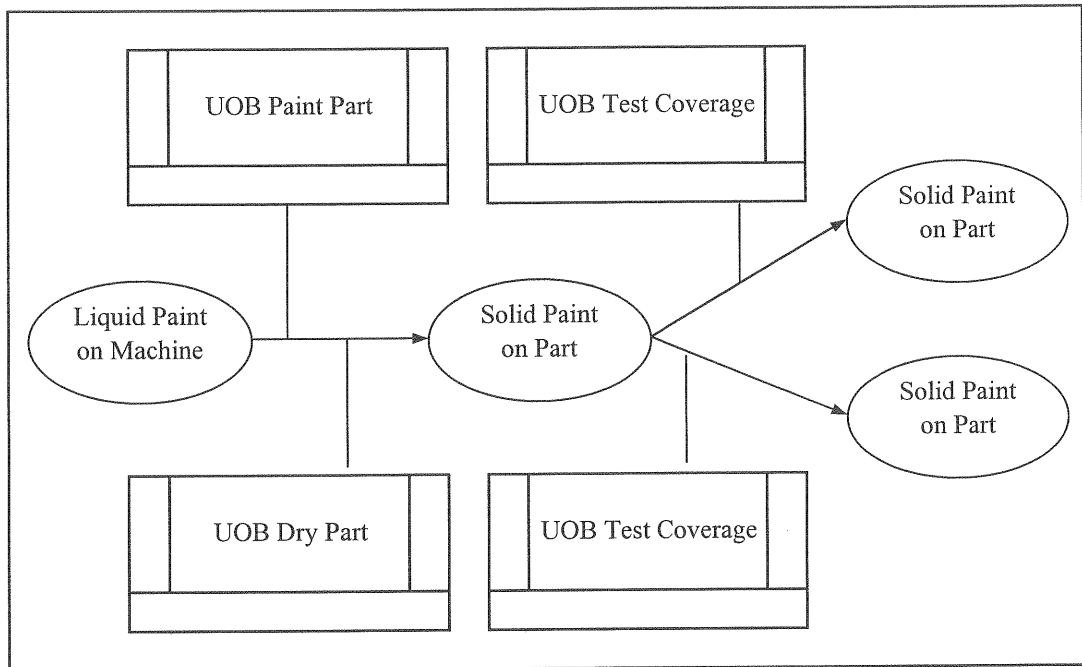
1. *IDEF0*: η τεχνική αυτή προβλέπει ότι κάθε λειτουργία (ή δραστηριότητα λειτουργίας) απεικονίζεται με ορθογώνιο πλαίσιο (*context diagram*) δεχόμενο στοιχεία εισόδου (*inputs*) και παρέχον στοιχεία εξόδου (*outputs*) μέσω εισροών ελέγχου (*controllers*) όπως π.χ. χρόνος, οικονομικοί περιορισμοί, διαθεσιμότητα τεχνογνωσίας, κλπ. και των μηχανισμών (*mechanisms*), που εκπροσωπούν πόρους, τμήματα της οργάνωσης και υλικοτεχνική υποδομή μιας επιχείρησης. Γι' αυτό, κάθε αυτόνομη δραστηριότητα χαρακτηρίζεται και ως *ICOM* οντότητα. Στο σχήμα Σ-2.7 παρουσιάζεται μια διεργασία σχεδιασμένη με τεχνική IDEF0 που αναφέρεται ως υπόδειγμα από εργασία των Kim, C-H., et al., (2003).
2. *IDEF1*: χρησιμοποιείται ως εργαλείο υποστήριξης των επιχειρήσεων στην ανάλυση και τον προσδιορισμό της πληροφοριακής δομής τους. Η τεχνική εστιάζεται στην αποσαφήνιση του περιεχομένου των πληροφοριακών οντοτήτων (*entities*) που είναι απαραίτητες στην παραγωγή, των ιδιοτήτων (*attributes*) τους και επίσης στις μεταξύ τους σχέσεις (*relationships*). Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται μια υποδομή για ανάπτυξη συστήματος ΒΔ, στην προκειμένη περίπτωση τη ΒΓ ενός οργανισμού. Στο σχήμα Σ-2.8 παρουσιάζεται απόσπασμα σχεδιασμού με τεχνική IDEF1 που αναφέρεται ως υπόδειγμα από τον Bal (1998) σε εφαρμογή ΣΔΓ για τη διαχείριση ανθρώπινων πόρων.
3. *IDEF1x*: αποτελεί βελτιωμένη εξέλιξη του IDEF1. Επιτρέπει καλύτερη φορμαλιστική (γραφική) αναπαράσταση των οντοτήτων, των ιδιοτήτων τους και των μεταξύ τους σχέσεων, καθώς επίσης και του περιεχομένου των πληροφοριών (*semantics*) που διακινούνται σε έναν οργανισμό. Με την τεχνική αυτή δημιουργείται η προϋπόθεση σύνθεσης ενός πιο αποτελεσματικού λογικού σχήματος (*logical schema*) βάσει του οποίου μπορεί να δομηθεί η ΒΓ ενός οργανισμού (Kim, C-H., et al., 2003).

4. *IDEF2*: Είναι τεχνική δυναμικής προσομοίωσης μέσω της οποίας αντιπροσωπεύεται η δυναμική ενός οργανισμού ή συστήματος, δηλαδή η διαδρομή κάποιας οντότητας (πληροφορίας, υλικού, κλπ) και οι πόροι που δαπανούνται κατά τη διαδρομή αυτή, οι πόροι που απαιτούνται για κάποιο προϊόν, κλπ. (Bal, 1998).
5. *IDEF3*: Συνδυάζει την αναπαράσταση της ροής μιας λειτουργίας ή δραστηριότητας θεωρούμενης ως μονάδας συμπεριφοράς (*unit of behavior-UOB*) σε σχέση με τη δυνατή κατάσταση στην οποία μπορεί να βρίσκεται ένα αντικείμενο (*object*) που αφορά στη συγκεκριμένη (παραγωγική) λειτουργία. Η αλληλουχία μεταξύ λειτουργιών και δραστηριοτήτων καθορίζεται με πύλες των οποίων οι τιμές καθορίζονται βάσει άλγεβρας Boole (όπως π.χ. *OR*, *AND*, *XOR*) Η δυνατή κατάσταση ενός αντικειμένου απεικονίζεται μέσω των δικτύων μεταβολής της κατάστασης αντικειμένου (*object state transition networks-OSTN*). Στο σχήμα Σ-2.9 δίνεται ένα παράδειγμα (απόσπασμα) εφαρμογής της τεχνικής *IDEF3* σε σύστημα βιομηχανικής βαφής (Avison και Fitzgerald, 1998).

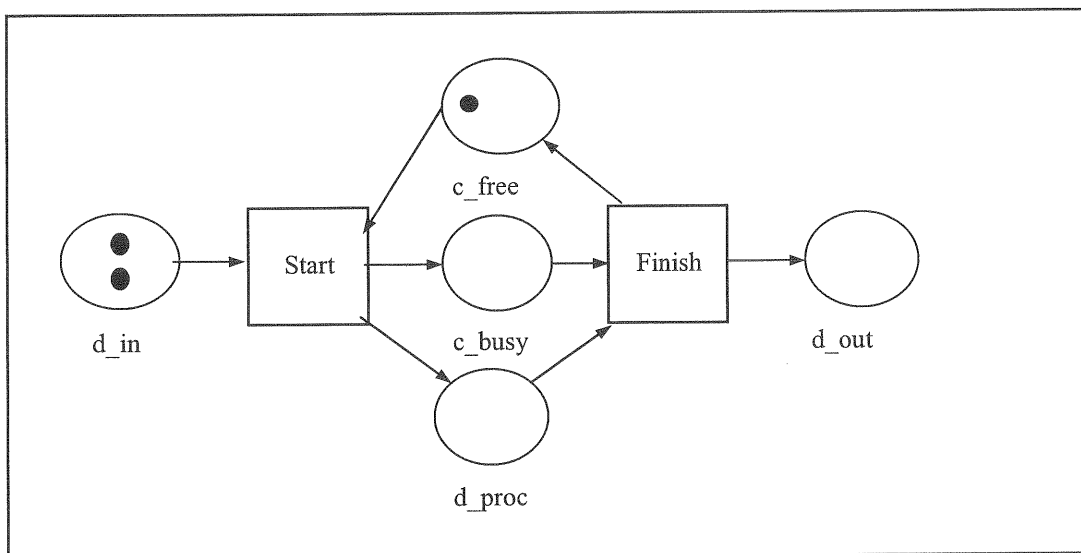
Εκτός από τις προαναφερόμενες μεθόδους, υπάρχουν και άλλες που ανταποκρίνονται με μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα σε δικτυακά περιβάλλοντα επεξεργασίας και μετάδοσης πληροφοριών, όπου η γνώση, ως αντικειμενικοποιημένη πληροφοριακή οντότητα, υπόκειται σε διαχείριση μέσω συστημάτων ICT. Μια τέτοια μέθοδος είναι η τεχνολογία των δικτύων *Petri*. Τα δίκτυα *Petri* παρουσιάζουν ομοιότητες με τη φιλοσοφία των τεχνικών *IDEF*, αλλά συμπεριλαμβάνουν την έννοια του πεσσού (ή ελευθέρως μετακινούμενου σηματοδότη- *token*) μέσω του οποίου προσομοιώνονται τα δυναμικά και συνεξελισσόμενα συστήματα. Επίσης, τα δίκτυα *Petri* παρέχουν δυνατότητα ενσωμάτωσης εξισώσεων που εκφράζουν τις καταστάσεις και τη συμπεριφορά των δυναμικών συστημάτων. Στο σχήμα Σ-2.10 παρουσιάζεται ένα απόσπασμα ενός δικτύου *Petri* που εκφράζει τη δραστηριότητα επεξεργασίας εγγράφων από έναν υπάλληλο (Van der Aalst και Van Hee, 1996). Με *d_in* απεικονίζονται τα έγγραφα που πρέπει να επεξεργαστεί, με *c_free* η κατάσταση 'είναι διαθέσιμος', με *c_busy* 'είναι απασχολημένος', με *d_proc* 'επεξεργάζεται τα έγγραφα' και με *d_out* 'επεξεργάστηκε τα έγγραφα'. Οι πεσσοί απεικονίζονται με τις κουκίδες. Η επεξεργασία των εγγράφων εκτελείται μόνο όταν και οι τρεις καταστάσεις έχουν καταληφθεί από πεσσούς.

Στις αντιπροσωπευτικές μεθόδους, τέλος, συγκαταλέγονται και τα *διαγράμματα ρόλου δραστηριότητας (role activity diagrams-RAD)*. Με τα διαγράμματα αυτά επιτυγχάνεται η ομαδοποίηση των δραστηριοτήτων μιας διεργασίας σε ρόλους που ανταποκρίνονται στη συμπεριφορά ενός ανθρώπου ή μιας ομάδας ανθρώπων ή ενός παραγωγικού συστήματος. Η λογική σχεδίασής τους είναι αντίστοιχη με αυτή των *IDEF0* και *Petri-nets* (Bal, 1998).

Οι οντολογίες τομέων γνώσης και οι λειτουργικές οντολογίες μπορεί να συνυπάρχουν ως αλληλεπιδρούσες δομές στο περιβάλλον των οργανισμών. Το είδος και βαθμός της αλληλεπίδρασης, εξαρτάται από την αρχιτεκτονική του ΣΔΓ και από το σχεδιασμό του συστήματος της ΒΓ.



Σχήμα Σ-2.9 Απόσπασμα λειτουργίας IDEF3 σχετικά με διεργασία βιομηχανικής βαφής (Avison και Fitzgerald, 1998)



Σχήμα Σ-2.10 Απόσπασμα δικτύου Petri με εφαρμογή σε σύστημα επεξεργασίας εγγράφων (Van der Aalst και Van Hee, 1996)

2.3.6 Τεχνολογίες συστημάτων

Ο σχεδιασμός ΣΔΓ, διεξάγεται μέσα από τεχνολογίες που υπόκεινται σε διαφορετικές αντιλήψεις για το πώς η γνώση αντικειμενικοποιείται και ενσωματώνεται στην παραγωγική διαδικασία και ευρύτερα, πώς χρησιμοποιείται για την υποστήριξη λήψης αποφάσεων και επίλυσης προβλημάτων. Σύμφωνα με τον Liao (2003) υπάρχουν τεχνολογίες που είναι ιδιαίτερα διαδεδομένες στο πεδίο της ΔΓ και στηρίζονται σε εφαρμογές της πληροφορικής, της τεχνητής νοημοσύνης και των συστημάτων διαχείρισης βάσεων δεδομένων (ΣΔΒΔ ή database management systems, DBMS). Πιο συγκεκριμένα η αντικειμενικοποίηση της γνώσης επιτυγχάνεται με συστήματα βασιζόμενα στην γνώση (*knowledge based systems, KBS*), συστήματα εξόρυξης γνώσης από δεδομένα (*data mining systems, DMS*), έμπειρα συστήματα (*expert systems, ES*), τις ICT, τις εφαρμογές βάσεων δεδομένων (*database applications, DBA*) και τα συστήματα μοντελοποίησης της γνώσης (*knowledge modelling systems*).

Ο διαχωρισμός μεταξύ των προαναφερθέντων συστημάτων δεν είναι απόλυτος, στο βαθμό που τεχνητή νοημοσύνη, επικοινωνίες και οι αρχιτεκτονικές των βάσεων δεδομένων, αποτελούν πεδία υψηλού βαθμού αλληλεπίδρασης. Για λόγους πληρότητας της επισκόπησης, αναφέρονται χαρακτηριστικά των τεχνολογιών αυτών, όπως συνοψίζονται από συγκλίνουσες περιγραφές συγγραφέων του χώρου (Smith, 1998; Gallupe, 2001; Liao, 2003).

1. *Knowledge based systems*: αποσκοπούν στην κατανόηση και την ένταξη της ανθρώπινης γνώσης στα πληροφοριακά συστήματα. Τα συστήματα αυτά αποτελούνται από τέσσερα βασικά συστατικά: τη βάση δεδομένων (βάση γνώσης), η μηχανή εξαγωγής συμπερασμάτων (*inference engine*), το εργαλείο σχεδιασμού της γνώσης (*knowledge engineering tool*) και η διασύνδεση με το χρήστη (*user interface*). Τα συστατικά αυτά δομούνται με σκοπό την ολοκληρωμένη διαχείριση της πληροφοριακής υποδομής ενός οργανισμού που θεωρείται περιουσιακό του στοιχείο. Υλοποιούνται με λογισμικό έμπειρων συστημάτων, βάσεων δεδομένων και συστημάτων ομαδικής συνεργασίας (*groupware systems*). Τέτοια συστήματα έχουν αναπτυχθεί στην πετρελαϊκή βιομηχανία, στο έλεγχο ποιότητας, σε μελέτες επικινδυνότητας, στη μικροβιολογία, στη διαχείριση έργων, κλπ. (Wiig, 1994; Liao, 2003; Laudon και Laudon, 2002).
2. *Data Mining*: αποσκοπούν στην ανακάλυψη και εξόρυξη δεδομένων από αρχεία ή βάσεις δεδομένων (όχι απαραίτητα συνεργαζόμενες), στην επεξεργασία τους και στον μετασχηματισμό τους με προεπιλεγμένο τρόπο, ώστε να αποκτούν υψηλή αξία και χρηστικότητα για τη λήψη τεχνοοικονομικών αποφάσεων, τη διαγνωστική, την οικονομετρία, κλπ. Οι τεχνολογίες αυτές συνδυάζουν και αξιοποιούν διεπιστημονικές μεθόδους και τεχνικές που ανήκουν σε γνωστικά πεδία της στατιστικής (π.χ. απλή ή πολλαπλή παλινδρόμηση), των βάσεων δεδομένων, της τεχνητής νοημοσύνης (όπως για παράδειγμα οι ευφυείς πράκτορες-*intelligent agents*, με τους οποίους αναζητείται και εντοπίζεται η επιστημονική βιβλιογραφία και ορολογία, όπως τεκμηριώνουν οι Batzias και Markoulaki, 2002) και των υπολογιστικών συστημάτων (Fayyad και Stolorz, 1997; Dunham, 2002).

3. *Expert Systems*: αποσκοπούν στην αντικειμενικοποίηση και δόμηση της άρρητης γνώσης των εμπειρογνομώνων σε τρόπο που να είναι επεξεργάσιμη από τα υπολογιστικά συστήματα και στη συνέχεια, να καθίσταται αξιοποιήσιμη (Liebowitz, 2001). Με τα συστήματα αυτά επιτυγχάνεται απόσπαση και καταγραφή της ανθρώπινης γνώσης μέσω λογικών κανόνων αναγνώρισης γεγονότων, εννοιών και των μεταξύ τους σχέσεων. Για παράδειγμα αναφέρονται τα μοντέλα βασισμένα σε καταγεγραμμένες περιπτώσεις (case based reasoning) όπου με την αλυσίδα λογικών ελέγχων 'IF-THEN-ELSE' αξιολογείται ένα σύνολο οντολογικά ελεγχόμενων προϋποθέσεων-καταστάσεων για να ανταποκριθεί το σύστημα υποδεικνύοντας την προτεινόμενη ενέργεια. Η διαχρονική τήρηση και ανανέωση των κανόνων καθιστά τα έμπειρα συστήματα μανθάνοντα, και συνεπώς αξιόπιστα, στο επίπεδο των ενεργειών που αυτά υποδεικνύουν στους χρήστες για λήψη αποφάσεων (Emenike, 1993; Batzias και Arnaoutis, 1989; Graham- Jones και Mellor, 1995).
4. *ICT*: αποσκοπούν στη δόμηση ολοκληρωμένης πλατφόρμας επικοινωνίας μεταξύ ομάδων που συνεργάζονται σε διαφορετικά περιβάλλοντα υπολογιστικών συστημάτων, με υψηλές απαιτήσεις δικτύωσης και ταχύτητας ανταλλαγής μεγάλου όγκου δεδομένων, πληροφοριών και γνώσης (Liao, 2003). Οι τεχνολογίες αυτές εστιάζονται στην αλληλεπίδραση μεταξύ χρηστών και καλύπτουν ευρύ φάσμα επικοινωνιακών τεχνικών όπως για παράδειγμα η χρήση πολυμέσων, τηλεδιασκέψεων, κλπ.
5. *Database Applications*: αποσκοπούν στην συγκέντρωση δεδομένων και πληροφοριών, στην αποτελεσματική τους διαχείριση και στην εξασφάλιση πρόσβασης στους χρήστες για ανάκτηση γνώσης που τους είναι χρήσιμη ή για βελτίωσης της υπάρχουσας. Οι τεχνολογίες αυτές εστιάζονται στη συγκρότηση εταιρικής μνήμης, δηλαδή της ΒΓ, μέσω ιεραρχημένων οντολογικών δομών, σχέσεων και μοντέλων απεικόνισης (Laudon και Laudon, 2002).
6. *Knowledge Modeling Systems*: αποσκοπούν στην ανάπτυξη μεθοδολογιών και τεχνικών απόσπασης και αναπαράστασης της γνώσης. Πιο εξειδικευμένα χρησιμοποιούνται υποστηρικτικά στη σχεδίαση γνωσιολογικών λειτουργιών, δένδρων αποφάσεων, καθώς επίσης και στην απόκτηση γνώσης από εμπειρογνώμονες, μέσω δομημένων τεχνικών όπως π.χ. η μέθοδος Delphi (Batzias και Spanidis, 2008b).

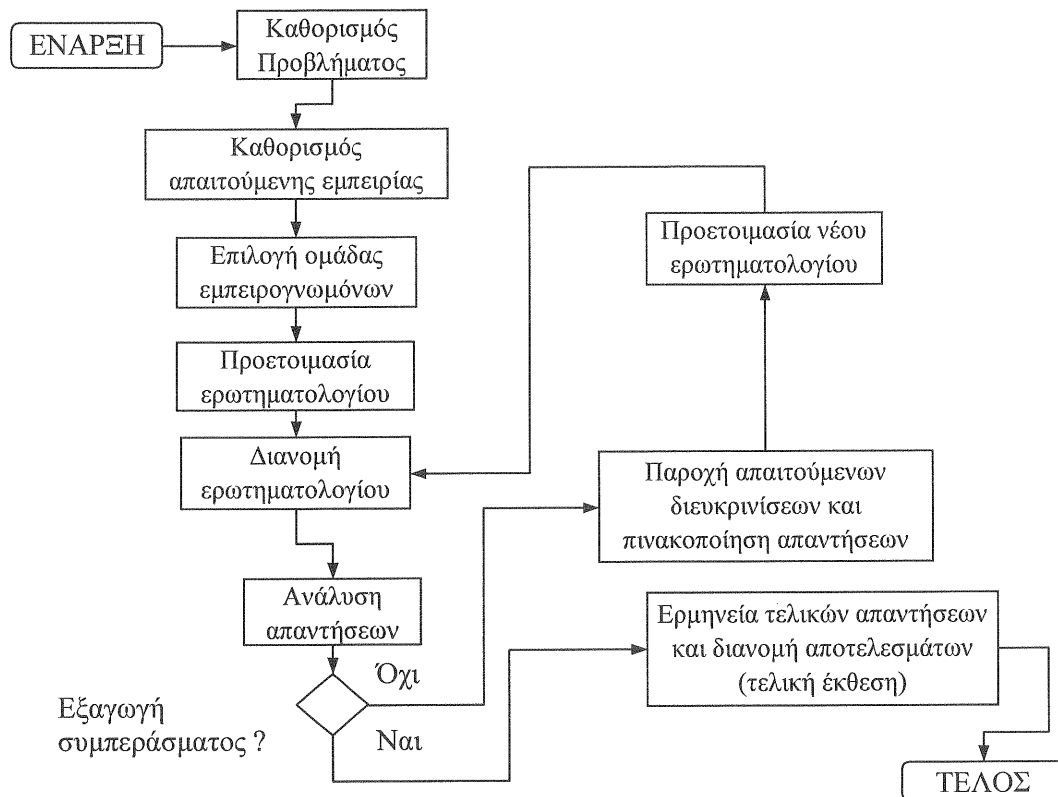
2.3.7 Εξειδικευμένες μέθοδοι-τεχνικές

Εκτός από τις μεθόδους σχεδιασμού και τις τεχνολογίες των ΣΔΓ, υπάρχουν και εξειδικευμένες μέθοδοι-τεχνικές, που χρησιμοποιούνται για την αντικειμενικοποίηση της γνώσης. Αυτές εφαρμόζονται ως αυτόνομα εργαλεία απόκτησης και αναπαράστασης ρητής/άρρητης γνώσης για επίλυση συγκεκριμένων προβλημάτων, καθώς επίσης και ως δραστηριότητες που αποτελούν υποσύνολα λειτουργιών ΔΓ (Tserng και Lin, 2004). Χαρακτηριστικά αναφέρονται η μέθοδος Delphi, η *πολυκριτηριακή ανάλυση αποφάσεων (multi criteria decision analysis, MCDA)* και η τεχνική της *ανάλυσης δένδρου σφαλμάτων (fault tree analysis, FTA)*, οι οποίες (με τις όποιες παραλλαγές τους) παρουσιάζουν πλούσιο βιβλιογραφικό ενδιαφέρον. Με τις μεθόδους αυτές επιτυγχάνεται απόσπαση γνώσης από εμπειρογνώμονες, βιβλιογραφία ή βάσεις δεδομένων και στη συνέχεια μετατροπή της, σε ρητή, επεξεργάσιμη, κωδικοποιημένη και προσπελάσιμη από την

κοινωνία της παραγωγής. Η ποικιλία των μεθόδων είναι μεγάλη και σχετίζεται με τα μαθηματικά μοντέλα και υπολογιστικές μεθόδους που επιλέγονται. Συγκεκριμένα:

1. *Μέθοδος Delphi*: εφαρμόζεται ως μέθοδος πρόγνωσης (forecasting) με χρήση δομημένων ερωτηματολογίων που συμπληρώνονται από ομάδες εμπειρογνομόνων-αξιολογητών. Οι απαντήσεις τους εκφράζουν ποσοτικά ή/και ποιοτικά δεδομένα που εμπεριέχουν την εμπειρία και διαίσθηση τους για τη φύση ή της εξέλιξη συγκεκριμένου προβλήματος ή φαινομένου. Συνήθως, σε κάθε εμπειρογνώμονα δεν κοινοποιούνται τα ονόματα και ο αριθμός μελών της ομάδας αξιολόγησης, για λόγους κατοχύρωσης της εμπιστευτικότητας και εξασφάλισης της μεγαλύτερης δυνατής αντικειμενικότητας της έρευνας. Σε επόμενο κεφάλαιο της διατριβής, παρέχονται περισσότερα στοιχεία για τη μέθοδο Delphi. Έχει ευρύτατη εφαρμογή σε περιπτώσεις που δεν προϋπάρχει δομημένη και αντικειμενικοποιημένη γνώση για την ολοκληρωμένη αξιολόγηση συγκεκριμένων προβλημάτων ή φαινομένων ή όταν οι συνθήκες λήψης αποφάσεων είναι πειστικές, όπως π.χ. στα τεχνικά έργα (Batzias και Spanidis, 2008b). Στο σχήμα Σ-2.11 αποδίδεται ένα τυπικό διάγραμμα απόσπασης της γνώσης μέσω ερωτηματολογίων Delphi όπως δημοσιεύθηκε από τον Rigs (1983).
2. *MCDA*: είναι επιχειρησιακές μέθοδοι, που βασίζεται κατά κύριο λόγο σε τεχνικές μαθηματικού προγραμματισμού. Αποσκοπούν στην ανάδειξη βέλτιστης λύσης μεταξύ διαφόρων εναλλακτικών $E_i \mid i=1, 2, \dots, n \ (n>0)$ για τη λήψη αποφάσεων σχετικά με προβλήματα της βιομηχανίας, της οικονομίας και των τεχνικών έργων. Σύμφωνα με τις αρχές εφαρμογής της MCDA, κάθε εναλλακτική λύση E_i βαθμολογείται από εμπειρογνώμονες βάσει προκαθορισμένων κριτηρίων $C_j \mid j=1, 2, \dots, m \ (m>0)$, το βάρος των οποίων $W_j \mid j=1, 2, \dots, m \ (m>0)$ αξιολογείται επίσης από τους ίδιους. Ακόμη ισχύει ότι $\forall W_j : 0 < W_j < 1 \wedge \sum W_j = W_1 + W_2 + \dots + W_m = 1$. Η βέλτιστη λύση S προκύπτει ως η μέγιστη, ελάχιστη ή ικανοποιούσα κάποιο ποσοτικό στόχο, υπολογίζεται δε από το γραμμικό συνδυασμό του γινομένου της βαθμολογίας κάθε λύσης B_{ij} που αντιστοιχεί σε κάθε κριτήριο, με το βάρος κάθε συγκεκριμένου κριτηρίου: $S = \sum (W_j \cdot B_{ij}), i=1, \dots, n \wedge j=1, \dots, m$. Για παράδειγμα, οι Batzias και Spanidis (2008b) με χρήση της μεθόδου Delphi, συγκεντρώνουν από εμπειρογνώμονες γνωσιολογικά στοιχεία αξιολόγησης τεσσάρων εναλλακτικών τεχνολογιών κατασκευής στη διασταύρωση αγωγού ΦΑ με το οικοσύστημα του Νέστου κάνοντας χρήση πολυκριτηριακής τεχνικής PROMETHEE-II. Ο Dey (2006) προτείνει τη μέθοδο της αναλυτικής ιεράρχησης αποφάσεων (*analytical hierarchy process-AHP*) για την αξιολόγηση εναλλακτικών χαράξεων αγωγών πετρελαίου. Σε μελέτη της Διεθνούς Τράπεζας, ο Munasinghe (1993) κάνει χρήση των πολυ-αντικειμενικών μεθόδων αποφάσεων (*multi objective decision methods*) για τη βέλτιστη διαχείριση των περιβαλλοντικών πόρων των αναπτυσσόμενων χωρών.
3. *FTA*: εφαρμόζεται ως μέθοδος σχεδίασης έμπειρων συστημάτων ανάλυσης αστοχιών, σφαλμάτων και γενικότερα των κινδύνων που μπορεί να προκύψουν κατά τη μελέτη, κατασκευή και λειτουργία βιομηχανικών υποδομών, τεχνικών έργων, χρηματοοικονομικών ή τεχνοοικονομικών συστημάτων (Wells, 1980; Batzias και Amaoutis, 1989; Knight και Nakano, 1997). Η μέθοδος, που έχει σαφή χαρακτηριστικά οντολογίας τομέων γνώσης, επιτρέπει αποτύπωση άρρητης ή ρητής

μερικώς δομημένης γνώσης, για φαινόμενα συνδεδεμένα με αβεβαιότητες. Παρέχει δυνατότητα αντιστοίχισης πιθανοτήτων στους κόμβους και τα φύλλα του δενδροειδούς διαγράμματος με μοντέλα Bayes, όπως π.χ. στην καταλυτική πυρόλυση υγρών υδρογονανθράκων στα διωλιστήρια που εξετάστηκε από τους Xie et al., 2000 ή με συστήματα γνωσιολογικών κανόνων ασαφούς λογικής, όπως αναφέρεται από τους Batzias και Siontorou (2005) για την περίπτωση ανάλυσης της αβεβαιότητας του λόγου *signal-to-noise* σε συστήματα βιοαισθητήρων. Στο σχήμα Σ-2.12 αποδίδεται τυπικό μοντέλο FTA που σχεδιάστηκε από τους Batzias και Spanidis (2008b) για την ανάλυση των αστοχιών στην εκτέλεση της μεθόδου της *οριζόντιας κατευθυνόμενης διάτρησης (horizontal directional drilling, HDD)* σε έργα αγωγών ΦΑ.



Σχήμα Σ-2.11 Διάγραμμα ροής τυπικής διεργασίας Delphi (Riggs, 1983)



Σχήμα Σ-2.12 FTA για την αναπαράσταση της γνώσης σε φαινόμενα αστοχίας της κατασκευαστικής μεθόδου HDD (Batziar και Spanidis, 2008b)

3. ΕΡΓΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΗΣ ΓΝΩΣΗΣ

Μετά τις πετρελαϊκές κρίσεις του 1973 και 1979 και με την αύξηση της παγκόσμιας ενεργειακής ζήτησης που παρατηρείται από τα μέσα της δεκαετίας του 1980, τα έργα του ΦΑ γνωρίζουν διεθνώς μεγάλη ανάπτυξη. Μέσω των έργων αυτών, το ΦΑ έχει καταστεί σημαντική ενεργειακή πρώτη ύλη, καταλαμβάνοντας το 23,35% του διεθνούς ενεργειακού ισοζυγίου που αντιστοιχεί σε 110 EJ έναντι των 471 EJ της παγκόσμιας ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας (EIA, 2004).

Τα έργα του ΦΑ, συνιστούν εκτεταμένες επεμβάσεις στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον. Συνδέονται με γεωπολιτικούς σχεδιασμούς που εξελίσσονται σε μεγάλες περιφέρειες του πλανήτη (Βαλκάνια, Μέση Ανατολή, Κεντρική Ασία, Νοτιοανατολική Ασία, Άπω Ανατολή, βλ. σχετικά: Ogutcu, 1995; Zhao, 2000; Klaasen et al., 2001). Στο περιβάλλον των έργων εμπλέκονται τομείς της εμπορίας ενεργειακών πρώτων υλών και της κατασκευαστικής βιομηχανίας. Σημαντική είναι επίσης η σύνδεση του καυσίμου με τις τεχνολογίες προστασίας του περιβάλλοντος και ειδικότερα με τον έλεγχο της αέριας ρύπανσης, στο βαθμό που το ΦΑ αναδίδει σημαντικά μικρότερους ρύπους ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας, έναντι των συμβατικών καυσίμων.

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται αναφορά στα έργα του ΦΑ, με έμφαση στα τεχνολογικά τους χαρακτηριστικά, την αλληλεπίδρασή τους με την ενεργειακή οικονομία, τη γεωπολιτική, το περιβάλλον και τις απαιτήσεις της διοίκησής τους, ενώ αναφορά γίνεται επίσης και για το ΕΣΦΑ. Παρουσιάζεται το περιβάλλον των έργων αυτού του τύπου, με έμφαση στην εξειδίκευση των παραγόντων ΔΓ. Στη συνέχεια, παρατίθεται εκτεταμένη βιβλιογραφική επισκόπηση των ΣΔΓ που αφορούν έργα και τεχνολογίες του ΦΑ, αναδεικνύοντας περιοχές που δεν έχουν ακόμη αναπτυχθεί επαρκώς και επιδέχονται περαιτέρω διερεύνηση, από άποψη ΔΓ.

3.1 Τεχνολογικά χαρακτηριστικά έργων φυσικού αερίου

Οι τεχνολογίες σχεδιασμού έργων ΦΑ, επικεντρώνονται κυρίως σε χαράξεις υπόγειων αγωγών, ώστε να επιτυγχάνεται η μεταφορά του καυσίμου, σε συνδυασμό με τη μεγαλύτερη δυνατή ασφάλεια για τον πληθυσμό και την ακίνητη περιουσία, στο βαθμό που οι χαράξεις αναγκαστικά διέρχονται από περιοχές που εκδηλώνονται ποικίλες ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Στις δικτυώσεις νησιωτικών περιοχών, επιλέγονται τεχνολογίες υποθαλάσσιων (offshore) διελεύσεων, με την εφαρμογή των οποίων οι αγωγοί εδράζονται με ασφάλεια στον πυθμένα της θάλασσας.

Η αποθήκευση, του καυσίμου γίνεται σε δεξαμενές κρυογενικού χάλυβα, όπου το καύσιμο εισάγεται σε υγροποιημένη μορφή και φυλάσσεται σε θερμοκρασία -162°C . (Foss, 2003). Το υγροποιημένο ΦΑ (ΥΦΑ) μεταφέρεται με δεξαμενόπλοια που φέρουν κρυογενικές δεξαμενές σφαιρικής ή πρισματικής γεωμετρίας. Από τις θέσεις αποθήκευσης, το καύσιμο μεταφέρεται στα χερσαία δίκτυα αγωγών, αφού υποστεί επαναεριοποίηση. Εναλλακτικά, το ΦΑ μπορεί να διοχετευθεί με συστήματα κατάθλιψης, σε υπόγειες κοιλότητες απεμπλουτισμένων κοιτασμάτων υδρογονανθράκων. Η σχετική τεχνολογία εφαρμόζεται για δημιουργία στρατηγικών αποθεμάτων του καυσίμου, αφού προηγουμένως έχει ελεγχθεί η μηχανική αντοχή των υπόγειων κοιλοτήτων, έναντι φαινομένων σεισμικής-τεκτονικής διέγερσης.

Οι υπέργειες εγκαταστάσεις (μετρητικοί σταθμοί, κέντρα συντήρησης και λειτουργίας, δεξαμενές) σχεδιάζονται σε ασφαλείς αποστάσεις από οικιστικές περιοχές ή εκτεταμένα συμπλέγματα βιομηχανικής δραστηριότητας. Ο στραγγαλισμός ροής του καυσίμου, εξασφαλίζεται μέσω *βαλβιδοστασιών* (line valves) που τοποθετούνται σε επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος των σωληνογραμμών βάσει των κωδικών σχεδιασμού (π.χ. κώδικας ASME B31.8). Η *εσωτερική επιθεώρηση* (in line inspection, ILI) των αγωγών εξασφαλίζεται με υπέργειες *ξεστροπαγίδες* (scraper traps) με τη λειτουργία των οποίων καθίσταται δυνατή η διακίνηση ξέστρων, που φέρουν διατάξεις ηλεκτρονικής ανίχνευσης (intelligent pigs). Έτσι, εντοπίζονται συμπτώματα διάβρωσης, κόπωσης ή παραμόρφωσης των σωληνώσεων (σύμφωνα με τις υποδείξεις του κώδικα ASME B31G).

Τα έργα υποδομών του ΦΑ, παρουσιάζουν σημαντικές μεταξύ τους τεχνολογικές διαφορές. Για παράδειγμα, μια κρυογενική εγκατάσταση και ένας αγωγός μεταφοράς, ενώ εντάσσονται στην ίδια εφοδιαστική αλυσίδα, παρουσιάζουν διαφορετικές απαιτήσεις κριτηρίων χωροθέτησης, ασφάλειας και προδιαγραφών εξοπλισμού. Τεχνολογικές διαφορές παρουσιάζονται επίσης, στις διασυνδέσεις δικτύων μεταξύ χωρών που λειτουργούν συστήματα κατασκευασμένα με διαφορετικές τεχνολογίες και σε διαφορετικές εποχές. Στις περιπτώσεις αυτές, η αποκατάσταση της τεχνολογικής συμβατότητας αποτελεί ζήτημα μείζονος εμπορικής σημασίας, δεδομένου ότι οι διακινούμενες ποσότητες ΦΑ πρέπει να καταγραφούν, τιμολογηθούν και συμφωνηθούν μεταξύ των όμορων χωρών. Στον πίνακα Π-3.1 απεικονίζεται ένα μέρος από κώδικες που εφαρμόζονται στο σχεδιασμό υποδομών ΦΑ.

Τα έργα του ΦΑ συναρτώνται επίσης με τεχνολογίες άλλων ενεργειακών υποδομών, όπως για παράδειγμα τα συστήματα *συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ)*, τροφοδοσίας καυστήρων σε βιομηχανικές μονάδες με απαιτήσεις υψηλών θερμικών φορτίων, εξοικονόμησης ενέργειας σε εγκαταστάσεις μεγάλου κτιριακού όγκου (νοσοκομεία, σχολεία, πανεπιστήμια), καθώς επίσης και σε εγκαταστάσεις τροφοδοσίας λεωφορείων που κινούνται με το καύσιμο αυτό.

3.2 Ενεργειακή οικονομία και γεωπολιτική

Τις τελευταίες δεκαετίες η παγκόσμια πρωτογενής ενεργειακή ζήτηση παρουσιάζει σημαντική ανοδική τάση. Η κατανάλωση των 207 Qbtu ($1 \text{ Qbtu} = 10^{15} \text{ Btu}$) του 1970, έφθασε τα 405 Qbtu το 2001, ενώ για το 2025 προβλέπεται να ανέλθει στα 623 Qbtu, δηλαδή αύξηση 53.84 % σε διάστημα 24 ετών. Αντίστοιχα, η παγκόσμια κατανάλωση ΦΑ από τα 36 Qbtu του 1970, έφθασε τα 90 Qbtu το 2001, ενώ για το 2025 προβλέπεται να ανέλθει στα 151 Qbtu, δηλαδή αύξηση 67.78 % στο ίδιο χρονικό διάστημα (EIA, 2004).

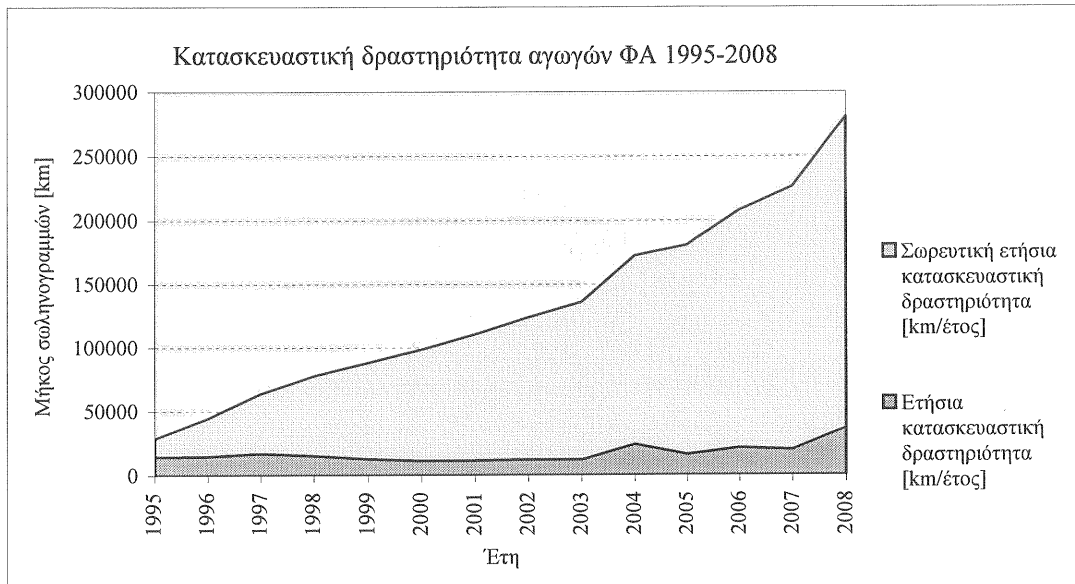
Η επιθυμία πολλών χωρών να μειώσουν την εξάρτηση της οικονομίας τους από το πετρέλαιο και τον άνθρακα, σε συνδυασμό με την ανακάλυψη και εκμετάλλευση μεγάλων κοιτασμάτων ΦΑ στη Βόρεια Θάλασσα, δημιούργησε προϋποθέσεις κατασκευής μεγάλων χερσαίων και υποθαλάσσιων δικτύων μεταξύ Ην. Βασιλείου, Νορβηγίας, Σκανδιναβικών χωρών, Ολλανδίας και Γερμανίας (Radetzki, 1999). Ενισχυτικός παράγοντας διάχυσης του καυσίμου στις διεθνείς αγορές, αποτελεί το μικρότερο κόστος του, σε σχέση με το κόστος του αργού πετρελαίου (που απαιτεί

πολύπλοκες υποδομές διύλισης και δεξαμενισμού), και σε σχέση με το κόστος εξόρυξης και μεταφοράς του άνθρακα. Το κόστος, σε συνδυασμό με τις μικρές εκπομπές αερίων θερμοκηπίου (CO₂, CH₄, NH₄ και CFCs) κατέστησαν το ΦΑ ενεργειακή πρώτη ύλη αυξημένης ελκυστικότητας με μικρό εξωτερικό (περιβαλλοντικό) κόστος (externality) (European Commission, 2003). Η απελευθέρωση της ενεργειακής αγοράς που δρομολογήθηκε από τις αρχές της δεκαετίας του 1990 ιδιαίτερα στην Ευρωπαϊκή Ένωση και η δυναμική της παγκοσμιοποίησης, που άλλαξε τα δεδομένα του διεθνούς ανταγωνισμού στον τομέα της ενέργειας, συνέτεινε στην αύξηση του ενδιαφέροντος των ιδιωτικών επιχειρήσεων στο να προβούν σε επενδυτικές πρωτοβουλίες κατασκευής και εκμετάλλευσης μονάδων ΣΗΘ, καθώς επίσης διακρατικών αγωγών μεγάλης χωρητικότητας και εγκαταστάσεων ΥΦΑ (Radetzki, 1999; Heren, 1999; Percebois, 1999).

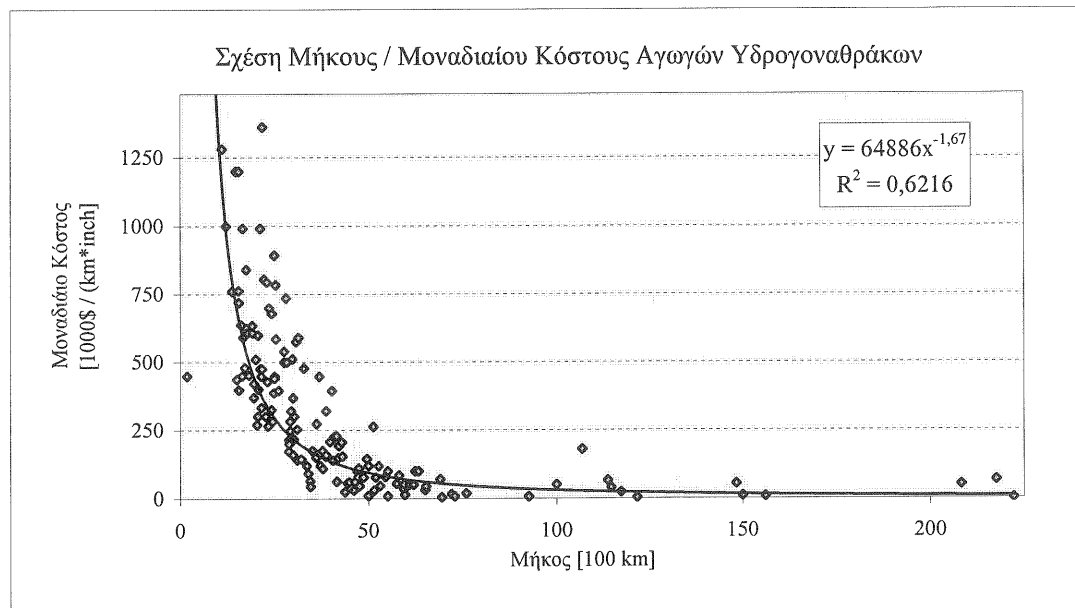
Η ανάγκη κατασκευής έργων υποδομής ΦΑ αυξάνεται διαχρονικά στο διεθνές περιβάλλον, όπως προκύπτει από το διάγραμμα του σχήματος Σ-3.1 που απεικονίζει την ετήσια παγκόσμια κατασκευαστική δραστηριότητα (σε miles/έτος) και την αντίστοιχη σωρευτική τάση μεταξύ 1995-2007, οι οποίες εμφανίζουν γραμμική αύξηση. Η αύξηση της κατασκευαστικής δραστηριότητας συνδέεται με τον εκσυγχρονισμό των τεχνολογιών ολοκληρωμένου σχεδιασμού των έργων, όπως για παράδειγμα οι τεχνολογίες GIS που εφαρμόζονται σε πολλές περιπτώσεις μελετών μεγάλων διακρατικών αγωγών μεταφοράς (Feldman et al., 1995; Gilmore και Pace, 2006). Συνεπώς, η κατασκευαστική βιομηχανία παράγει οικονομίες κλίμακας, όπου σε μεγάλα μήκη οδού το μοναδιαίο κόστος κατασκευής των έργων παρουσιάζεται μικρότερο, όπως φαίνεται και στο σχήμα Σ-3.2, το οποίο προκύπτει από στατιστικό δείγμα 149 έργων που σχεδιάστηκαν ή κατασκευάστηκαν μεταξύ 1997-2005 σε διάφορες περιοχές του κόσμου, σύμφωνα με πρωτογενή στοιχεία της εργασίας των Batzias και Spanidis (2008c).

Αύξηση παρουσιάζει διεθνώς και η βιομηχανία του ΥΦΑ. Μάλιστα έχει επισημανθεί ανταγωνιστικότητα μεταξύ των έργων αγωγών μεταφοράς και της προμήθειας ΦΑ μέσω θαλασσίων οδών (Foss, 2003). Από κάποια απόσταση μεταφοράς και άνω, το κόστος της θαλάσσιας μεταφοράς σε US\$/MMBtu (1MMBtu=10² Btu), είναι οικονομικότερο από το αντίστοιχο της χερσαίας ή υποθαλάσσιας μεταφοράς μέσω αγωγών, όπως φαίνεται και στο σχήμα Σ-3.3. Από την άλλη πλευρά, το κόστος κατασκευής των υποδομών ΥΦΑ δεν παρουσιάζει ανάλογη εικόνα με αυτή του κόστους των αγωγών, δεδομένου ότι κάθε μονάδα ΥΦΑ έχει τις δικές τις τεχνικές και τεχνολογικές ιδιαιτερότητες. Από τον προϋπολογισμό 40 έργων υποδομών ΥΦΑ που εξετάστηκαν στο διεθνές περιβάλλον (με αναγωγή του κόστους σε μονάδα χωρητικότητας δηλαδή σε εκατ. €/bcm, 1bcm=10⁹ Nm³ ΦΑ) διαπιστώθηκε, ότι το κόστος κατασκευής παρουσιάζει μεγάλη διακύμανση, ενώ το μέσο κόστος φτάνει περίπου τα 437.10⁶ €/bcm.έτος).

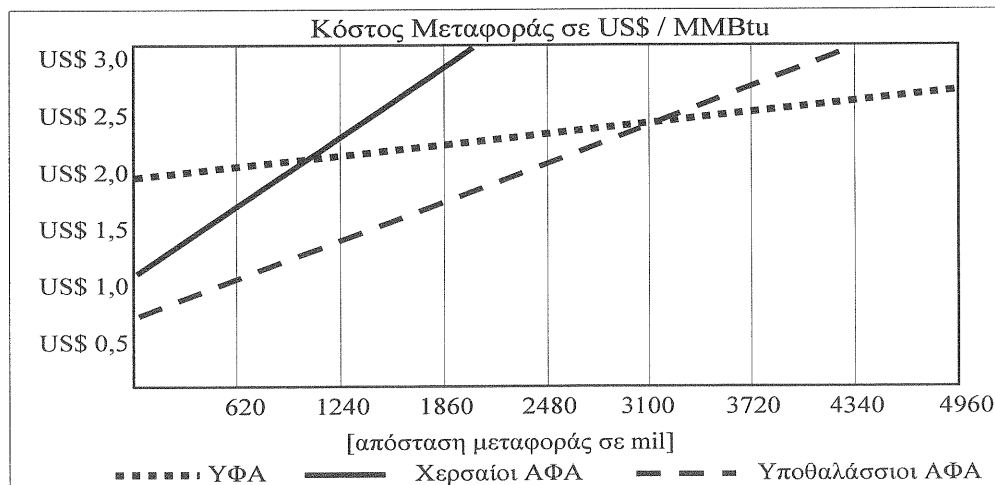
Σε πολλές περιπτώσεις, οι αγωγοί στη φάση της κατασκευής και λειτουργίας τους, λόγω της γραμμικής γεωγραφικής τους διάταξης, εμπλέκουν πολλές χώρες, στο βαθμό που είναι πολυεθνικά έργα και καλούνται να καλύψουν σημαντικό μέρος των αυξανόμενων ενεργειακών αναγκών του πλανήτη. Υπό την έννοια αυτή, διαφαίνεται μια σαφής γεωπολιτική διάσταση των αγωγών (τουλάχιστον για το πρώτο ήμισυ του 21ου αιώνα) που αντανάκλαται στις διεθνείς σχέσεις, στις συμμαχίες μεταξύ κρατών που έχουν κοινά ενεργειακά συμφέροντα, αλλά και στους ανταγωνισμούς που αναπτύσσονται, ως φυσικό επακόλουθο.



Σχήμα Σ-3.1 Εξέλιξη κατασκευής αγωγών ΦΑ σε παγκόσμια κλίμακα



Σχήμα Σ-3.2 Μοναδιαίο κόστος κατασκευής αγωγών υδρογονανθράκων σε σχέση με το μήκος τους (δείγμα 149 έργων)



Σχήμα Σ-3.3 Σύγκριση κόστους μεταφοράς μεταξύ ΦΑ και ΥΦΑ

Οι περιοχές της Μέσης Ανατολής και της Ευρασίας φαίνεται να διεκδικούν μεγάλο μερίδιο στη διαμόρφωση της παγκόσμιας ενεργειακής οικονομίας. Αγωγοί που κατασκευάστηκαν και λειτουργούν από την εποχή της πρώην ΕΣΣΔ εξακολουθούν να τροφοδοτούν χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Πολλοί νέοι αγωγοί κατασκευάζονται παγκοσμίως, δημιουργώντας νέες συνθήκες στις διεθνείς ενεργειακές αγορές. Ως παραδείγματα αναφέρονται ο αγωγός West-East China μήκους 6000 km και ο αγωγός Περσίας-Πακιστάν-Ινδίας μήκους 2670 km. Ειδικά για το τελευταίο έργο, τόσο το Πακιστάν, όσο και η Ινδία, έχουν κοινά συμφέροντα από την κατασκευή του, δεδομένου ότι από αυτό εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό η εθνική τους ανάπτυξη (Pandian, 2005), την ίδια στιγμή που οι διπλωματικές σχέσεις μεταξύ των δύο χωρών για περισσότερα από εξήντα χρόνια βρίσκονται σε ιδιαίτερη ένταση.

Το διεθνές γεωπολιτικό ενδιαφέρον επικεντρώνεται στα κοιτάσματα της Κασπίας, τα οποία πρέπει να διανεμηθούν μεταξύ Ρωσίας, Αζερμπαϊτζάν, Ιράν, Καζακστάν και Τουρκμενιστάν (Manning, 2000). Οι τεράστιες ενεργειακές ανάγκες της Ινδίας και της Κίνας, σε συνδυασμό με αυτές της Ιαπωνίας και της Κορέας, συνθέτουν ένα περίπλοκο γεωπολιτικό μωσαϊκό που εκτείνεται από τα Ουράλια μέχρι και τη νήσο Σαχαλίνη, το οποίο όχι σπάνια, μετατρέπεται σε θέατρο πολιτικο-στρατιωτικών εντάσεων για τον έλεγχο των διαδρόμων μεταφοράς των υδρογονανθράκων (Olcott, 1999).

3.3 Γεωπεριβαλλοντική διάσταση-Ασφάλεια

Οι χαράξεις των αγωγών διέρχονται από περιοχές των οποίων η τοπογραφία, οι χρήσεις γης, τα οικοσυστήματα, το υδρογραφικό δίκτυο, η γεωλογική δομή και η τεκτονική συμπεριφορά, παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία (Feldman et al., 1995; Mohitpour et al., 2003). Συνεπώς, από τεχνική άποψη παρουσιάζουν μια πολύπλευρη και ενδιαφέρουσα γεωπεριβαλλοντική διάσταση.

Ο σχεδιασμός και η κατασκευή των υποδομών ΦΑ, απαιτούν ολοκληρωμένη διαχείριση των γεωπεριβαλλοντικών πληροφοριών, για την ενσωμάτωση των ιδιαιτεροτήτων και χαρακτηριστικών της φυσικής γήινης επιφάνειας, αλλά και για την ένταξη των έργων στο ανθρωπογενές περιβάλλον, σύμφωνα με τις ευαισθησίες της κοινωνίας και την περιβαλλοντική νομοθεσία. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζεται, η εξέταση όλων των οικονομοτεχνικά εφικτών και περιβαλλοντικά αποδεκτών εναλλακτικών λύσεων, βάσει επιστημονικά τεκμηριωμένων κριτηρίων ανάλυσης και τελικώς, η επιτυχής κατασκευή και ασφαλής λειτουργία των έργων (Dey, 2006; Zuniga-Gutierrez et al., 2002; Dey και Gupta, 2001).

Η γεωπεριβαλλοντική διάσταση εξειδικεύεται σε τομείς της γεωλογίας και της τεκτονικής, ειδικότερα σε χώρες με ιστορικό σεισμο-τεκτονικής δραστηριότητας. Χαρακτηριστικά αναφέρονται οι εργασίες των Botsis et al., (2004) και Hengesh et al., (2004). Οι πρώτοι αναφέρονται στον τρόπο εισαγωγής και ανάλυσης των τεκτονικών στοιχείων στη μελέτη και αξιολόγηση οδύσεων των αγωγών ΦΑ που κατασκευάστηκαν στην Ελλάδα (μήκους 1200 km), ενώ οι δεύτεροι μεταφέρουν αντίστοιχη εμπειρία από τον αγωγό Trans-Ecuador (μήκους 660 km). Στο πλαίσιο της γεωπεριβαλλοντικής διάστασης εξετάζονται επίσης στοιχεία το πολιτισμικού περιβάλλοντος όπως είναι για παράδειγμα οι αρχαιολογικές περιοχές που εμπλέκονται κατά μήκος των χαράξεων (Σπανίδης, 1994; Gerlach et al., 2006) και που σαν τέτοιες πρέπει να παρακάμπτονται.

Η ανάπτυξη της βιομηχανίας του ΦΑ, πέρα από την αντιμετώπιση προβλημάτων της ενεργειακής οικονομίας, οφείλεται στο μακροπρόθεσμο περιβαλλοντικό όφελος που συνεπάγεται η χρήση του καυσίμου. Οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου που απελευθερώνονται με την καύση του ΦΑ είναι σημαντικά μικρότερες από τις αντίστοιχες του πετρελαίου και του άνθρακα, όπως φαίνεται από έρευνες του ΟΟΣΑ (OECD, 1991; IPCC, 2006). Συνεπώς, η συμβολή των έργων του ΦΑ στην αναβάθμιση της ποιότητας της ατμόσφαιρας, συνυπολογίζεται ως ευρύτερης αποδοχής όφελος με κοινωνικοοικονομική ανταποδοτικότητα. Στον πίνακα Π-3.2 παρουσιάζονται συγκριτικά στοιχεία εκπομπών του ΦΑ, του άνθρακα, του πετρελαίου και της βιομάζας, ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας.

Σε συνάρτηση με τη γεωπεριβαλλοντική διάσταση εξετάζεται και ο παράγοντας της ασφάλειας, που αντιπροσωπεύει την ακεραιότητα της ανθρώπινης ζωής, της παρουσίας (δημόσιας ή ιδιωτικής) και των υποδομών του ΦΑ κατά τη διάρκεια της λειτουργίας των έργων (Dey, 2001). Η ασφάλεια εξασφαλίζεται με τήρηση επαρκών αποστάσεων των σωληνογραμμών και των συναφών εγκαταστάσεων από συγκεντρώσεις πληθυσμού, από περιοχές με αυξημένους κυκλοφοριακούς φόρτους, από βιομηχανικές χρήσεις γης και γενικώς από ανθρωπογενείς δραστηριότητες, που μπορεί να προσβληθούν σοβαρά από τις συνέπειες ενδεχόμενου ατυχήματος (Sklavounos και Rigas, 2006).

Η εξέταση της ασφάλειας προκύπτει με ποσοτικοποίηση και κατανομή εκατέρωθεν των εγκατεστημένων σωληνογραμμών των πιθανοτήτων εκδήλωσης περιστατικού ατυχήματος, από το οποίο ενδέχεται να προσβληθεί ο πληθυσμός λόγω διαρροής, θραύσης, διάβρωσης, κλπ. Για τις εγκαταστάσεις του ΥΦΑ, εξετάζονται οι αντίστοιχες πιθανότητες σε κάποιες ακτίνες γύρω από το χώρο δεξαμενισμού ή τις εγκαταστάσεις υγροποίησης και επαναεριοποίησης. Το αποτέλεσμα των πιθανολογικών μοντέλων υποδεικνύει την επιλογή αγωγών κατάλληλου πάχους τοιχώματος, που είναι καθοριστικής σημασίας για τη συμπεριφορά του υλικού και την τήρηση των ορίων ασφάλειας. Αυτό γίνεται περισσότερο κατανοητό από το σχήμα Σ-3.4 στο οποίο απεικονίζεται η πιθανότητα ατυχήματος (εκφρασμένης ως ποσοστό αστοχίας/1000 km.έτος) συναρτήσει του πάχους τοιχώματος (σε ίντσες), όπως έχει υπολογιστεί από μακροχρόνια στατιστικά στοιχεία του European Gas Pipeline Incident Data Group (2008).

3.4 Διοίκηση έργων

Η διοίκηση των έργων ΦΑ, μπορεί να εξεταστεί από δύο απόψεις: μια τυπική, που αφορά στη οργάνωση των φάσεων υλοποίησης, στο περιεχόμενο τους και στη φιλοσοφία ανάπτυξης και παρακολούθησής τους και μια εξειδικευμένη, που αναφέρεται σε συγκεκριμένους παράγοντες, που επηρεάζουν τη διαχείριση των έργων αυτών.

Η τυπική άποψη της οργάνωσης των έργων του ΦΑ αποτυπώνεται στο πρότυπο BS 6046, Part-1 (1984). Σύμφωνα με αυτό οι κύριες φάσεις των έργων είναι: (α) η μελέτη σκοπιμότητας (feasibility assessment), (β) ο σχεδιασμός και η προμήθεια των υλικών (design and procurement), (γ) η κατασκευή (construction) και (δ) η εγκατάσταση, δοκιμή και η παράδοση σε κατάσταση λειτουργίας (installation, testing and commissioning) στον ιδιοκτήτη του έργου. Αυτή η φιλοσοφία οργάνωσης έχει υιοθετηθεί γενικώς στα έργα αγωγών μεταφοράς υδρογονανθράκων (Dey, 2006). Οι φάσεις αυτές περιλαμβάνουν και

διακριτά υποσύνολα. Για παράδειγμα, ο σχεδιασμός συνήθως επιμερίζεται στον βασικό (basic design) και το λεπτομερή σχεδιασμό (detailed design). Αντίστοιχα, ο βασικός σχεδιασμός περιλαμβάνει, κατά κύριο λόγο, τη χάραξη αγωγών (pipeline routing), την εξασφάλιση αδειών διέλευσης (licensing-permits) από τις κρατικές υπηρεσίες, τη μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων (environmental impacts study) και τη σχεδίαση του αγωγού και των μονάδων (mechanical process design) του συστήματος μεταφοράς ΦΑ (Batzias και Spanidis, 2008d).

Βάσει των φάσεων αυτών συντάσσονται τα χρονοδιαγράμματα των έργων, στα οποία απεικονίζονται οι τεχνικές και διοικητικές δραστηριότητες που απαιτούνται για την ολοκλήρωση των έργων, ενώ παράλληλα ελέγχεται η πρόοδος και ο φόρτος εργασίας και η κατανάλωση πόρων. Το σχήμα Σ-3.5 απεικονίζει παράδειγμα τυπικού χρονοδιαγράμματος βασικού σχεδιασμού αγωγών μεταφοράς που κατασκευάζονται στην Ελλάδα από τον ΔΕΣΦΑ.

Οι δραστηριότητες των έργων είναι *λειτουργίες*, που ανταποκρίνονται στο τυπικό μοντέλο των επιχειρησιακών λειτουργιών που περιγράφηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο. Προϋποθέτουν ιεράρχηση, αλληλεξάρτηση, χρονισμό, κατανομή πόρων, υπάγονται δε σε περιορισμούς, κόστους, χρόνου και ποιότητας. Η εκτέλεσή τους απαιτεί πληροφορίες ή δεδομένα εισόδου, τα οποία καλούνται οι ομάδες εκτέλεσης των έργων (μηχανικοί, σχεδιαστές, εργολάβοι, κλπ) να επεξεργαστούν και μετατρέψουν σε φυσική οντότητα (αγωγός, κρυογενική δεξαμενή, μετρητική διάταξη, κλπ). Η διάκριση του τύπου των λειτουργιών μπορεί να πραγματοποιηθεί σε πολλά επίπεδα, ανάλογα με τη δομή και οργάνωση κάθε έργου. Για παράδειγμα, η χάραξη αγωγών μπορεί να θεωρηθεί ως αυτόνομη τεχνική δραστηριότητα, αλλά και ως δραστηριότητα-υποσύνολο που εμπίπτει στο γεωπεριβαλλοντικό σχεδιασμό ενός ευρύτερου έργου. Για λόγους μεθοδολογίας, οι λειτουργίες διακρίνονται σε *τεχνικές (engineering processes)*, που στοχεύουν στην εκπόνηση ενός τεχνικού-τεχνολογικού αντικειμένου και στις *οργανωτικοδιοικητικές (project management processes)* που στοχεύουν στη διοίκηση των έργων. Παράδειγμα ολοκληρωμένης τεχνικής λειτουργίας που αφορά εκπόνηση και έγκριση μελέτης όδευσης αγωγού ΦΑ, όπως αυτή εφαρμόζεται σε έργα του ΔΕΣΦΑ, απεικονίζεται στο σχήμα Σ-3.6 (Batzias και Spanidis, 2008d).

Η διοίκηση έργων καθορίζεται από κρίσιμους παράγοντες επηρεασμού, με κυριότερο τις *πολιτικές αποφάσεις*. Αυτές σχετίζονται με τη στρατηγική ανάπτυξης των έργων, όπως είναι για παράδειγμα οι προτεραιότητες των περιοχών δικτύωσης, οι χωρητικότητες μεταφοράς των συστημάτων και οι επιλογές τεχνολογιών εφοδιασμού. Οι πολιτικές αποφάσεις παίζουν σημαντικό ρόλο στις πρώιμες φάσεις της μελέτης σκοπιμότητας και του βασικού σχεδιασμού, δεδομένου ότι οι τεχνικές-τεχνολογικές προδιαγραφές των έργων, αποσαφηνίζονται στις φάσεις αυτές (Uher και Toakley, 1999). Κάθε αλλαγή αποφάσεων, επηρεάζει όλο το τεχνικό-τεχνολογικό *status* των έργων και συνιστά έναν παράγοντα *αβεβαιότητας*, δηλαδή το ρίσκο, τόσο για την πορεία των τεχνικών εργασιών σχεδιασμού και κατασκευής, όσο και για την βιωσιμότητα (κάποιες φορές) των ίδιων των έργων.

Αποτέλεσμα των πολιτικών αποφάσεων είναι η διαμόρφωση της *γεωγραφικής διάταξης* των αγωγών, στο βαθμό που οι αγωγοί διέρχονται από περιοχές που παρουσιάζουν ποικιλία τύπων φυσικής γεωγραφίας (Feldman et al., 1995; Day, 1998). Η διαχείριση του σχεδιασμού απαιτεί μεγάλο όγκο ποικίλων γεωπεριβαλλοντικών

ISO 13847	Petroleum and N.G. Industries-Pipeline Transportation Systems-Welding of Pipelines
ISO 14313	Petroleum and N.G. Industries-Pipeline Transportation Systems-Pipeline Valves
ISO 14723	Petroleum and N.G. Industries-Pipeline Transportation Systems-Subsea Pipeline Systems
ASME B31.8	Gas Transmission and Distribution Piping Systems
ASME B31.G	Manual for Determining the Remaining Strength of Corroded Pipelines
ASME B31.3	Process Piping
ASME B31.4	Pipeline Transportation Systems for Liquid Hydrocarbons and Other Liquids
API 5L	Line Pipe-Specification
API 6D	Pipeline Valves
API 1104	Standard for Welding Pipelines and Related Facilities
ASME-V	Leak Testing
ASME-V(8)	Eddy Current Examination of Tubular Products
ASME-VIII	Rules for Construction of Pressure Vessels
EN-1435	NDE of Welds-Radiographic Examination of Welded Joints
EN-1289	NDE of Welds-Penetrant Testing of Welded Joints
EN-1290	NDE of Welds-MPT of Welds-Acceptance Levels
EN-1712	NDE of Fusion Welds-Visual Examination
EN-1790	NDE of Welds-U/T Examination of Welded Joints-Acceptance Levels
DNV OS F101	Submarine Pipeline Systems
ISO 8501-1	Preparation of steel substrates before application of paints and related prod.
NACE RP0169	Control of External Corrosion on Underground or Submerged Piping Systms.
NACE RP0274	High Voltage Electrical Inspection of Pipeline Coatings Prior to Installation
NACE RP0472	Methods and Controls to prevent in Service E.C. for Carbon Steel Welds.

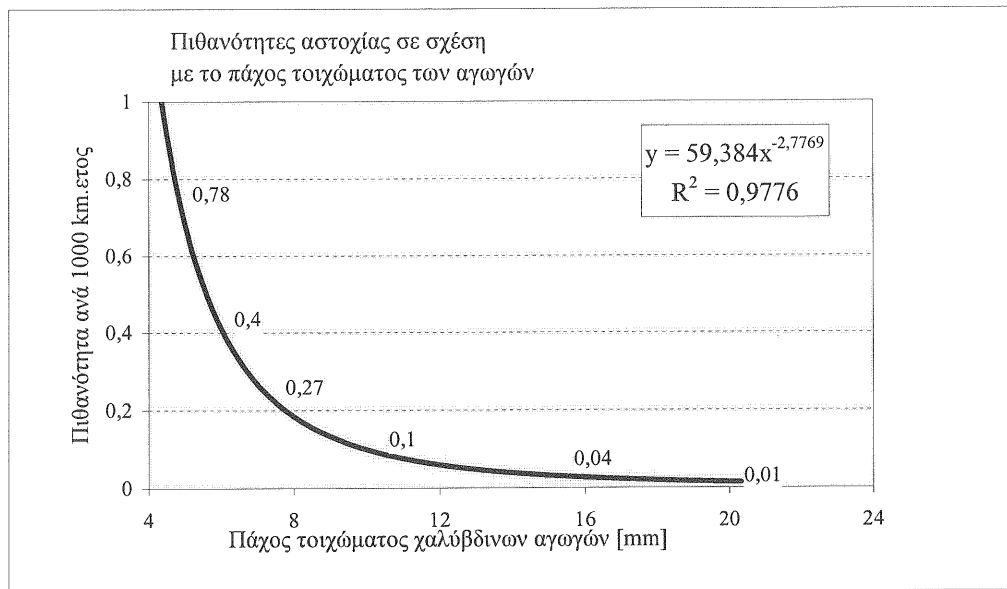
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙ-3.1 : Κώδικες σχεδιασμού και ελέγχων αγωγών υδρογονανθράκων

Ρύποι	Άνθρακας Pi(C)	Φυσικό Αέριο Pi(G)	Φυτική Βιομάζα Pi(B)	Γεωθερμία Pi(G)
CO ₂	[kg / GJ] 93	[kg / GJ] 56,5	[kg / GJ] 56,5	[kg / Mwh] 95,0
NO _x	[kg / GJ] 0,08	[kg / GJ] 0,05	[kg / GJ] 0,05	[kg / MWh] 0,3
CO	[kg / GJ] 0,04	[kg / GJ] 0,015	[kg / GJ] 0,01	
SO ₂	[kg / GJ] 0,36	[kg / GJ] 0	[kg / GJ] 0	[kg / MWh] 0,1
CH ₄	[kg / GJ] 0,002	[kg / GJ] 0,001	[kg / GJ] 0,001	
N ₂ O	[kg / GJ] 0,02	[kg / GJ] 0,002	[kg / GJ] 0,006	
NM VOC	[kg / GJ] 0,005	[kg / GJ] 0,002	[kg / GJ] 0,002	

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙ-3.2 : Συντελεστές εκπομπών αερίων ρύπων ανά είδος καυσίμου

Πηγές: (α) Emission Factors κατά IPCC (2006)

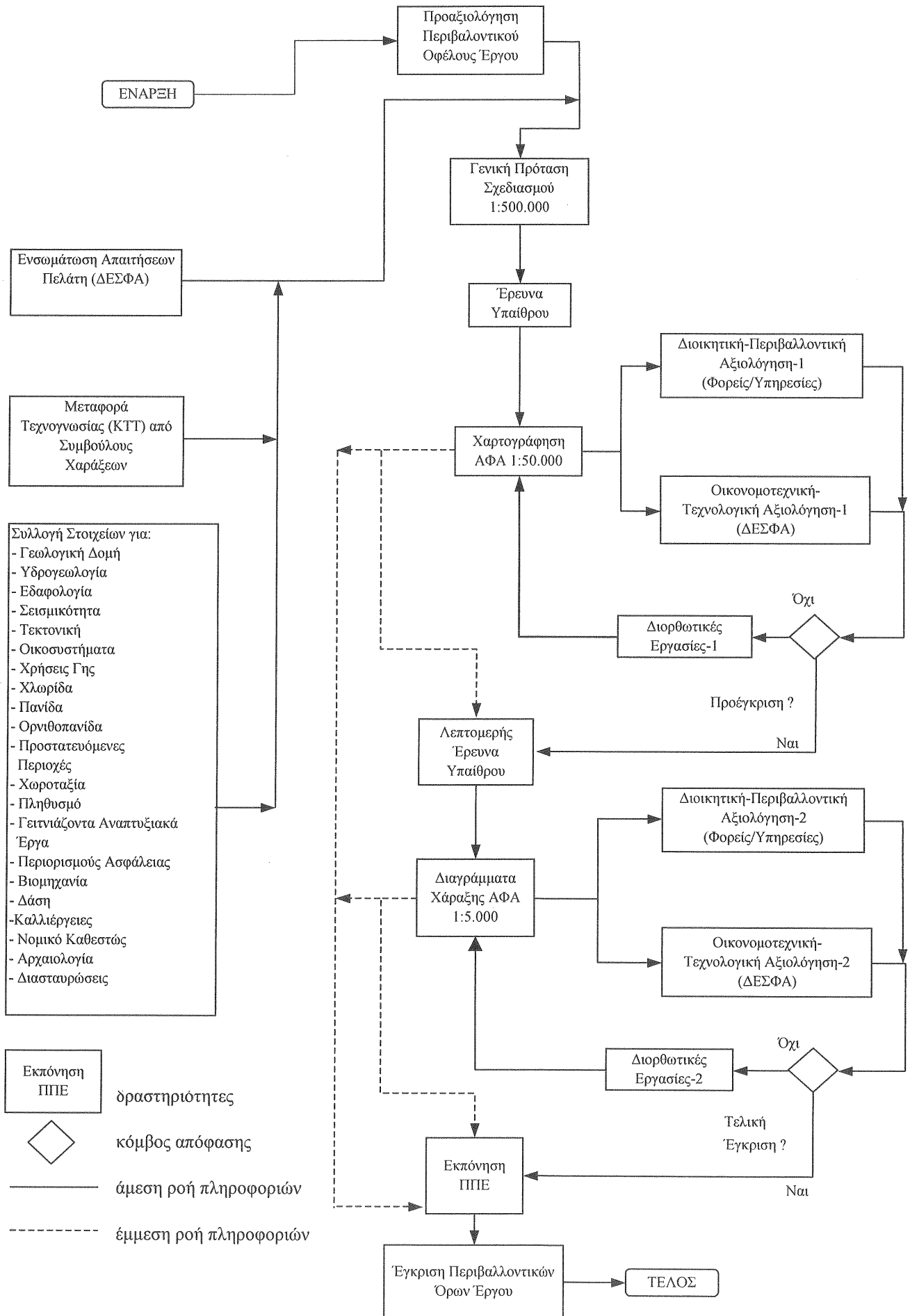
(β) Στοιχεία ΥΠΑΝ : Περιβαλλοντικός Οδηγός Γεωθερμίας



Σχήμα Σ-3.4 Διάγραμμα μεταβολής της πιθανότητας εμφάνισης αστοχίας σε συνάρτηση με το πάχος των (χαλύβδινων) αγωγών ΦΑ (πηγή δεδομένων: European Gas Pipeline Incident Data Group, 2001)

α/α	Στάδια Έργου	Μήνες :	6	12	18
1.0 Βασικός Σχεδιασμός					
1.1	Γεωπεριβαλλοντική / Χωροταξική διερεύνηση				
1.2	Προκαταρκτική χάραξη 1:50.000				
1.3	Γεωλογική Έρευνα				
1.4	Προμελέτη χάραξης 1:5.000				
1.5	Γεωτεχνική και Γεωσεισμική Έρευνα				
1.6	Σχεδιασμός Μονάδων συστήματος				
1.7	Μελέτες Περιβαλ. Επιπτώσεων και Ασφάλειας				
1.8	Προέγκριση Χωροθέτησης-Περιβαλλοντικών Όρων				
2.0 Λεπτομερής Σχεδιασμός					
2.1	Κτηματογράφηση ζώνης έργου (1:1.000 / 1:500)				
2.2	Σχεδιασμός σωληνογραμμών και διασταυρώσεων				
2.3	Σχεδιασμός βαλβιδοστασιών				
2.4	Προδιαγραφές και Επιμετρήσεις υλικών				
2.5	Μελέτη Η-Μ Εγκαταστάσεων				
2.6	Μελέτη Καθοδικής Προστασίας				
2.7	Μελέτη συστήματος τηλεμετρίας-τηλεχειρισμού				
2.8	Προετοιμασία πακέτου Δημοπράτησης Έργου				

Σχήμα Σ-3.5 Τυπικό χρονοδιάγραμμα βασικού και λεπτομερούς σχεδιασμού αγωγού ΦΑ (χρονική διάρκεια σε μήνες)



Σχήμα Σ-3.6 Τεχνική λειτουργία (engineering process) χάραξης αγωγού ΦΑ υψηλής πίεσης (Batziar και Spanidis, 2008d)

πληροφοριών που πρέπει να ενσωματωθούν στις μελέτες των οδεύσεων. Υπό την έννοια αυτή, εισάγεται και ο παράγοντας της *τεχνικής πολυπλοκότητας*. Η πολυπλοκότητα προσδιορίζεται από την επεξεργασία και διαχείριση μεγάλου αριθμού και ποικιλίας εγγράφων, αλλά και το συντονισμό ομάδων εκτέλεσης των έργων, που στελεχώνονται από εμπειρογνώμονες διαφόρων ειδικοτήτων και βαθμίδων (μηχανικοί, γεωλόγοι, περιβαλλοντολόγοι, τεχνολόγοι υλικών, σχεδιαστές, κλπ). Επίσης, θα πρέπει να συνυπολογιστούν και οι *συνεργασίες*, δηλαδή οι υπεργολαβίες, οι συμβάσεις μεταφοράς τεχνολογίας-τεχνογνωσίας (KTT, Batzias και Spanidis, 2003) και γενικώς κάθε είδους συμμετοχικό σχήμα, που συνιστά συνήθη πρακτική στο χώρο της κατασκευαστικής βιομηχανίας (Cushman, et al., 2001).

Σημαντικός είναι επίσης και ο παράγοντας της *μεθόδου ανάθεσης των έργων*. Υπάρχουν οι συγκεντρωτικές αντιλήψεις ανάθεσης *με το κλειδί στο χέρι (lump sum turn key, LSTK)* ή οι τμηματικές αναθέσεις ως μελέτη, προμήθεια υλικών κατασκευή (*engineering, procurement, construction, EPC*). Στις περιπτώσεις αυτές η πολυπλοκότητα και το ρίσκο εκπόνησης μετατίθεται κυρίως στον μελετητή-εργολάβο όλου του έργου. Παράλληλα, υπάρχουν περιπτώσεις ανάθεσης σε τεχνολογικά πακέτα, όπου εκτελούνται αυτοτελώς οι φάσεις των έργων, γεγονός που αυξάνει την πολυπλοκότητα και τη δυσκολία του πλαισίου διαχείρισης και εκτέλεσης (Καλογήρου και Παππαγιαννάκης, 1991).

3.5 Το φυσικό αέριο στην Ελλάδα

Η εισαγωγή του ΦΑ στην Ελλάδα προγραμματίστηκε από τη δεκαετία 1970-80, ως επακόλουθο των ενεργειακών κρίσεων του 1973 και 1979, αλλά και ως συνέπεια της ανακάλυψης και εκμετάλλευσης του πετρελαικού κοιτάσματος στη θαλάσσια περιοχή του Πρίνου στον κόλπο της Καβάλας (Υπουργείο Συντονισμού, 1977). Η εισαγωγή του καυσίμου θεσμοθετήθηκε το νόμο 1748/1987, όπου επικυρώθηκε η εμπορική συμφωνία μεταξύ Ελληνικού Δημοσίου και πρώην ΕΣΣΔ για προμήθεια ποσότητας 2.24 bcm/έτος μέχρι και το 2016 (DEPA, 1993). Η συμφωνία υπήρξε αποτέλεσμα μακροχρόνιων διαπραγματεύσεων μεταξύ των δύο πλευρών και προέβλεπε την εισαγωγή ΦΑ από τα Ελληνοβουλγαρικά σύνορα μέσω χερσαίου αγωγού. Παράλληλα, επικυρώθηκε και άλλη συμφωνία με την Αλγερινή κυβέρνηση για προμήθεια ΥΦΑ (Caloghirou et al., 1996).

Με την υπογραφή των εμπορικών συμφωνιών δρομολογήθηκε η μελέτη και κατασκευή του ΕΣΦΑ το οποίο περιλαμβάνει το χερσαίο δίκτυο υψηλής πίεσης μήκους 1100 km περίπου, το δίκτυο μέσης πίεσης και χαμηλής που ξεπερνά τα 7000 km, τον τερματικό σταθμό ΥΦΑ που βρίσκεται στη βραχονησίδα Ρεβυθούσα χωρητικότητας 0,8 bcm/έτος, τα κέντρα συντήρησης και λειτουργίας του συστήματος, καθώς επίσης και μεγάλο αριθμό μετρητικών σταθμών (DEPA, 1996; Batzias και Spanidis, 2008d). Η διαχείριση των έργων υψηλής και μέσης πίεσης στην Ελλάδα υπάγεται στο ΔΕΣΦΑ, που είναι θυγατρική εταιρία της ΔΕΠΑ, σύμφωνα με τις διατάξεις του πρόσφατου νόμου 3428/2005 (ΦΕΚ 313Α/27.12.05) Τα δίκτυα της χαμηλής πίεσης, υπάγονται στις αρμοδιότητες των ΕΠΑ (Εταιρίες Παροχής Αερίου) σύμφωνα με το νόμο 2364/1995 (ΦΕΚ 252Α/06.12.95) που θεσπίστηκε για την ανάπτυξη της εσωτερικής αγοράς ΦΑ.

Το ΕΣΦΑ βρίσκεται σε συνεχή ανάπτυξη, με την προοπτική να τροφοδοτηθούν πόλεις της κεντρικής Ελλάδος, της Μακεδονίας και της Θράκης, ενώ σε εξέλιξη

βρίσκονται μελέτες επέκτασης του συστήματος προς Πελοπόννησο και Δυτική Ελλάδα. Στο διάγραμμα του σχήματος Σ-3.7 παρουσιάζονται οι προβλέψεις της ΡΑΕ για την αύξηση της ζήτησης ΦΑ μέχρι το έτος 2025 (ΡΑΕ, 2001). Ήδη έχουν διαμορφωθεί βιώσιμες προοπτικές δημιουργίας υποδομών ΥΦΑ στην Κρήτη, ενώ εκπονούνται μελέτες διασύνδεσης μεταξύ Ελλάδας και Ιταλίας μέσω συστήματος χερσαίου/υποθαλάσσιου αγωγού μήκους 680/212 km αντίστοιχα, όπου θα μεταφέρονται ποσότητες 12 bcm/έτος από το Ιράν (μέσω Τουρκίας) προς τις αγορές της Ευρώπης (IGI, 2004). Στον πίνακα Π-3.3 καταγράφονται τα τμήματα των αγωγών του ΕΣΦΑ και τα βασικά τεχνικά τους στοιχεία, ενώ στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ απεικονίζεται η συνολική γεωγραφική διάταξη του ΕΣΦΑ, όπως αποτυπώνεται σε πρόσφατες δημοσιεύσεις του ΔΕΣΦΑ.

Το έργο του ΕΣΦΑ αποτελεί τη μεγαλύτερη επένδυση που έχει πραγματοποιηθεί στην Ελλάδα για τον ενεργειακό τομέα. Το συνολικό κόστος του έργου, έχει ξεπεράσει τα 3 δις US\$ σε σταθερές τιμές 1992 (Caloghirou et al., 1996). Παράλληλα, η ενασχόληση του εγχώριου τεχνικού δυναμικού με τις διάφορες τεχνικές και οργανωτικοδιοικητικές ανάγκες των επί μέρους έργων, αποτέλεσε βραχίονα βελτίωσης και αναβάθμισης της τεχνολογικής γνώσης σε τομείς, όπως είναι η διαχείριση τεχνολογικά πολύπλοκων έργων, οι κρυογενικές τεχνολογίες, η αντιδιαβρωτική προστασία, ο έλεγχος ποιότητας των υπηρεσιών των έργων, ο γεωπεριβαλλοντικός σχεδιασμός, κλπ. Ωστόσο, λόγω των αδυναμιών και των ελλείψεων που έχουν παρατηρηθεί στο επίπεδο διαχείρισης της αποκτηθείσας γνώσης, υπάρχει μεγάλο περιθώριο περαιτέρω βελτίωσης στο συγκεκριμένο πεδίο, όπως θα τεκμηριωθεί σε επόμενο κεφάλαιο (Batziar και Spanidis, 2008a).

3.6 Το πλαίσιο διαχείρισης της γνώσης στα έργα του φυσικού αερίου

Η ΔΓ παρουσιάζει ομοιότητες σε σχέση με τη φιλοσοφία της ΔΓ που υιοθετείται στη βιομηχανία γενικότερα, αλλά και σαφείς διαφοροποιήσεις και ιδιαιτερότητες σε επίπεδο χαρακτηριστικών, μεθοδολογίας ανάπτυξης. Στο μοντέλο παραγωγής μιας τυπικής βιομηχανίας, η γνώση λειτουργεί στην προοπτική βελτιστοποίησης της ποιότητας των προϊόντων, τον τεχνολογικό εκσυγχρονισμό των μεθόδων και μέσων παραγωγής, καθώς και την ανταγωνιστικότητα. Η προοπτική αυτή υλοποιείται μέσα από τη μανθάνουσα συλλογική δράση και αλληλεπίδραση μεταξύ των μελών της κοινωνίας της παραγωγής (Nonaka και Takeuchi, 1995). Στο τυπικό βιομηχανικό μοντέλο, οι λειτουργίες του συστήματος παραγωγής είναι περισσότερο τυποποιημένες, ώστε να ανταποκρίνονται στην μαζική παραγωγή προϊόντων για την ικανοποίηση των αναγκών της ζήτησης.

Στο περιβάλλον των έργων τα πράγματα είναι διαφορετικά. Από τη φύση του, κάθε έργο ως παραγωγικό σύστημα, εμπεριέχει τις δικές του τεχνολογικές απαιτήσεις και περιορισμούς σε σχέση με το κόστος επένδυσης, το χρόνο υλοποίησης και το μοντέλο εκπόνησης. Αυτό συμβαίνει ακόμη και σε έργα, τα οποία αν και παρουσιάζουν πολλές ομοιότητες μεταξύ τους, οι διαφορές τους τα καθιστούν εντελώς ασύμμετρα από άποψη διαθεσιμότητας και ΔΓ (Bresnen et al., 2003). Για παράδειγμα, δύο αγωγοί ΦΑ της ίδιας διαμέτρου και ίσου μήκους, εν των οποίων ο ένας ακολουθεί χάραξη από ομαλά, καλλιεργούμενα και ευσταθή εδάφη, ενώ ο άλλος διέρχεται από δασικές περιοχές με έντονο ανάγλυφο και εμπλέκεται με φαινόμενα κατολισθήσεων ή τεκτονικής ασυνέχειας,

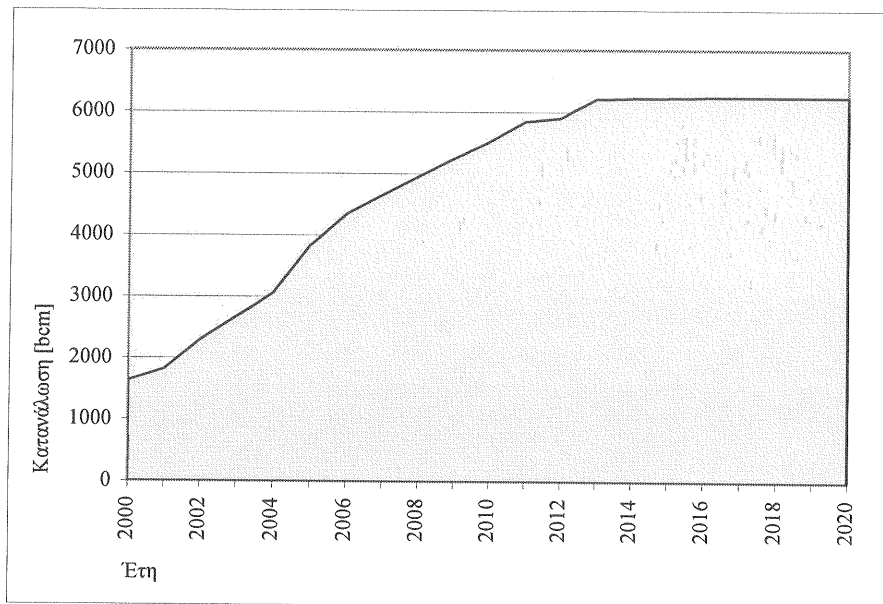
παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές σε επίπεδο γεωπεριβαλλοντικού σχεδιασμού, τεχνολογικών προδιαγραφών, ασφάλειας και κατασκευαστικής μεθοδολογίας. Συνεπώς, η γνώση μορφοποιείται ως ένα πολύπλοκο και διεπιστημονικό αντικείμενο που συγκεντρώνει σημαντικές αβεβαιότητες και αναδεικνύει ιδιαίτερες απαιτήσεις, ως προς την ανάπτυξη και διαχείρισή του (Batzias και Spanidis, 2008a).

3.6.1 Η γνώση σε περιβάλλον έργων φυσικού αερίου

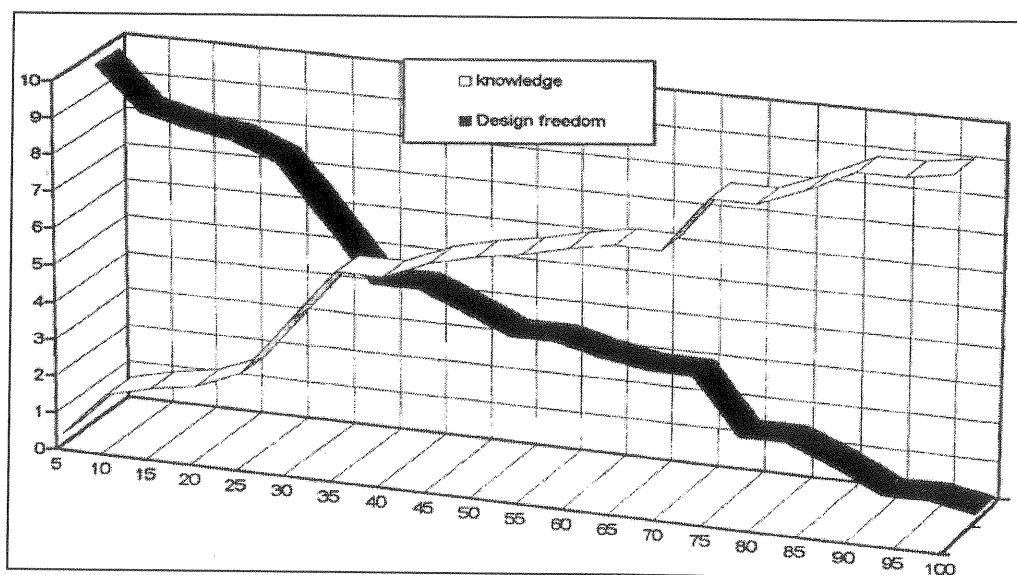
Η αποτελεσματική διοίκηση των έργων συνδέεται άμεσα με τη γνώση, στο βαθμό που αυτή αποτελεί προϋπόθεση για την οργάνωση και επιτυχή διεκπεραίωση των έργων. Στις πρώιμες φάσεις, όπου συνήθως προσδιορίζονται οι απαιτήσεις τεχνογνωσίας των έργων, προκύπτουν κρίσιμα ερωτήματα που στη βιβλιογραφία καταγράφονται με τους όρους know-how, know-what, know-why know-who (Schindler και Eppler, 2003). Στην προσπάθεια να απαντηθούν τα ερωτήματα αυτά, λαμβάνονται αποφάσεις με μεγαλύτερο βαθμό ελευθερίας, που στη συνέχεια επηρεάζουν σημαντικά το σχεδιασμό των έργων (Conroy και Soltan, 1997) όπως φαίνεται και στο διάγραμμα του σχήματος Σ-3.8 (διάγραμμα Ullman). Αυτό που κυρίως ενδιαφέρει τους διοικητές των έργων από άποψη ΔΓ, είναι οι αποφάσεις αυτές να είναι, καταρχήν, όσο το δυνατό πιο εύστοχες στο να καλύψουν απαιτήσεις τεχνογνωσίας, να αποφευχθούν σφάλματα που παρατηρήθηκαν σε προγενέστερα έργα και ταυτόχρονα, να υπάγονται στα οικονομικά και χρονικά πλαίσια του προγραμματισμού. Όπως αναφέρουν και οι Mohitpour et al., (2003), όσο πιο αποτελεσματικά καλύπτονται οι απαιτήσεις της τεχνογνωσίας (προδιαγραφές), τόσο μικρότερο το κόστος αστοχίας στο σχεδιασμό των έργων (σχήμα Σ-3.9).

Σε συνάρτηση με την διαχειριστική πολυπλοκότητα, υφίσταται και η *πολυπλοκότητα γνώσης*. (Ayas, 1996; Jackson και Klobas, 2008; Tserng και Lin, 2004). Η πολυπλοκότητα της γνώσης οφείλεται στο ότι εμπλέκονται πολλοί παράγοντες (εταιρίες, σύμβουλοι, εμπειρογνώμονες, διαχειριστές, πελάτες, κλπ) με διαφορετικό επίπεδο γνωστικής εξειδίκευσης, σε *τομείς γνώσης (knowledge domains)* που παρουσιάζουν κοινές γνωσιολογικά περιοχές. Οι περιβαλλοντολόγοι, για παράδειγμα, διαθέτουν κοινές γνωσιολογικά περιοχές με τους γεωλόγους και τους τοπογράφους μηχανικούς στο θέμα της μελέτης οδεύσεων, οι τεχνολόγοι υλικών με τους μελετητές ανάλυσης τάσεων στους σταθμούς βαλβιδοστασιών, κλπ. Οι τομείς γνώσης αλληλοεμπλέκονται κατά την παραγωγή των μελετών και επηρεάζουν την ιεράρχηση των δραστηριοτήτων του έργου, δεδομένου ότι για να εκτελεστεί μια δραστηριότητα, απαιτείται το γνωστικό υπόβαθρο κάποιας προηγούμενης, ενώ αντίστοιχα επηρεάζεται κάποια επόμενη, όπως π.χ. στην επιλογή του υλικού των αγωγών, προηγείται ο προσδιορισμός των τεχνολογικών στοιχείων σχεδιασμού του έργου, ενώ η παραγγελία των σωλήνων εξαρτάται από το περιεχόμενο των εγγράφων παραγγελίας. Στον πίνακα Π-3.4 απεικονίζεται ο αλληλοσυσχετισμός μεταξύ χαρακτηριστικών τομέων γνώσης σε ένα έργο αγωγού ΦΑ. Από τον πίνακα απορρέει η διάσταση της διεπιστημονικότητας (transdisciplinary) και της πολυεπιστημονικότητας (multidisciplinary) που διέπει τα έργα αυτά.

Τέλος, το μοντέλο ανάθεσης των έργων συσχετίζεται επίσης με ΔΓ των έργων. Τα έργα που ανατίθενται ως μελέτη-κατασκευή και παράδοση, αφήνουν μικρό περιθώριο απορρόφησης τεχνογνωσίας. Αντίθετα, τα έργα που οργανώνονται βάσει του μοντέλου τμηματοποίησης των εργασιών και σύναψης συνεργασιών για ΚΤΤ, η παραμένουσα



Σχήμα Σ-3.7 Πρόβλεψη εξέλιξης ζήτησης ΦΑ στην Ελλάδα μεταξύ 2000-2020 (ΡΑΕ, 2001)



Σχήμα Σ-3.8 Σχέση διαθεσιμότητας γνώσης και βαθμών ελευθερίας σχεδιασμού (διάγραμμα Ulmann, από Conroy Soltan, 1997)

Τμήμα / Κλάδος Μεταφοράς Φ.Α.	Ονομαστική Διάμετρος [in]	Πίεση σχεδιασμού [barg]	Μήκος [Km]	Κατάσταση Έργου
ΚΑΦΑ-1	30	70	411	σε λειτουργία
ΚΑΦΑ-2	36	70	100	σε λειτουργία
Υποθαλάσσιος Ρεβυθούσα - Αγ. Τριάδα	24	70	0,6	σε λειτουργία
Κλάδος Κερατσίνι-1	30	70	12,5	σε λειτουργία
Κλάδος Κερατσίνι-2	24	70	12,5	σε λειτουργία
Οινόφυτα	10	70	20,5	σε λειτουργία
Βόλος	10	70	40,7	σε λειτουργία
ΕΠΑ Αττικής (πρώην ΔΕΦΑ)	14	70	2,1	σε λειτουργία
Τρίκαλα-Πλατύ Ημαθίας	10	70	10	σε λειτουργία
Πεντάλοφος-Διαβτά (Θεσσαλονίκη Βόρεια χάραξη)	24	70	7,6	σε λειτουργία
Δρυμός-Ασβεστοχώρι (Θεσσαλονίκη - Ανατολική χάραξη)	24	70	24,1	σε λειτουργία
Καρπερή-Καβάλα	24	70	118,5	σε λειτουργία
Καβάλα-Κομοτηνή	24	70	98	σε λειτουργία
Κομοτηνή-Αλεξανδρούπολη	36	80	55	σε λειτουργία
Αλεξανρούπολη-Κήποι (σύνορα)	36	80	38	σε λειτουργία
Κλάδος Λαυρίου	30	70	99,6	σε λειτουργία
Κλάδος Αμπελιά-Καρδίτσα- Τρίκαλα	10	70	72	σε λειτουργία
Κλάδος Αμπελιά-ΒΙΠΕ Βόλου	14	80	42	υπό μελέτη
Κλάδος Βάγια-Θίσβη	20	80	27	υπό μελέτη
Κλάδος Μαυρονέρι-Αντίκυρα	20	70	30	υπό κατασκευή
Κλάδος Στεφάνη-Αλιβέρι	20	80	68	υπό μελέτη
Κλάδος Μέγαρα - Θεόδωροι Κορινθίας	20	70	45	σε λειτουργία
Αγωγός Αγ. Θεόδωροι - Μεγαλόπολη Αρκαδίας	30/24	80	155	υπό μελέτη
Κλάδος προς "ΗΡΩΝ" Θερμοηλεκτρική	14	70	0,8	σε λειτουργία
Αγωγός Διασύνδεσης Ελλάδας- Ιταλίας	42	80	680	υπό μελέτη

Πίνακας Π-3.3 : Στοιχεία αγωγών συστήματος υψηλής πίεσης ΔΕΣΦΑ (*)

(*) Από στοιχεία διαθέσιμα μέχρι και 31.12.08

	Διαστασιολόγηση συστήματος	Χάραξη αγωγών	Σεισμοτεκτονική ανάλυση	Γεωλογική-Γεωτεχνική έρευνα	Γεωχημική ανάλυση	Περιβαλλοντικός σχεδιασμός	Ασφάλεια	Άδειες και εγκρίσεις διέλευσης	Προδιαγραφές εξοπλισμού και υλικών	Καθοδική προστασία	Λεπτομερής μελέτη αγωγών	Μελέτη διασταυρώσεων	Μελέτη οργάνων ελέγχου ροής ΦΑ	Μελέτη ηλεκτρολογικών συστημάτων
Διαστασιολόγηση συστήματος	*	*	*				*		*	*	*			
Χάραξη αγωγών	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*		
Σεισμοτεκτονική ανάλυση	*	*	*	*		*	*					*		
Γεωλογική-Γεωτεχνική έρευνα		*	*	*		*	*			*	*	*		
Γεωχημική ανάλυση				*	*		*			*				
Περιβαλλοντικός σχεδιασμός		*	*	*	*	*	*	*						
Ασφάλεια	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
Άδειες και εγκρίσεις διέλευσης		*	*	*		*	*	*				*		
Προδιαγραφές εξοπλισμού και υλικών	*		*				*	*	*	*	*	*	*	*
Καθοδική προστασία	*	*			*		*		*	*	*	*		*
Λεπτομερής μελέτη αγωγών	*	*	*	*			*	*	*	*	*	*	*	*
Μελέτη διασταυρώσεων		*	*	*			*	*	*	*	*	*		
Μελέτη οργάνων ελέγχου ροής ΦΑ							*	*	*	*	*		*	*
Μελέτη ηλεκτρολογικών συστημάτων								*	*	*	*	*	*	*

Πίνακας Π-3.4 Μητρώο συσχετισμού βασικών τομέων γνώσης έργων ΦΑ

τεχνογνωσία είναι σημαντικά μεγαλύτερη, όπως υποστηρίζεται από τους Καλογήρου και Παππαγιαννάκη (1991).

3.6.2 Εξειδίκευση των παραγόντων διαχείρισης της γνώσης

Οι παράγοντες που προσδιορίζουν το πλαίσιο ΔΓ παρουσιάζουν εξειδίκευση, στο βαθμό που οι απαιτήσεις των έργων αυτών, εμφανίζουν πολλές ιδιαιτερότητες, όπως αυτές αποσαφηνίστηκαν σε προηγούμενες παραγράφους. Οι παράγοντες αυτοί, που βρίσκονται σε αντιστοιχία με αυτούς που παρουσιάστηκαν ως αντιπροσωπευτικοί των ΣΔΓ, αναλύονται λεπτομερέστερα στη συνέχεια, είναι οι *Εταιρίες Συμβούλου Μελετητή* (ΕΣΜ), οι *εμπειρογνώμονες* (ο ανθρώπινος παράγων), οι *λειτουργίες*, οι *συναπτόμενες συνεργασίες* και τα *αρχεία των τεχνικών εγγράφων* (συστήματα εταιρικής μνήμης).

Οι ΕΣΜ (engineering services firms, ESF κατά τους Καλογήρου και Παππαγιαννάκη, 1991) είναι οργανισμοί παροχής ολοκληρωμένων υπηρεσιών μελέτης, σχεδιασμού, επίβλεψης και συντονισμού στα βιομηχανικά έργα. Κατά τον Roberts (1973) οι παρεχόμενες υπηρεσίες των ΕΣΜ στηρίζονται στη γνώση που αποκτούν αυτές από προηγούμενα έργα ή από συνεργασίες τύπου ΚΤΤ. Η δράση των ΕΣΜ αποσκοπεί στο να υποστηρίξει και κατευθύνει τους επενδυτές στην επιλογή οικονομοτεχνικά και τεχνολογικά βέλτιστων λύσεων, που ανταποκρίνονται στους στόχους της στρατηγικής των έργων. Οι τεχνολογικές γνώσεις που κατέχουν οι ΕΣΜ ενσωματώνονται στα τεχνικά και διοικητικά έγγραφα του έργων που παράγονται με συγκεκριμένες, τεχνικές, διοικητικές και οικονομικές λειτουργίες.

Η τυπική οργάνωση των ΕΣΜ περιλαμβάνει τμήματα που εξειδικεύονται σε διάφορους τομείς της τεχνολογίας και της μηχανικής, όπως για παράδειγμα οι μελέτες διεργασιών (mechanical process), η τεχνολογία υλικών (mechanical engineering), τα έργα πολιτικού μηχανικού (civil engineering), τα ηλεκτρολογικά συστήματα (electrical engineering), η χάραξη και σχεδίαση αγωγών (pipeline routing design), οι περιβαλλοντικές μελέτες (environmental impact studies), τα συστήματα αυτοματισμού (instrumentation engineering), η διοίκηση έργων (project management), κλπ. Τα τμήματα/διευθύνσεις είναι δομημένα σε τρόπο ώστε, το καθένα να χειρίζεται τη δική του εξειδικευμένη γνώση για το συγκεκριμένο επιστημονικό και τεχνολογικό πεδίο.

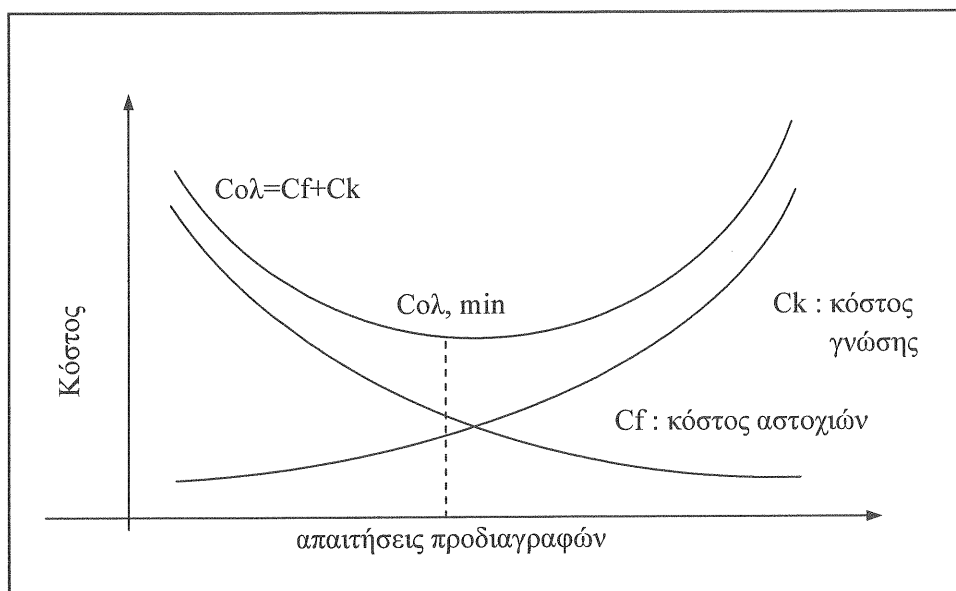
Η οργανωτική δομή των ΕΣΜ αντικατοπτρίζει τη λογική της αλληλουχίας των φάσεων των έργων. Για παράδειγμα, στο βασικό σχεδιασμό των αγωγών, οι μελέτες των οδύσεων προηγούνται όλων των υπολοίπων τεχνικών δραστηριοτήτων, με εμπλεκόμενα τα τμήματα των τοπογραφικών και περιβαλλοντικών μελετών. Στο λεπτομερή σχεδιασμό, εκπονούνται οι μελέτες σχεδιασμού των αγωγών, των οργάνων ελέγχου της ροής, της καθοδικής προστασίας και των δομικών κατασκευών. Στην περίπτωση αυτή τα εμπλεκόμενα τμήματα είναι των μελετών σωληνώσεων, των οργάνων αυτοματισμού, των ηλεκτρολογικών μελετών και των έργων πολιτικού μηχανικού, αντιστοίχως. Χαρακτηριστικό των ΕΣΜ είναι επίσης, η υιοθέτηση της μητρωϊκής οργάνωσης των έργων (matrix organization), όπου εκπονούνται παράλληλα διαφορετικά έργα από διαφορετικές ομάδες τεχνικών κάθε τμήματος. Αυτή η μορφή οργάνωσης ακολουθείται συνήθως στην Ελλάδα από τις (μεσαίου και μεγάλου μεγέθους) ΕΣΜ (Βουγάς, 1997; Σπανίδης, 2000).

Κινητήριος μοχλός της απόκτησης και της ροής της γνώσης ενός των ΕΣΜ είναι οι εμπειρογνώμονες. Αυτοί ανήκουν στο εξειδικευμένο τεχνικό προσωπικό και διαθέτουν μακρά εμπειρία και τεχνογνωσία, λόγω της συμμετοχής τους σε πολλά και ποικίλα έργα. Η άρρητη γνώση που κατέχουν συνεισφέρει στην ποιοτική παραγωγή των εγγράφων των έργων. Οι ειδικότητες των εμπειρογνομένων αφορούν μηχανικούς και διοικητές έργων, σχεδιαστές σωληνώσεων, δομικών και ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων, μηχανικούς κοστολόγησης-συμβάσεων και επιβλέποντες κατασκευών (Jeffrey και Harding, 1995). Οι εμπειρογνώμονες, λόγω της συνεχούς επαφής τους με τα έργα, αλλά και λόγω της συνεχούς εκπαίδευσής τους στις νέες τεχνολογίες, ανταλλάσσουν απόψεις με ομόλογούς τους σε θέματα τεχνολογίας έργων, συνιστώντας με τον τρόπο αυτό μια τεχνική κοινωνία ανάπτυξης γνωστικού δυναμικού στις ΕΣΜ. Στο σχήμα Σ-3.10, απεικονίζεται ο επιμερισμός απόκτησης γνώσης από το προσωπικό τυπικής εγχώριας ΕΣΜ (ΑΣΠΡΟΦΟΣ Α.Ε.), μέσω διακριτών φάσεων των έργων του ΦΑ στην Ελλάδα. Διακρίνονται τρεις τρόποι απόκτησης γνώσης, δηλαδή μάθησης: μέσω συνεργασιών, μέσω παραγωγής μελετητικών προϊόντων και μέσω συμμετοχής στην υποστήριξη και επίβλεψη των έργων. Η αξία της γνώσης των εμπειρογνομένων αντικατοπτρίζεται από την ποιότητα των εγγράφων που διακινούνται προς τους πελάτες ή μέσω της επίβλεψης που ασκούν σε υπεργολάβους. Η δράση των εμπειρογνομένων ελέγχεται από τη διοίκηση των έργων και συντονίζεται από αυτήν. Ωστόσο για τις ΕΣΜ, ο ρόλος των εμπειρογνομένων αποκτά μεγαλύτερη σημασία από τη στιγμή που η δράση τους ενσωματώνεται σε ένα σύστημα ενδοεταιρικών γνωσιολογικών λειτουργιών.

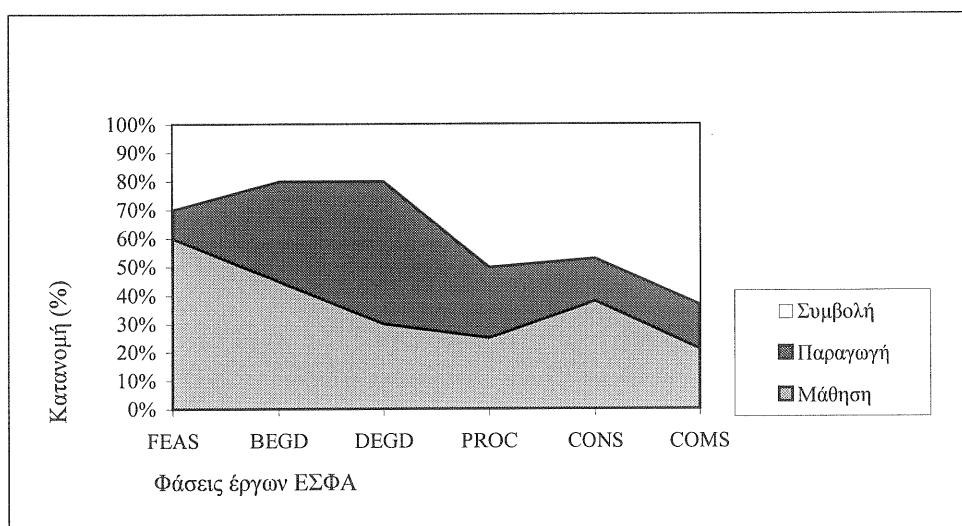
Οι γνωσιολογικές λειτουργίες στις ΕΣΜ υφίστανται έμμεσα ή άμεσα. Στην πρώτη περίπτωση, όταν δηλαδή δεν υπάρχει εγκατεστημένο ΣΔΓ, οι γνωσιολογικές λειτουργίες συνυπάρχουν με τις τεχνικές και διεκπεραιώνονται έμμεσα από την αλληλεπίδραση μεταξύ των εμπειρογνομένων, τεχνολογικών υποδομών, πελατών και υπεργολάβων. Η αλληλεπίδραση, ως κοινωνική λειτουργία, αντανακλάται από τις εναλλαγές της γνώσης από άρρητη σε ρητή και αντίστροφα. Ως παράδειγμα, επισυνάπτεται το σχήμα Σ-3.11 το οποίο επεξηγεί τον κύκλο ΔΓ (ενδοσκοπήση της γνώσης) μέσα σε μια ΕΣΜ, όταν προκύψει ανάγκη εκπόνησης κάποιου νέου έργου (Batzias και Spanidis, 2008d).

Η γνώση πρέπει να υπάρχει επικαιροποιημένη και στην ακριβώς απαιτούμενη μορφή και δομή για τις ανάγκες των έργων. Η έλλειψή της αντισταθμίζεται με συνεργασίες τύπου ΚΤΤ. Στη θεώρηση απόκτησης της γνώσης, υπάγονται επίσης και οι εμπειρίες που αποκομίζονται από τους επιβλέποντες των κατασκευών ως άρρητη γνώση, όπως και τα έγγραφα που, όταν δεν είναι απαραίτητα μελέτες ή σχέδια, συνιστούν εν δυνάμει εργαλεία μεταφοράς ρητής γνώσης, όπως π.χ. οι υπηρεσιακές αναφορές για σφάλματα ή ελλείψεις του εργολάβου, έγγραφες οδηγίες, διεκπεραίωση αλληλογραφίας από/προς τις υπηρεσίες, κλπ. Με τη συλλογή των εγγράφων του έργου στα τεχνικά αρχεία, εξαντλείται η καταχώρηση της ρητής γνώσης εντός των ΕΣΜ. Οι εμπειρογνώμονες ανατρέχουν στα αρχεία αυτά, όταν και εφόσον προκύψουν ανάγκες επαναχρησιμοποίησής μέρους της αποκτηθείσας γνώσης (Shindler και Erppler, 2003).

Στη δεύτερη περίπτωση, όταν δηλαδή υπάρχει εγκατεστημένο ΣΔΓ, οι γνωσιολογικές λειτουργίες προβλέπονται και σχεδιάζονται σύμφωνα με τους στόχους της επιχειρησιακής στρατηγικής των ΕΣΜ. Η ανάπτυξη της γνώσης εκτελείται με οργανωμένο τρόπο και συντονίζεται από μηχανικούς γνώσης. Η αντικειμενικοποίηση της γνώσης διεξάγεται με τρόπο, ώστε να δημιουργούνται προϋποθέσεις δημιουργίας ΒΓ. Σε



Σχήμα Σ-3.9 Σχέση μεταξύ κόστους και απαιτήσεων προδιαγραφών έργων (Mohitorpur et al., 2003)



Σχήμα Σ-3.10 Επιμερισμός απόκτησης γνώσης από το προσωπικό τυπικής εγχώριας ΕΣΜ

FEAS: Μελέτη σκοπιμότητας
 BEGD: Βασικός σχεδιασμός
 DEGD: Λεπτομερής σχεδιασμός
 PROC: Προμήθεια υλικών
 CONS: Κατασκευή
 COMS: Λειτουργία

τελική ανάλυση, η ΒΓ αντιπροσωπεύει το μοντέλο της εταιρικής μνήμης, μέρος του οποίου είναι και το τεχνικό αρχείο των εγγράφων των έργων (Uelpenich και Bodendorf, 1999).

Τα έγγραφα των έργων περιέχουν, σε συμβατική ή ψηφιακή μορφή, ενσωματωμένη ρητή γνώση που συσσωρεύεται με την ολοκλήρωση κάποιου έργου. Τα έγγραφα (σχέδια, χάρτες χαράξεων αγωγών, υπολογισμοί, μελέτες, παραγγελίες υλικών, συμβάσεις, πιστοποιήσεις, χρονοδιαγράμματα, αναφορές προόδου εργασιών, εκθέσεις επιθεώρησης υλικών και δοκιμών, κλπ) αποτελούν επαναχρησιμοποιήσιμα εργαλεία της γνώσης που υπέστη αντικειμενικοποίηση μέσω, και λόγω, των έργων. Ωστόσο, η αξία των εγγράφων, έγκειται στον τρόπο ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησής τους, στο βαθμό που αξία τους δεν αντανakλάται μόνο από τη μηχανιστική (γραφειοκρατική) αρχειοθέτησή τους, αλλά πρωτίστως από την ποιότητα και χρηστικότητα των τεχνικών πληροφοριών που αυτά ενσωματώνουν.

3.7 Βιβλιογραφική επισκόπηση στο χώρο των έργων του φυσικού αερίου

Η βιβλιογραφική επισκόπηση εστιάστηκε στη διερεύνηση θεμάτων που υπάγονται στον τομέα της ΔΓ και των ΣΔΓ των τεχνικών έργων, με έμφαση στα έργα του ΦΑ. Παράλληλα, εξετάστηκαν εργασίες που εντάσσονται σε τομείς που παρουσιάζουν γνωσιολογική συνάφεια με τις διεργασίες του ΦΑ και ευρύτερα, της ενέργειας. Τα ευρήματα από την διενεργηθείσα επισκόπηση, είναι τα ακόλουθα:

1. Ο Robinson (1989) τοποθετείται σχετικά με το ρόλο και τη χρησιμότητα των έμπειρων συστημάτων στον τομέα της κατασκευής τεχνικών έργων. Αν και δεν προτείνει κάποιο συγκεκριμένο έμπειρο σύστημα, καταθέτει κάποιο γενικότερο προβληματισμό σε ζητήματα σχετικά με την ενσωμάτωση της τεχνογνωσίας (know-how) στα έργα και στο πως θα μπορούσε ένα έμπειρο σύστημα να ενσωματωθεί στο γενικότερο πλαίσιο διοίκησης των έργων. Επίσης, προσεγγίζει εννοιολογικά το 'κέλυφος' (shell) πάνω στο οποίο θα ήταν εφικτός ο σχεδιασμός και η υλοποίηση ενός έμπειρου συστήματος υποστηρικτικού για τη διοίκηση μεγάλων έργων.
2. Ο Trimble (1989) υποστηρίζει την αναγκαιότητα ανάπτυξης συστημάτων βασισμένων στη γνώση στον τομέα της διοίκησης των έργων. Υποστηρίζει τη φιλοσοφία εφαρμογής κανόνων IF-THEN-ELSE για την υποστήριξη της λήψης διοικητικών αποφάσεων, ενώ παραθέτει σύντομη επισκόπηση αντιπροσωπευτικών συστημάτων που είχαν εφαρμοστεί ως εκείνη την εποχή, κυρίως ως διαγνωστικά εργαλεία, στις διεργασίες κατασκευής μηχανολογικού εξοπλισμού (όπως π.χ. οι αντλίες και οι περιστροφικοί κινητήρες), όπως και στη διερεύνηση αστοχιών στις συγκολλήσεις μεταλλικών εξαρτημάτων και στην επιλογή μεθόδων και διαδικασιών συγκόλλησης μετάλλων.
3. Ο Seiler (1990) παραθέτει μια κριτική θεώρηση των έμπειρων συστημάτων με έμφαση στις αβεβαιότητες που αυτά συνεπάγονται για τα τεχνικά έργα. Αμφισβητεί το αν και κατά πόσο τα έμπειρα συστήματα μπορούν να ενσωματώσουν γνώση (επαν)αξιοποιήσιμη σε διαφορετικούς τύπους έργων, λόγω της τεχνικής-τεχνολογικής ιδιαιτερότητας που η γνώση κάθε έργου παρουσιάζει, αλλά και του διαφορετικού είδους αβεβαιότητας που χαρακτηρίζει κάθε έργο. Παρουσιάζει σειρά

προβλημάτων που καθιστούν την αξιοπιστία ενός έμπειρου συστήματος συζητήσιμη, όπως π.χ. η διαφοροποίηση στον προσδιορισμό της βαρύτητας μεταξύ των δραστηριοτήτων διαφόρων διοικητών έργων, η δυσκολία στην ερμηνεία της αλληλεπίδρασης μεταξύ βασικών συντελεστών των έργων (εμπειρογνώμονες, ποιότητα, χρονοδιαγράμματα, πόροι, κλπ), η δυσκολία στην ομογενοποίηση των τεχνικών και διοικητικών πληροφοριών, η δυσκολία στη δόμηση αντιπροσωπευτικών κανόνων IF-THEN-ELSE και η δυσκολία στην πιστοποίηση και επικύρωση της αξίας ενός έμπειρου συστήματος.

4. Οι Bamkin και Pearcey (1990) προτείνουν ΣΔΓ για την υποστήριξη διεργασιών βιομηχανικού σχεδιασμού (χρησιμοποιούν το όρο Design Assistant) και παραγωγής αντιδιαβρωτικών υλικών. Σκοπός του ΣΔΓ είναι η γνωσιολογική σύνδεση μεταξύ εννοιών όπως διάβρωση, μεταλλικοί σύνδεσμοι, κλπ. καθώς επίσης και η εισαγωγή κανόνων για αναγνώριση της αντιστοιχίας των υλικών που παράγονται και των βιομηχανικών διεργασιών μέσω των οποίων παράγεται κάθε συγκεκριμένος τύπος υλικού. Το λογισμικό που παρουσιάζεται είναι δομημένο σε κώδικα αντικειμενικοστραφούς προγραμματισμού.
5. Οι Bogaerts και Agema (1992) προτείνουν γενικευμένο ΣΔΓ για όλο το φάσμα της διάβρωσης των υλικών. Το σύστημα αποτελεί είδος εγκυκλοπαιδικού εργαλείου για τη μελέτη της διάβρωσης και λιγότερο εξειδικευμένο διαγνωστικό εργαλείο. Το λογικό μοντέλο του συστήματος υποστηρίζει τρεις, ομάδες γνώσης, οντολογικά δομημένες: τον τύπο αστοχίας και την περιγραφή του, τα υλικά που υπόκεινται σε διάβρωση και το διαβρωτικό περιβάλλον, ενώ παρέχει δεδομένα από δημοσιευμένα έγγραφα (βιβλία, εργασίες, εικόνες, κλπ). Όπως επιπρόσθετα τεκμηριώνουν οι Graham-Jones και Mellor (1995), το ΣΔΓ έχει κυκλοφορήσει για εμπορική και εκπαιδευτική χρήση (σε CD-ROM) υπό το όνομα Library on Corrosion.
6. Οι Smets και Bogaerts (1992) παρουσιάζουν ΣΔΓ βασισμένου σε περιπτώσεις (case based reasoning-CBR) με σκοπό την υποστήριξη εργαστηριακών εφαρμογών για τη μελέτη διάβρωσης ανοξειδωτων ωστενιτικών χαλύβων σε χλωριούχο περιβάλλον. Το σύστημα αναδεικνύει τρόπους απόκτησης και ανάκτησης της γνώσης από εκπονημένες μελέτες (case histories) σχετικές με διαβρωτικά φαινόμενα. Είναι σχεδιασμένο με αρχιτεκτονική δύο διαφορετικών νευρωνικών δικτύων, όπου το ένα αντικατοπτρίζει την αλληλεπίδραση θερμοκρασίας και συγκέντρωση χλωριδίων και το άλλο την αλληλεπίδραση συγκέντρωσης οξυγόνου και συγκέντρωσης χλωριδίων σε νερό υψηλής θερμοκρασίας. Σκοπός είναι η εξαγωγή κανόνων γνώσης για την αξιολόγηση διαβρωτικών περιστατικών βάσει προγενέστερης εμπειρίας.
7. Οι Smart et al., (1993) παρουσιάζουν το έμπειρο σύστημα ACHILLES, που είναι προσανατολισμένο στη διάγνωση, εντοπισμό, παρακολούθηση και προστασία διαφόρων τύπων χάλυβα από δράσεις συνδυασμένης δυναμοδιάβρωσης (stress corrosion cracking, SCC). Σκοπός είναι η διατύπωση εισηγήσεων για την αντιμετώπιση της διάβρωσης, την προστασία από το φαινόμενο, την επιλογή υλικών και τη διάγνωση των αστοχιών. Τα οντολογικά του υποσυστήματα, έχουν δομηθεί με καταγραφή γνώσης εμπειρογνομώνων υπό μορφή σύντομων περιγραφών (χρησιμοποιείται ο όρος resource digest). Το υποσύστημα για το SCC παρέχει εισαγωγική πληροφόρηση στο συγκεκριμένο μηχανισμό διάβρωσης, τη διάγνωση, τη διερεύνηση, την παρακολούθηση και την προστασία από την εκδήλωσή του, κάτω

από διάφορες περιβαλλοντικές συνθήκες, ενώ παραθέτει περιπτώσεις εμφάνισης και αντιμετώπισής του, εστιασμένες σε συγκεκριμένες βιομηχανικές μονάδες.

8. Ο Emenike (1993) παρουσιάζει γενικευμένο έμπειρο σύστημα για τη διάβρωση των αγωγών πετρελαίου, φυσικού αερίου και νερού, που χρησιμοποιούνται αποκλειστικά σε περιοχές πετρελαιοφόρων πεδίων όπου εκτελούνται διερευνητικές γεωτρήσεις. Σκοπός του συστήματος είναι η υποστήριξη αποφάσεων για την αντιμετώπιση διαβρωτικών φαινομένων. Η αρχιτεκτονική του βασίζεται σε απλούς IF-THEN-ELSE κανόνες και συνδυάζει συνεργασία μιας ολοκληρωμένης βάσης δεδομένων για τη διάβρωση και ένα έμπειρο σύστημα, που σχεδιάστηκε στη λογική διεκπεραίωσης ερωτήσεων και απαντήσεων (query). Οι κανόνες ενσωματώνουν παραμέτρους κατασκευαστικού κόστους, χαρακτηριστικά του εδάφους (pH, αγωγιμότητα, χημική σύσταση, κλπ), στοιχεία συγκολλήσεων και των συσκευών παρακολούθησης της διάβρωσης. Δεν επεκτείνεται στη φαινομενολογία της διάβρωσης και στη διεξοδικότερη ανάλυση της αντιμετώπισής της σε υποδομές και αγωγούς μεταφοράς μεγάλου μήκους.
9. Οι Taylor et al., (1995) παρουσιάζουν ένα έμπειρο σύστημα που σχεδιάστηκε για τη βελτιστοποίηση της τεχνολογίας παραγωγής μεταλλουργικών εξαρτημάτων και ειδικότερα για τις συγκολλήσεις που εκπονούνται στα άκρα των μεταλλικών πλακών με μεθόδους Self-Shielded Flux Cored (FCAW) και Submerged-Arc (SAW). Αναδεικνύουν μια μεθοδολογία απόκτησης γνώσης, τη δημιουργία ΒΓ που εμπεριέχει τεχνικά και τεχνολογικά στοιχεία των δύο μεθόδων, τον τρόπο εφαρμογής και συνδυασμού των δύο μεθόδων σύμφωνα με τους κανόνες που υποδεικνύουν οι μεταλλουργικοί κώδικες, υποδεικνύοντας, ανάλογα με τις απαιτήσεις τις παραγωγής, την επιλογή της βέλτιστης διεργασίας συγκόλλησης.
10. Οι Graham-Jones και Mellor (1995) παραθέτουν γενική θεώρηση των έμπειρων συστημάτων που έχουν αναπτυχθεί ειδικά για μελέτη φαινομένων αστοχίας που εμφανίζονται κατά την εκτέλεση τεχνικών εργασιών (engineering failure analysis). Σε μεγαλύτερη έκταση, περιγράφουν το έμπειρο σύστημα του Nickel Development Institute που εμπεριέχει μαθηματικά μοντέλα προσομοίωσης για την υποστήριξη αποφάσεων επιλογής υλικών ανοξείδωτου χάλυβα, για την αντιμετώπιση συμπτωμάτων τύπου crevice corrosion σε υδάτινο περιβάλλον. Το σύστημα είναι προσαρμοσμένο περισσότερο σε ανάγκες ΔΓ της ερευνητικής δραστηριότητας και επιτρέπει την επιλογή υλικών βάσει φυσικοχημικών παραμέτρων όπως η θερμοκρασία, το pH, η υδροχημική σύσταση και ο ρυθμός ανάπτυξης διαβρωσιγενών καθαλατώσεων. Πεδία εφαρμογής του συστήματος είναι η βιομηχανία χάρτου και πολτού, οι υποθαλάσσιες κατασκευές και ο καθαρισμός υγρών αποβλήτων.
11. Οι Tsang και Ngai (1996) παρουσιάζουν ένα έμπειρο σύστημα, το EXSGACM (Experts System for Gas Crisis Management) που σχεδιάστηκε με σκοπό την υποστήριξη των αποφάσεων των διαχειριστών των συστημάτων ΦΑ σε περιπτώσεις εμφάνισης φαινομένων ενεργειακής κρίσης (ζήτηση αιχμής ή/και έλλειψη προϊόντος) για τους οργανισμούς Hong Kong και China Gas Co. Το σύστημα βασίζεται σε βάση ποσοτικών δεδομένων των καταναλώσεων, των σωληνώσεων, κλπ και χρησιμοποιεί εργαλεία ποσοτικής (στατιστικής) ανάλυσης για την εξαγωγή συμπερασμάτων.

12. Οι Liao et al. (1999) παρουσιάζουν σχεδιασμό έμπειρου συστήματος για την αναπαράσταση του μηχανισμού των αστοχιών που εμφανίζονται στο μηχανολογικό εξοπλισμό. Ο σχεδιασμός τους περιλαμβάνει έξη υποσυστήματα: διαχείρισης βάσης δεδομένων, συντήρησης αρχείων, απόκτησης γνώσης, το καθεαυτό έμπειρο σύστημα, το σύστημα ερμηνείας και συστάσεων και το διάλυο επικοινωνίας με τους χρήστες. Υποστηρίζεται από αλγόριθμο επαγωγικής μάθησης, τον PRISM, και βασίζεται σε 48 γνωσιολογικούς κανόνες προερχόμενους από 477 παραδείγματα διάβρωσης, ενώ αναφέρεται σε 15 διαφορετικούς τύπους διαβρωτικών μηχανισμών και συμπτωμάτων, όπως το SCC, οι διαμήκεις ρηγματώσεις (embrittlements) κλπ.
13. Οι Uelpenich και Bodendorf (1999) παρουσιάζουν το εννοιολογικό σχήμα γνωσιολογικής λειτουργίας, σχετικής με τον τρόπο που μπορεί να γίνει εξαγωγή ρητής γνώσης από έγγραφα των τεχνικών έργων και μεταφορά της σε ΒΓ. Προτείνουν ένα γενικό σκεπτικό της ροής της άρρητης γνώσης σε έναν τεχνικό οργανισμό τύπου ΕΣΜ. Ερμηνεύουν τη μετατροπή της άρρητης σε ρητή γνώση μέσω ανάθεσης διακριτών ρόλων σε υπαλλήλους των οργανισμών, που στη συνέχεια θα κληθούν να χειριστούν τη μετατροπή αυτή. Τέτοιοι ρόλοι είναι, για παράδειγμα, οι practice leaders, knowledge brokers, technical editors και οι ομάδες εφαρμογής best practices. Τέλος, παρουσιάζουν με σχηματικό τρόπο του μοντέλου της γνωσιολογικής λειτουργίας που προτείνουν.
14. Οι Neuroth et al., (2000) παρουσιάζουν εφαρμογή τεχνητής νοημοσύνης με χρήση ασαφούς λογικής και νευρωνικών δικτύων στην προσομοίωση διεργασιών μεταφοράς και ελέγχου λειτουργίας μονάδων σε υφιστάμενες εγκαταστάσεις πετρελαίου και ΦΑ. Εισάγουν την έννοια της γνώσης, ως παραμέτρου λειτουργίας των συστημάτων αυτών και παρουσιάζουν δύο μελέτες περίπτωσης. Η πρώτη αφορά τη βελτιστοποίηση λειτουργίας σταθμού αντλιοστασίου πετρελαίου, με στόχο την ελαχιστοποίηση του λειτουργικού κόστους, σε συνάρτηση με την μεταβολή της ζήτησης του προϊόντος. Η δεύτερη, αφορά στον προσδιορισμό του συντελεστή εσωτερικής τριβής στους αγωγούς μεταφοράς υδρογονανθράκων, για τη βελτιστοποίηση της μεταφορικής ικανότητας των αγωγών, σε συνάρτηση με τις παραμέτρους των διεργασιών κατάθλιψης (για το πετρέλαιο) ή συμπίεσης (για το ΦΑ), όπως είναι η θερμοκρασία, η ημερομηνία, η παροχή, η ταχύτητα και η πίεση κατάθλιψης-συμπίεσης και το ιστορικό πτώσης πίεσης.
15. Οι Uraikul et al., (2000) παρουσιάζουν το έμπειρο σύστημα GPOA (Gas Pipeline Operations Advisor) που σχεδιάστηκε για τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας των αγωγών και συμπιεστών ΦΑ στις βόρειες πολιτείες των ΗΠΑ του Καναδά. Το σύστημα αποσκοπεί στην υποστήριξη λήψης αποφάσεων των λειτουργών (dispatchers) των συστημάτων σε πραγματικό χρόνο, παρέχοντας πληροφορίες σχετικά με το φόρτο των σωληνογραμμών (line pack), την ανάγκη έναρξης ή παύσης της λειτουργίας των συμπιεστών και την ιπποδύναμη στην οποία απαιτείται αυτοί να λειτουργήσουν. Σκοπός είναι η κάλυψη αναγκών ζήτησης, με το μικρότερο δυνατό κόστος λειτουργίας. Η γνώση αποκτήθηκε από ανάλυση ιστορικών δεδομένων με τις αυξομειώσεις των καταναλώσεων, την καταγραφή της άρρητης γνώσης των λειτουργών μέσω συνεντεύξεων και τη χρήση μοντέλων προσομοίωσης της ζήτησης και καταχωρήθηκε σε ΒΓ. Βασική μεταβλητή απόφασης είναι ο φόρτος των σωληνογραμμών. Οι κανόνες του έμπειρου συστήματος είναι τύπου IF-THEN-

ELSE. Στους σκοπούς του GPOA εντάσσεται και η φιλικότητα της εφαρμογής, ώστε είναι εφικτή η χρήση του ακόμη και από λειτουργούς με μικρή εμπειρία. Παράλληλα, προβλέπεται συνεχής τήρηση και τακτή ενημέρωση της ΒΓ με τα ιστορικά στοιχεία λειτουργίας των αγωγών.

16. Οι Cushman et al., (2001) αναφέρονται στις ιδιομορφίες και τις δυσχέρειες που παρουσιάζονται στις συνεργασίες μεταξύ τεχνικών οργανισμών της κατασκευαστικής βιομηχανίας στο Ηνωμένο Βασίλειο. Παρουσιάζουν το μοντέλο COLA (Cross Organizational Learning Approach) που σχεδιάστηκε και λειτουργεί ως πλαίσιο μάθησης για την υποστήριξη συνεργασιών που συνάπτονται μεταξύ κατασκευαστικών εταιριών. Βασική έννοια του COLA είναι το έργο, το οποίο, ως λειτουργία μάθησης, αντιπροσωπεύεται μέσω των τεχνικών του στοιχείων, της εμπειρίας των εργαζομένων στους τεχνικούς οργανισμούς, των δεικτών αποτελεσματικότητας των συνεργασιών, της καταγραφής των δράσεων των συνεργαζομένων οργανισμών και των αντικειμενικών επιπτώσεων κάθε δράσης. Αποτέλεσμα του κύκλου της λειτουργίας μάθησης είναι η κατάρτιση ΒΓ υπό τον τίτλο 'συνεργασιακή γνώση' (partnership knowledge), η οποία εμπλουτίζεται από τα αποτελέσματα κάθε νέου έργου και χρησιμεύει ως εργαλείο υποστήριξης αποφάσεων για τα μέλη της κατασκευαστικής κοινότητας.
17. Αντίστοιχο με το GPOA, αλλά με ευρύτερη λειτουργική αντίληψη, είναι το έμπειρο σύστημα των Kerkhof et al., (2002) που σχεδιάστηκε για τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας του αγωγού TransCanada Pipeline. Περιλαμβάνει λειτουργία 38000 km χερσαίων αγωγών ΦΑ. Το έμπειρο σύστημα, με την ονομασία Advisory System, σχεδιάστηκε για την παρακολούθηση και το συντονισμό του πολύπλοκου δικτύου των αγωγών, με αξιοποίηση ψηφιακών δεδομένων που καταγράφονται από το σύστημα τηλεμετρίας και τηλεχειρισμού SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) και τα οποία συλλέγονται και διακινούνται σε πραγματικό χρόνο. Σκοπός του Advisory System, είναι να παρέχει στους λειτουργούς χρήσιμες πληροφορίες για την ασφάλεια του πληθυσμού, την κατάσταση λειτουργίας των αγωγών και τις απαιτήσεις του φόρτου ζήτησης (που συλλέγονται με τους ελέγχους των ανωμαλιών πίεσης και παροχής ΦΑ) τη μη επαρκή λειτουργία των βανών απομόνωσης, καθώς επίσης και από τις χρονοσειρές κατανομής φορτίων σε περιπτώσεις ζήτησης αιχμής. Η σχεδίαση του έμπειρου συστήματος στηρίζεται σε χρήση αλγορίθμων επεξεργασίας δεδομένων/σημάτων του SCADA, επεξεργασίας εικόνας και στο μοντέλο διαμόρφωσης λογικών κανόνων.
18. Οι Kim, I., S., et al., (2003) ανέπτυξαν έμπειρο σύστημα προσδιορισμού των παραμέτρων συγκόλλησης σε μεταλλικούς αγωγούς. Σκοπός του συστήματος είναι η παροχή πληροφοριών στους συγκολλητές (έστω και αν αυτοί διαθέτουν μικρή εμπειρία) για την εκτέλεση συγκολλήσεων στο ύπαιθρο. Οι πληροφορίες αυτές, αφορούν την επιλογή ηλεκτροδίων, τον τρόπο κατασκευής των στρώσεων κατά μήκος της ραφής και τις τιμές των βασικών παραμέτρων (essential variables) που καθορίζονται από τους κώδικες (πάχος τοιχώματος αγωγού, ταχύτητα περιστροφής, θερμοκρασία, κλπ). Για τη σχεδίαση του συστήματος εφαρμόστηκε συνδυασμός νευρωνικών δικτύων και αλγορίθμων πεπερασμένων στοιχείων.
19. Οι Shafeek et al., (2004) σχεδίασαν έμπειρο σύστημα υποστήριξης των τεχνολογιών αναγνώρισης και επιθεώρησης των αστοχιών σε συγκολλήσεις αγωγών ΦΑ. Η

φιλοσοφία του συστήματος αποσκοπεί στη διευκόλυνση του επιθεωρητή μέσω τεχνικών οπτικής αναγνώρισης των αστοχιών και συλλογής εικόνων από τις ραδιογραφίες που λαμβάνονται μετά τη διεξαγωγή των συγκολλήσεων, οι οποίες στη συνέχεια συγκρίνονται με πρότυπα που συγκροτούνται βάσει κανόνων και προτύπων (όπως π.χ. ο κώδικας ASME IIX). Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζεται δυνατότητα λήψης αποφάσεων για την αποδοχή ή απόρριψη κάποιας συγκόλλησης. Η σχεδίαση του συστήματος προβλέπει εγκατάσταση ΒΓ, το περιεχόμενο της οποίας συγκεντρώνεται από καταγραφή της άρρητης γνώσης των εμπειρογνομόνων, τα εγχειρίδια μεταλλουργικής τεχνολογίας και τα διεθνή πρότυπα. Το σύστημα υποστηρίζει την αναγνώριση 11 βασικών τύπων αστοχιών που αναγνωρίζονται σε συγκολλήσεις, όταν αυτές εκτελούνται με τη μέθοδο Shielded Metal Arc Welding (SMAW).

20. Οι Tserng et al., (2004), παρουσιάζουν το σύστημα ConABKM που αποτελεί ένα γενικό ΣΔΓ για τα τεχνικά έργα κατασκευών με έμφαση στην απόκτηση γνώσης μέσω του διαδικτύου. Για την αρχιτεκτονική του ΣΔΓ οι συγγραφείς χρησιμοποιούν τεχνική IDEF0 για το σχεδιασμό των βασικών γνωσιολογικών λειτουργιών που είναι η απόκτηση, εξαγωγή, αποθήκευση, διανομή και τήρηση της γνώσης. Στη συνέχεια επεκτείνουν την εφαρμογή της τεχνικής IDEF0 σε δεύτερο επίπεδο ανάλυσης, για κάθε λειτουργία ξεχωριστά, παρουσιάζοντας τις IOCM οντότητες κάθε λειτουργίας. Προτείνουν εφαρμογή του ConABKM, βάσει εμπειρίας εφαρμογής του σε έργο κατασκευής αυτοκινητόδρομου στην Ταϊβάν, την οποία και παρουσιάζουν. Η συγκεκριμένη εργασία είναι ίσως η πιο αντιπροσωπευτική ανάδειξης του τρόπου ΔΓ μέσω γνωσιολογικών λειτουργιών (activity based knowledge management-ABKM) σε πολύπλοκο κατασκευαστικό έργο και ειδικότερα της αλληλεπίδρασης μεταξύ άρρητης και ρητής γνώσης, που επιτυγχάνεται μέσω των λειτουργιών αυτών. Παράλληλα, προσδιορίζεται ο ρόλος των συντελεστών ΔΓ, όπως των εμπειρογνομόνων (engineers, experts, knowledge workers), των τεχνολογικών υποδομών (procedures and on-line helps) και των εγγράφων του έργου (project related documents/information, digital documents/information).
21. Οι El-Diraby και Zhang (2006) παρουσιάζουν ένα μοντέλο (πλαίσιο) ανάπτυξης εταιρικής μνήμης χρήσιμης σε εταιρίες κατασκευής μεγάλων κτιριακών έργων. Το πλαίσιο αυτό αναδεικνύει χρήση της τεχνητής νοημοσύνης με εργαλεία οντολογικής (σημασιολογικής) απεικόνισης και ταξινόμησης της γνώσης (σύμφωνα με τα συστήματα ταξινόμησης UniClass, MasterFormat και BS6100) και στη συνέχεια, καταχώρησής της σε ΒΓ. Προτείνουν ολοκληρωμένο οντολογικό δίκτυο αποτελούμενο από 6000 οντότητες, ιεραρχημένες μέσω δενδροειδούς δομής, που αντιπροσωπεύουν τύπους εργασιών, κατασκευαστικές μεθόδους, ορολογίες τεχνολογίας υλικών, καθώς επίσης και ορολογίες για τις κατασκευαστικές λεπτομέρειες έργων που εκπονήθηκαν. Επίσης, προβλέπεται τήρηση της ΒΓ και δυνατότητα εξαγωγής εκθέσεων εμπειρίας (lessons learned), πρακτικών σύσκεψης (meeting agendas) και υποδειγμάτων εργασίας (work forms) για μελλοντική χρήση.
22. Οι Xu et al., (2007) παρουσιάζουν έμπειρο σύστημα για διερεύνηση φαινομένων διαρροής του ΦΑ που μεταφέρεται μέσω αγωγών. Σκοπός του συστήματος είναι η καταγραφή των αιτιών πρόκλησης διαρροής και οι αβεβαιότητες που συνδέονται με κάθε διακριτή περίπτωση. Τα δεδομένα σχετικά με διαρροές αγωγών ΦΑ,

προέρχονται από εμπειρογνώμονες, αλλά και από τεχνικές περιγραφές περιστατικών. Βάσει αυτών δομείται ΒΓ για τη λήψη αποφάσεων σχετικά με τις απαιτούμενες επεμβάσεις. Ο σχεδιασμός του συστήματος προβλέπει κανόνες IF-THEN-ELSE, οι οποίοι καταρτίζονται βάσει διακριτών συνθηκών που χαρακτηρίζουν το περιβάλλον λειτουργίας των αγωγών. Το σύστημα επιτρέπει διαρκή εμπλουτισμό με δεδομένα και βάσει αυτών ανασχηματισμό-βελτίωση των κανόνων, ώστε τα συμπεράσματα που εξάγει να είναι αντιπροσωπευτικά των περιπτώσεων, αξιόπιστα και αξιοποιήσιμα σε μελλοντικές ανάγκες.

23. Οι Mateli et al., (2009) παρουσιάζουν πρωτότυπο έμπειρο σύστημα για την υποστήριξη του προκαταρκτικού σχεδιασμού μονάδων ΣΗΘ που χρησιμοποιούν ΦΑ. Το σύστημα παρέχει εναλλακτικές λύσεις βάσει των τεχνικών παραμέτρων παραγωγής ηλεκτρισμού (ημερήσιος και εβδομαδιαίος χρόνος λειτουργίας, μέγιστος και ελάχιστος ενεργειακός φόρτος και κατανάλωση ενέργειας) και κορεσμένου ατμού (πίεση, παροχή, θερμοκρασία και ποσοστό συμπυκνωμάτων) ή βάσει σεναρίων, όταν αυτά τα τεχνικά δεδομένα είναι μεταβαλλόμενα ή μη επαρκώς προσδιορισμένα. Προβλέπεται ΒΓ, δομημένη με κανόνες, για υπολογισμό των φορτίων, των χαρακτηριστικών του κινητήρα, τα κριτήρια τοποθέτησης επί πλέον καυστήρα και για τον κινητήρα ανάκτησης θερμότητας. Η ΒΓ συνεργάζεται με το μοντέλο διεργασίας της ΣΗΘ που περιλαμβάνει τη συνδεσμολογία του μηχανολογικού εξοπλισμού (γεννήτρια, συμπιεστής, τουρμπίνα, σύστημα ανάκτησης ατμού, εκτόνωση, κλπ) και τα τεχνικά δεδομένα, βάσει των οποίων ο εξοπλισμός διαστασιολογείται. Οι συγγραφείς παρουσιάζουν εφαρμογή του έμπειρου συστήματος σε μελέτη περίπτωσης σχεδιασμού μονάδας ΣΗΘ παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος 15MW και παροχής 30 t/h κορεσμένου ατμού σε πίεση 8 bar.
24. Οι Rahman et al., (2009) παρουσιάζουν το έμπειρο σύστημα ExHAZOP⁺ για τη υποστήριξη μελετών ανάλυσης κινδύνου λειτουργίας (Hazard and Operability Analysis, HAZOP) που εκπονούνται προς αξιολόγηση της επικινδυνότητας βιομηχανικών εγκαταστάσεων με υψηλές απαιτήσεις και προδιαγραφές ασφάλειας (π.χ. διυλιστήρια, μονάδες ΦΑ/ΥΦΑ, κλπ). Το ExHAZOP⁺ αποτελείται από μια ΒΓ, τη διασύνδεση χρήστη (user interface) και τη μηχανή εξαγωγής συμπερασμάτων. Ιδιαίτερη βαρύτητα δίνεται στο σχεδιασμό της ΒΓ η οποία αποτελείται από κανόνες IF-THEN-ELSE για να περιγραφούν οι αιτίες (causes) και τα αποτελέσματα (effects) των επικινδύνων καταστάσεων, ένα γενικό υποσύστημα γνώσης και ένα ειδικό. Το γενικό, περιλαμβάνει πληροφορίες που καταγράφονται από μακροχρόνια εμπειρία διαφόρων βιομηχανικών διεργασιών και του εξοπλισμού, η επικινδυνότητα του οποίου συνδέεται με κάθε συγκεκριμένη διεργασία. Το ειδικό, προσανατολίζεται στην υποστήριξη του χρήστη, όταν αυτός προτίθεται να επιλέξει κατάλληλο συμπληρωματικό εξοπλισμό της εγκατάστασης που μελετάται. Η προσομοίωση των ενδεχομένων καταστάσεων, επιτυγχάνεται μέσω αλγορίθμου μετάδοσης των σφαλμάτων. Οι συγγραφείς παρουσιάζουν μελέτη περίπτωσης που αναφέρεται σε έργο εγκατάστασης μονάδας ψύξης θερμού νιτρικού οξέως.

3.8 Αξιολόγηση-κριτική αποτελεσμάτων βιβλιογραφικής επισκόπησης

Βάσει των βιβλιογραφικών πηγών προέλευσης, τα εξαγόμενα της επισκόπησης μπορούν να αξιολογηθούν και κριθούν σε σχέση με: (1) τη συνάφειά τους με τα έργα και γενικότερα τη βιομηχανία του ΦΑ, (2) την επιστημονική περιοχή στη οποία εστιάζονται οι επί μέρους προσεγγίσεις (3) τις τεχνικές-τεχνολογίες που ακολουθούνται κατά περίπτωση και (4) την ανάδειξη του ανθρώπινου παράγοντα, δηλαδή των εμπειρογνομόνων, στο μετασχηματισμό της γνώσης. Συγκεκριμένα:

1. *Συνάφεια με έργα-βιομηχανία του ΦΑ*: Οι δημοσιευμένες εργασίες που εξετάστηκαν δεν τεκμηριώνουν καταρχήν ευρεία διάδοση ΣΔΓ στην περιοχή της βιομηχανίας και των έργων του ΦΑ. Όσες παρουσιάζουν συνάφεια, εστιάζονται κυρίως στη φάση της λειτουργίας έργων, με έμφαση στην πρόληψη αστοχιών και στη βελτιστοποίηση της λειτουργίας των συστημάτων μεταφοράς (αγωγών). Το ειδικό βάρος των εργασιών δίνεται, κατά κύριο λόγο, στη μεθοδολογία και τις υπολογιστικές τεχνικές σχεδιασμού των έμπειρων συστημάτων, ενώ δεν είναι ευκρινής σε όλες τις περιπτώσεις ο κύκλος απόκτησης και μετατροπής της γνώσης από άρρητη σε ρητή και αντίστροφα. Ακόμη, δεν είναι εμφανής και σαφής ο τρόπος και η διαδικασία μέσω των οποίων μεταφέρεται πρωτογενώς η γνώση των εμπειρογνομόνων που συμμετέχουν σε διεργασίες της βιομηχανικής παραγωγής και των τεχνικών-κατασκευαστικών έργων.
2. *Επιστημονικές περιοχές*: υπάρχει ευρύτητα στις επιστημονικές περιοχές που καλύπτουν τα ΣΔΓ που εξετάστηκαν. Επιβεβαιώνεται μια προτίμηση στην έρευνα αστοχιών του μηχανολογικού εξοπλισμού, καθόσον η συγκεκριμένη περιοχή παρουσιάζει διεπιστημονικό και πολύ-επιστημονικό ενδιαφέρον, ενώ παράλληλα εμπλέκει γνωστικά πεδία της χημείας, της μεταλλουργίας, της διαγνωστικής, της γεωχημείας, της ηλεκτροχημείας και της τεχνολογίας υλικών. Άλλες επιστημονικές περιοχές που καλύπτονται από ΣΔΓ είναι οι τεχνολογίες συγκόλλησης μεταλλικών υλικών και εξοπλισμού, η διοίκηση των έργων η ερμηνεία, πρόληψη και διαχείριση των μεταλλουργικών αστοχιών και η ασφάλεια σχεδιασμού των βιομηχανικών εγκαταστάσεων. Στον καθαυτό τομέα της ΔΓ των έργων, υπάρχει μόνο μια αντιπροσωπευτική εργασία των Tserng et al., (2004) που προσεγγίζει τον τρόπο μετασχηματισμού της γνώσης, αλλά εξειδικεύεται στις συνεργασίες μέσω διαδικτύου για την απόκτηση γνώσης σχετικής με τα κατασκευαστικά έργα.
3. *Τεχνολογίες και τεχνικές ΔΓ*: οι τεχνολογίες και τεχνικές που εφαρμόζονται γενικώς είναι προσανατολισμένες στη θεώρηση της γνώσης ως προς το περιεχόμενό της και αποσκοπούν στην αντικειμενικοποίηση και στην ανάδειξη της δυνατότητας επαναχρησιμοποίησης και τήρησής της. Η πιο διαδεδομένη μορφή ΣΔΓ είναι τα έμπειρα συστήματα που υποστηρίζονται από ΒΓ δομημένες με κανόνες τύπου IF-THEN-ELSE ή με αλγορίθμους εξόρυξης δεδομένων (νευρωνικά δίκτυα, ασαφή συστήματα και στατιστικά εργαλεία). Επίσης, συναντώνται και ΣΔΓ βασισμένων σε περιπτώσεις (case based reasoning). Εργασίες που να εστιάζονται στη σχεδίαση και εφαρμογή διακριτών γνωσιολογικών λειτουργιών, δηλαδή που να αντιμετωπίζουν τη γνώση ως λειτουργία δεν υπάρχουν, τουλάχιστον σε επαρκή ανάπτυξη, στο βαθμό που θα αναμενόταν προς αντιμετώπιση γνωσιολογικών απαιτήσεων διοίκησης

τεχνικών έργων, που χαρακτηρίζονται από πολυπλοκότητα και διεπιστημονικότητα. Εξάιρεση αποτελεί η εργασία των Tserng et al., (2004) που προβάλλει τη ΔΓ μέσω γνωσιολογικών λειτουργιών, όπως και η εργασία των Cushman et al., (2001), που όμως εστιάζονται στη φάση της κατασκευής των έργων και κυρίως των συνεργασιών που συνάπτονται, κατά τη διάρκεια, και λόγω των ιδιοτήτων, της φάσης αυτής.

4. *Εμπειρογνώμονες*: Είναι σαφές ότι σε πολλά έμπειρα συστήματα η προκαταρτική καταγραφή της γνώσης βασίστηκε σε μεταφορά άρρητης γνώσης εμπειρογνομώνων σε αντικειμενικές δομές, ως προϋπόθεση δημιουργίας ΒΓ, όπως για παράδειγμα φαίνεται από τις εργασίες των Smart et al., (1993), Uraikul et al., (2000) και Shafeek et al., (2004). Ωστόσο, η διαδικασία συλλογής των στοιχείων, οι μέθοδοι και τεχνικές μέσω των οποίων εμπλέκονται οι εμπειρογνώμονες κατά περίπτωση, ως παράγοντες υποστήριξης της ΔΓ, για τη μετατροπή της άρρητης γνώσης σε ρητή και αντίστροφα, δεν αναδεικνύονται με σαφή τρόπο.

Από τα προαναφερόμενα προκύπτει ότι τα υπάρχοντα ΣΔΓ, παρουσιάζουν μεγάλη επιστημονική-ερευνητική εξειδίκευση. Όπου υπάρχει συνάφεια με τη βιομηχανία και τα έργα ΦΑ αυτή είναι πολύ συγκεκριμενοποιημένη, γεγονός που συνεπάγεται περιορισμένη αντιπροσωπευτικότητα και δυνατότητα εφαρμογής, και κατά κύριο λόγο σε ότι αφορά τη φάση της λειτουργίας των συστημάτων (Emenike, 1993; Neuroth et al., 2000; Uraikul et al., 2000; Kerkhof et al., 2002). Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με τα προβλήματα που έχουν καταγραφεί στο περιβάλλον πολύπλοκων διεπιστημονικών και πολύ-επιστημονικών τεχνικών έργων, τα κενά γνώσης που παρατηρούνται κυρίως στις ΕΣΜ (όπως θα τεκμηριωθεί στο επόμενο κεφάλαιο), στοιχειοθετούν εύλογες προϋποθέσεις περαιτέρω έρευνας και ανάπτυξης μεθοδολογίας εκπόνησης ενός αντιπροσωπευτικού ΣΔΓ προσαρμοσμένου στις ιδιαιτερότητες των έργων του είδους αυτού.

4. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΚΕΝΑ ΓΝΩΣΗΣ – ΔΙΑΠΙΣΤΩΣΕΙΣ – ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

Τα τελευταία χρόνια η ΔΓ έχει αναχθεί σε αντικείμενο έρευνας των συγγραφέων του χώρου της διοικητικής των έργων. Ο προβληματισμός αυτός εστιάζεται στα πολύπλοκα, διεπιστημονικά και μεγάλης κλίμακας έργα, τα οποία, στην περίπτωση της παρούσας διατριβής, αντιπροσωπεύονται από τα έργα του ΦΑ. Περαιτέρω βιβλιογραφική διερεύνηση έφερε σε φως ενδιαφέρουσες απόψεις σχετικά με τη φιλοσοφία, τις πολιτικές και τις όποιες πρακτικές ακολουθούνται για τη ΔΓ, έστω και αν ακόμη δεν έχουν αναπτυχθεί επαρκώς ΣΔΓ για το συγκεκριμένο τύπο έργων. Στο παρόν κεφάλαιο, προσδιορίστηκαν και ταξινομήθηκαν τα κυριότερα προβλήματα που συναρτώνται με τους παράγοντες διαμόρφωσης της ΔΓ. Τα προβλήματα αυτά προέρχονται από τη δημιουργία κενών γνώσης (*knowledge gaps*) που εντοπίζονται χαρακτηριστικά στο περιβάλλον των ΕΣΜ.

Η ύπαρξη προβλημάτων και κενών γνώσης, επιβεβαιώνεται και από την εμπειρία έργων ΦΑ που κατασκευάστηκαν στην Ελλάδα, από το 1987 μέχρι σήμερα. Το γεγονός αυτό, τεκμηριώνει περαιτέρω την ανάγκη αντιμετώπισης των προβλημάτων και γεφύρωσης (*bridging*) των κενών γνώσης, στο βαθμό που αυτά ερμηνεύονται και κατανοούνται μέσω της δράσης και εμπλοκής των ΕΣΜ. Προηγουμένως όμως, θα πρέπει να κατατεθούν οι διαπιστώσεις και τα κρίσιμα ερωτήματα έρευνας, βάσει των οποίων θα καθοριστεί το πλαίσιο, η μεθοδολογία και τεχνική ανάπτυξης κάποιου μοντέλου ΣΔΓ.

4.1 Προβλήματα διαχείρισης της γνώσης στα έργα

Τα προβλήματα διακρίνονται ως προς την αντίληψη-κατανόηση για τη ΔΓ που έχουν οι διοικητές των έργων, το ρόλο του ανθρώπινου παράγοντα, τις συναπτόμενες συνεργασίες, τα έγγραφα-φορείς γνώσης των έργων και τις υιοθετούμενες τεχνολογίες ενσωμάτωσης της γνώσης στον οργανισμό των ΕΣΜ.

4.1.1 Προβλήματα κατανόησης της διαχείρισης της γνώσης

Όπως υποστηρίζουν οι Shankar et al., (2003) πολλές ΕΣΜ επιχείρησαν να εφαρμόσουν ΔΓ, όμως η σχετική εμπειρία δεν είναι επαρκώς δημοσιευμένη και σχολιασμένη, ώστε να αποτελέσει υλικό περαιτέρω έρευνας για βελτιώσεις, εναλλακτικές προσεγγίσεις, κλπ. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μην έχει γίνει ακόμα απόλυτα κατανοητός ο τρόπος που η άρρητη γνώση (*know-how*) των εμπειρογνομόνων ενσωματώνεται στα έγγραφα του έργου ως ρητή, άρα και ως επαναχρησιμοποιήσιμη. Συνεπώς, οι διοικητές των έργων δίνουν έμφαση στη συλλογική δράση των εμπειρογνομόνων για την ολοκλήρωση του τεχνικοοικονομικού σκέλους των έργων και λιγότερο στην επωφελή τήρηση και επαναχρησιμοποίηση της γνώσης (Koskinen et al., 2003).

Η προσήλωση στην τήρηση των χρονοδιαγραμμάτων και την οικονομία πόρων, συνεπάγεται έλλειψη κινήτρων για τους εμπειρογνώμονες στο να επιχειρούν να συστηματοποιούν, με αντικειμενικούς όρους την άρρητη γνώση τους. Συνεπώς, είναι δύσκολο να εντοπιστούν στα τυπικά χρονοδιαγράμματα δραστηριότητες έργων που να

σχετίζονται αποκλειστικά με τη ΔΓ (Kasvi et al., 2003), ειδικότερα όταν τα έργα είναι αυξημένης πολυπλοκότητας και μακράς διάρκειας (Kamara et al., 2002).

Άλλο πρόβλημα είναι η αποτίμηση της ανταγωνιστικότητας που συνεπάγεται η ΔΓ στα έργα. Δεν είναι πάντα εμφανές ποιοι παράγοντες είναι περισσότερο ή λιγότερο σημαντικοί για έναν τεχνικό οργανισμό. Πολλοί οργανισμοί, ενώ συλλέγουν δεδομένα και πληροφορίες από τον όγκο των εγγράφων των έργων, δεν είναι σε θέση να αναδείξουν με επιτυχία τα σπάνια χαρακτηριστικά της γνώσης που κατέχουν και που την καθιστούν διαφορετική σαν τέτοια, έναντι της γνώσης των ανταγωνιστών τους. Όπως τονίζουν οι Ndlela και du Toit (2001) μολονότι πολλοί οργανισμοί έχουν δραστηριοποιηθεί αναλαμβάνοντας πρωτοβουλίες εισαγωγής μεθόδων και πρακτικών ΔΓ (όπως για παράδειγμα οι βέλτιστες πρακτικές, η ανάπτυξη ικανοτήτων του προσωπικού, κλπ) δεν έχουν επιτύχει αποτελεσματική ΔΓ σε στρατηγικό επίπεδο έναντι των ανταγωνιστών τους.

Οι γνωσιολογικά σημαντικές διαφορές μεταξύ έργων, συνιστά επιπλέον παράγοντα εισαγωγής προβλημάτων, τόσο στην αντίληψη της ΔΓ, όσο και στην καθεαυτό διαχείρισή της. Η εμπλοκή πολλών ειδικοτήτων (συνεργάτες, υπεργολάβοι, κατασκευαστές υλικών-εξοπλισμού, ελεγκτές ποιότητας, επιθεωρητές, κλπ), οι διαφορές στην οργάνωση και η πολυπλοκότητα των τεχνικών οντολογιών, καθιστά δύσκολη της αντικειμενικοποίηση (κωδικοποίηση και μεταφορά) της γνώσης. Σύμφωνα με τους Bresnen et al., (2003), η δυσκολία αυτή συνεπάγεται ελλιπή τήρηση και (επανα)χρησιμοποίηση της γνώσης που συχνά οδηγεί σε επαναλήψεις μεταφοράς τεχνογνωσίας (τύπου KTT) για την *εκ νέου ανακάλυψη του τροχού*, όπως χαρακτηριστικά αναφέρουν οι ίδιοι συγγραφείς.

Η γεωγραφική διασπορά και η πολύ-εθνικότητα των τεχνικών ομάδων, δημιουργεί πρόβλημα ετερογένειας της κοινωνίας της παραγωγής (στην προκειμένη περίπτωση της κοινωνίας των έργων) που επιδρά ανασταλτικά στην προοπτική ΔΓ. Όπως αναφέρουν οι Ramaprasad και Prakash (2003), η δυσκολία επικοινωνίας μεταξύ των ομάδων, οι σημαντικές πολιτιστικές διαφοροποιήσεις και οι γεωγραφικές αποστάσεις (τα αποκαλούν 'χίμαιρα των έργων') αποδυναμώνουν την προοπτική ΔΓ. Αυτό συμβαίνει, επειδή το κόστος απόσπασης άρρηκτης γνώσης από εμπειρογνώμονες διαφορετικών εθνικοτήτων και μετατροπής της σε ρητή, εισάγει σοβαρές δυσκολίες συντονισμού και λειτουργεί περιοριστικά στην προοπτική αυτή.

Ιδιαίτερη σημασία έχει ο κύκλος ζωής των έργων και ειδικότερα οι φάσεις που προηγούνται της λειτουργίας. Συνήθως, όταν η κατασκευή ολοκληρώνεται, ακολουθεί σταδιακή απώλεια σημαντικού μέρους της αποκτηθείσας γνώσης, η οποία χαρακτηρίζεται από τους Schindler και Erppler (2003) ως *αμνησία των έργων (project amnesia)*. Όπως χαρακτηριστικά υπογραμμίζουν, μετά την έναρξη λειτουργίας των έργων, δίνεται από ελάχιστη, έως καθόλου, σημασία στην τήρηση αρχείων γνώσης σχετικά με τα σφάλματα, τις παραλείψεις, την αξιολόγηση των συνεργασιών, κλπ. Αυτό συμβαίνει, είτε για λόγους αποφυγής πρόσθετου κόστους, είτε επειδή δεν είναι επαρκώς ανεπτυγμένη η φιλοσοφία αναγκαιότητας ΔΓ, είτε και για τους δύο λόγους μαζί. Αποτέλεσμα είναι, ο τρόπος του πώς γίνεται η απόσπαση και διάχυση της γνώσης στους τεχνικούς οργανισμούς, να μην είναι επαρκώς κατανοητός, όπως υποστηρίζουν και οι Shankar et al., (2003).

4.1.2 Προβλήματα σχετικά με τους εμπειρογνώμονες

Οι εμπειρογνώμονες αποτελούν τον κινητήριο μοχλό των έργων, αλλά και της εν γένει λειτουργίας και δράσης των ΕΣΜ. Όμως, η συμμετοχή τους στις φάσεις των έργων δεν χαρακτηρίζεται από μονιμότητα. Το φαινόμενο της μετακίνησης των εμπειρογνομώνων εντός του οργανωτικού πλαισίου των έργων είναι συχνό για λόγους εξοικονόμησης πόρων ή λόγω της αποχώρησής τους από το περιβάλλον των έργων. Αιτίες της αποχώρησης είναι η εξασφάλιση προοπτικών καλύτερης σταδιοδρομίας ή ακόμη και η συνταξιοδότηση. Η μετακίνηση ή αποχώρηση εμπειρογνομώνων αποτελεί πρόβλημα, εφόσον η πολύτιμη άρρητη γνώση που αποκτάται, συνήθως δεν μεταβιβάζεται ή δεν αντικειμενικοποιείται, τουλάχιστον επαρκώς. Το γεγονός αυτό λειτουργεί αποτρεπτικά στην όποια προοπτική μακροπρόθεσμης ΔΓ από την πλευρά των τεχνικών οργανισμών, όπως έχει υπογραμμιστεί από πολλούς συγγραφείς (Kasvi et al., 2003; Ndlela και du Toit, 2001; Tserng και Lin, 2004; Batzias και Spanidis, 2008a).

Προβλήματα ΔΓ παρουσιάζονται ακόμη και στις περιπτώσεις όπου ακολουθείται πολιτική εκπαίδευσης του προσωπικού από τους τεχνικούς οργανισμούς. Οι Globerson και Korman (2001) αναφέρονται σε ερευνητικά στοιχεία από τα οποία προκύπτει ότι το 40% της αποκτηθείσας γνώσης μέσω εκπαιδευτικών σεμιναρίων απαξιώνεται σε διάστημα ενός μηνός, ενώ το 90% εντός έξι μηνών από το πέρας της εκπαιδευτικής δραστηριότητας. Το γεγονός αυτό χαρακτηρίζεται από τους συγγραφείς αυτούς ως *επιλήσμων επίπτωση (impact of forgetting)* και είναι συναφής με την έννοια της αμνησίας των έργων των Schindler και Erppler (2003). Εξάλλου, έρευνα των Globerson και Korman (2001) αποδεικνύει, ότι η εκπαίδευση από μόνη της δεν συνιστά ισχυρό παράγοντα ΔΓ, αν δεν συνοδεύεται από υιοθέτηση γενικότερης πολιτικής ΔΓ στους τεχνικούς οργανισμούς. Μάλιστα, προσδιορίζονται τα αποτελέσματα των επιλησμών επιπτώσεων, που μεταφράζονται σε κόστος συνεχιζόμενης εκπαίδευσης και απώλεια τεχνογνωσίας, ειδικότερα όταν οι εκπαιδευόμενοι υφίστανται συχνές οργανωτικές αλλαγές ή αποχωρούν από το περιβάλλον των έργων.

Το πρόβλημα της επικοινωνίας μεταξύ εμπειρογνομώνων επισημάνθηκε καταρχήν από τους Ramaprasad και Prakash (2003), αλλά και πιο πρόσφατα από τους Adenfelt και Langerstrom (2006) και Jackson και Klobas (2008), ως σημαντικός ανασταλτικός παράγοντας για τη ΔΓ. Αυτό γίνεται εμφανές, όταν οι ομάδες των εμπειρογνομώνων απαρτίζονται από διαφορετικής εθνικότητας και πολιτιστικής προέλευσης άτομα ή όταν τα άτομα αυτά εργάζονται σε διαφορετικές γεωγραφικές περιφέρειες. Στις περιπτώσεις αυτές, ακόμη και με εφαρμογή πολιτικών συνεχούς εκπαίδευσης εστιασμένες σε διαπολιτισμικά περιβάλλοντα (cross-cultural environments), οι δυνατότητες ΔΓ είναι εξαιρετικά περιορισμένες και επαφίενται συνήθως στις αποφάσεις των ομάδων διοίκησης των έργων.

Τέλος, η εταιρική κουλτούρα που αντανακλάται στη συμπεριφορά του προσωπικού, επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την ΔΓ στο περιβάλλον των έργων. Οι εργαζόμενοι συχνά προτιμούν να αντλούν γνώση ή να μαθαίνουν μέσω της προφορικής επικοινωνίας τους με συναδέλφους τους και λιγότερο ακολουθώντας τυπικές διαδικασίες που διέπουν την κυκλοφορία και τον έλεγχο της πληροφορίας, εντός των οργανισμών (Cross, 2000). Η αναμόχλευση της άρρητης γνώσης σαφώς και συνεισφέρει στην επίτευξη των στόχων των έργων. Όμως, σε μακροπρόθεσμη βάση δεν λειτουργεί αποτελεσματικά στην

προοπτική αντικειμενικοποίησης και (επανα)χρησιμοποίησης της γνώσης, δεδομένου ότι η γνώση καθίσταται παράγοντας δόμησης συμπεριφορών και αντιλήψεων που εξαντλείται στη διαπροσωπική επαφή και απαξιώνεται μετά το πέρας των έργων.

4.1.3 Προβλήματα συνεργασιών

Το πρόβλημα της ΔΓ σε περιβάλλον συνεργασιών, έχει ερευνηθεί με σχολαστικότητα από τους Cushman et al., (2001). Σε έρευνά τους για τη βρετανική κατασκευαστική βιομηχανία υποστηρίζουν, ότι αν και κάθε μεμονωμένος οργανισμός μπορεί να υφίσταται ως μανθάνουσα παραγωγική μονάδα, οι οργανισμοί των κοινοπραξιών, αντιλαμβάνονται τη συνεργασία μάλλον ως μέσο αποκόμισης επιχειρηματικού οφέλους και λιγότερο ως ευκαιρία παράλληλης ανάπτυξης περιβάλλοντος ανταλλαγής τεχνογνωσίας και εμπειρίας με μακροπρόθεσμο όφελος. Οι συγγραφείς εκτιμούν, ότι η αντίληψη αυτή είναι αποτέλεσμα μειωμένης εμπιστοσύνης μεταξύ εταίρων, παλαιότερων αποτυχημένων συνεργασιών ή ακόμη και προϊόν δυσκολίας στην επικοινωνία μεταξύ μελετητών, υπεργολάβων, συμβούλων και προμηθευτών που ανήκουν σε οργανισμούς με διαφορετικό επιχειρησιακό περιβάλλον και κουλτούρα.

Προβλήματα ΔΓ στις συνεργασίες εντοπίζονται σε συνθήκες συμμετοχής μεγάλου αριθμού επιχειρήσεων που εμπλέκονται με την αμιγώς τεχνική διάσταση των έργων. Ο Ayas (1996) αναδεικνύει το πρόβλημα αυτό συνδέοντάς το με τη δυσχέρεια συντονισμού υπηρεσιών που ενσωματώνουν πολλά και διαφορετικά μεταξύ τους γνωστικά αντικείμενα. Αντίστοιχη είναι η διαπίστωση των Bresnen et al., (2003) οι οποίοι υποστηρίζουν επιπλέον, ότι ο χωροταξικός κατακερματισμός των ομάδων, η συμπίεση του χρόνου και η αμεσότητα επίτευξης των στόχων των έργων, μειώνει την ικανότητα αποτελεσματικής απορρόφησης γνώσης (absorptive capacity) για κάθε τεχνικό οργανισμό.

4.1.4 Προβλήματα σχετικά με τα έγγραφα

Η σημασία των εγγράφων επισημαίνεται εύστοχα από τους Uelpenich και Bodendorf (1999) οι οποίοι αναδεικνύουν τη μηχανιστική αρχειοθέτηση των εγγράφων των έργων σε συμβατικά ή ψηφιακά αρχεία, ως πρόβλημα συνδεδεμένο με τη ΔΓ. Υποστηρίζουν, πως η ΔΓ βελτιώνεται μέσω απόσπασης και αξιοποίησης της ρητής γνώσης, που είναι ενσωματωμένη στα έγγραφα των έργων.

Η απροθυμία των τεχνικών οργανισμών να διαχειριστούν με επωφελή τρόπο τα έγγραφά τους, έχει επισημανθεί από τους Schindler και Eppler (2003). Οι συγγραφείς υποστηρίζουν, ότι αυτό οφείλεται σε σκοπιμότητα αποφυγής πρόσθετου κόστους και στη συρρίκνωση των συνεργαζόμενων ομάδων εμπειρογνομόνων, μετά τη λήξη των έργων. Αποτέλεσμα αυτών είναι η αδυναμία ανάκτησης της ενσωματωμένης γνώσης και η αύξηση της πιθανότητας επανάληψης σφαλμάτων που παρουσιάστηκαν στο παρελθόν, γεγονός που συνήθως οδηγεί στη σύναψη νέων συνεργασιών για εκ νέου απόκτηση γνώσης, που ενδεχομένως να είναι ενσωματωμένη στα έγγραφα, αλλά όχι ανακτήσιμη.

4.1.5 Προβλήματα τεχνολογικής ενσωμάτωσης της γνώσης

Όπως προαναφέρθηκε, η αξία της ΔΓ έγκειται στην αντικειμενικοποίηση της γνώσης, δηλαδή, στο μετασχηματισμό και την περαιτέρω δόμησή της σε πληροφοριακή οντότητα υψηλής χρηστικότητα, για την υποστήριξη των τεχνικών λειτουργιών και τη λήψη διοικητικών αποφάσεων. Η αντικειμενικοποίηση επιτυγχάνεται μέσω της ενσωμάτωσης της γνώσης σε τεχνολογικές πλατφόρμες της πληροφορικής και των ΒΔ.

Σύμφωνα με τους Kamara et al., (2002) οι τεχνολογίες της πληροφορικής δεν συνιστούν από μόνες τους προϋπόθεση τεχνολογικής ενσωμάτωσης της γνώσης, στο βαθμό που η δόμηση/επεξεργασία της γνώσης ως πληροφοριακής οντότητας, απαιτεί συμμετοχή εμπειρογνομώνων και ύπαρξη γνωσιολογικών λειτουργιών. Οι ίδιοι συγγραφείς υποστηρίζουν, ότι η τεχνολογική ενσωμάτωση της γνώσης δεν είναι επαρκώς επιτεύξιμη και ότι η ρητή ή άρρητη γνώση δεν ταυτοποιούνται πάντα σαν τέτοιες στις πρακτικές ΔΓ των έργων. Αντίστοιχη είναι και θεώρηση των Jackson και Klobas (2008), οι οποίοι εκτιμούν, ότι οι γλωσσικοί κώδικες και οι συντονισμένες κοινωνικές αλληλεπιδράσεις στο περιβάλλον των έργων, δύσκολα κωδικοποιούνται ή υπάγονται σε μοντέλα δομής δεδομένων.

Προβλήματα απόκτησης γνώσης μέσω διαδικτύου για τις ανάγκες των έργων, επισημαίνονται από τους Tserng και Lin (2004). Οι συγγραφείς υποστηρίζουν πως, ναί μεν είναι εφικτή η απόκτηση και συλλογή γνώσεων μέσω διαδικτύου, ωστόσο η απαιτούμενη εξειδίκευση και πληρότητα, συνήθως δεν επιτυγχάνονται στο βαθμό που υπαγορεύεται από τις ειδικότερες απαιτήσεις τεχνογνωσίας ενός έργου. Το γεγονός αυτό αναδεικνύει τη ισχύ της άρρητης γνώσης, αλλά ταυτόχρονα και την αναγκαιότητα αποτελεσματικότερης διαχείρισής της με εφαρμογή επιχειρησιακών λειτουργιών.

Οι Brooks et al., (2006) επισημαίνουν, ότι ο όγκος της πληροφορίας που συγκεντρώνεται κατά την διάρκεια των έργων είναι μεγάλος. Σαν τέτοιος, συνιστά πρόβλημα, δεδομένου ότι δεν είναι εύκολος ο τρόπος αξιολόγησης και διαχωρισμού των πληροφοριών που είναι χρήσιμες και (επανα)χρησιμοποιήσιμες, από τις περιττές ή επαναλαμβανόμενες. Ο μεγάλος όγκος πληροφορίας συνεπάγεται επιβάρυνση των διαδικασιών λήψης απόφασης σε χρονικό και χρηματικό κόστος, όπως και αύξηση της πιθανότητας χρήσης εσφαλμένης πληροφορίας.

Οι Congroy και Sholtan (1997) υποστηρίζουν, ότι τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης, ειδικότερα δε τα έμπειρα συστήματα, παρουσιάζουν περιορισμούς επάρκειας στο να υποστηρίζουν αποτελεσματικά τις ανάγκες λήψης απόφασης στο πλαίσιο της ΔΓ των έργων. Επισημαίνουν, ότι το βάρος ΔΓ στρέφεται περισσότερο προς την αυτοματοποίηση του συντονισμού της πολυπλοκότητας των τεχνικών δραστηριοτήτων και λιγότερο στην υποκατάσταση της ποιότητας της άρρητης γνώσης με φορμαλιστικό τρόπο στη ΒΓ των οργανισμών.

Τα προβλήματα που έχουν καταγραφεί από τους προαναφερόμενους συγγραφείς, συγκλίνουν με σκέψεις και προβληματισμούς προγενέστερων συγγραφέων, όπως για παράδειγμα των Robinson (1989) και Seiler (1990), οι οποίοι προέβλεψαν τις δυσκολίες υλοποίησης έμπειρων συστημάτων στον τομέα της διοίκησης των έργων, όσον αφορά το επιτεύξιμο και το αξιόπιστο της αντικειμενικοποίησης της γνώσης.

4.2 Το ΕΣΦΑ και τα συναφή προβλήματα

Η μελέτη και κατασκευή των υποδομών του ΕΣΦΑ στην Ελλάδα, επιβεβαίωσαν στην πράξη το μέγεθος και το είδος των προβλημάτων που προαναφέρθηκαν. Η εξειδίκευση των προβλημάτων του ΕΣΦΑ, όπως αυτά έχουν διερευνηθεί από τον Σπανίδη (1994) και Batzias και Spanidis (2008a; 2008b) εστιάζεται, κατά κύριο λόγο, στα ακόλουθα:

1. *Διοίκηση έργων*: Από τα πρώτα στάδια της υλοποίησης των έργων (αγωγοί, μονάδα ΥΦΑ) προέκυψαν διαχειριστικά προβλήματα και ερωτήματα τεχνογνωσίας, όπως για παράδειγμα: Βάσει ποιών κριτηρίων θα επιλέγονται οι εμπειρογνώμονες και κάτω από ποιο οργανωτικό σχήμα; Πώς θα αξιολογούνται οι υπεργολάβοι και οι τεχνικοί σύμβουλοι; Πώς θα ιεραρχηθούν και δικτυωθούν οι δραστηριότητες των έργων, ώστε να μην επηρεαστούν οι κρίσιμες διαδρομές στα διαγράμματα CPM/PERT; Πως θα οργανωθεί η εκπόνηση και επίβλεψη των μελετών ώστε να επιβεβαιωθεί και πιστοποιηθεί η ποιότητα των εξαγομένων; Πως θα πρέπει να συνταχθούν οι συμβάσεις, ώστε να επιτευχθεί μεταφορά τεχνογνωσίας ταυτόχρονα με την επιτυχή εκπόνηση των μελετών; Σε κάποιες περιπτώσεις, η έλλειψη γνώσης σε έργα του μεγέθους του ΕΣΦΑ οδήγησε σε ανασχεδιασμό των χρονοδιαγραμμάτων και αναθεώρηση του κόστους των έργων. Επί πλέον, ανέκυψαν για πολιτικούς κυρίως λόγους (διαδοχικές εκλογικές αναμετρήσεις Ιουνίου 1989, Νοεμβρίου 1989 και Απριλίου 1990) αλλαγές της στρατηγικής ανάπτυξης των έργων από πλευράς ΔΕΣΦΑ και επαναδιαπραγματεύσεις της συμφωνίας του 1987, που οδήγησαν σε αναθεώρηση της στρατηγικής ανάπτυξης και των προτεραιοτήτων του έργου. Η έλλειψη τεχνογνωσίας αντιμετωπίστηκε μέσω συνεργασιών ελληνικών ΕΣΜ με ξένους οίκους εξειδικευμένους στη διαχείριση και μελέτη παρόμοιων έργων, όπως η DONG A/S Δανίας, η βρετανική Transco (π. British Gas) και η γερμανική π. Pipeline Engineering GmbH (Σπανίδης, 1994; Πελοποννήσιος, 1992).
2. *Χάραξη οδεύσεων*: η επιλογή της βέλτιστης χάραξης και χωροθέτησης των μονάδων ΥΦΑ, αποτελεί το κρίσιμότερο τεχνικό πρόβλημα σχεδιασμού κάθε εφοδιαστικού συστήματος μεταφοράς ΦΑ (Feldman et al., 1995; Dey et al., 1996; Mohitour et al., 2003). Οι χαράξεις αποτελούν πολύπλοκο τεχνικό ζήτημα που απαιτεί ΔΓ, λόγω της αλληλεπίδρασης εμπειρογνομώνων που ανήκουν σε πολλές επιστημονικές ειδικότητες. Οι κυριότερες διαστάσεις του προβλήματος, που κλήθηκαν να αντιμετωπίσουν ο ΔΕΣΦΑ και οι ελληνικές ΕΣΜ, ήταν η τήρηση των γεωπεριβαλλοντικών περιορισμών, η κοινωνική αποδοχή και η τεχνικοοικονομική εφικτότητα των προτεινόμενων οδεύσεων. Το πολυσχιδές ανάγλυφο, η προβληματική γεωφυσική και σεισμοτεκτονική υποδομή της χώρας καθώς και η έλλειψη κτηματολογίου, μεγέθυναν τις απαιτήσεις συντονισμού των γνωστικών αντικειμένων για τη βελτιστοποίηση των οδεύσεων και την αποτύπωση της ζώνης διέλευσης των αγωγών. Αυτό συνέβη λόγω αντικειμενικών δυσκολιών, επειδή οι υπεργολαβίες γεωτεχνικών μελετών, οι έρευνες που ανατέθηκαν σε ερευνητικά ινστιτούτα του κράτους ή πανεπιστήμια και οι κτηματογραφήσεις, ολοκληρώνονταν σε χρόνους διαφορετικούς από τους προγραμματισμένους. Το γεγονός αυτό επέφερε πολλές *a-posteriori* αλλαγές στο σχεδιασμό των οδεύσεων και αναπροσαρμογές στα

χρονοδιαγράμματα και στις καμπύλες διαμόρφωσης του κόστους του έργου (Batziias και Spanidis, 2008d).

3. *Εγκρίσεις-Άδειες*: η έγκριση των χαράξεων από τους κρατικούς φορείς, αποτέλεσε ένα επί πλέον πρόβλημα, στο βαθμό που οι όποιες τεχνικές λύσεις έπρεπε να εγκριθούν επισήμως, ώστε να εξασφαλιστεί η έκδοση των περιβαλλοντικών όρων και οι άδειες διέλευσης και χωροθέτησης των εγκαταστάσεων. Λόγω του μεγάλου γεωγραφικού μεγέθους του έργου, οι επαφές με τους φορείς επέφεραν χρονικές διολισθήσεις, ενώ ιδιαίτερη δυσκολία παρουσιάστηκε κατά το συντονισμό της ανταλλαγής πληροφοριών με τους φορείς και ενσωμάτωσής των θεσμικών και τεχνικών απαιτήσεών τους.
4. *Προβλήματα τεχνικού σχεδιασμού*: ο σχεδιασμός των αγωγών παρουσιάζει πολλές ιδιομορφίες σε σχέση με τα έργα αγωγών μεταφοράς υγρών υδρογονανθράκων. Λόγω των ιδιομορφιών αυτών ανέκυψαν αντίστοιχα ερωτήματα τεχνογνωσίας, όπως: πώς τοποθετείται ο αγωγός στις διασταυρώσεις με τα συγκοινωνιακά έργα (δρόμοι, σιδηροδρομικές γραμμές) ή τις φυσικές-τεχνητές απορροές (ποτάμια, ρέματα, αρδευτικά έργα); Πώς κατασκευάζονται οι διελύσεις μέσα από περιβαλλοντικά προστατευόμενες περιοχές; Πώς σχεδιάζονται οι καμπύλες σε σημεία αλλαγής της οριζοντιογραφίας των οδεύσεων; Ποιοι κώδικες ή πρότυπα σχεδιασμού πρέπει να εφαρμοστούν και πώς, για την επιλογή επαρκούς πάχους τοιχώματος των αγωγών; Πώς ενσωματώνονται οι περιορισμοί ασφάλειας στο σχεδιασμό; Οι απαντήσεις στα ερωτήματα αυτά (και όχι μόνο) έφεραν σε φως τα διαχειριστικά προβλήματα της απαιτούμενης τεχνικής γνώσης, τα οποία επίσης αντιμετωπίστηκαν με υπεργολαβίες ή συνεργασίες μεταφοράς τεχνογνωσίας (KTT).
5. *Καθοδική προστασία*: η μελέτη της καθοδικής προστασίας αποτέλεσε επίσης κρίσιμο τεχνικό ζήτημα, στο βαθμό που αποτελεί προϋπόθεση λήψης μέτρων αντιμετώπισης της διάβρωσης του μηχανολογικού εξοπλισμού (Sklavounos και Rigas, 2006). Η απαιτούμενη τεχνογνωσία αποκτήθηκε σε συνεργασία με ερευνητική ομάδα του ΕΜΠ και συμμετοχή ξένων μελετητικών οίκων. Το αποτέλεσμα ήταν η διερεύνηση της διαβρωτικότητας των εδαφικών σχηματισμών κατά μήκος των χαράξεων και βάσει αυτής, η επίτευξη σχεδιασμού συστήματος θυσιαζόμενων ανόδων και θέσεων μέτρησης του δυναμικού, το οποίο αναπτύσσεται μεταξύ αγωγού και εδάφους (pipe to soil potential, βλ. σχετικά: Batis και Philoropoulos, 1995).
6. *Μονάδα ΥΦΑ*: πριν την έναρξη των έργων του ΕΣΦΑ, τεχνογνωσία για κρυογενικά συστήματα όπως π.χ για την αποθήκευση, υγροποίηση και επαναεριοποίηση του ΦΑ δεν υπήρχε στην Ελλάδα επαρκώς ανεπτυγμένη. Ο σχεδιασμός των εγκαταστάσεων της Ρεβυθούσας, εκπονήθηκε επίσης μέσω υπεργολαβιών σε εξειδικευμένους ξένους μελετητικούς οίκους, όπως η γαλλική Sofregaz και η βρετανική Kellog.
7. *Προβλήματα κατασκευής*: προβλήματα ΔΓ που παρουσιάστηκαν κατά την κατασκευή αφορούσαν κυρίως περιπτώσεις επιβεβλημένης αναθεώρησης μέρους του σχεδιασμού, λόγω *ad-hoc* φαινομένων, που δεν ήταν εφικτό να προβλεφθούν σε προγενέστερη φάση. Ως παράδειγμα αναφέρονται τα προβλήματα ρευστοποίησης (buoyancy) εδαφικών σχηματισμών στις διασταυρώσεις με ποταμούς, που δεν επισημάνθηκαν έγκαιρα, λόγω μη διαθεσιμότητας επαρκών υδρολογικών στοιχείων. Επίσης, η ευστάθεια πρανών σε διέλευση της χάραξης από θέσεις με ασταθές γεωλογικό υπόβαθρο προέκυψε εκ των υστέρων, μέσω της ανάγκης αποκατάστασης της ζώνης διέλευσης. Άλλου είδους προβλήματα είχαν σχέση με τον ποιοτικό έλεγχο των

υπηρεσιών του εργολάβου (συγκολλήσεις αγωγών, χωματοργικές εργασίες διάνοιξης επιχωμάτωσης της τάφρου, υδραυλικές δοκιμές, έλεγχοι, κλπ). Ακόμη, συχνά παρουσιάζονταν η δυσκολία ανταπόκρισης της επίβλεψης σε αποτελέσματα εργασιών με εξειδικευμένο γνωστικό αντικείμενο (π.χ. μη καταστροφικοί έλεγχοι, ζημιές υλικών, μέτρα εξυγίανσης εδάφους, κλπ.).

8. *Το ετερογενές των εγγράφων:* τα τεχνικά έγγραφα έχουν παραχθεί σε διαφορετικές χρονικές περιόδους, βάσει κωδίκων που υπόκεινται σε διαχρονικές αναθεωρήσεις. Η διάρθρωση της αρχειοθέτησης και κωδικοποίησης σχεδίων και μελετών, έχει υποστεί πολλές, και μεταξύ άλλων αναγκαίες, τροποποιήσεις από τους εκάστοτε διοικητές των έργων, γεγονός όμως που καθιστά δύσκολη την (επανα)χρησιμοποίηση σημαντικού μέρους των εγγράφων αυτών για ανάκτηση τεχνογνωσίας.

Συνοψίζοντας, προκύπτει ότι τα προβλήματα ΔΓ στην περίπτωση του ΕΣΦΑ προέκυψαν λόγω δυσκολίας διοίκησης ενός πολύπλοκου, διεπιστημονικού και πολύ-επιστημονικού έργου, που δεν είχε στο παρελθόν αντιμετωπιστεί, τόσο από τον ΔΕΣΦΑ, όσο και από τις εγχώριες ΕΣΜ. Η αντιμετώπιση των προβλημάτων επιτεύχθηκε μέσω συνεργασιών (ΚΤΤ) με κρατικά ιδρύματα που διέθεταν τεχνογνωσία στη γεωφυσική έρευνα (ΙΓΜΕ, Εθνικό Αστεροσκοπείο, ΕΜΠ, ΑΠΘ, κλπ), αλλά και από εκτεταμένες υπεργολαβίες σε εγχώριες ή ξένες εταιρίες με εμπειρία και τεχνογνωσία σε τομείς του ΦΑ που δεν είχαν επαρκώς αναπτυχθεί στην Ελλάδα. Οι επιλογές αυτές, είχαν ως αποτέλεσμα την επιτυχή ολοκλήρωση των έργων και τη μεταφορά σημαντικού μέρους τεχνογνωσίας σε εγχώριους εμπειρογνώμονες. Στον πίνακα Π-4.1 καταγράφονται τα προβλήματα αυτά, όπως έχουν δημοσιευθεί από τους Batzias και Spanidis (2008a).

4.3 Τα κενά γνώσης στην περίπτωση του ΕΣΦΑ

Η ταχεία εξέλιξη της επιστημονικής προόδου και της τεχνολογίας, οδηγεί, και συχνά επιβάλλει, αλλαγές στη φιλοσοφία ανάπτυξης και διοίκησης των συστημάτων παραγωγής στη σύγχρονη βιομηχανία. Οι επιχειρήσεις, προσπαθούν να προσαρμόζονται και να ανταποκρίνονται σε όσο το δυνατό μικρότερους χρόνους στις αλλαγές αυτές, με σκοπό να βελτιώσουν την ποιότητα των παραγομένων προϊόντων και υπηρεσιών, να μειώσουν το κόστος παραγωγής και να αποκτήσουν τελικώς ανταγωνιστικό πλεονέκτημα, στο χώρο της αγοράς που δραστηριοποιούνται. Η διαρκής αυτή προσπάθεια, προϋποθέτει επάρκεια τεχνολογικών και διοικητικών γνώσεων, οι οποίες εξασφαλίζονται, είτε μέσω ΣΔΓ, είτε με τη συμμετοχή εμπειρογνομώνων στις παραγωγικές λειτουργίες και στη λήψη αποφάσεων, είτε με συνδυασμό και των δύο περιπτώσεων.

Κατά τη πορεία προσαρμογής στις νέες απαιτήσεις, παρατηρείται συχνά το φαινόμενο οι επιχειρήσεις να αντιμετωπίζουν σοβαρά προβλήματα (στην περίπτωση των τεχνικών έργων είναι ανάλογα με αυτά που αναλύθηκαν προηγουμένως) και καλούνται να πάρουν αποφάσεις που σχετίζονται με ερωτήματα του τύπου π.χ. ποιος πρέπει να κάνει τι, κάτω από ποιες συνθήκες και περιορισμούς κόστους και χρόνου. Ανακαλύπτουν δηλαδή, πως δεν διαθέτουν την απαραίτητη γνώση για να επιτύχουν την απαιτούμενη μετάβαση στις νέες συνθήκες ή αν τη διαθέτουν, αυτό δεν συμβαίνει στον επιθυμητό βαθμό. Η απόσταση αυτή ανάμεσα στην απαιτούμενη γνώση προς επίτευξη κάποιου επιχειρησιακού στόχου (παραγωγή αγαθού, υπηρεσίας, ενσωμάτωση νέας τεχνολογίας,

	Προβλήματα οφειλόμενα σε κενά γνώσης	Βασικός Σχεδιασμός	Λεπτομερής Σχεδιασμός	Κατασκευή Αγωγών και Εγκαταστάσεων	Λειτουργία και Συντήρηση
1	<i>Δυσκολίες διοίκησης έργων</i>				
1.1	Ανάλυση έργου	●	■	▲	-
1.2	Ικανότητες προσωπικού	●	●	■	▲
1.3	Χρονοδιαγράμματα/δίκτυα (CPM/PERT)	●	▲	▲	-
1.4	Συντονισμός	●	■	■	▲
1.5	Συνεργασίες	●	■	-	-
2	<i>Προβλήματα οδεύσεων αγωγών</i>				
2.1	Περιβαλλοντικοί περιορισμοί	●	▲	▲	-
2.2	Εγκρίσεις από κρατικές υπηρεσίες	●	▲	■	▲
2.3	Νομοθεσία	■	-	-	-
2.4	Γεωλογικοί/Σεισμικοί περιορισμοί	■	■	■	▲
2.5	Επικινδυνότητα και Ασφάλεια	●	▲	-	-
3	<i>Προβλήματα μελετών</i>				
3.1	Σχεδιασμός αγωγών και εγκαταστάσεων	▲	●	▲	-
3.2	Συστήματα οργάνων ελέγχου (SCADA)	●	■	-	-
3.3	Καθοδική προστασία	▲	●	■	-
3.4	ΥΦΑ-Κρυογενικά	■	●	●	▲
3.5	Εξοπλισμός/υλικά	■	■	▲	-
3.6	Μελέτες HAZOP	-	●	-	-
4	<i>Δυσκολίες κατασκευής</i>				
4.1	Επανασχεδιασμοί	-	-	●	■
4.2	Κοινωνικές αντιδράσεις	■	-	●	▲
4.3	Φυσικά φαινόμενα	-	-	●	-
4.4	Εμπλοκές με υπηρεσίες	●	▲	■	▲
5	<i>Ετερογένεια εγγράφων έργων</i>	▲	▲	■	●

Ταξινόμηση σημαντικότητας προβλημάτων

Υψηλή :	●
Μέση :	■
Χαμηλή :	▲
Καμμία :	-

Πίνακας Π-4.1 Ταξινόμηση προβλημάτων σχετικών με τη ΔΓ στα έργα του ΕΣΦΑ (Batzias και Spanidis, 2008a)

σύναψη συνεργασίας, κλπ) και τη διαθέσιμη (ή τεχνογνωσία) συναντάται στη βιβλιογραφία υπό τον όρο κενό γνώσης (*knowledge gap*).

Τα κενά γνώσης έχουν επισημανθεί προ ετών από τους Lorrinch et al., (1984) ως φαινόμενο που εμπλέκεται με την επικοινωνιακή διάσταση της γνώσης και ειδικότερα ανάμεσα σε συνεργαζόμενες ομάδες. Στη βιβλιογραφία όμως, έχουν αναδειχθεί σχετικά πρόσφατα από τους Evers (2002), Hall και Andriani (2003), Lin et al., (2005) και Regev et al., (2006). Οι συγγραφείς αυτοί επιχειρούν να προσδιορίσουν τρόπους κατανόησης των κενών γνώσης και να καταστήσουν σαφές (μέσα από μελέτες περίπτωσης) ότι, τα κενά αυτά συνιστούν παράγοντα συνεκτίμησης στις προσεγγίσεις και τις αποφάσεις σχετικά με τη σύλληψη, σχεδίαση και αντιμετώπιση της ΔΓ στους σύγχρονους οργανισμούς, αλλά και στη διαμόρφωση οικονομικών μοντέλων και παραγωγικών συστημάτων, στα οποία η γνώση κατέχει πρωτεύοντα ρόλο.

Στον τομέα των τεχνικών έργων, η σημαντικότητα των κενών γνώσης έχει καταρχήν επισημανθεί από τους McBriar et al. (2003). Έμφαση στο ζήτημα έχει δοθεί από τους Batzias και Spanidis (2008a), οι οποίοι προσδιορίζουν αντιπροσωπευτικά κενά γνώσης που παρατηρήθηκαν κατά την κατασκευή του ΕΣΦΑ. Αναδεικνύουν τα κενά αυτά ως σύμπτωμα που συνδέεται με την ανυπαρξία ΔΓ στις εγχώριες ΕΣΜ, ενώ παρουσιάζουν τα προβλήματα που σχετίστηκαν με τη ΔΓ, λόγω των κενών γνώσης. Η επισκόπηση των κενών αυτών, εστιάστηκε στο περιβάλλον των εγχώριων ΕΣΜ, των οποίων η συσσωρευμένη εμπειρία αποτέλεσε υλικό βάσης για διερεύνηση και ανάπτυξη μεθόδων και τεχνικών ΔΓ για το συγκεκριμένο τύπο έργων, όπως παρουσιάστηκε σε άλλη εργασία των συγγραφέων αυτών (Batzias και Spanidis, 2008b).

Οι ΕΣΜ είναι οργανισμοί έντασης γνώσης και το γεγονός αυτό, τις ωθεί στη συνεχή βελτίωση των υποδομών τους για να αντικειμενικοποιούν τη γνώση που συσσωρεύουν. Παράλληλα, μεριμνούν και για την αναβάθμιση του επιπέδου των εμπειρογνομόνων τους, ώστε να μειώνουν το κόστος απόκτησης γνώσης και παράλληλα να εξασφαλίζουν την παραγωγή τεχνολογικά προηγμένων (*state of the art*) μελετών και εγγράφων, με το μικρότερο δυνατό κόστος. Ωστόσο, η τεχνολογική και τεχνική διαφοροποίηση μεταξύ των έργων, αλλά και η παρατηρούμενη διαρκής ανάπτυξη των τεχνολογικών προτύπων, μεθόδων και εργαλείων, συνιστούν αναπόφευκτη αιτία εμφάνισης κενών γνώσης. Συνεπώς, η προσπάθεια των ΕΣΜ στις αλλαγές του περιβάλλοντος της αγοράς, επιβάλλει τη συνεχή παρακολούθηση και διαχείριση των κενών γνώσης που παρουσιάζονται κατά περίπτωση.

Βάση των όσων προαναφέρθηκαν, μπορεί για λόγους ερευνητικής μεθοδολογίας, να στοιχειοθετηθεί μια ταξινόμηση των κενών γνώσης, που παρατηρήθηκαν στις εγχώριες ΕΣΜ, σε τρεις βασικές κατηγορίες, όπως τα κενά αυτά έγιναν κατανοητά από τους Batzias και Spanidis (2008a): (α) *έλλειψη γνώσης (lack of knowledge)*, (β) *απώλεια γνώσης (knowledge loss)* και (γ) *δυσλειτουργία γνώσης (knowledge misuse)*.

Έλλειψη γνώσης μπορεί να αναφερθεί στις περιπτώσεις όπου μια ΕΣΜ διαπιστώνει πως δεν διαθέτει σε κανένα επίπεδο, την απαιτούμενη γνώση για να αντεπεξέλθει στις τεχνολογικές απαιτήσεις ενός νέου έργου, εφόσον η ενδοεταιρική αναζήτηση οδηγεί στη διαπίστωση αυτή. Οι περιπτώσεις αυτές αντιμετωπίζονται σύναψη με συνεργασιών υποστήριξης ή απόκτησης γνώσης από εταιρίες εξειδικευμένων συμβούλων ή κατόχων τεχνογνωσίας ή/και σε συνδυασμό με προσλήψεις εμπειρογνομόνων.

Απώλεια γνώσης μπορεί να αναφερθεί στις περιπτώσεις όπου μια ΕΣΜ διαπιστώνει ότι, και μεν διαθέτει επαρκή γνώση για την αντιμετώπιση των αναγκών της μέχρι κάποια χρονική στιγμή, αλλά την απώλεσε, μερικά ή ολικά. Στις περιπτώσεις αυτές γίνονται επιλογές απόκτησης γνώσης, μέσω προσλήψεων ή/και συνεργασιών όπως και στην περίπτωση της έλλειψης γνώσης.

Δυσλειτουργία γνώσης μπορεί να αναφερθεί στις περιπτώσεις όπου μια ΕΣΜ διαθέτει ενδεχομένως επαρκή γνώση για αντιμετώπιση των απαιτήσεων των έργων, αλλά δεν είναι σε θέση να αποτιμήσει και τεκμηριώσει το μέγεθος και το βαθμό επάρκειας της γνώσης αυτής. Αντίστοιχες επιλογές απόκτησης και ενσωμάτωσης γνώσης γίνονται, και στην περίπτωση αυτή, μέσω προσλήψεων ή/και συνεργασιών.

Στο σχήμα Σ-4.1 απεικονίζονται με γραφήματα και οντολογικές σχέσεις τα κενά γνώσης. Συγκεκριμένα, αν θεωρηθεί η γνώση ως σύνολο οντοτήτων με αντικειμενικοποιημένη διάσταση, τότε με Kp συμβολίζεται ως σύνολο η γνώση που απαιτείται για κάποιο έργο που πρόκειται να εκπονηθεί, με Ka ως σύνολο η γνώση που είναι πραγματικά διαθέσιμη από την ΕΣΜ, ενώ με Kg το κενό γνώσης που προκύπτει από το λογικό συσχετισμό μεταξύ των συνόλων Kp και Ka .

Στην περίπτωση του ΕΣΦΑ τα κενά γνώσης παρουσιάζουν μια αλληλεπίδραση με τον τύπο και τη διάσταση των προβλημάτων που αναπτύχθηκαν προηγουμένως. Σύμφωνα με τους Batzias και Spanidis (2008a), τα κενά αυτά εξειδικεύονται όπως παρακάτω:

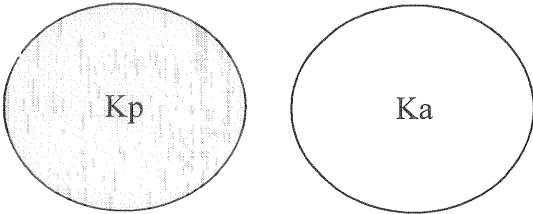
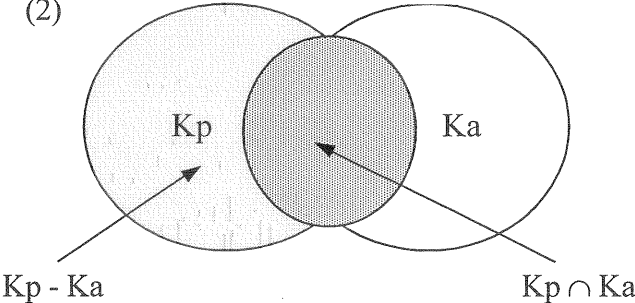
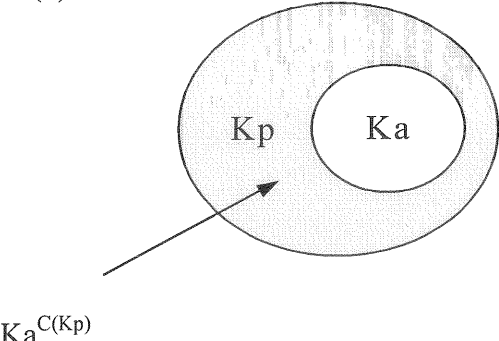
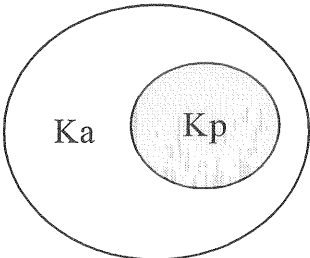
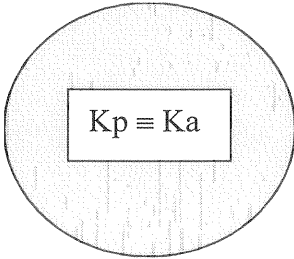
1. Έλλειψη γνώσης

(α) *Παρανοήσεις*: αφορά τις περιπτώσεις που συγκροτούνται ομάδες εμπειρογνομόνων στις ΕΣΜ για προσδιορίσουν τις τεχνικές, τεχνολογικές και οργανωτικοδιοικητικές απαιτήσεις των προς εκπόνηση έργων. Πολλές φορές, στην προσπάθεια αυτή, παρουσιάζονται σφάλματα λόγω μη επαρκούς κατάρτισης των εμπειρογνομόνων. Αυτό συνεπάγεται παρανοήσεις για την επάρκεια και το εύρος των απαιτήσεων των έργων και συνιστά κενό έλλειψης γνώσης.

(β) *Απουσία έρευνας και ανάπτυξης*: Η μικρή έως εμβρυακή συμμετοχή των εγχώριων ΕΣΜ σε προγράμματα έρευνας και ανάπτυξης για τη βιομηχανία και τα έργα κατασκευής υποδομών ΦΑ, ειδικότερα στα τέλη της δεκαετίας του 1980, είχε ως αποτέλεσμα την έλλειψη επαρκούς γνώσης για τα έργα του επιχειρησιακού μεγέθους, των τεχνολογικών απαιτήσεων και της πολυπλοκότητας του ΕΣΦΑ.

(γ) *Συντονισμός συνεργασιών*: Η εμπλοκή πολλών οργανισμών (συμβούλων, υπεργολάβων, ινστιτούτων έρευνας, κλπ) στο περιβάλλον των ΕΣΜ, είχε ως αποτέλεσμα να εμφανιστούν αδυναμίες συντονισμού των συνεργασιών αυτών. Αυτό επιβεβαιώθηκε όταν οι διοικητές των έργων, που προέρχονταν κυρίως από τις ΕΣΜ, κλήθηκαν να συντονίσουν προσωπικό διαφορετικής εθνικότητας, τεχνικής κουλτούρας και ιδιοσυγκρασίας που ανήκε σε εργολάβους, συμβούλους, κλπ. Προοδευτικά, η εμπειρία των εγχώριων εμπειρογνομόνων αυξήθηκε σημαντικά στον τομέα του συντονισμού, όμως μόνο υπό τη μορφή άρρητης γνώσης.

(δ) *Έλλειψη οντολογικού λεξικού*: κατά τη διάρκεια των έργων αναπτύσσεται μια συγκεκριμένη ορολογία που συνιστά τον οντολογικό κώδικα του έργου, βάσει του οποίου οι συμμετέχοντες στην υλοποίηση του έργου συνεννοούνται, συμβάλλονται και

Γραφηματική απόδοση κενών γνώσης (σε περιβάλλον ΕΣΜ)	Σχέση συνόλων K_p, K_a και K_g	Παρατηρήσεις
<p>(1)</p> 	$(K_p \neq K_a) \wedge$ $(K_p \cap K_a = \emptyset) \Rightarrow$ $K_g = K_p - K_a = K_p$	Πλήρης έλλειψη γνώσης - Απαιτείται απόκτηση γνώσης επί μηδενικής βάσεως (ασυνήθης περίπτωση)
<p>(2)</p> 	$(K_p \neq K_a) \wedge$ $(K_p \cap K_a \neq \emptyset) \Rightarrow$ $K_g = K_p - K_a \neq \emptyset$	Σημαντικό κενό γνώσης - Απαιτείται απόκτηση γνώσης μέσω συνεργασιών (KTT) ή προσλήψεων (συνήθης περίπτωση)
<p>(3)</p> 	$(K_p \neq K_a) \wedge$ $(K_a \subseteq K_p) \Rightarrow$ $K_p \cap K_a = K_a \Rightarrow$ $K_g = K_p - K_a =$ $K_a^{C(K_p)} \neq \emptyset$	Σημαντικό κενό γνώσης - Απαιτείται απόκτηση γνώσης μέσω συνεργασιών (KTT) ή προσλήψεων (συνήθης περίπτωση)
<p>(4)</p> 	$(K_p \neq K_a) \wedge$ $(K_p \subseteq K_a) \Rightarrow$ $K_p \cap K_a = K_p \Rightarrow$ $K_g = K_p - K_a = \emptyset$	Δεν υπάρχει κενό γνώσης - Διαθέσιμη γνώση για τη διεκπεραίωση του έργου (συνήθης περίπτωση)
<p>(5)</p> 	$(K_p \equiv K_a) \Rightarrow$ $(K_p \cap K_a \equiv \emptyset) \Rightarrow$ $K_g = K_p - K_a \equiv \emptyset$	Δεν υπάρχει κενό γνώσης - Διαθέσιμη γνώση για τη διεκπεραίωση του έργου (ιδανική περίπτωση)

Σχήμα Σ-4.1: Αναπαράσταση κενών γνώσης με χρήση γραφημάτων και οντολογικών σχέσεων

δρουν στις τεχνικές και οργανωτικοδιοικητικές λειτουργίες. Για παράδειγμα, οι έννοιες engineering και design σε πολλές περιπτώσεις συμβάσεων ήταν σαφώς διαχωρισμένες και εννοιολογικά προσδιορισμένες, ενώ σε άλλες περιπτώσεις υπήρξαν παρανοήσεις ταύτισης των εννοιών αυτών. Αντίστοιχη περίπτωση υπήρξε για την έννοια του construction supervision. Από πλευράς των ΕΣΜ ο όρος αυτός ισοδυναμεί εννοιολογικά με τον έλεγχο των εργασιών που εκτελεί ο εργολάβος κατασκευής των υποδομών του ΦΑ, σύμφωνα με τις υποδείξεις και τα συνοδευτικά σχέδια της σύμβασης. Αντίθετα, από πλευράς εργολάβων ο όρος συχνά ερμηνεύθηκε, ως η κατά γράμμα υπόδειξη από τους επιβλέποντες των ΕΣΜ των εργασιών που πρέπει να εκπονηθούν, μαζί με την παροχή λεπτομερών επεξηγήσεων, διευκρινίσεων, καθοδηγήσεων, κλπ. Η διάσταση των αντιλήψεων σε θέματα εννοιών και ορολογίας, συνεπάγεται έλλειψη οντολογίας των έργων. Ωστόσο, η σύνταξη ενός οντολογικού λεξικού με καταχώρηση και τήρηση της ορολογίας των έργων του ΦΑ, δεν έχει ακόμη επιχειρηθεί, τουλάχιστον σε εγχώριο επίπεδο και αυτό συνιστά κενό έλλειψης γνώσης.

2. Απώλεια γνώσης

(α) *Μετακινήσεις προσωπικού*: σε πολλές περιπτώσεις, το εξειδικευμένο προσωπικό των έργων άλλαξε αντικείμενο απασχόλησης, λόγω μεταβολών στα οργανογράμματα χωρίς να έχει προηγουμένως εκπαιδευσει επαρκώς τους αντικαταστάτες του, είτε ακόμη, αποσύρονταν λόγω ηλικίας ή αλλαγής εργασίας. Στις περιπτώσεις αυτές οι ΕΣΜ παρουσίασαν σημαντική απώλεια ευφυούς κεφαλαίου δηλαδή άρρηκτης γνώσης, το οποίο είχαν πολλές φορές αναπτύξει με ίδιους πόρους και σε βάθος χρόνου.

(β) *Τεχνικά αρχεία*: κάθε ΕΣΜ που συμμετέχει στα έργα του ΕΣΦΑ συγκροτεί το δικό της τεχνικό αρχείο, με δικές τις προδιαγραφές, καθιστώντας έτσι το μερίδιο της ρητής γνώσης που ανέπτυξε μέσω και λόγω των έργων που εκπόνησε, σε κάποιες περιπτώσεις τυπικά επαναχρησιμοποιήσιμο. Όμως, αναφορές σχετικά με την εκδήλωση και αποκατάσταση τεχνικών σφαλμάτων, προσωπικές εμπειρίες και απόψεις των εμπειρογνομόνων ή εκθέσεις δομημένες στη λογική της αντικειμενικοποίησης της αποκτηθείσας γνώσης, δεν καταχωρούνται στα τεχνικά αρχεία. Ειδικότερα, μετά την αποπεράτωση (mechanical completion) των έργων όταν σύμβουλοι, υπεργολάβοι και συνεργάτες αποχωρούσαν σταδιακά, κυριαρχούσε η λογική της οικονομίας του έργου και όχι η της οικονομίας της γνώσης. Με τις αναθεωρήσεις στους κώδικες και τα πρότυπα σχεδιασμού των έργων, τα μη επικαιροποιημένα τεχνικά αρχεία έχουν καταστεί παράγοντας διαπίστωσης της ύπαρξης απώλειας γνώσης.

3. Δυσλειτουργία γνώσης

(α) *Μη διαθεσιμότητα εμπειρογνομόνων*: οι εμπειρογνώμονες συχνά εργάζονται σε έργα που εκτελούνται μακριά από το περιβάλλον της ΕΣΜ, ενώ οι αντικαταστάτες τους δεν είναι επαρκώς ενημερωμένοι ή δεν διαθέτουν επαρκή εμπειρία ή εκπαίδευση για να ανταποκριθούν στις ανάγκες των νέων έργων. Αυτό αποτελεί κενό δυσλειτουργίας, δεδομένου ότι η χρήση αντικαταστατών, οδηγεί δυνητικά σε εσφαλμένες διαπιστώσεις σχετικά με την επάρκεια ή μη της γνώσης, που μια ΕΣΜ πραγματικά διαθέτει.

(β) *Εκπαίδευση*: οι ΕΣΜ συχνά προβαίνουν σε εκπαίδευση του προσωπικού τους σε περιοχές με κρίσιμο τεχνολογικό ενδιαφέρον. Ωστόσο, η άντληση, καταχώρηση και διανομή στους υπόλοιπο εμπλεκόμενο προσωπικό της αποκτηθείσας γνώσης μέσω της εκπαιδευτικής διαδικασίας, δεν έχει καταστεί ιδιαίτερα αποτελεσματική, γεγονός που συνιστά κενό δυσλειτουργίας γνώσης.

(γ) *Συγκρούσεις προσωπικού*: αναφέρεται σε περιπτώσεις διαφοράς απόψεων ή/και συγκρούσεων μεταξύ των εμπειρογνομώνων των ΕΣΜ και του νεοπροσλαμβανόμενου σε αυτές προσωπικού, ειδικότερα σε θέματα αξιολόγησης και διαχείρισης της ενδοεταιρικής γνώσης. Η διάσταση μεταξύ παλαιότερων και νεότερων αντιλήψεων σε τεχνικά θέματα, οδηγεί σε πολώσεις που, όχι σπάνια, δημιουργούν εσφαλμένες αποφάσεις, τόσο σε σχέση με την πραγματικά διαθέσιμη ενδοεταιρική γνώση, όσο και σε σχέση το μέγεθος και το είδος της απαιτούμενης (προς απόκτηση) γνώσης.

4.4 Διαπιστώσεις

Τα εξαγόμενα της βιβλιογραφικής έρευνας, σε συνδυασμό με την επιβεβαίωσή τους μέσα από την εμπειρία των έργων του ΕΣΦΑ αναδεικνύει, ότι καταρχήν το ζήτημα της ΔΓ στα τεχνικά έργα γενικώς, πολύ δε περισσότερο στον τομέα της κατασκευής υποδομών ΦΑ, παρουσιάζει ιδιαίτερο ερευνητικό ενδιαφέρον. Συνοψίζοντας τα προαναφερόμενα στο προηγούμενο, αλλά και στο παρόν, κεφάλαιο της διατριβής, στοιχειοθετούνται οι παρακάτω διαπιστώσεις:

1. Η ΔΓ και η ανάπτυξη ΣΔΓ στον τομέα των κατασκευαστικών έργων είναι μια *sine-qua non* ανάγκη στο βαθμό που μέσω των συστημάτων αυτών, οι εμπλεκόμενοι οργανισμοί ενισχύουν τη βιωσιμότητα και ανταγωνιστικότητά τους. Ειδικότερα στον τομέα του ΦΑ, όπου το ερευνητικό εύρος και βάθος δεν έχει καταστεί απόλυτα ευδιάκριτο, η ανάγκη αυτή τεκμηριώνει προοπτικές *πραιτέρω έρευνας*. Αυτή η διαπίστωση καθίσταται ιδιαίτερα εμφανής, δεδομένου ότι τα ΣΔΓ που εξετάστηκαν, επικεντρώνονται στη λειτουργία των έργων, με στόχο την ελαχιστοποίηση του λειτουργικού κόστους.
2. Τα ΣΔΓ που εξετάστηκαν στη βιβλιογραφία, αναφέρονται σε επιστημονικές περιοχές που σχετίζονται θεματικά με τη διάβρωση των μετάλλων, τη βελτιστοποίηση λειτουργίας των δικτύων διανομής ΦΑ, τη διάβρωση σε υποθαλάσσιο περιβάλλον, κλπ. Ωστόσο, η ανάπτυξη της γνώσης αποκλειστικά σε έργα αγωγών ΦΑ σε τρόπο που να είναι αντιληπτή η ΔΓ από μια διακριτή φάση του έργου στην επόμενη και ειδικότερα στις φάσεις προ της λειτουργίας (τεχνοοικονομική αξιολόγηση, σχεδιασμός, κατασκευή, κλπ) δεν έχει επαρκώς αναδειχθεί. Επίσης, δεν είναι εμφανής η ΔΓ σε περιπτώσεις έργων που κατασκευάζονται σε διαφορετικές *γεωγραφικές, κλιματολογικές και υδρολογικές* συνθήκες, δηλαδή για παράδειγμα, πως αναπτύσσεται η γνώση ή τι είδους τεχνολογικές διαφοροποιήσεις υπάρχουν σε έργα που εκτελούνται σε αρκτικό περιβάλλον ή σε υποθαλάσσιες, ποτάμιες, λιμναίες διελεύσεις, κλπ.
3. Τα έργα μεταφοράς υδρογονανθράκων παρουσιάζουν πολύ μικρούς χρόνους μελέτης και κατασκευής σε σχέση με το χρόνο λειτουργίας τους. Για παράδειγμα, στα αρχικά χρονοδιαγράμματα κατασκευής του ΕΣΦΑ προβλεπόταν διάρκεια μελέτης και κατασκευής 3 ετών και 50 χρόνια λειτουργίας των υποδομών, δηλαδή αναλογία

χρόνου περίπου 1:17. Αντίστοιχα παραδείγματα αναφέρονται για τους αγωγούς ΦΑ Blue Stream και Nabucco, όπως και για τον αγωγό αργού πετρελαίου Ceychan-Baku όπου οι αναλογίες χρόνου είναι 1:15, 1:10 και 1:20 αντίστοιχα (στοιχεία από εκδόσεις της μηνιαίας επιθεώρησης Pipeline and Gas Journal, 2000-2009). Οι αναλογίες αυτές καταδεικνύουν *ισχυρή ετεροβαρή σχέση του χρόνου που διατίθεται ανάμεσα στα πρώτα στάδια ανάπτυξης (που είναι και τα περισσότερο σημαντικά από άποψη ΔΓ) και στο χρονικό ορίζοντα λειτουργίας των έργων*. Αυτό δημιουργεί μια τάση μείωσης της σημασίας της γνώσης που αναπτύσσεται στα πρώιμα στάδια των έργων από πολλούς διοικητές έργων, παρότι η βαρύτητα και σημασία της γνώσης αυτής, για κάθε έργο, είναι αντιστρόφως ανάλογη του χρόνου στον οποίο αυτή αναπτύσσεται. Η μείωση της σημασίας της γνώσης, καθιστά όχι ιδιαίτερα ελκυστική την προοπτική διαμόρφωσης ενός ολοκληρωμένου πλαισίου ΔΓ που να αποβλέπει στον πλήρη κύκλο ζωής των έργων. Η δυσκολία αυτή υπεισέρχεται ιδιαίτερα στα πρώτα στάδια που η ζήτηση γνώσης είναι αυξημένη, τα τεχνικά προβλήματα επείγοντα και οι αποφάσεις λαμβάνονται, με αποκλειστικό σχεδόν στόχο την εξοικονόμηση πόρων και την ελαχιστοποίηση των χρονικών διολισθήσεων (Riis και Mikkelsen, 1997; Uher και Toakley, 1999).

4. Τα πρώιμα στάδια των έργων χαρακτηρίζονται από αυξημένη ένταση κεφαλαίου και οι διαχειριστές τους προτιμούν να επιλύουν τις ελλείψεις τεχνογνωσίας με αναθέσεις σε εταιρίες ή ομάδες εμπειρογνομόνων. Με τον τρόπο αυτό αποκτάται η απαιτούμενη τεχνογνωσία σε μορφή επεξεργασμένη και άμεσα αξιοποιήσιμη. Αυτό λειτουργεί *περιοριστικά* στην προοπτική ανάπτυξης και διάδοσης της τεχνογνωσίας, με αποτέλεσμα, όσο το έργο βαδίζει προς τη λειτουργία, η στενότητα πόρων και η αναπόφευκτη συρρίκνωση των οργανωτικών-διοικητικών δομών των έργων, να απομακρύνει σημαντικά την προοπτική ΔΓ οδηγώντας στην αμνησία των έργων (Kasvi et al., 2003; Schindler και Erppler, 2003)
5. Τα έργα κατασκευής αγωγών ΦΑ παρουσιάζουν απαιτήσεις σε τεχνογνωσίας από διάφορες επιστημονικές ειδικότητες (γεωλόγους, περιβαλλοντολόγους, μηχανικούς χαράξεων και τεχνολόγους υλικών, μηχανικούς διεργασιών, σχεδιαστές, κλπ). Η σύνθεση των διεπιστημονικών ομάδων διαφοροποιείται σε κάθε διακριτή φάση του έργου. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, να παρουσιάζονται συχνά ελλείψεις και ασυνέχειες σε γνωστικά αντικείμενα, ειδικότερα ανάμεσα σε επικαλυπτόμενους ή/και αλληλοσχετιζόμενους *τομείς γνώσης*. Τα προβλήματα αυτά, που προέρχονται από τα παρατηρούμενα κενά γνώσης, αυξάνουν το κόστος των μελετών και οι διαχειριστές τα επιλύουν εκ των ενόντων, με χειρισμούς που αποσκοπούν στη συντόμευση του χρόνου επίλυσης και στον έλεγχο του οριακού κόστους των έργων (Shtub et al., 2005).
6. Δεδομένης της τεχνικής και τεχνολογικής πολυμορφίας των έργων, η εμφάνιση κενών γνώσης είναι σχεδόν αναπόφευκτη, όπως αναπόφευκτη είναι και η λήψη αποφάσεων για τη *γεφύρωσή τους* (bridging of knowledge gaps, Batzias και Spanidis, 2008b). Το ζήτημα που αφορά τη ΔΓ ξεκινάει από τη στιγμή που η γνώση που αποκτάται κατά τη διάρκεια, ή έστω συσσωρεύεται μετά το πέρας των έργων, θα πρέπει με κάποιο τρόπο να αποτελέσει αντικείμενο διαχείρισης από τις ΕΣΜ ή από τις ΕΣΜ σε συνεργασία με άλλους οργανισμούς που ενδιαφέρονται για τη συγκεκριμένη γνώση (π.χ. πανεπιστήμια, ερευνητικά ιδρύματα, κλπ).

7. Τα *διακρατικά έργα* αγωγών μεταφοράς ΦΑ (που χαρακτηρίζονται και ως γεωπολιτικά) δημιουργούν ενεργειακές υποδομές οικονομιών κλίμακας και συνήθως υλοποιούνται μέσω συνεργασιών (consortia) απαρτιζόμενα από προμηθευτές, μελετητές, κατασκευαστές των έργων, χρηματοδοτικούς οργανισμούς, κλπ. Τα consortia, πέρα από την εξασφάλιση της συγκατάθεσης των τοπικών κυβερνήσεων για την κατασκευή των έργων, αποσκοπούν κύρια στη βελτιστοποίηση της σχέσης κόστους κατασκευής και μεταφοράς του προϊόντος με το μακροπρόθεσμο εμπορικό όφελος. Η ανάπτυξη και διάχυση της γνώσης εκλαμβάνεται ως πρόσθετο κόστος και, ενδεχομένως, επίσης ως *στρατηγική παραχώρηση*, στο βαθμό που για κάποιες εταιρίες συμβούλων (παροχής υπηρεσιών τεχνογνωσίας) η απώλεια της αποκλειστικότητας στην περιοχή της τεχνογνωσίας που εμπορεύονται, συνιστά προϋπόθεση δημιουργίας τοπικών ανταγωνιστικών πυρήνων από τις τεχνικές και επιστημονικές κοινότητες των εμπλεκόμενων χωρών. Για το λόγο αυτό, η έμφαση στην ανάπτυξη γνώσης στρέφεται περισσότερο στην μάθηση μέσω εκπαίδευσης επί του έργου (learning by doing-on the job training) και λιγότερο στην προοπτική οργανωμένης ανάπτυξης της εγχώριας τεχνογνωσίας, ειδικότερα όταν πρόκειται για έργα που κατασκευάζονται σε αναπτυσσόμενες ή υπό ανάπτυξη χώρες (Dey et al., 1996; Dey, 1999).

Από τα προαναφερόμενα προκύπτει, ότι η ΔΓ στα έργα του ΦΑ αποτελεί ένα πολυδιάστατο ζήτημα, λόγω των ιδιαιτεροτήτων που αυτή παρουσιάζει. Από την άλλη πλευρά, η δραστηριότητα της κατασκευαστικής βιομηχανίας του ΦΑ παρουσιάζει μια εμφανή, γραμμικά αυξανόμενη τάση ανάπτυξης στο διεθνές περιβάλλον. Το γεγονός αυτό, σημαίνει ότι, στο μέλλον θα εμπλέκονται όλο και περισσότερες ΕΣΜ με τη χρηματοδότηση, σχεδίαση, κατασκευή, και λειτουργία κλπ. των υποδομών του ΦΑ. Αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα, τη διαμόρφωση ενός πολύπλοκου και ανταγωνιστικού περιβάλλοντος, όπου οι τεχνολογικές προϋποθέσεις και, κατά συνέπεια, οι απαιτήσεις σχεδίασης, ανάπτυξης και εφαρμογής ΣΔΓ στο επίπεδο των συναφών έργων, θα προκύψουν ως ιδιαίτερα επιτακτικές.

4.5 Ερωτήματα έρευνας

Αν υποτεθεί ότι επιχειρείται η διερεύνηση των προϋποθέσεων σχεδίασης και ανάπτυξης ενός μοντέλου ΣΔΓ ή μιας μεθοδολογίας ΔΓ που να είναι εφαρμόσιμο στα έργα αγωγών ΦΑ και να λειτουργεί στο περιβάλλον μιας τυπικής εγχώριας ΕΣΜ, θα πρέπει προηγουμένως να τεθούν, και στη συνέχεια να απαντηθούν, κάποια βασικά ερωτήματα έρευνας. Τα ερωτήματα αυτά θα πρέπει, αφενός να κατευθύνονται από τα αποτελέσματα της διερεύνησης της βιβλιογραφικής έρευνας, αφετέρου δε από τις διαπιστώσεις που αφορούν συνολικά το συγκεκριμένο τύπο έργων, συνυπολογιζόμενων και των δεδομένων της εμπειρίας από τα έργα του ΕΣΦΑ. Συγκεκριμένα:

1. Βάσει ποιων λογικών *παραδοχών* και *κριτηρίων* θα μπορούσαν να τεκμηριωθούν οι *βασικές αρχές* και η *μεθοδολογία* ανάπτυξης ενός μοντέλου ΔΓ για τα έργα του ΦΑ, ώστε να αντιμετωπίζονται με όρους, μεθόδους και τεχνικές ΔΓ, τα προβλήματα και τα κενά γνώσης που παρατηρούνται στις εγχώριες στις ΕΣΜ, όπου οι συνθήκες τεχνολογικής υστέρησης είναι εμφανείς;

2. Ποιες θεματικές ενότητες των έργων του ΦΑ παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον από άποψη ΔΓ, ώστε να χρησιμοποιηθούν ιστορικά γνωσιολογικά δεδομένα από αυτές, ως ερευνητικό υπόβαθρο για την επαλήθευση της λειτουργικότητας του μοντέλου ΣΔΓ σε πραγματικές συνθήκες;
3. Πώς μπορεί να ενσωματωθεί το θεωρητικό πλαίσιο της ΔΓ (έννοιες, μέθοδοι, τεχνικές, παράγοντες ΔΓ, κλπ) που αναπτύχθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια στο περιβάλλον των έργων του ΦΑ και, ειδικότερα, ο συγκερασμός της *περιεχομενο-κεντρικής* με την *λειτουργικο-κεντρική* θεώρηση της γνώσης, μέσω της μετατροπής της άρρητης γνώσης σε ρητή και αντίστροφα, στο βαθμό που η μετατροπή αυτή επιτυγχάνεται με τη συμμετοχή και αλληλεπίδραση παραγόντων ΔΓ;
4. Πως μπορεί, να τεκμηριωθεί ένας κατανοητός τρόπος *αντικειμενικοποίησης* της γνώσης, μέσω της *τεχνικής οντολογίας των έργων του ΦΑ*, δεδομένου ότι μέσω αυτής επιτυγχάνεται κωδικοποίηση και αποθήκευση της γνώσης σε κάποιας μορφής σύστημα *εταιρικής μνήμης* και ποιες θα μπορούσαν να είναι οι οργανωτικοδιοικητικές αλλαγές που θα καθιστούσαν βιώσιμη την σχεδίαση και ανάπτυξη μοντέλου ΣΔΓ χρήσιμου για το γνωστικό δυναμικό των ΕΣΜ;
5. Πως γίνεται κατανοητός ο τρόπος αντικειμενικοποίησης της γνώσης σε *διακριτές φάσεις* των έργων του ΦΑ και ειδικότερα στις περιπτώσεις που απαιτείται λήψη *κρίσιμων αποφάσεων* από τους διοικητές των έργων, κατά τη διάρκεια διαφόρων τεχνικών, οικονομικών και διοικητικών διεργασιών οι οποίες διεξάγονται στο πλαίσιο των έργων αυτών;
6. Ποιες *τεχνικοοικονομικές* θεωρήσεις θα πρέπει να επισημανθούν και σχολιασθούν ως ιδιαίτερα σημαντικές για τις προϋποθέσεις ανάπτυξης ενός μοντέλου ΔΓ, δεδομένων των διαχειριστικών περιορισμών που επιβάλλονται στο περιβάλλον των τεχνικών έργων και των αντιλήψεων σχετικά με τη διάσταση της ΔΓ από τους διοικητές των έργων, αλλά και τους τεχνικούς οργανισμούς γενικότερα ;
7. Ποια θα πρέπει να είναι τα χαρακτηριστικά της επιστημονικής επιχειρηματολογίας βάσει των οποίων θα απορρέει η *διαφοροποίηση* της φιλοσοφίας του προτεινόμενου ΣΔΓ, σε σχέση με τη φιλοσοφία συναφών ΣΔΓ που ερευνήθηκαν, ώστε να αναγνωρίζεται η *πρωτοτυπία* της πρότασης, σε συνάρτηση με τη συνεισφορά της στο έλλειμμα βιβλιογραφίας, τη χρηστικότητά της στο περιβάλλον των έργων, καθώς επίσης και τη συμβολή της στη διαμόρφωση κινήτρων και προϋποθέσεων *περαιτέρω έρευνας*;

Στο επόμενο κεφάλαιο, παρουσιάζονται απαντήσεις στα προαναφερόμενα ερωτήματα, μέσω της θεώρησης ενός γενικευμένου ΣΔΓ που στηρίζεται στο υλικό των εργασιών των Batzias και Spanidis (2008a και 2008b). Η δυνατότητα υλοποίησης της πρότασης υποστηρίζεται από ανάδειξη λειτουργίας διακριτών υποσυστημάτων που ανταποκρίνονται σε γνωστικές περιοχές των έργων αυτών.

5. ΠΡΟΤΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΗΣ ΓΝΩΣΗΣ

Σύμφωνα με τις κλασσικές απόψεις της ανάλυσης συστημάτων (Ackoff και Sengupta, 1965) κάθε βιομηχανικό, φυσικό, κοινωνικό, πληροφοριακό, κλπ. σύστημα, αποτελείται από οντότητες που συνυπάρχουν στο χώρο και το χρόνο, υπόκεινται σε έλεγχο και εξελίσσονται, βάσει αποφάσεων και λειτουργιών, προς την κατεύθυνση εκπλήρωσης κάποιου κοινού σκοπού. Υπό την έννοια αυτή, η προσέγγιση ενός ΣΔΓ για τα τεχνικά έργα, πρέπει να εστιάζεται στην αναζήτηση και τον εντοπισμό οντοτήτων που απαρτίζουν την γνώση των έργων, τη δόμηση των οντοτήτων σε οντολογικά σχήματα και στη λειτουργική διασύνδεση και αλληλεπίδρασή τους.

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται πρόταση ΣΔΓ προσανατολισμένου στις ανάγκες των εγχώριων ΕΣΜ, οι οποίες εμπλέκονται με κατασκευαστικά έργα της βιομηχανίας του ΦΑ. Προσδιορίζονται οι γενικές αρχές και τα επί μέρους στάδια της επιστημονικής μεθοδολογίας που υιοθετήθηκε για την ανάπτυξη του συστήματος. Ακολούθως, παρουσιάζονται αντιπροσωπευτικά υποσυστήματα ΔΓ που υπάγονται στη φιλοσοφία της πρότασης, μέσω των οποίων αποδεικνύεται η δυνατότητα επίλυσης πολύπλοκων τεχνοοικονομικών και διαχειριστικών προβλημάτων των έργων.

5.1 Γενικές αρχές

Η σύλληψη και πρόταση ενός ΣΔΓ εστιάζεται καταρχήν στην ανάλυση των αναγκών που θα κληθεί να καλύψει και στις απαιτήσεις, κάτω από τις οποίες θα σχεδιαστεί και θα λειτουργήσει. Η τεκμηρίωση αναγκών και απαιτήσεων επεκτείνεται στη σύνθεση του συστήματος, όπου εμφανίζονται οι δομές, οι λειτουργίες και τα χαρακτηριστικά γνώρισμα, που θα το καταστήσουν αποδεκτό, εφόσον προορίζεται να συμβάλει στο πεδίο της έρευνας για τη ΔΓ. Ταυτοχρόνως, πρέπει να αναδεικνύεται η χρηστικότητα του σε πραγματικές συνθήκες διακριτών φάσεων έργων ΦΑ.

Για τους προαναφερόμενους λόγους, υιοθετήθηκαν ορισμένες αρχές βάσει των οποίων ενισχύεται η λογική, η μεθοδολογία και η πρακτική ανάπτυξής του. Οι αρχές αυτές αντιπροσωπεύουν προϊόν διαλεκτικής αποσύνθεσης και ανασύνθεσης των βιβλιογραφικών ευρημάτων, προβλημάτων και κενών γνώσης που αναφέρθηκαν σε προηγούμενα κεφάλαια, με συνεκτίμηση της υπάρχουσας εμπειρίας από έργα δικτύων ΦΑ που κατασκευάστηκαν τα τελευταία είκοσι χρόνια στην Ελλάδα. Οι αρχές αυτές είναι:

(A1) *Αρχή της δομικής διάρθρωσης*: ανταποκρίνεται στην ανάγκη το σύστημα να ενσωματώνει το χαρακτηριστικό γνώρισμα των συστημάτων (Pidwirny, 2006) που είναι η *δομή (structure)*. Στην προκειμένη περίπτωση, η δομή απαρτίζεται από οντολογίες τομέων γνώσης, μέσω των οποίων αναπαρίσταται εννοιολογικά η ρητή γνώση (που εισρέει στις ΕΣΜ μέσω των έργων) καθιστάμενη αντικείμενο διαχείρισης.

(A2) *Αρχή της γνωσιολογικής συνάφειας*: ανταποκρίνεται στην προϋπόθεση, να ανταποκρίνεται το ΣΔΓ στις θεωρητικές, κοινωνικές και τεχνολογικές θεωρήσεις της ΔΓ, καθώς επίσης, να ενσωματώνει, πολύπλοκα και διεπιστημονικά γνωσιολογικά αντικείμενα, *συναφή* με τη μελέτη και κατασκευή έργων βιομηχανικών διεργασιών του ΦΑ (Batzias και Spanidis, 2008a).

(A3) *Αρχή της αντικειμενικοποίησης*: αναφέρεται στο μετασχηματισμό, της ρητής ή άρρητης γνώσης που κατέχουν οι εμπειρογνώμονες και η βιβλιογραφία σε πληροφορικές οντότητες, με συστηματικό τρόπο, ώστε να εξυπηρετείται η συλλογή, οργάνωση, κωδικοποίηση, αποθήκευση και ενημέρωση τους μέσω οντολογιών, στο σύστημα της εταιρικής μνήμης, δηλαδή τη ΒΓ των ΕΣΜ.

(A4) *Αρχή της λειτουργικής υπαγωγής*: η αρχή αυτή ανταποκρίνεται στη λειτουργική υπόσταση του ΣΔΓ, μέσω της οποίας η ροή της γνώσης εξελίσσεται δια μέσου λειτουργικών οντολογιών, δηλαδή επιχειρησιακών λειτουργιών, που εντάσσονται στο σύστημα παραγωγής των ΕΣΜ και στο βαθμό που οι ΕΣΜ εμπλέκονται με πλαίσια συνεργασιών ΚΤΤ (Batzias και Spanidis, 2003; Batzias και Spanidis, 2008b).

(A5) *Αρχή της επεκτασιμότητας*: η αρχή αυτή ανταποκρίνεται στην απαίτηση το ΣΔΓ να παρουσιάζει, από άποψη δομής, εκείνα τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της ερευνητικής μεθοδολογίας και φιλοσοφίας της ΔΓ, που θα το καταστήσουν αποδεκτό ως ερευνητική βάση *επεκτάσιμη* και προσαρμόσιμη στα έργα του ευρύτερου τομέα της βιομηχανίας των διεργασιών ενεργειακών και περιβαλλοντικών έργων.

5.2 Μεθοδολογία

Η μεθοδολογία συγκρότησης του ΣΔΓ, περιλαμβάνει: (α) την ανάλυση των απαιτήσεων και των οντολογικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών του συστήματος (β) τη σύνθεση, που αντικατοπτρίζει τη φιλοσοφία δόμησης του συστήματος σε οντολογίες τομέων γνώσης και οντολογίες λειτουργίας, οι οποίες θα εξυπηρετούν τη γεφύρωση κενών γνώσης μέσω δημιουργίας ΒΓ, (γ) υλοποίηση, που περιλαμβάνει την απόδειξη της εφαρμογής και συμπεριφοράς του ΣΔΓ σε πραγματικές συνθήκες έργων ΦΑ και (δ) την ανασκόπηση-σχολιασμό που αποσκοπεί στην παράθεση διαπιστώσεων και αποσαφήνιση θεμάτων της ερευνητικής προσέγγισης, όπως για παράδειγμα η τεχνοοικονομική διάσταση της ΔΓ για τις ΕΣΜ, οι οργανωτικές αλλαγές, κλπ.

5.2.1 Ανάλυση: προσδιορισμός δομικών και λειτουργικών στοιχείων συστήματος

Μεγάλο μέρος προβλημάτων που αντιμετωπίζουν οι εγχώριες ΕΣΜ, οφείλονται στην ύπαρξη κενών γνώσης (Kg). Έλλειψη γνώσης παρουσιάζεται όταν οι ΕΣΜ δεν διαθέτουν, σε επίπεδο ποιότητας, επάρκειας και εγκυρότητας τεχνογνωσία για τα νεοεισερχόμενα έργα. Απώλεια γνώσης παρατηρείται όταν υπάρχουν αποχωρήσεις προσωπικού ή απώλεια πληροφοριών από τα τεχνικά αρχεία. Δυσλειτουργία γνώσης παρατηρείται, όταν ανακύπτουν συγκρούσεις προσωπικού, παρανοήσεις, ανεπάρκεια εκπαίδευσης ή όταν οι ΕΣΜ δεν μπορούν να μεταφέρουν αποτελεσματικά τη γνώση που έχουν αποκτήσει για τις ανάγκες των έργων, σε συνθήκες ανταγωνισμού και εντεινόμενης τεχνολογικής ανάπτυξης. Συνεπώς, η *γεφύρωση* (bridging) των κενών γνώσης προβάλλεται ως *sine-qua-non* ανάγκη προς κάλυψη από ένα ΣΔΓ. Αν η γνώση που απαιτείται για κάποιο έργο συμβολίζεται ως Kp και αυτή που διαθέτει μια ΕΣΜ ως Ka , η γεφύρωση των κενών γνώσης εκφράζεται ως η ελαχιστοποίηση της διαφοράς των συνόλων Ka και Kp :

$$\text{size}(Kg) = \text{size}(Kp-Ka) = \min (\text{ιδανική περίπτωση } Kp=Ka \Rightarrow Kg=\emptyset)$$

Κύρια αιτία εμφάνισης κενών γνώσης, είναι το γεγονός ότι οι εγχώριες ΕΣΜ δεν διαθέτουν δομές, εκπαίδευση και αποτελεσματικές εσωτερικές λειτουργίες επωφελούς διαχείρισης της γνώσης που αποκτούν διαχρονικά. Συνεπώς, είναι λογικό να υποστηριχθεί, ότι η γεφύρωση των κενών γνώσης πρέπει να εστιάζεται στην *οργάνωση της απόκτησης γνώσης (knowledge acquisition, KAQ)*, στην προκειμένη περίπτωση της *οργανωσιακής γνώσης των ΕΣΜ*, όπως την αποκαλούν χαρακτηριστικά οι Nonaka και Takeuchi (1995).

Η συγκροτημένη ΔΓ προϋποθέτει ύπαρξη γνωσιολογικών *λειτουργιών ή διαδικασιών (KM processes)* που υπάγονται στο πλαίσιο των εσωτερικών λειτουργιών των ΕΣΜ (Kucza, 2001; Nickols, 2004; Batzias και Spanidis, 2008b). Υπό την έννοια αυτή, η απόκτηση γνώσης εκφράζεται ως σύνολο επί μέρους λειτουργιών που αποσκοπούν στη σύσταση και χρήση οντολογιών για την επίλυση προβλημάτων ή/και ενσωμάτωση της οργανωσιακής γνώσης στη ΒΓ των ΕΣΜ.

Υπάρχουν διαφορετικές θεωρήσεις για την απόκτηση της γνώσης, ανάλογα με τη φιλοσοφία του ΣΔΓ που εξετάζεται. Η απόκτηση γνώσης εκφράζεται ως ενδιάμεση λειτουργία ενός ολοκληρωμένου ΣΔΓ, που στην πλήρη εξέλιξή του περιλαμβάνει και άλλες συνδεδεμένες γνωσιολογικές λειτουργίες (π.χ. κωδικοποίηση, διανομή, τήρηση, κλπ), όπως προκύπτει από σχετικές εργασίες των Garvin (1995), Kucza (2001) και Tserng et al., (2004). Ωστόσο, άλλοι συγγραφείς αναδεικνύουν την απόκτηση γνώσης, ως ολοκληρωμένη λειτουργία αποτελούμενη από άλλες υπολειτουργίες. Από την άποψη αυτή, η θεώρηση της απόκτησης της γνώσης ως μεθοδολογικής βάσης σύστασης ενός ΣΔΓ για τις τυπικές εγχώριες ΕΣΜ, παρουσιάζεται ως προτιμότερη έναντι άλλων. Όπως υποστηρίζουν οι Kent (2000) και Novack και Canas (2008), η απόκτηση γνώσης αξιολογείται ως επιχειρησιακή λειτουργία για την οργάνωση ομάδων πληροφοριών και εννοιών των έργων, γνωσιολογικά σημαντικών και την αναπαράστασή τους μέσω οντολογικών δομών.

Στην προκειμένη περίπτωση, η αποσύνθεση των πληροφοριών και του εννοιολογικού περιεχομένου των έργων σε διακριτά υποσύνολα και στη συνέχεια η λογική τους ανασύνθεση υπό μορφή κόμβων ενός *οντολογικού δικτύου (ontological network)* αποτελούν βήματα αντικειμενικής διάρθρωσης της γνώσης. Τα οντολογικά δίκτυα διέπονται από ιεραρχικούς κανόνες *ταξινόμησης (taxonomy)* και *τμηματονόμεσης (partonomy)* της γνώσης των εμπειρογνομόνων ή του περιεχομένων εγγράφων των έργων. Έτσι, η κατανόηση της γνώσης από το προσωπικό, αλλά και η ενσωμάτωση της διαχρονικά εισερχόμενης στις ΕΣΜ γνώσης, καθίσταται εφικτή και διαχειρίσιμη με συγκροτημένο και συστηματικό τρόπο.

Προς την κατεύθυνση των οντολογικών προτύπων, έχει αναδειχθεί τα τελευταία χρόνια η *Τεχνική Μοντελοποίησης της Εξαγωγής Συμπερασμάτων (Inference Modeling Technique, IMT)* ως αντιπροσωπευτική και με ευρεία εφαρμογή στη γνωσιολογική έρευνα των βιομηχανικών διεργασιών. Η τεχνική θεμελιώθηκε και αναπτύχθηκε από τους Chan (1992), Geng et al., (2001), Chan (2004) και Chan (2005) Βάσει της IMT, η απόκτηση γνώσης δομείται, ως ΣΔΓ, σε τρεις θεμελιώδεις γνωσιολογικές λειτουργίες (*knowledge processes*): την *απόσπαση γνώσης (knowledge elicitation-KEL)*, την *ανάλυση της γνώσης (knowledge analysis-KAN)* και την *αναπαράσταση της γνώσης (knowledge representation-KRP)*. Στην παρούσα διατριβή, η βασική φιλοσοφία της μεθόδου IMT επιλέχθηκε για τη προσέγγιση ΣΔΓ για έργα του ΦΑ. Οι γνωσιολογικές λειτουργίες προσδιορίζονται ως εξής:

(α) Η *απόσπαση γνώσης (KEL)* κατανοείται ως συλλογή, αξιολόγηση σημαντικότητας και οργάνωση των ποσοτήτων γνώσης που εισρέουν σε κάποιο οργανισμό. Σκοπός της συγκεκριμένης λειτουργίας, είναι η γνώση να συλλέγεται ως δομημένη από τα τεχνικά έγγραφα έργων, ερωτηματολόγια έρευνας ή την επιστημονική βιβλιογραφία, ως άρρητη μέσω συνεντεύξεων από εμπειρογνώμονες και ως ημι-δομημένη ρητή από εκπαιδευτικά έγγραφα, εγχειρίδια, κώδικες και πρότυπα της τεχνολογίας διεργασιών ΦΑ.

(β) Η *ανάλυση γνώσης (KAN)* αντιπροσωπεύει την *αποσύνθεση* της εισερχόμενης γνώσης σε λογικά υποσύνολα-οντότητες, είτε αυτά τα υποσύνολα αφορούν ορολογίες, εκφράσεις και γλωσσικές, συντακτικές ή μαθηματικές έννοιες, είτε εκφράζουν πιο σύνθετες οντότητες υπό μορφή επιχειρησιακών λειτουργιών. Σκοπός της ανάλυσης είναι η κατανόηση της λογικής διάρθρωσης της υπό εξέταση οντολογίας και της επαγωγικής λογικής αιτίου-αιτιατού, βάσει της οποίας θα συνταχθούν, είτε *συμπερασματικοί κανόνες* (inference rules) δόμησης της ΒΓ, είτε λειτουργικές οντολογίες ΔΓ.

(γ) Η *αναπαράσταση γνώσης (KRP)* αποσκοπεί στην ανάδειξη μεθόδων και τεχνικών, με τις οποίες, τα διακριτά υποσύνολα στα οποία έχει αναλυθεί η οργανωσιακή γνώση, υπόκεινται σε οντολογική *ανασύνθεση* και *κωδικοποίηση*. Για παράδειγμα αναφέρονται τα σημασιολογικά διαγράμματα-γράφοι, οι τεχνικές σχεδιασμού επιχειρησιακών λειτουργιών (BPM), καθώς επίσης οι μαθηματικές εξισώσεις-κανόνες εξαγωγής συμπερασμάτων, που προκύπτουν με την εξόρυξη και στατιστική επεξεργασία ποσοτικών δεδομένων των έργων ΦΑ (π.χ. μήκη αγωγών, κόστη, διάμετροι, ετήσιες παροχές, συναρτήσεις κόστους συντήρησης υποδομών, κλπ).

Αποτέλεσμα της αλυσίδας γνωσιολογικών λειτουργιών $KEL \rightarrow KAN \rightarrow KRP$ είναι η επίτευξη ΔΓ και η δημιουργία υποδομής για τη συγκρότηση της ΒΓ των ΕΣΜ. Στο σχήμα Σ-5.1 παρουσιάζεται με σαφή τρόπο η μέθοδος IMT, όπως έχει προταθεί και εφαρμοστεί από την Chan (2005). Οι λόγοι επιλογής της μεθόδου αυτή είναι οι εξής:

1. Παρέχει επαρκές πλαίσιο αντικειμενικοποίησης της γνώσης, μέσω διακριτών και σαφώς προσδιορισμένων γνωσιολογικών λειτουργιών
2. Τα οντολογικά δίκτυα ως λογικά ιεραρχημένες δομές, επιτρέπουν δόμηση γνωσιολογικών κανόνων εξαγωγής συμπερασμάτων (Chan, 2005; Grimin et al, 2007), ενώ παρέχουν δυνατότητα αναθεώρησης της αρχιτεκτονικής των οντολογικών κόμβων, επιτρέποντας αλλαγές, προσθήκες ή διορθώσεις, όταν εισρέει νέα βελτιωμένη γνώση (Βλαχάβας et al., 2006; Novack και Canas, 2008)
3. Λόγω της δυνατότητας κωδικοποίησης των κόμβων επιτρέπεται η επεξεργασία των οντολογικών δικτύων από υπολογιστικές μεθόδους που αξιοποιούν κανόνες εξαγωγής συμπερασμάτων (Chan, 2005) εκ των άνω προς τα κάτω (top-bottom) ή αντίστροφα (bottom-up) και η ένταξή τους σε συστήματα ΒΓ (Batziar και Siontorou, 2005)
4. Παρέχει ευελιξία στη χρήση των όρων οντολογία και λειτουργία, όπου η μια μπορεί να συνεπάγεται ή/και να εμπεριέχει την άλλη και αντίστροφα, στο πλαίσιο του συνεργισμού που εκδηλώνεται μέσα στις ΕΣΜ από διακριτούς παράγοντες ΔΓ (π.χ. μηχανικοί γνώσης, εμπειρογνώμονες, σύστημα λειτουργιών παραγωγής, υποδομές συστημάτων ICT)

Η επίτευξη του συνεργισμού μεταξύ οντολογικών δικτύων των έργων, απαιτεί συντονισμό από έμπειρο προσωπικό των ΕΣΜ. Το προσωπικό αυτό θα κληθεί να αξιολογήσει και να οργανώσει τις εισροές και εκροές της τεχνογνωσίας της εταιρίας και να συμβάλλει αποτελεσματικά στην επιτυχή διεκπεραίωση των γνωσιολογικών διαδικασιών. Συνεπώς, θα πρέπει σε οργανωτικό και διοικητικό επίπεδο, να προβλεφθεί η ανάπτυξη εξειδικευμένων ομάδων ΔΓ ή τμημάτων (ανάλογα με το μέγεθος της ΕΣΜ), αλλά και περιγραφή του στελεχιακού ρόλου (job description) των υπαλλήλων που θα επωμισθούν το σχετικό αντικείμενο (Uelpenich και Bodendorf, 1999). Πάντως, η μέθοδος IMT προβλέπει υπηρεσίες μηχανικού γνώσης (*knowledge engineer*) στις λειτουργίες απόκτησης γνώσης. Εκτιμάται ωστόσο, ότι για τις ΕΣΜ, που είναι κατεξοχήν οργανισμοί έντασης γνώσης, ο ρόλος αυτός θα πρέπει να είναι διευρυμένος.

Τα οντολογικά δίκτυα (δένδρα), που ενσωματώνουν επιστημονικές και τεχνολογικές πληροφορίες, αποκτούν αξία και χρηστικότητα μέσω της καταχώρησής τους σε ΒΓ. Η ΒΓ αντιπροσωπεύει την εταιρική μνήμη της ΕΣΜ και η αρχιτεκτονική της ως συστήματος ICT (Liebowitz, 2001) πρέπει να περιλαμβάνει δομή πληροφοριών, πρότυπο επικοινωνίας και κανόνες εξαγωγής συμπερασμάτων, που να εξυπηρετούν ανάγκες χρηστών, το γνωστικό επίπεδο των οποίων παρουσιάζει ποικιλία και διεπιστημονικότητα (Kuhn και Abecker 1997; Carayiannis, 1999). Ωστόσο, στο επίπεδο της παρούσας ανάλυσης, περαιτέρω ανάπτυξη των απαιτήσεων του πληροφοριακού συστήματος της ΒΓ, δεν επιχειρείται καθόσον δεν υπάγεται στο καθεαυτό ερευνητικό αντικείμενο της διατριβής.

Συνοψίζοντας και λαμβάνοντας υπόψη την απαίτηση τήρησης των γενικών μεθοδολογικών αρχών προκύπτει ότι, για τη σύνθεση και τεκμηρίωση ερευνητικής πρότασης ενός ΣΔΓ υπαγόμενου στην περιοχή έργων ΦΑ, που εκπονούνται από τις εγχώριες ΕΣΜ, απαιτούνται τα εξής δομικά συστατικά: (α) οντολογικά δίκτυα, (β) οντολογικές λειτουργίες, (γ) ΒΓ και τέλος, (δ) η οργανωτική (ανα)διάρθρωση των ΕΣΜ με πρόβλεψη δομών ΔΓ. Στα επόμενα, παρουσιάζεται η σύνθεση του ΣΔΓ.

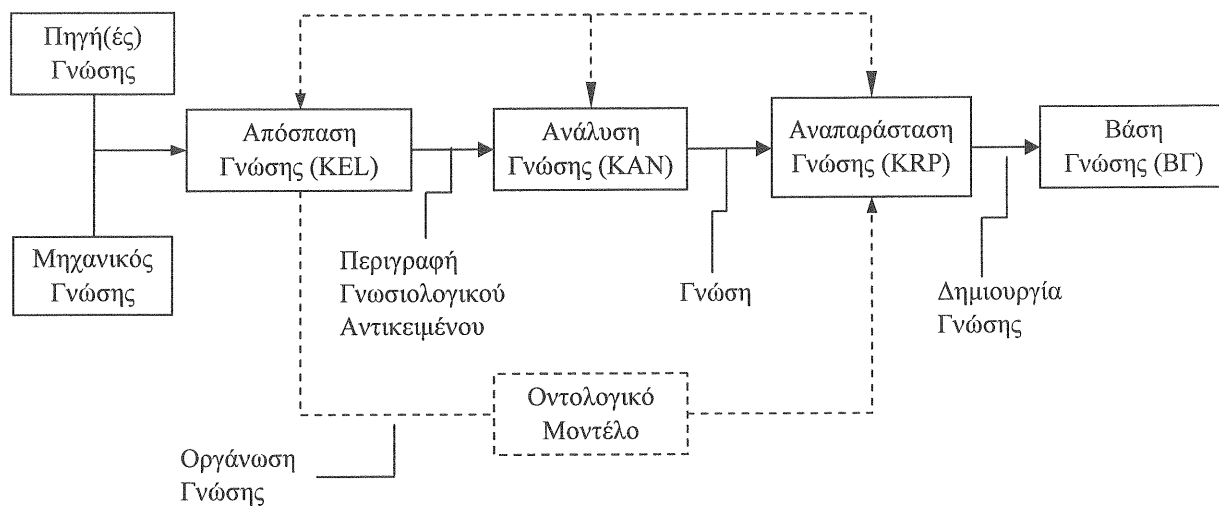
5.2.2 Σύνθεση: γενικό μοντέλο, μέθοδοι και παραδείγματα

Μεθοδολογικά, η σύνθεση έχει σημείο αναφοράς τα κρίσιμα σημεία που προσδιορίστηκαν ως απαραίτητα από την ανάλυση, για την ύπαρξη ΣΔΓ. Μεταβαίνοντας επαγωγικά από την ολική προς τη μερικότερη θεώρηση του συστήματος, προκύπτει καταρχήν η απαίτηση να γίνει σαφής ο τρόπος που σχετίζονται λογικά και στη συνέχεια δομικά και λειτουργικά τα οντολογικά δίκτυα, οι γνωσιολογικές λειτουργίες και η ΒΓ.

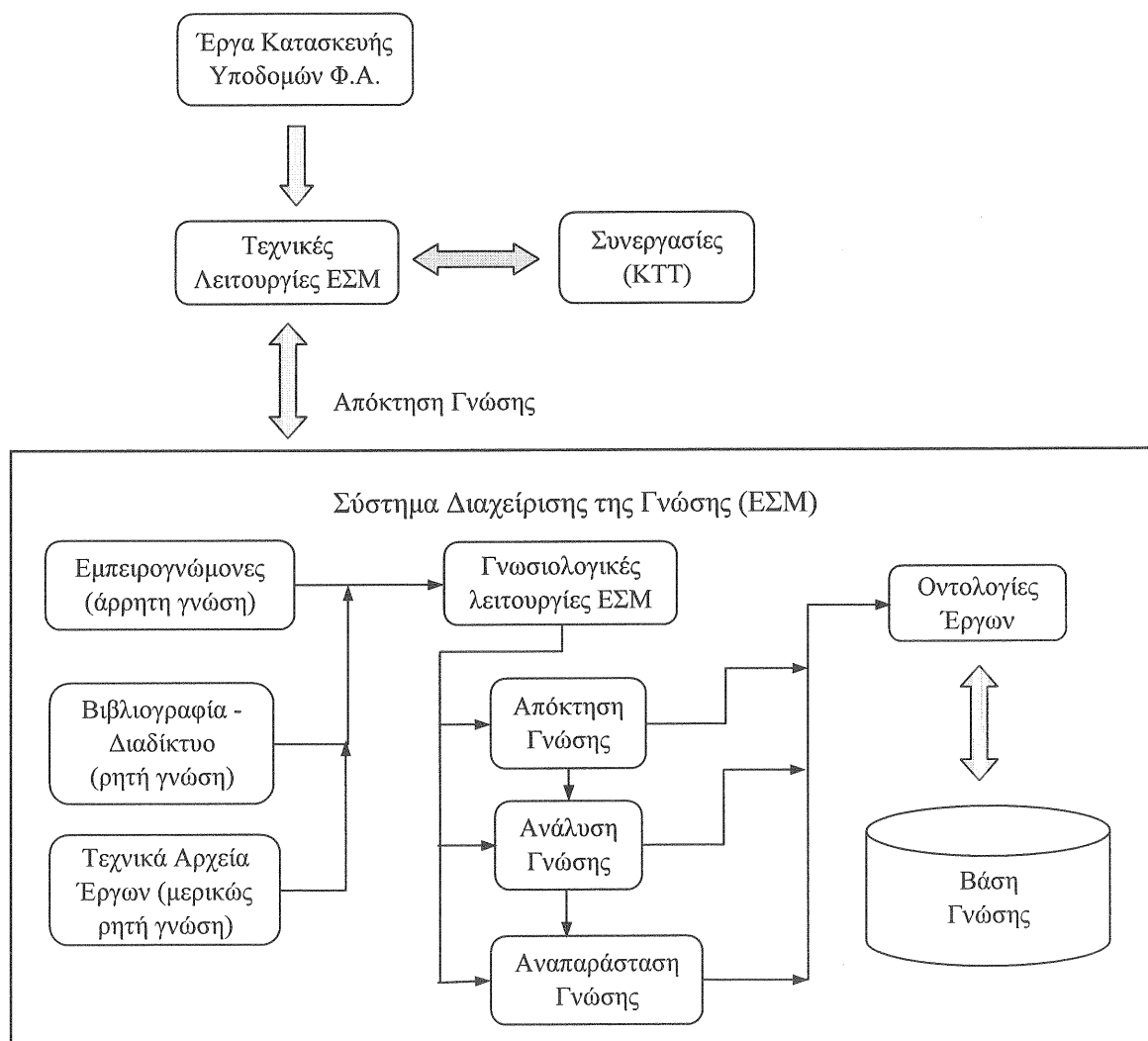
Οι γνωσιολογικές λειτουργίες αποτελούν το μέσο υποστήριξης της δόμησης των οντολογικών δικτύων, αλλά και τροφοδότησης της ΒΓ με γνωσιολογικά σημαντικές πληροφορίες. Οι γνωσιολογικές λειτουργίες υπάγονται στο οργανωτικό σχήμα ΔΓ της ΕΣΜ και μαζί με τις τεχνικές λειτουργίες ανταποκρίνονται στις ανάγκες των έργων, αλλά και των συναπτόμενων συνεργασιών. Στο σχήμα Σ-5.2 απεικονίζεται η γενική διασύνδεση των βασικών δομικών στοιχείων του ΣΔΓ.

Η φιλοσοφία ενός γενικού οντολογικού δικτύου, αντιμετωπίζεται σε δύο ιεραρχικά επίπεδα. Πρώτον, στην παρουσίαση μιας γενικής οντολογίας, όπου κάθε κόμβος ταυτίζεται εννοιολογικά με μια ευρεία τεχνολογική δομή, λειτουργία ή γνωσιολογικό τομέα (*knowledge domain*). Δεύτερον, στην παρουσίαση δευτερογενών οντολογικών δικτύων, που συνδέονται σε κόμβους της γενικής οντολογίας. Η σύνθεση των οντολογιών

Inferential Modeling Technique (IMT)



Σχήμα Σ-5.1 Διάγραμμα λειτουργιών μοντέλου Inferential Modeling Technique (IMT) (Chan, 2005)



Σχήμα Σ-5.2 Γενικευμένη αναπαράσταση του ΣΔΓ βάσει του IMT μοντέλου προσαρμοσμένου σε περιβάλλον έργων ΦΑ

μπορεί να επεκταθεί περαιτέρω σε τρίτο ή ανώτερο επίπεδο, ώστε η αρχή της οντολογικής εκπροσώπησης να φτάσει σε μεγαλύτερο βάθος εξειδίκευσης. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να επιτευχθεί μεγαλύτερη αντικειμενικοποίηση της γνώσης. Όμως, η αύξηση του βαθμού εξειδίκευσης (*customization level*) δεν μπορεί να αυξάνει *ad-infinitum*, επειδή προϋποθέτει αύξηση της δαπάνης ανάπτυξης του ΣΔΓ, λόγω δημιουργίας πολυπλοκότητας στην εγκατάσταση και χρήση του (Laudon και Laudon, 2002).

Στην παρούσα διατριβή, η γενική οντολογία των έργων ΦΑ συντάχθηκε καταρχήν ως *σημασιολογικό δίκτυο* (*semantic network*). Σύμφωνα με τη μεθοδολογία σύνταξης των δικτύων αυτών, οι βασικοί γνωσιολογικοί τομείς προσδιορίζονται εννοιολογικά από ένα κείμενο βάσης που περιγράφει με γλωσσικά σαφείς όρους το αντικείμενο της οντολογικής έρευνας (Chan, 2005; Βλαχάβας et al., 2006; Novack και Canas, 2008). Στην προκειμένη περίπτωση το κείμενο εννοιολογικής βάσης που υιοθετήθηκε είναι το ακόλουθο:

Η προσφορά/ζήτηση ενέργειας και η γεωπολιτικές δράσεις οδηγούν στην ενεργειακή πολιτική. Η ενεργειακή πολιτική περιλαμβάνει αποφάσεις και στόχους. Οι αποφάσεις και οι στόχοι οδηγούν στην κατάρτιση στρατηγικής έργων ΦΑ. Τα έργα ΦΑ περιλαμβάνουν το μοντέλο ανάθεσης, το πλαίσιο επένδυσης και τις συμβάσεις προμήθειας ΦΑ. Το μοντέλο ανάθεσης είναι διεθνής διαγωνισμός, είτε απευθείας ανάθεση. Οι συμβάσεις προμήθειας περιλαμβάνουν όρους πληρωμής, χρονικούς περιορισμούς και τεχνολογία μεταφοράς καυσίμου. Οι διεθνείς διαγωνισμοί ή οι απευθείας αναθέσεις, το πλαίσιο επένδυσης, οι όροι πληρωμής, οι χρονικοί περιορισμοί και η τεχνολογία μεταφοράς του καυσίμου οδηγούν στο μοντέλο διοίκησης των έργων. Το μοντέλο διοίκησης των έργων περιλαμβάνει, προσωπικό, κεφάλαιο, οργάνωση, τεχνογνωσία, ποιότητα, πληροφορίες και λειτουργίες. Πληροφορίες είναι, είτε περιβαλλοντικοί χάρτες, είτε νομοθεσία, είτε γεωλογικοί χάρτες, είτε σεισμοτεκτονικοί χάρτες, είτε χάρτες χρήσης γης, είτε ενεργειακές καταναλώσεις, είτε πρότυπα-κώδικες σχεδιασμού, είτε κτηματολογικοί χάρτες. Η οργάνωση περιλαμβάνει χρονοδιάγραμμα, οργανόγραμμα και αρχεία εγγράφων. Το μοντέλο διοίκησης οδηγεί στις φάσεις των έργων. Φάσεις των έργων είναι ο σχεδιασμός, είτε η κατασκευή, είτε η λειτουργία. Ο σχεδιασμός περιλαμβάνει οδεύσεις αγωγών, μελέτες εγκαταστάσεων και τεχνικές προδιαγραφές. Οι οδεύσεις αγωγών, οι μελέτες εγκαταστάσεων και οι τεχνικές προδιαγραφές, οδηγούν στην κατασκευή. Η κατασκευή οδηγεί στην ανέγερση υποδομών ΦΑ. Υποδομές ΦΑ είναι μονάδες ΣΗΘ, είτε μονάδες βιοαερίου, είτε υπόγειες αποθήκες, είτε αγωγοί, είτε μονάδες ΥΦΑ, είτε δίκτυα διανομής. Οι μονάδες ΣΗΘ, είτε οι μονάδες βιοαερίου, είτε οι υπόγειες αποθήκες, είτε οι αγωγοί, είτε οι μονάδες ΥΦΑ, είτε τα δίκτυα διανομής, οδηγούν στη λειτουργία υποδομών ΦΑ. Η λειτουργία περιλαμβάνει τη διακίνηση ΦΑ, την επέκταση του δικτύου και τις επιθεωρήσεις. Οι επιθεωρήσεις είναι επιθεωρήσεις διάβρωσης, είτε επιθεωρήσεις ανθρωπογενών επεμβάσεων, είτε επιθεωρήσεις φυσικών καταστροφών, είτε επιθεωρήσεις ατυχημάτων. Οι επιθεωρήσεις διάβρωσης, είτε επιθεωρήσεις ανθρωπογενών επεμβάσεων, είτε επιθεωρήσεις φυσικών καταστροφών, είτε επιθεωρήσεις ατυχημάτων οδηγούν στη συντήρηση. Η συντήρηση οδηγεί στην ακεραιότητα των υποδομών ΦΑ.

Με αποσύνθεση και λογική ταυτοποίηση του εννοιολογικού περιεχομένου των γλωσσικών όρων του κειμένου, έγινε *αναπαράσταση* των τομέων γνώσης των έργων του ΦΑ πάνω σε κατευθυνόμενο γράφημα (δίκτυο). Οι γνωσιολογικά σημαντικές έννοιες αντιπροσωπεύουν

οντότητες που αντιστοιχούν στους κόμβους. Οι κόμβοι του οντολογικού δικτύου ταξινομήθηκαν σε κλάσεις (classes) και συνδέθηκαν λογικά με τους προηγούμενους και τους επόμενους τους, καθορίζοντας την ιεραρχία του δικτύου. Η οντολογική ιεραρχία αποτυπώθηκε βάσει τεσσάρων κανόνων, που υιοθετήθηκαν βάσει της φιλοσοφίας ανάπτυξης οντολογικών κανόνων-δικτύων (Kent, 2000; Βλαχάβας et al., 2006; Gualtieri και Ruffolo, 2005; Chan, 2005). Οι κανόνες που επιλέχθηκαν στην προκειμένη περίπτωση είναι:

- (α) *Lead_to* (οδηγούν σε...): προσδιορίζει κατεύθυνση οντολογίας (λογική ροή)
- (β) *Include* (περιλαμβάνουν τα ...): προσδιορίζει ιεραρχική υπαγωγή (σύνολα-υποσύνολα)
- (γ) *Kind_of* (αποτελεί μέρος του ...): προσδιορίζει σύνταξη με Boolean σχέση *OR*
- (δ) *Part_of* (αποτελεί είδος του.....): προσδιορίζει σύνταξη με Boolean σχέση *AND*

Στο σχήμα Σ-5.3 παρουσιάζεται η γενική οντολογία που δομήθηκε βάσει των προαναφερόμενων κανόνων. Επισημαίνονται επίσης, οι κόμβοι που αναπτύσσονται ως αυτόνομα υποσυστήματα του ΣΔΓ, σε επόμενα κεφάλαια της διατριβής.

Η λογική ερμηνεία της γενικής οντολογίας έγινε με χρήση κανόνων *λογικής πρώτης τάξης (First Order Logic, FOL)*, η οποία αποτελεί μαθηματικό εργαλείο ανάλυσης και αναπαράστασης της γνώσης, όπως τεκμηριώνεται από εργασίες των Kent, (2000), Grosz et al., (2003), Βλαχάβας et al., (2006) και Grimin et al., (2007). Με το φορμαλισμό της FOL, συντάσσονται γνωσιολογικοί-επαγωγικοί κανόνες αιτίου-αιτιατού, σε τρόπο ώστε οι ειδικοί των ICT να καθοδηγούνται στη δόμηση αρχιτεκτονικής συστημάτων ΒΓ. Στην προκειμένη περίπτωση, το κείμενο βάσης της γενικής οντολογίας από-δομείται σε αυτοτελείς λογικές προτάσεις, οι οποίες στη συνέχεια αναδομούνται βάσει των προαναφερόμενων μαθηματικών κανόνων της FOL (πίνακας Π-5.1). Η γενική οντολογία ερμηνεύεται, μέσω αλγορίθμων εξαγωγής συμπερασμάτων, τύπου *top-bottom* ή *bottom-up*. Για παράδειγμα, η οντολογική ανάλυση της διάβρωσης αγωγών ΦΑ λόγω δράσης του υδρογόνου (*Hydrogen Induced Corrosion, HIC*-παρουσιάζεται με λεπτομέρεια στο κεφάλαιο για το τρίτο υποσύστημα) αναπαρίσταται στο σχήμα Σ-5.4. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται απόσπασμα αλγόριθμου των *top-bottom* κανόνων εξαγωγής συμπερασμάτων τύπου *IF-THEN* που περιγράφουν τον κλάδο του HIC:

-
1. *IF* (1) = αστοχίες αγωγών οφειλόμενες σε καταπόνηση και διάβρωση *THEN*
 {(1.1)=διαβρωτική δράση H₂ (HIC)} *OR*
 {(1.2)= δράση μικροοργανισμών (MIC)} *OR*
 {(1.3)= συνδυασμένη δυναμοδιάβρωση (SCC)}
 2. *IF* (1.1) = διαβρωτική δράση H₂ (HIC) *THEN*
 {(1.1.1)=μεταλλουργικές αστοχίες} *OR*
 {(1.1.2)=δράση όξινου αερίου}
 3. *IF* (1.1.1) = μεταλλουργικές αστοχίες *THEN*
 {(1.1.1.1)=ανεπαρκές πάχος τοιχώματος} *OR*
 {(1.1.1.2)=δράση ατομικού υδρογόνου}
 4. *IF* (1.1.1.1) = ανεπαρκές πάχος τοιχώματος *THEN*
 {(1.1.1.1.1)=ασυνέχειες >12,5% του πάχους} *OR*
 {(1.1.1.1.2)= ασυνέχειες >8% του πάχους-αγωγοί με ραφή} *OR*

- {(1.1.1.1.3)= ασυνέχειες >10% του πάχους-αγωγοί χωρίς ραφή}
5. {IF (1.1.1.2) = δράση ατομικού υδρογόνου} THEN
 {(1.1.1.2.1)=προσρόφηση H₂ από την ατμόσφαιρα } OR
 {(1.1.1.2.2)= προσρόφηση H₂ από τα χημικά πρόσθετα της μεταλλουργίας}
 (συνέχεια)

Για την ερμηνεία της λειτουργίας αιτίου-αιτιατού στο φαινόμενο HIC, χρησιμοποιήθηκε bottom-up διαδρομή της οντολογίας με χρήση ασαφών αριθμών. Στην περίπτωση αυτή, κάθε κόμβος της FTA οντολογίας, μπορεί να λάβει αριθμητικές τιμές $x_i \mid i \in N$ (όπου N το σύνολο των φυσικών αριθμών) από ένα σύνολο X , υποσύνολο του συνόλου των πραγματικών αριθμών, \mathbf{R} ($X \subseteq \mathbf{R}$). Ανάλογα με τις δυνατές τιμές $x_i \in X$ που παίρνει κάθε κόμβος, ορίζεται μια άλλη συνάρτηση η $\mu_A(x_i) \mid i \in N$, το πεδίο τιμών της οποίας είναι το κλειστό διάστημα $[0,1] \in \mathbf{R}$. Η συνάρτηση $\mu_A(x)$ ονομάζεται *συνάρτηση συμμετοχής* (membership function) και έχει ως πεδίο ορισμού της το σύνολο X :

$$\forall x \in X \mid X \neq \emptyset \Rightarrow \exists \mu_A(x) : X \rightarrow [0, 1]$$

Τα ζεύγη (tuples) των τιμών $\{x_1, \mu_A(x_1)\}, \{x_2, \mu_A(x_2)\}, \dots, \{x_n, \mu_A(x_n)\}$ ορίζουν το σύνολο A , που ονομάζεται *ασαφές (fuzzy)* και προκύπτει ως ένωση των ζευγών $\{x_i, \mu_A(x_i)\}, i \in N$:

$$A = \{x_1, \mu_A(x_1)\} \cup \{x_2, \mu_A(x_2)\} \cup \dots \cup \{x_n, \mu_A(x_n)\} = \bigcup_{i=1}^n \{x_i, \mu_A(x_i)\}, i \in N$$

Η κατάσταση κάθε κόμβου της HIC οντολογίας χαρακτηρίζεται από τρεις δυνατές καταστάσεις ασάφειας, που εκφράζονται ως λεκτικές μεταβλητές: μικρή (*Low*), μέση (*Medium*) και υψηλή (*High*). Οι λεκτικές μεταβλητές αντιπροσωπεύονται με ασαφείς αριθμούς, που ανήκουν στο κλειστό διάστημα $[0,1]$ και προσδιορίζουν τον αντίστοιχο βαθμό συμμετοχής (membership degree). Η γεωμετρική εικόνα των ασαφών μεταβλητών είναι συστήματα τμηματικώς γραμμικών συναρτήσεων. Κατά τον Altrock (1995) στη γενικότερη μορφή τους αναπαριστώνται, συνήθως, από σχήματα τριγωνικής (Λ -type) ή τραπεζοειδούς μορφής (Z -type). Στο σχήμα Σ-5.5 απεικονίζονται τα σχήματα των ασαφών συνόλων που χρησιμοποιούνται στη διατριβή, μέσω των ακόλουθων μαθηματικών σχέσεων:

$$\mu_{A, Low}(x) = \left\{ \begin{array}{l} 1, \forall x \in [0, \alpha_0] \\ (\alpha_2 - x) \cdot (\alpha_2 - \alpha_0)^{-1}, \forall x \in [\alpha_0, \alpha_2] \\ 0, \forall x \in [\alpha_2, \alpha_7] \end{array} \right\} \text{ (τραπεζοειδής μορφή)}$$

$$\mu_{A, Medium}(x) = \left\{ \begin{array}{l} 0, \forall x \in [0, \alpha_1] \\ (x - \alpha_1) \cdot (\alpha_3 - \alpha_1)^{-1}, \forall x \in [\alpha_1, \alpha_3] \\ (\alpha_5 - x) \cdot (\alpha_5 - \alpha_3)^{-1}, \forall x \in [\alpha_3, \alpha_5] \\ 0, \forall x \in [\alpha_5, \alpha_7] \end{array} \right\} \text{ (τριγωνική μορφή)}$$

Πίνακας Π-5.1

Γλωσσική και ισοδύναμη Μαθηματική (FOL) διατύπωση κανόνων της Γενικής Οντολογίας
(προσδιορίζονται οι κύριες σχέσεις της Γενικής Οντολογίας)

-
1. Τα έργα υποδομών ΦΑ (*ngprojects*) περιλαμβάνουν (*include*): μοντέλο ανάθεσης (*award_model*) και πλαίσιο επένδυσης (*investment_plan*) και συμβάσεις προμήθειας (*supply_contract*):

$$\begin{aligned} & \forall x: \exists y_1, \exists y_2, \exists y_3 : \\ & \{ [ngprojects(x) \Rightarrow award_model(y_1) \wedge include(y_1, x)] \wedge \\ & [ngproject(x) \Rightarrow investment_plan(y_2) \wedge include(y_2, x)] \wedge \\ & [ngproject(x) \Rightarrow supply_contract(y_3) \wedge include(y_3, x)] \} \end{aligned}$$

-
2. Το μοντέλο ανάθεσης (*award_model*) είναι: διεθνής διαγωνισμός (*int_inquiry*), είτε απευθείας ανάθεση (*award*):

$$\begin{aligned} & \forall x: \\ & \{ [award_model(x) \Rightarrow int_inquiry(x)] \vee [award_model(x) \Rightarrow award(x)] \} \end{aligned}$$

-
3. Οι συμβάσεις προμηθείας (*supply_contract*) περιλαμβάνουν: όρους πληρωμής (*payment_terms*) και χρονικούς περιορισμούς (*time_constraints*) και τεχνολογία μεταφοράς του καυσίμου (*supply_technology*):

$$\begin{aligned} & \forall x: \exists y_1, \exists y_2, \exists y_3 : \\ & \{ [supply_contract(x) \Rightarrow payment_terms(y_1) \wedge include(y_1, x)] \wedge \\ & [supply_contract(x) \Rightarrow time_constraints(y_2) \wedge include(y_2, x)] \wedge \\ & [supply_contract(x) \Rightarrow supply_technology(y_3) \wedge include(y_3, x)] \} \end{aligned}$$

-
4. Οι διεθνείς διαγωνισμοί (*int_inquiry*) ή οι απευθείας αναθέσεις (*award*), το πλαίσιο επένδυσης (*investment_plan*), οι όροι πληρωμής (*payment_terms*), οι χρονικοί περιορισμοί (*time_constraints*) και η τεχνολογία μεταφοράς του καυσίμου (*supply_technology*) οδηγούν (*lead*) στο μοντέλο διοίκησης των έργων (*project_management*):

$$\begin{aligned} & \forall y_1, \forall y_2, \forall y_3, \forall y_4, \forall y_5, \forall y_6: \exists x: \\ & \{ \{ [int_inquiry(y_1) \Rightarrow project_management(x) \wedge lead(y_1, x)] \vee \\ & [award(y_2) \Rightarrow project_management(x) \wedge lead(y_2, x)] \} \wedge \\ & [investment_plan(y_3) \Rightarrow project_management(x) \wedge lead(y_3, x)] \wedge \\ & [payment_terms(y_4) \Rightarrow project_management(x) \wedge lead(y_4, x)] \wedge \\ & [time_constraints(y_5) \Rightarrow project_management(x) \wedge lead(y_5, x)] \wedge \\ & [supply_technology(y_6) \Rightarrow project_management(x) \wedge lead(y_6, x)] \} \end{aligned}$$

-
5. Το μοντέλο διοίκησης (*project_management*) περιλαμβάνει (*include*): προσωπικό (*personnel*) και κεφάλαιο (*budget*) και οργάνωση (*organization*) και τεχνογνωσία (*know_how*) και ποιότητα (*quality*) και πληροφορίες (*information*) και λειτουργίες (*processes*):

$\forall x: \exists y_1, \exists y_2, \exists y_3, \exists y_4, \exists y_5, \exists y_6, \exists y_7 :$

$\{[project_management(x) \Rightarrow personnel(y_1) \wedge include(y_1, x)] \wedge$
 $[project_management(x) \Rightarrow budget(y_2) \wedge include(y_2, x)] \wedge$
 $[project_management(x) \Rightarrow organization(y_3) \wedge include(y_3, x)] \wedge$
 $[project_management(x) \Rightarrow know_how(y_4) \wedge include(y_4, x)] \wedge$
 $[project_management(x) \Rightarrow quality(y_5) \wedge include(y_5, x)] \wedge$
 $[project_management(x) \Rightarrow information(y_6) \wedge include(y_6, x)] \wedge$
 $[project_management(x) \Rightarrow processes(y_7) \wedge include(y_7, x)]\}$

6. Η οργάνωση (*organization*) περιλαμβάνει (*include*): χρονοδιάγραμμα (*schedule*) και οργανόγραμμα (*organogram*) και αρχείο (τεχνικών και διοικητικών) εγγράφων (*archive*):

$\forall x: \exists y_1, \exists y_2, \exists y_3 :$

$\{[organization(x) \Rightarrow schedule(y_1) \wedge include(y_1, x)] \wedge$
 $[organization(x) \Rightarrow organogram(y_2) \wedge include(y_2, x)] \wedge$
 $[organization(x) \Rightarrow archive(y_3) \wedge include(y_3, x)]\}$

7. Πληροφορίες (*information*) είναι: περιβαλλοντικοί χάρτες (*environmental_map*) και νομοθεσία (*legislation*) και γεωλογικοί χάρτες (*geological_map*) και σεισμο-τεκτονικοί χάρτες (*tectonic_map*) και χάρτες χρήσεων γης (*land_use_map*) και ενεργειακές καταναλώσεις (*energy_consumption*) και πρότυπα-κώδικες έργων (*code_standard*) και κτηματολογικοί χάρτες (*cadastral_map*):

$\forall x: \exists y_1, \exists y_2, \exists y_3, \exists y_4, \exists y_5, \exists y_6, \exists y_7, \exists y_8 :$

$\{[information(x) \Rightarrow environmental_map(y_1) \wedge include(y_1, x)] \wedge$
 $[information(x) \Rightarrow legislation(y_2) \wedge include(y_2, x)] \wedge$
 $[information(x) \Rightarrow geological_map(y_3) \wedge include(y_3, x)] \wedge$
 $[information(x) \Rightarrow tectonic_map(y_4) \wedge include(y_4, x)] \wedge$
 $[information(x) \Rightarrow land_use_map(y_5) \wedge include(y_5, x)] \wedge$
 $[information(x) \Rightarrow energy_consumption(y_6) \wedge include(y_6, x)] \wedge$
 $[information(x) \Rightarrow code_standard(y_7) \wedge include(y_7, x)] \wedge$
 $[information(x) \Rightarrow cadastral_map(y_8) \wedge include(y_8, x)]\}$

8. Το μοντέλο διοίκησης (*project_management*) οδηγεί στις φάσεις των έργων (*project_phase*):

$\forall x: \exists y:$

$[project_phase(y) \Rightarrow project_management(x) \wedge lead(y, x)]$

9. Φάσεις των έργων (*project_phase*) είναι είτε ο σχεδιασμός (*design*), είτε η κατασκευή (*construction*) είτε η λειτουργία (*operation*):

$\forall x :$

$\{[design(x) \Rightarrow project_phase(x)] \vee$
 $[construction(x) \Rightarrow project_phase(x)] \vee$
 $[operation(x) \Rightarrow project_phase(x)]\}$

-
10. Ο σχεδιασμός (*design*) περιλαμβάνει (*include*) οδεύσεις αγωγών (*pipeline_route*), μελέτες εγκαταστάσεων (*engineering*) και τεχνικές προδιαγραφές (*specifications*).

$$\begin{aligned} & \forall x: \exists y_1, \exists y_2, \exists y_3 : \\ & \{ [design(x) \Rightarrow pipeline_route(y_1) \wedge include(y_1, x)] \wedge \\ & [design(x) \Rightarrow engineering(y_2) \wedge include(y_2, x)] \wedge \\ & [design(x) \Rightarrow specifications(y_3) \wedge include(y_3, x)] \} \end{aligned}$$

-
11. Οι οδεύσεις αγωγών (*pipeline_route*), οι μελέτες εγκαταστάσεων (*engineering*) και οι τεχνικές προδιαγραφές (*specifications*), οδηγούν (*lead*) στην κατασκευή (*construction*):

$$\begin{aligned} & \forall y_1, y_2, y_3, x: \\ & \{ [pipeline_route(y_1) \Rightarrow construction(x) \wedge lead(y_1, x)] \wedge \\ & [engineering(y_2) \Rightarrow construction(x) \wedge lead(y_2, x)] \wedge \\ & [specifications(y_3) \Rightarrow construction(x) \wedge lead(y_3, x)] \} \end{aligned}$$

-
12. Η κατασκευή (*construction*) οδηγεί (*lead*) στην ανέγερση υποδομών (*infrastructure*) ΦΑ.

$$\begin{aligned} & \forall y, x: \\ & [construction(y) \Rightarrow infrastructure(x) \wedge lead(y, x)] \end{aligned}$$

-
13. Υποδομές ΦΑ (*infrastructure*) είναι μονάδες ΣΗΘ (*cogeneration_plant*), είτε μονάδες βιοαερίου (*biogas_plant*), είτε υπόγειες αποθήκες (*underground_store*), είτε αγωγοί (*pipeline*), είτε μονάδες ΥΦΑ (*lng_plant*), είτε δίκτυα διανομής (*network*):

$$\begin{aligned} & \forall x : \\ & \{ [cogeneration_plant(x) \Rightarrow infrastructure(x)] \vee \\ & [biogas_plant(x) \Rightarrow infrastructure(x)] \vee \\ & [underground_store(x) \Rightarrow infrastructure(x)] \vee \\ & [pipeline(x) \Rightarrow infrastructure(x)] \vee \\ & [lng_plant(x) \Rightarrow infrastructure(x)] \vee \\ & [network(x) \Rightarrow infrastructure(x)] \} \end{aligned}$$

-
14. Οι μονάδες ΣΗΘ (*cogeneration_plant*), είτε οι μονάδες βιοαερίου (*biogas_plant*), είτε οι υπόγειες αποθήκες (*underground_store*), είτε οι αγωγοί (*pipeline*), είτε οι μονάδες ΥΦΑ (*lng_plant*), είτε τα δίκτυα διανομής (*network*), οδηγούν (*lead*) στη λειτουργία (*operation*) των υποδομών ΦΑ :

$$\begin{aligned} & \forall y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6, x: \\ & \{ [cogeneration_plant(y_1) \Rightarrow operation(x) \wedge lead(y_1, x)] \vee \\ & [biogas_plant(y_2) \Rightarrow operation(x) \wedge lead(y_2, x)] \vee \\ & [underground_store(y_3) \Rightarrow operation(x) \wedge lead(y_3, x)] \vee \\ & [pipeline(y_4) \Rightarrow operation(x) \wedge lead(y_4, x)] \vee \\ & [lng_plant(y_5) \Rightarrow operation(x) \wedge lead(y_5, x)] \vee \\ & [network(y_6) \Rightarrow operation(x) \wedge lead(y_6, x)] \} \end{aligned}$$

15. Η λειτουργία (*operation*) περιλαμβάνει τη διακίνηση ΦΑ (*transportation*), την επέκταση του δικτύου (*expansion*) και τις επιθεωρήσεις (*inspection*):

$\forall x: \exists y_1, \exists y_2, \exists y_3 :$

$\{ [operation(x) \Rightarrow transportation(y_1) \wedge include(y_1, x)] \wedge$
 $[operation(x) \Rightarrow expansion(y_2) \wedge include(y_2, x)] \wedge$
 $[operation(x) \Rightarrow inspection(y_3) \wedge include(y_3, x)] \}$

16. Οι επιθεωρήσεις (*inspection*) είναι, επιθεωρήσεις διάβρωσης (*corrosion_inspection*), είτε επιθεωρήσεις ανθρωπογενών επεμβάσεων (*human_intervention_inspection*), είτε επιθεωρήσεις φυσικών καταστροφών (*natural_hazard_inspection*), είτε επιθεωρήσεις ατυχημάτων (*accident_inspection*):

$\forall x :$

$\{ [corrosion_inspection(x) \Rightarrow inspection(x)] \vee$
 $[human_intervention_inspection(x) \Rightarrow inspection(x)] \vee$
 $[natural_hazard_inspection(x) \Rightarrow inspection(x)] \vee$
 $[accident_inspection(x) \Rightarrow inspection(x)] \}$

17. Οι επιθεωρήσεις διάβρωσης (*corrosion_inspection*), είτε οι επιθεωρήσεις ανθρωπογενών επεμβάσεων (*human_intervention_inspection*), είτε οι επιθεωρήσεις φυσικών καταστροφών (*natural_hazard_inspection*), είτε οι επιθεωρήσεις ατυχημάτων (*accident_inspection*), οδηγούν στη συντήρηση (*maintenance*):

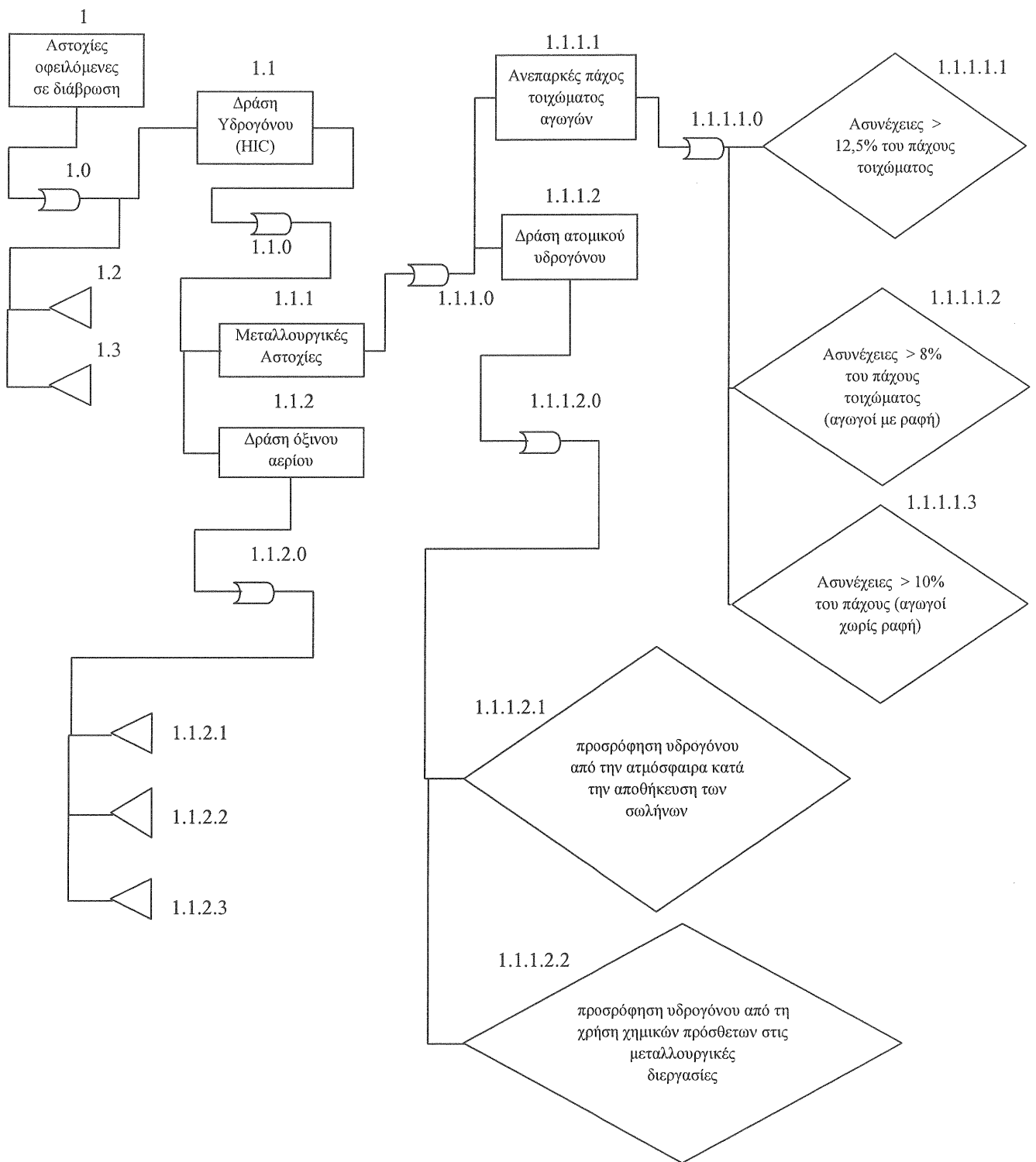
$\forall y_1, y_2, y_3, y_4, x:$

$\{ [corrosion_inspection(y_1) \Rightarrow maintenance(x) \wedge lead(y_1, x)] \vee$
 $[human_intervention_inspection(y_2) \Rightarrow maintenance(x) \wedge lead(y_2, x)] \vee$
 $[natural_hazard_inspection(y_3) \Rightarrow maintenance(x) \wedge lead(y_3, x)] \vee$
 $[accident_inspection(y_4) \Rightarrow maintenance(x) \wedge lead(y_4, x)] \}$

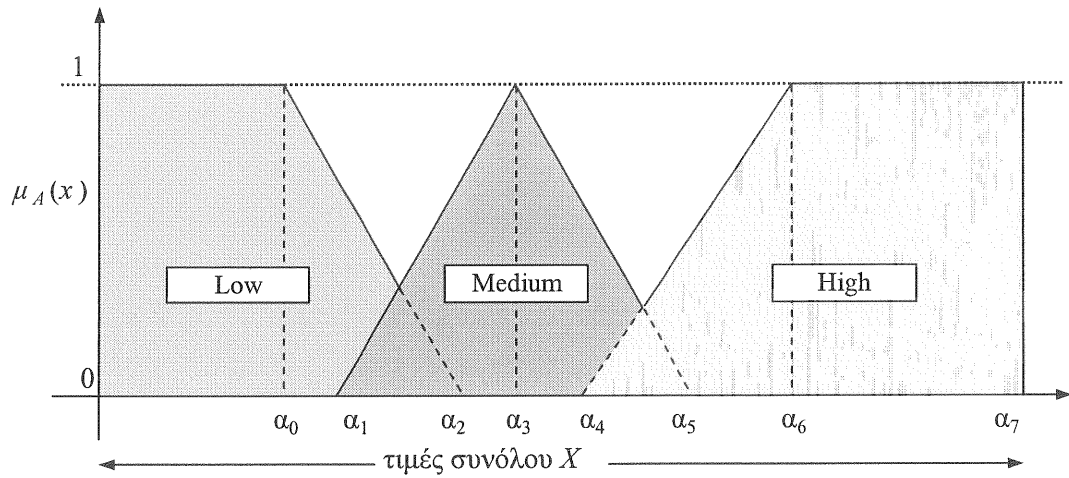
18. Η συντήρηση (*maintenance*) οδηγεί (*lead*) στην ακεραιότητα (*integrity*) των υποδομών ΦΑ.

$\forall y, x:$

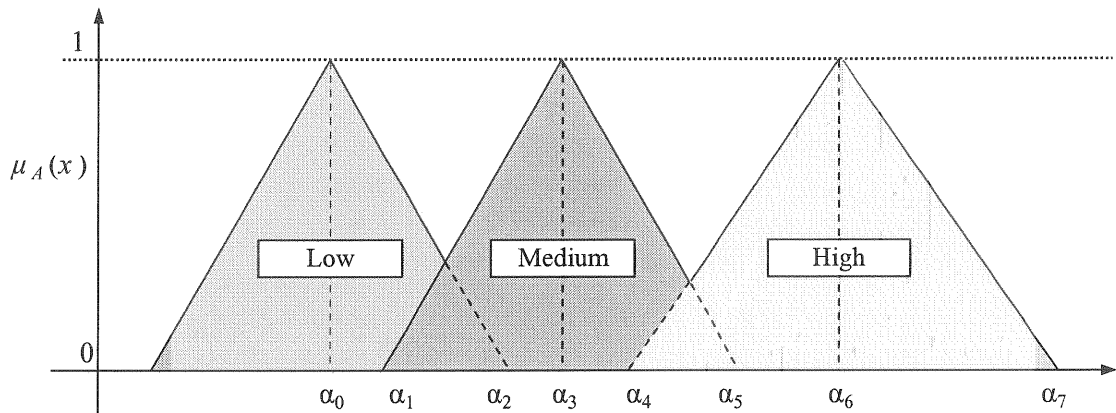
$\{ maintenance(y) \Rightarrow integrity(x) \wedge lead(y, x) \}$



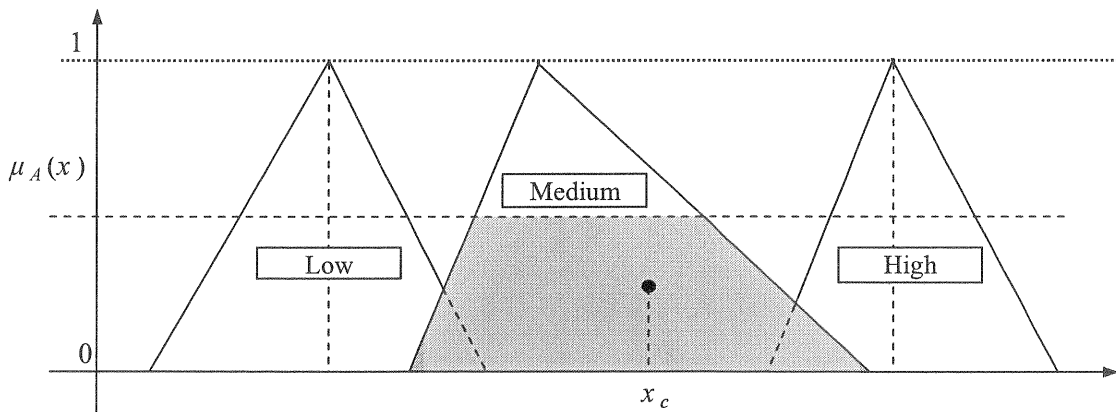
Σχήμα Σ-5.4 Απόσπασμα οντολογίας FTA που αναπαριστά την διαβρωτική δράση του υδρογόνου (Hydrogen Induced Corrosion, HIC) σε υπόγειους αγωγούς ΦΑ (απόσπασμα οντολογίας FTA τρίτου υποσυστήματος της διατριβής)



Σχήμα Σ-5.5 Αναπαράσταση λεκτικών μεταβλητών (linguistic variables) ως ασαφή (υπο)σύνολα στοιχεία κόμβων εισόδου στον bottom-up αλγόριθμο



Σχήμα Σ-5.6 Αναπαράσταση λεκτικών μεταβλητών (linguistic variables) ως ασαφή (υπο)σύνολα στοιχεία κόμβων εξόδου bottom up αλγορίθμου



Σχήμα Σ-5.7 Παράδειγμα output: Medium Υπολογισμός κεντροειδούς και της τετμημένης του (crisp number) βάσει της γραμμοσκιασμένης επιφάνειας

$$\mu_{A, High}(x) = \left\{ \begin{array}{l} 0, \forall x \in [0, \alpha_4] \\ (x-\alpha_4) \cdot (\alpha_6-\alpha_4)^{-1}, \forall x \in [\alpha_4, \alpha_6] \\ 1, \forall x \in [\alpha_6, \alpha_7] \end{array} \right\} \text{ (τραπεζοειδής μορφή)}$$

Η κατάσταση ασάφειας κάθε κόμβου επηρεάζει την κατάσταση του κόμβου προέλευσης που είναι σε ανώτερη ιεραρχικά κλάση, κλπ. Σε εκτεταμένες FTA οντολογίες ο αριθμός συνδυασμών όλων των δυνατών καταστάσεων μεταξύ κόμβων είναι πολύ μεγάλος. Ως παράδειγμα, αναφέρεται το ίδιο απόσπασμα της FTA οντολογίας για τη διάβρωση τύπου HIC, διατρεχόμενο από bottom-up αλγόριθμο, βάσει γνωσιολογικών κανόνων ασαφούς λογικής, που είναι γνωστοί ως κανόνες Mamdani και αντιπροσωπεύονται από τις ακόλουθες σχέσεις:

$$\forall x_{j,i} \in X, \exists y_i: [y_i = \mu_{A, Low}(x_{j,i}) \vee y_i = \mu_{A, Medium}(x_{j,i}) \vee y_i = \mu_{A, High}(x_{j,i})] \mid i \in N$$

$$\text{if } [\text{node}(x_{j,1}) = y_1] \wedge \{\text{node}(x_{j,2}) = y_2\} \wedge \dots \wedge [\text{node}(x_{j,m}) = y_m] \Rightarrow \text{node}(x_{j-1}) = y_{j-1}$$

ή ισοδύναμα:

$$\text{if } [\text{node}(x_{j,1}) = y_1 \cap (\text{node}(x_{j,2}) = y_2) \cap \dots \cap (\text{node}(x_{j,m}) = y_m)] = \bigcap_{i=1}^m [\text{node}(x_{j,m}) = y_m] \Rightarrow$$

$$\text{node}(x_{j-1}) = y_{j-1} \mid i, j, m \in N$$

όπου y_{j-1} ο βαθμός συμμετοχής του κόμβου $\text{node}(x_{j-1})$ της αμέσως ανώτερης κλάσης $j-1$, ο οποίος επίσης παίρνει ασαφείς τιμές του τύπου *Low*, *Medium* ή *High*:

$$\forall x_{j-1} \in X, \exists y_{i-1}: [y_{i-1} = \mu_{A, Low}(x_{j-1}) \vee y_{i-1} = \mu_{A, Medium}(x_{j-1}) \vee y_{i-1} = \mu_{A, High}(x_{j-1})] \mid j \in N$$

Στη συνέχεια παρουσιάζεται εφαρμογή των ανωτέρω για τρία διαφορετικά σενάρια συνδυασμών ασαφών τιμών των κόμβων της οντολογίας της δράσης του υδρογόνου, σε αντιστοιχία με δημοσιευμένες εργασίες των Batzias και Batzias (2003) και Batzias και Siontorou (2005):

Σενάριο-1

1. IF $\{(1.1.1.1.1)=High \text{ AND } (1.1.1.1.2)=Low \text{ AND } (1.1.1.1.3)}=Low$
THEN $(1.1.1.1)=Low$
2. IF $\{(1.1.1.1)=Low \text{ AND } (1.1.1.2)=Medium\}$ THEN $(1.1.1)=Low$
3. IF $\{(1.1.1)=Low \text{ AND } (1.1.2)=Medium\}$ THEN $(1.1)=Medium$

Σενάριο-2

1. IF $\{(1.1.1.1.1)=High \text{ AND } (1.1.1.1.2)=High \text{ AND } (1.1.1.1.3)}=Low$
THEN $(1.1.1.1)=High$
2. IF $\{(1.1.1.1)=High \text{ AND } (1.1.1.2)=Medium\}$ THEN $(1.1.1)=Medium$
3. IF $\{(1.1.1)=Medium \text{ AND } (1.1.2)=Medium\}$ THEN $(1.1)=Medium$

Σενάριο-3

1. IF {(1.1.1.1)=Medium AND (1.1.1.2)=Low AND (1.1.1.3)=Medium} THEN (1.1.1.1)=Medium
2. IF {(1.1.1.1)=Medium AND (1.1.1.2)=Medium} THEN (1.1.1)=Medium
3. IF {(1.1.1)=Low AND (1.1.2)=Low} THEN (1.1)=Medium

Τα ασαφή σύνολα που αντιστοιχούν στις ανωτέρω σχέσεις Mamdani έχουν τριγωνική διάταξη για τις τρεις προαναφερόμενες καταστάσεις ασάφειας. Βάσει των τριγωνικών διατάξεων πραγματοποιείται η απασαφοποίηση (defuzzification) που παράγει μια αυστηρά αριθμητική τιμή (*crisp value*) που είναι πραγματικός αριθμός, ο οποίος και απεικονίζει τα ασαφή σύνολα (σχήμα Σ-5.6). Για την απασαφοποίηση εφαρμόστηκε η μέθοδος του κεντροειδούς (centroid defuzzification) που αντιστοιχεί στο κέντρο βάρους της κατανομής του ασαφούς συνόλου (σχήμα Σ-5.7). Η τιμή x_c της τεταγμένης του κεντροειδούς όταν οι τιμές x_i είναι συνεχείς στο διάστημα $X=[\alpha, \beta]$ δίνεται από τη σχέση (Ross, 1995):

$$x_c = \left(\int_{\alpha}^{\beta} x \cdot \mu_A(x) \cdot dx \right) \cdot \left(\int_{\alpha}^{\beta} \mu_A(x) \cdot dx \right)^{-1}$$

είτε από την ακόλουθη σχέση, όταν οι τιμές x_i είναι διακριτές στο ίδιο διάστημα:

$$x_c = \left(\sum_{i=1}^n x_i \mu_A(x_i) \right) \cdot \left(\sum_{i=1}^n \mu_A(x_i) \right)^{-1}$$

Στους πίνακες Π-5.2.α, Π-5.2.β και Π-5.2.γ παρουσιάζονται οι ασαφείς αριθμοί για τον HIC της δράσης του υδρογόνου, τα διαγράμματα εισόδου και εξόδου της συνάρτησης συγγένειας, καθώς και οι ασαφείς κανόνες Mamdani που χρησιμοποιήθηκαν για τον bottom-up αλγόριθμο, στο *Σενάριο-1*. Οι αριθμητικές πράξεις του αλγορίθμου βασίστηκαν στην κλασική άλγεβρα των ασαφών αριθμών των Dubois και Prade (1978). Ο αλγόριθμος εντάσσεται στο λογισμικό ερευνητικών προγραμμάτων του Εργαστηρίου Προσομοίωσης Βιομηχανικών Διεργασιών του Πανεπιστημίου Πειραιώς.

Οι γνωσιολογικές λειτουργίες εκφράζονται ως σύνολα επί μέρους *δραστηριοτήτων* (tasks) οι οποίες συνδέονται (λογικά και χρονικά) υπό μορφή επίσης κατευθυνόμενου γραφήματος (Kusiak et al, 1994). Το γράφημα εκφράζει τη λειτουργική πλέον οντολογία ΔΓ, σε τρόπο ώστε να γίνεται κατανοητή η απόκτηση της γνώσης και των διακριτών υποσυνόλων της δηλαδή της απόσπασης, της ανάλυσης και της αναπαράστασης της γνώσης σε συνάρτηση με την οργανωτική δομή των ΕΣΜ. Για την αναπαράσταση των γνωσιολογικών λειτουργιών της φιλοσοφίας IMT και των δραστηριοτήτων από τις οποίες καθεμιά απαρτίζεται, υιοθετήθηκαν μέθοδοι σχεδιασμού επιχειρησιακών λειτουργιών (*business process modeling*) που περιγράφηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο (Garvin, 1995; Kucza, 2001; Kalpic και Bernus, 2006). Στη βιβλιογραφία, ως ιδιαίτερα δημοφιλείς παρουσιάζονται οι μέθοδοι IDEF0 και IDEF3 που εντάσσονται στον τομέα του σχεδιασμού και προσομοίωσης των επιχειρησιακών διαδικασιών (enterprise modeling and simulation) και εμφανίζουν ευρύ φάσμα εφαρμογών, ιδιαίτερα για τις βιομηχανικές

Πίνακας Π-5.2.α

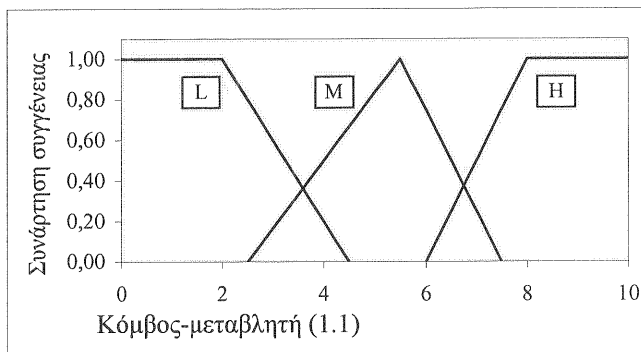
Διαμόρφωση ασαφών αριθμών κόμων εισόδου για Bottom-Up διαδρομή του σχήματος Σ-5.3

Κόμβος (1.1)

Εμφάνιση συμπτωμάτων/αστοχιών πιθανώς οφειλόμενες σε δράση του Υδρογόνου (HIC)

Low	0	2,0	4,5
Medium	2,5	5,5	7,5
High	6,0	8,0	10,0

Οι τιμές εκπροσωπούν [mm] μήκους εμφανιζόμενων blisters, embrittlements ή cracks

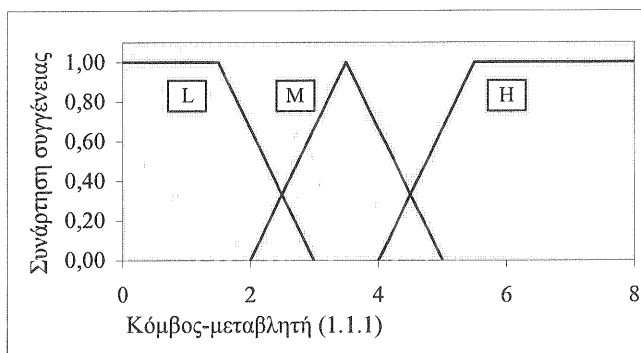


Κόμβος (1.1.1)

Ασυνέχειες στο πάχος τοιχώματος του αγωγού οφειλόμενες στη μεταλλουργική διεργασία

Low	0	1,5	3,0
Medium	2,0	3,5	5,0
High	4,0	5,5	8,0

Οι τιμές εκπροσωπούν ενδεικτικό ποσοστό [%] της παραγόμενης παρτίδας αγωγών

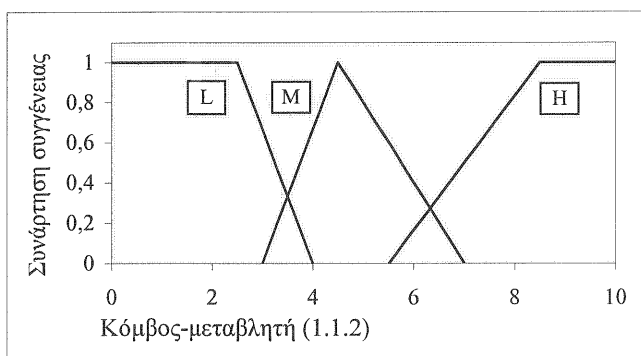


Κόμβος (1.1.2)

Διαβρωτική δράση όξινου ΦΑ (sour gas)

Low	0	2,5	4,0
Medium	3,0	4,5	7,0
High	5,5	8,5	10,0

Οι τιμές εκπροσωπούν ενδεικτική [%] απώλεια του ονομαστικού πάχους του τοιχώματος του αγωγού

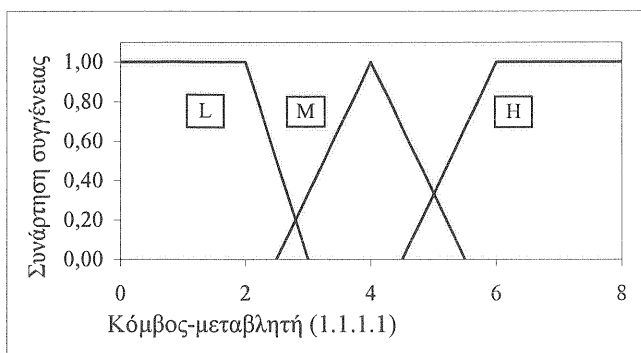


Κόμβος (1.1.1.1)

Ανεπάρκεια πάχους τοιχώματος αγωγών

Low	0,0	2,0	3,0
Medium	2,5	4,0	5,5
High	4,5	6,0	8,0

Οι τιμές εκπροσωπούν ενδεικτικό ποσοστό [%] της παραγόμενης παρτίδας αγωγών

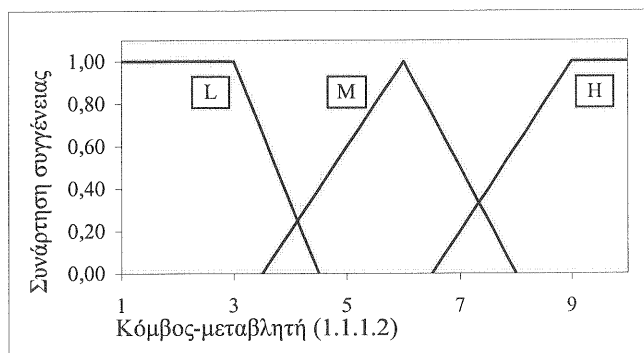


Κόμβος (1.1.1.2)

Διαβρωτική δράση ατομικού Υδρογόνου

Low	1,0	3,0	4,5
Medium	3,5	6,0	8,0
High	6,5	9,0	10,0

Οι τιμές εκπροσωπούν ποσοστό [%] επί της ασκούμενης τάσης (starin) στο σώμα του αγωγού

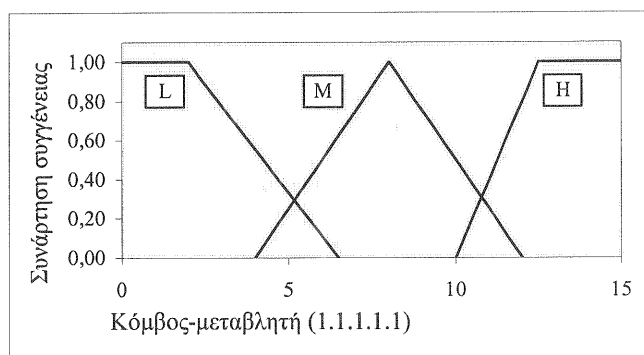


Κόμβος (1.1.1.1.1)

Ασυνέχεια πάχους τοιχώματος > 12,5% του ονομαστικού πάχους αγωγού

Low	0,0	2,0	6,5
Medium	4,0	8,0	12,0
High	10,0	12,5	15,0

Οι τιμές εκπροσωπούν [mm] του ονομαστικού πάχους του τοιχώματος του αγωγού

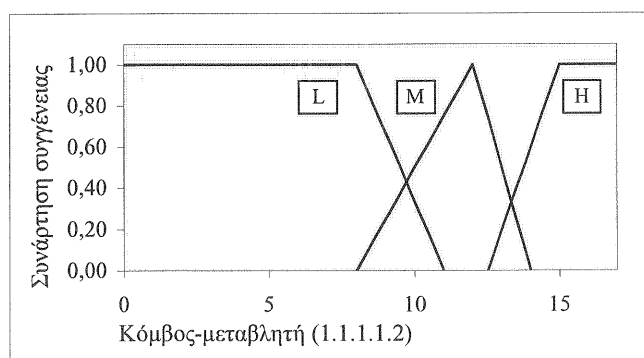


Κόμβος (1.1.1.1.2)

Ελάττωση πάχους τοιχώματος > 8% του ονομαστικού πάχους αγωγού με ραφή

Low	0,0	8,0	11,0
Medium	8,0	12,0	14,0
High	12,5	15,0	17,0

Οι τιμές εκπροσωπούν [mm] του ονομαστικού πάχους του τοιχώματος του αγωγού

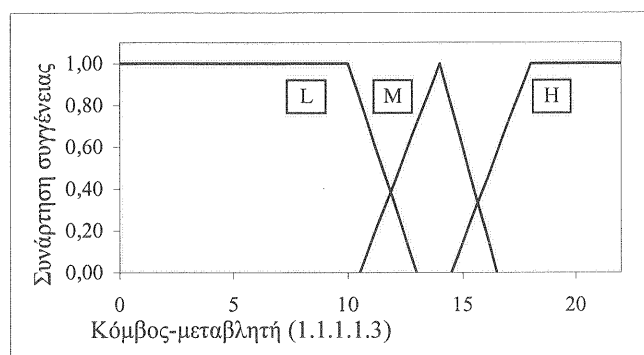


Κόμβος (1.1.1.1.3)

Ελάττωση πάχους τοιχώματος > 10% του ονομαστικού πάχους αγωγού χωρίς ραφή

Low	0,0	10,0	13,0
Medium	10,5	14,0	16,5
High	14,5	18,0	22,0

Οι τιμές εκπροσωπούν [mm] του ονομαστικού πάχους του τοιχώματος του αγωγού



Πίνακας Π-5.2.β
 Διατύπωση κανόνων ασαφούς λογικής (Mamdani rules) [*]

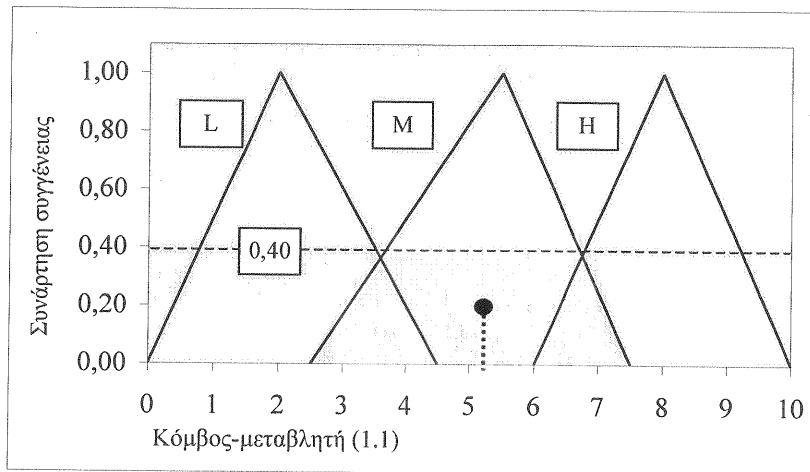
Κόμβοι εισόδου (input)		Κόμβος εξόδου (output)	
<i>IF</i> (1.1.1.1) = <i>L</i> \wedge (1.1.1.2) = <i>L</i> \wedge (1.1.1.3) = <i>L</i> \Rightarrow (1.1.1) = <i>L</i>			
<i>IF</i> (1.1.1.1) = <i>L</i> \wedge (1.1.1.2) = <i>L</i> \wedge (1.1.1.3) = <i>M</i> \Rightarrow (1.1.1) = <i>M</i>			
<i>IF</i> (1.1.1.1) = <i>L</i> \wedge (1.1.1.2) = <i>L</i> \wedge (1.1.1.3) = <i>H</i> \Rightarrow (1.1.1) = <i>H</i>			
<i>IF</i> (1.1.1.1) = <i>L</i> \wedge (1.1.1.2) = <i>M</i> \wedge (1.1.1.3) = <i>L</i> \Rightarrow (1.1.1) = <i>M</i>			
<i>IF</i> (1.1.1.1) = <i>L</i> \wedge (1.1.1.2) = <i>M</i> \wedge (1.1.1.3) = <i>M</i> \Rightarrow (1.1.1) = <i>M</i>			
<i>IF</i> (1.1.1.1) = <i>L</i> \wedge (1.1.1.2) = <i>M</i> \wedge (1.1.1.3) = <i>H</i> \Rightarrow (1.1.1) = <i>H</i>			
<i>IF</i> (1.1.1.1) = <i>L</i> \wedge (1.1.1.2) = <i>H</i> \wedge (1.1.1.3) = <i>L</i> \Rightarrow (1.1.1) = <i>H</i>			
<i>IF</i> (1.1.1.1) = <i>L</i> \wedge (1.1.1.2) = <i>H</i> \wedge (1.1.1.3) = <i>M</i> \Rightarrow (1.1.1) = <i>H</i>			
<i>IF</i> (1.1.1.1) = <i>L</i> \wedge (1.1.1.2) = <i>H</i> \wedge (1.1.1.3) = <i>H</i> \Rightarrow (1.1.1) = <i>H</i>			
<i>IF</i> (1.1.1.1) = <i>M</i> \wedge (1.1.1.2) = <i>L</i> \wedge (1.1.1.3) = <i>L</i> \Rightarrow (1.1.1) = <i>M</i>			
<i>IF</i> (1.1.1.1) = <i>M</i> \wedge (1.1.1.2) = <i>L</i> \wedge (1.1.1.3) = <i>M</i> \Rightarrow (1.1.1) = <i>M</i>			
<i>IF</i> (1.1.1.1) = <i>M</i> \wedge (1.1.1.2) = <i>L</i> \wedge (1.1.1.3) = <i>H</i> \Rightarrow (1.1.1) = <i>H</i>			
<i>IF</i> (1.1.1.1) = <i>M</i> \wedge (1.1.1.2) = <i>M</i> \wedge (1.1.1.3) = <i>L</i> \Rightarrow (1.1.1) = <i>M</i>			
<i>IF</i> (1.1.1.1) = <i>M</i> \wedge (1.1.1.2) = <i>M</i> \wedge (1.1.1.3) = <i>M</i> \Rightarrow (1.1.1) = <i>M</i>			
<i>IF</i> (1.1.1.1) = <i>M</i> \wedge (1.1.1.2) = <i>M</i> \wedge (1.1.1.3) = <i>H</i> \Rightarrow (1.1.1) = <i>H</i>			
<i>IF</i> (1.1.1.1) = <i>M</i> \wedge (1.1.1.2) = <i>H</i> \wedge (1.1.1.3) = <i>L</i> \Rightarrow (1.1.1) = <i>H</i>			
<i>IF</i> (1.1.1.1) = <i>M</i> \wedge (1.1.1.2) = <i>H</i> \wedge (1.1.1.3) = <i>M</i> \Rightarrow (1.1.1) = <i>H</i>			
<i>IF</i> (1.1.1.1) = <i>M</i> \wedge (1.1.1.2) = <i>H</i> \wedge (1.1.1.3) = <i>H</i> \Rightarrow (1.1.1) = <i>H</i>			
<i>IF</i> (1.1.1.1) = <i>H</i> \wedge (1.1.1.2) = <i>L</i> \wedge (1.1.1.3) = <i>L</i> \Rightarrow (1.1.1) = <i>H</i>			
<i>IF</i> (1.1.1.1) = <i>H</i> \wedge (1.1.1.2) = <i>L</i> \wedge (1.1.1.3) = <i>M</i> \Rightarrow (1.1.1) = <i>H</i>			
<i>IF</i> (1.1.1.1) = <i>H</i> \wedge (1.1.1.2) = <i>L</i> \wedge (1.1.1.3) = <i>H</i> \Rightarrow (1.1.1) = <i>H</i>			
<i>IF</i> (1.1.1.1) = <i>H</i> \wedge (1.1.1.2) = <i>M</i> \wedge (1.1.1.3) = <i>L</i> \Rightarrow (1.1.1) = <i>H</i>			
<i>IF</i> (1.1.1.1) = <i>H</i> \wedge (1.1.1.2) = <i>M</i> \wedge (1.1.1.3) = <i>M</i> \Rightarrow (1.1.1) = <i>H</i>			
<i>IF</i> (1.1.1.1) = <i>H</i> \wedge (1.1.1.2) = <i>M</i> \wedge (1.1.1.3) = <i>H</i> \Rightarrow (1.1.1) = <i>H</i>			
<i>IF</i> (1.1.1.1) = <i>H</i> \wedge (1.1.1.2) = <i>H</i> \wedge (1.1.1.3) = <i>L</i> \Rightarrow (1.1.1) = <i>H</i>			
<i>IF</i> (1.1.1.1) = <i>H</i> \wedge (1.1.1.2) = <i>H</i> \wedge (1.1.1.3) = <i>M</i> \Rightarrow (1.1.1) = <i>H</i>			
<i>IF</i> (1.1.1.1) = <i>H</i> \wedge (1.1.1.2) = <i>H</i> \wedge (1.1.1.3) = <i>H</i> \Rightarrow (1.1.1) = <i>H</i>			
Κόμβοι εισόδου (input)		Κόμβος εξόδου (output)	
<i>IF</i> (1.1.1.1) = <i>L</i> \wedge (1.1.1.2) = <i>L</i> \Rightarrow (1.1.1) = <i>L</i>			
<i>IF</i> (1.1.1.1) = <i>L</i> \wedge (1.1.1.2) = <i>M</i> \Rightarrow (1.1.1) = <i>M</i>			
<i>IF</i> (1.1.1.1) = <i>L</i> \wedge (1.1.1.2) = <i>H</i> \Rightarrow (1.1.1) = <i>H</i>			
<i>IF</i> (1.1.1.1) = <i>M</i> \wedge (1.1.1.2) = <i>L</i> \Rightarrow (1.1.1) = <i>L</i>			
<i>IF</i> (1.1.1.1) = <i>M</i> \wedge (1.1.1.2) = <i>M</i> \Rightarrow (1.1.1) = <i>M</i>			
<i>IF</i> (1.1.1.1) = <i>M</i> \wedge (1.1.1.2) = <i>H</i> \Rightarrow (1.1.1) = <i>H</i>			
<i>IF</i> (1.1.1.1) = <i>H</i> \wedge (1.1.1.2) = <i>L</i> \Rightarrow (1.1.1) = <i>M</i>			
<i>IF</i> (1.1.1.1) = <i>H</i> \wedge (1.1.1.2) = <i>M</i> \Rightarrow (1.1.1) = <i>M</i>			
<i>IF</i> (1.1.1.1) = <i>H</i> \wedge (1.1.1.2) = <i>H</i> \Rightarrow (1.1.1) = <i>H</i>			

Επιλύσεις σεναρίων
(Crisp Numbers-C.N.)

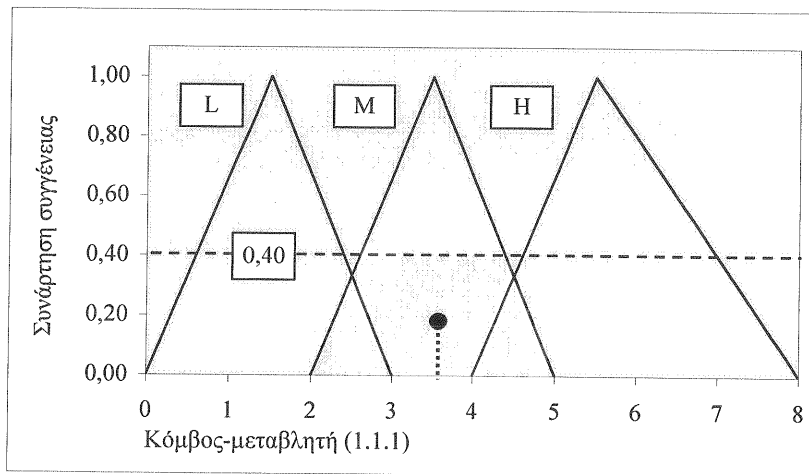
Σενάριο-1	C.N.
(1.1.1.1) =	1,65
(1.1.1) =	3,50
(1.1) =	5,09
Σενάριο-2	C.N.
(1.1.1.1) =	6,17
(1.1.1) =	4,46
(1.1) =	5,90
Σενάριο-3	C.N.
(1.1.1.1) =	4,00
(1.1.1) =	4,46
(1.1) =	5,11

[*] *L*=Low, *M*=Medium, *H*=High

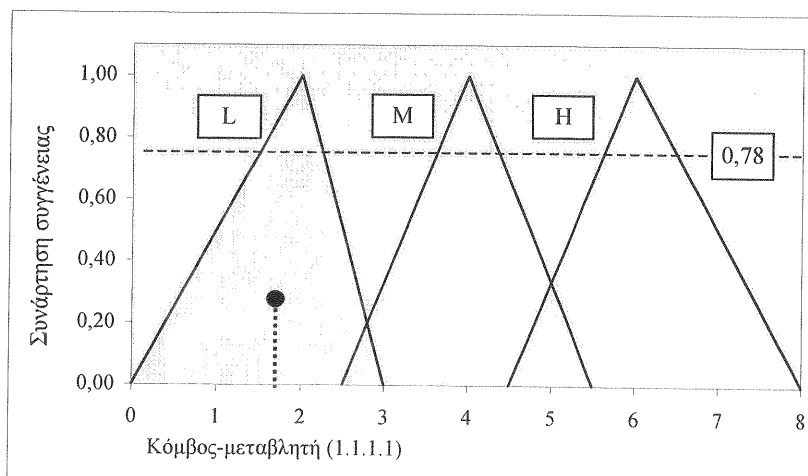
Πίνακας Π-5.2.γ
 Διαγράμματα ασαφών μεταβλητών-κόμβων εξόδου (Output) Σεναρίου-1



Output (1.1) : Medium, Crisp Value=5,09 (τετμημένη κεντροειδούς)



Output (1.1.1) : Medium, Crisp Value=3,50 (τετμημένη κεντροειδούς)



Output (1.1.1.1) : Low, Crisp Value=1,65 (τετμημένη κεντροειδούς)

διεργασίες (Kusiak et al, 1994; Yusuf and Smith, 1996) και σε μικρότερη κλίμακα στον τομέα των τεχνικών έργων (Tserng and Lin, 2004). Με τον τρόπο αυτό επιτεύχθηκε η αποτύπωση του τρόπου με τον οποίο η οργανωσιακή γνώση των ΕΣΜ, ρητή ή άρρητη, υπόκειται σε σύστημα διαχείρισης. Η επιλογή των μεθόδων IDEF0 και IDEF3 έγινε για τους εξής λόγους:

1. Εκφράζουν με επαγωγικό και συστηματικό τρόπο τη ροή των δραστηριοτήτων που εξελίσσονται στο περιβάλλον δράσης ενός τεχνικού οργανισμού, είτε ως αυτόνομες γνωσιολογικές λειτουργίες, είτε ως συνδυασμένες με τις παραγωγικές λειτουργίες.
2. Χρησιμοποιούν έννοιες που είναι αμοιβαία κατανοητές, τόσο για τη ΔΓ όσο και για τη διοίκηση και διαχείριση των έργων (project management and administration), όπως για παράδειγμα, δραστηριότητα (activity), περιορισμός (constraint), πόροι (resources), χρονισμός (time scheduling), κόστος (budget) και τμήμα (department).
3. Λόγω της εξοικείωσης του προσωπικού των ΕΣΜ να εργάζονται σε περιβάλλον προγραμματισμένων τεχνικών λειτουργιών και εσωτερικών διαδικασιών, αναμένεται ευνοϊκή ανταπόκριση σχετικά με την αποδοχή, αφομοίωση και αλληλεπίδραση μεταξύ τεχνικών και γνωσιολογικών λειτουργιών εντός των ΕΣΜ.

Ο συνεργισμός μεταξύ των οντολογικών δικτύων αντιπροσωπεύει την ολοκλήρωση του ΣΔΓ εντός της ΕΣΜ. Κάθε οντολογικός κόμβος υπάγεται σε μια λειτουργία. Αντίστροφα, κάθε λειτουργία εστιάζεται στη διαχείριση οντοτήτων που περιέχονται στις οντολογίες τομέων γνώσης. Αυτό τεκμηριώνεται από την εργασία των Batzias και Spanidis (2008b), όπου αναπαρίσταται το οντολογικό δίκτυο κατασκευής αγωγού ΦΑ με οριζόντια κατευθυνόμενης διάτρησης, που εκπονήθηκε στην περιοχή του Νέστου στη Θράκη. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιήθηκαν τρεις γνωσιολογικές διεργασίες, η απόκτηση, η τήρηση και η διανομή γνώσης. Στο σχήμα Σ-5.8 και στον πίνακα Π-5.3 παρουσιάζεται η λειτουργική οντολογία της προαναφερθείσας εργασίας βάσει της μεθόδου IDEF0. Για κάθε κύκλο ΔΓ του μοντέλου IMT που υιοθετήθηκε στην παρούσα διατριβή, ισχύουν οι κανόνες:

(α) Κάθε κύκλος λειτουργίας απόκτησης γνώσης KAQ περιλαμβάνει τρεις διακριτές υπολειτουργίες, δηλαδή τις KEL , KAN και KRP :

$$\forall(KAQ) \Rightarrow \exists(KEL) \wedge \exists(KAN) \wedge \exists(KRP) : KAQ = \{KEL, KAN, KRP\}$$

(β) Κάθε υπολειτουργία περιέχει τουλάχιστον μια δραστηριότητα:

$$\forall KEL \Rightarrow \exists T(I) : KEL = \{T(I) \mid I \geq 1 \wedge I \in \mathbf{N}\}$$

$$\forall KAN \Rightarrow \exists T(J) : KAN = \{T(J) \mid J \geq 1 \wedge J \in \mathbf{N}\}$$

$$\forall KRP \Rightarrow \exists T(S) : KRP = \{T(S) \mid S \geq 1 \wedge S \in \mathbf{N}\} \wedge (I \neq J, I \neq S, S \neq J)$$

(γ) Κάθε δραστηριότητα είναι διαφορετική από όλες τις υπόλοιπες που ανήκουν στην ίδια λειτουργία:

$$\begin{aligned} & \forall T(I) \in KEL \wedge \forall T(L) \in KEL, I \neq L \mid I, L \in N \Rightarrow \neg \{T(I) \equiv T(L)\} \\ & \forall T(J) \in KAN \wedge \forall T(R) \in KAN, J \neq R \mid J, R \in N \Rightarrow \neg \{T(J) \equiv T(R)\} \\ & \forall T(Q) \in KRP \wedge \forall T(S) \in KRP, Q \neq S \mid Q, S \in N \Rightarrow \neg \{T(Q) \equiv T(S)\} \end{aligned}$$

Οι γνωσιολογικές λειτουργίες προβλέπεται να συντονίζονται από ειδικό τμήμα ΔΓ (Knowledge Management Discipline) που θα ενταχθεί στο οργανόγραμμα της ΕΣΜ. Η συμμετοχή του τμήματος είναι εμφανής στο σχήμα Σ-5.8, όπου συγκαταλέγεται στους πόρους (Mechanisms) των ICOM οντοτήτων κάθε λειτουργίας.

Σύμφωνα με τη λογική διασύνδεση των δομικών στοιχείων του ΣΔΓ η ΒΓ κατέχει σημαντική θέση, δεδομένου ότι το ΣΔΓ αποκτά επιχειρησιακή σημασία λόγω, και δια μέσου, αυτής. Μια ταξινόμηση του περιεχομένου που θα πρέπει να καταχωρείται, τηρείται και ενημερώνεται σε μια τέτοια ΒΓ, θα πρέπει να περιλαμβάνει σύμφωνα με τους Batzias και Spanidis (2008b) τουλάχιστον, τις ακόλουθες επί μέρους βάσεις (οδηγούς):

(B1) *Οδηγός Μελετών και Διοίκησης (Engineering and Management Guide)*: περιλαμβάνει κώδικες και πρότυπα σχεδιασμού (π.χ. ANSI B31.8, ASTM standards, EN, DIN, BS, πρότυπα ΕΛΟΤ, κλπ), τεχνικές προδιαγραφές υποδομών ΦΑ (αγωγών, μονάδων ΥΦΑ, δικτύων), προγράμματα υπολογισμού διαστασιολόγησης εγκαταστάσεων και εξοπλισμού (Batzias et al., 2005), εκθέσεις γεωλογικής και γεωφυσικής έρευνας, τεχνολογιών διασταυρώσεων και περιβαλλοντικής προστασίας (Spanidis και Protopappa, 2003), απαιτήσεων ποιοτικού ελέγχου, επιθεωρήσεων και ασφάλειας, διοικητικές πληροφορίες για υποδείγματα συμβάσεων διαφόρων τύπων για την οργάνωση και παρακολούθηση των έργων, όπως και στοιχεία αξιολόγησης συνεργατών, υπεργολάβων και πελατών.

(B2) *Εμπειρικός Οδηγός (Empirical Guide)*: περιλαμβάνει πρακτικούς κανόνες για τις εργασίες υπαίθρου (γεωτρήσεις, συγκολλήσεις, χωματουργικές εργασίες), για την αναγνώριση και αποκατάσταση φθορών λόγω διάβρωσης (Batzias και Spanidis, 2008a), για την εγκατάσταση μηχανολογικού, ηλεκτρολογικού εξοπλισμού και για το χειρισμό εκτάκτων περιστατικών λειτουργίας των υποδομών ΦΑ.

(B3) *Οδηγός Βιβλιογραφικών Στοιχείων (Literature Guide)*: εξασφαλίζει συνδέσεις με on-line επιστημονικές βιβλιοθήκες, παρέχει υπολογιστικά μοντέλα βελτιστοποίησης βιομηχανικών διεργασιών ΦΑ και πετρελαιοειδών, στοιχεία τεχνολογιών αιχμής για τον έλεγχο της διακίνησης και της ασφάλειας των υποδομών ΦΑ, τεχνικές αναφορές από νεοεμφανιζόμενες τεχνολογίες και καινοτομίες που προκύπτουν από R&D συνεργασίες ή εκπαιδευτικά προγράμματα.

(B4) *Οδηγός Ενεργειακής Οικονομίας και Πολιτικής (Energy Economy and Policy Guide)*: περιλαμβάνει ιστορικά στοιχεία της παγκόσμιας ενεργειακής οικονομίας σε δομημένες μορφές ανάλυσης (πίνακες, διαχρονικές σειρές, διαγράμματα συσχετισμού με απόδοση καμπυλών μάθησης, κλπ) για τις τιμές ενεργειακών πρώτων υλών, τις καταναλώσεις, το κόστος τεχνικών έργων της ενεργειακής βιομηχανίας, την εγχώρια και διεθνή νομοθεσία που διέπει το καθεστώς ανάθεσης, διοίκησης, χρηματοδότησης και κατασκευής έργων.

(B5) *Οντολογικό Λεξικό (Ontological Vocabulary)*: περιλαμβάνει την, μέσω διαδικτύου και συνεργασιών ΚΤΤ που συνάπτονται λόγω, και δια μέσου, των έργων (Batzias και Markoulaki, 2002; Batzias και Spanidis, 2003) καταγραφή και ερμηνεία επιστημονικών και τεχνικών όρων-εκφράσεων που χρησιμοποιούνται στο περιβάλλον των έργων και οι

Πίνακας Π-5.3 ICOM οντότητες γνωσιολογικών λειτουργιών έργων οριζόντιας κατευθυνόμενης διάτρησης

Process: KAQ [P(1)]

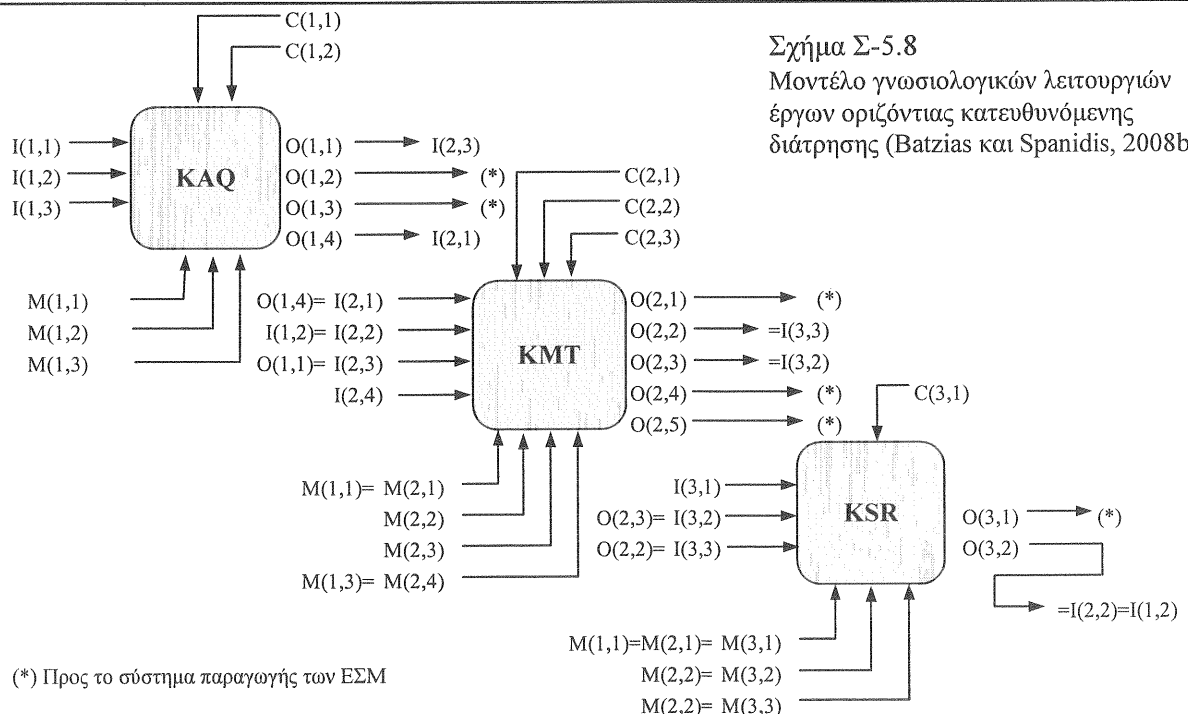
<i>Inputs</i>	I(1,1) : Basic Engineering data (pipe diameter/pressure, geo-environmental data, legislation, crossing length) I(1,2) : Meta-Knowledge updates (cases studies, lessons from previous crossing projects) I(1,3) : Determination and statement of crossing construction methods
<i>Outputs</i>	O(1,1) : Selected R&D-Training reports (in subsurface/rock mechanics, micro-tunneling/drilling technologies) O(1,2) : KTT requirements for Detailed Engineering elaboration O(1,3) : Company's know-how availability/reusability report O(1,4) : MCA report and methodological statements (evaluation of most adequate construction method)
<i>Controllers</i>	C(1,1) : Company's availability of experts in river crossing engineering/construction technologies C(1,2) : Company's R&D-Training budget
<i>Mechanisms</i>	M(1,1) : Knowledge Engineering Department M(1,2) : Project Management Department M(1,3) : Engineering Departments

Process: KMT [P(2)]

<i>Inputs</i>	I(2,1) : MCA reports and methodological statements [I(2,1)=O(1,4)] I(2,2) : Meta-Knowledge updates [I(2,2)=I(1,2)] I(2,3) : Selected R&D-Training reports [I(2,3)=O(1,1)] I(2,4) : Selected technical documentation (geotechnical/mechanical studies, project management data, etc.)
<i>Outputs</i>	O(2,1) : Information for organization, engineering and implementation of gas pipeline river crossings O(2,2) : Link with Expert System established for waterway crossing engineering failure analysis O(2,3) : Post-engineering KTT qualification reports O(2,4) : Project Vocabulary O(2,5) : Crossing Engineering Literature Updates
<i>Controllers</i>	C(2,1) : KB characteristics (storage capacity and capabilities of data processing architecture) C(2,2) : Company's experts availability on intelligent/knowledge based systems design/implementation) C(2,3) : Company's budget for information systems development
<i>Mechanisms</i>	M(2,1) : Knowledge Engineering Department M(2,2) : Information Technologies Department M(2,3) : Document Control Department M(2,4) : Engineering Departments

Process: KSR [P(3)]

<i>Inputs</i>	I(3,1) : Selected technical documentation (geotechnical/mechanical studies, proj. management data, etc.) I(3,2) : Post-engineering KTT qualification rep [I(3,2)=O(2,3)] I(3,3) : Link with Expert System established for waterway crossing engineering failure analysis [I(3,3)=O(2,2)]
<i>Outputs</i>	O(3,1) : Intra-organizational/regular reporting and updating O(3,2) : Meta-knowledge updates [O(3,2)=I(2,2)=I(1,2)]
<i>Controllers</i>	C(3,1) : Company's users' interfaces and networking facilities
<i>Mechanisms</i>	M(3,1) : Knowledge Engineering Department M(3,2) : Information Technologies Department M(3,3) : Document Control Department



οποίοι εμπεριέχονται στην επιστημονική βιβλιογραφία ως δόκιμοι καθώς επίσης και στα τεχνικά κείμενα, στις συμβάσεις και στην αλληλογραφία.

Η ΒΓ θα μπορούσε να είναι σχεσιακή τριών επιπέδων, σύμφωνα με το πρότυπο ANSI/SPARC-3 καλύπτοντας ανάγκες πολλών χρηστών (multi user) σε πραγματικό χρόνο (real time), όπως τεκμηριώνεται σχετικά σε επόμενο κεφάλαιο της διατριβής.

5.2.3 Υλοποίηση-Υποσυστήματα

Σκοπός της υλοποίησης είναι να αναδειχθεί η εφικτότητα και λειτουργικότητα του ΣΔΓ. Η εφικτότητα προκύπτει ως απαίτηση τήρησης των αρχών της δομικής διάρθρωσης και της γνωσιολογικής συνάφειας, υπό την έννοια ότι το ΣΔΓ είναι δομημένο σύμφωνα με τις απαιτήσεις της ΔΓ και του οργανογράμματος των εγχώριων ΕΣΜ. Η λειτουργικότητα, προκύπτει ως απαίτηση τήρησης της αρχής της λειτουργικής υπαγωγής, όπου το ΣΔΓ πρέπει να αποδεικνύεται ότι λειτουργεί, ως περιεχόμενο και ως σύνολο γνωσιολογικά διακριτών λειτουργιών (μέσω των οποίων δομούνται οντολογίες, εφαρμόζονται αλγόριθμοι εξόρυξης και επεξεργασίας ποσοτικών δεδομένων, κλπ) σε πραγματικές συνθήκες εκπόνησης έργων.

Η υλοποίηση παρουσιάζεται με την ανάπτυξη επί μέρους υποσυστημάτων καθένα από τα οποία εντάσσεται στο διάγραμμα της γενικής οντολογίας των έργων. Για την αντιπροσωπευτικότερη ανάδειξη της υλοποίησης του ΣΔΓ επιλέχθηκαν τρία υποσυστήματα που εντάσσονται σε διαφορετικές φάσεις των έργων. Η ανάπτυξη κάθε υποσυστήματος παρουσιάζει μια επί μέρους μεθοδολογική αντιμετώπιση, η οποία απαρτίζεται από τα εξής:

1. *Τεκμηρίωση ερευνητικού και γνωσιολογικού ενδιαφέροντος:* αφορά το γνωσιολογικό περιεχόμενο του υπό εξέταση υποσυστήματος και την ερευνητική του σημασία, βάσει βιβλιογραφίας. Για παράδειγμα, το φαινόμενο της διάβρωσης, ερμηνεύεται από άποψη διεπιστημονικότητας και φαινομενολογικής προέκτασης, ενώ τεκμηριώνεται η ανάγκη της ερευνητικής του ανάδειξης, που εκφράζεται από την έλλειψη βιβλιογραφίας, σε επίπεδο γνωσιολογικών τομέων. Παράλληλα, αναδεικνύεται η εμπλοκή των παραγόντων ΔΓ των ΕΣΜ στο συγκεκριμένο ερευνητικό αντικείμενο (τήρηση της αρχής της γνωσιολογικής συνάφειας).
2. *Εξαγωγή και ανάλυση της γνώσης:* τεκμηριώνεται η εξαγωγή και ανάλυση της γνώσης. Σε κάθε υποσύστημα παρουσιάζεται η συλλογή, ταξινόμηση και αξιολόγηση των δεδομένων και πληροφοριών που είναι γνωσιολογικά σημαντικές, καθώς επίσης και οι πηγές άντλησής τους, π.χ. βιβλιογραφία, ερωτηματολόγια με αποτυπωμένη τη γνώση εμπειρογνομώνων, βάσεις δεδομένων της βιομηχανίας ΦΑ. Παράλληλα, αναδεικνύεται η ανάλυση της γνώσης, δηλαδή ο τρόπος που γνώση αποδομείται οντολογικά, αξιολογείται και αναδομείται σε διακριτά υποσύνολα ρητής γνώσης που είναι σημαντικά για την ΕΣΜ (τήρηση των αρχών της αντικειμενικοποίησης και της λειτουργικής υπαγωγής). Στην ανάλυση γνώσης υπάγονται επίσης αλγόριθμοι που κάνουν χρήση της οντολογικής δομής (π.χ. νευροασαφής πολυκριτηριακός αλγόριθμος αξιολόγησης οδεύσεων μεταφοράς ΦΑ, ανάλυση χρονοσειρών ενεργειακής ζήτησης με αυτοπαλίνδρομα μοντέλα ARIMA(p,d,p), χρήση κανόνων ασαφούς λογικής στις FTA

οντολογίες, κλπ) μέσω των οποίων δίνεται έμφαση στη γνωσιολογική (ποιοτική και ποσοτική) ερμηνεία κάθε υποσυστήματος.

3. *Αναπαράσταση-Έμφαση υποσυστήματος*: παρουσιάζεται η οντολογική δικτύωση του υποσυστήματος με έμφαση, ως οντολογία τομέων γνώσης, ή/και ως λειτουργική οντολογία, με χρήση μεθόδων, εργαλείων και τεχνικών αναπαράστασης της ρητής, αντικειμενικοποιημένης πλέον, γνώσης.
4. *Συμβολή στην επιστημονική έρευνα*: παρουσιάζεται η συμβολή του υποσυστήματος στην επιστημονική έρευνα. Η συμβολή αξιολογείται ως προς το περιεχόμενο, επισημαίνοντας τις διαφορές ή καινοτομίες που εισάγει στη γνωσιολογική έρευνα και ως προς τη μεθοδολογία, επισημαίνοντας τα επί μέρους λογικά βήματα που προτείνει προς επίτευξη του ερευνητικού στόχου, στο πλαίσιο της ΔΓ.

Στα επόμενα κεφάλαια αναπτύσσονται σε βάθος τρία διακριτά υποσυστήματα από τα οποία αναδεικνύεται η εφικτότητα και η λειτουργικότητα του προτεινόμενου ΣΔΓ.

Το πρώτο υποσύστημα αναφέρεται στην *ανάλυση του πλαισίου επένδυσης* των έργων του ΦΑ, η οποία προηγείται του σχεδιασμού-κατασκευής των υποδομών και είναι ιδιαίτερα κρίσιμη για την αξιολόγηση των έργων και τη λήψη αποφάσεων. Ως σενάριο-έργο αναφοράς επιλέχθηκε η είσοδος-επέκταση του ΦΑ στην Πελοπόννησο, όπου επιχειρείται συνολική ανάδειξη της διάστασης της βιομηχανίας του ΦΑ, όπως η ΣΗΘ, οι αγωγοί μεταφοράς και οι μονάδες ΥΦΑ, σε συνθήκες ενεργειακού ανταγωνισμού.

Το δεύτερο, αναφέρεται στη βελτιστοποίηση της επιλογής *οδύσεων μεταφοράς ΦΑ*, που αναφέρεται ως πολυκριτηριακό πρόβλημα και αντιμετωπίζεται στη φάση του τεχνικού σχεδιασμού έργων υποδομών ΦΑ. Ως σενάριο-έργο αναφοράς επιλέχθηκε η περαιτέρω επέκταση του εθνικού δικτύου ΦΑ στους νομούς Θεσσαλονίκης και Χαλκιδικής, μέσω τεσσάρων εναλλακτικών οδύσεων-τεχνολογιών μεταφοράς.

Το τρίτο υποσύστημα αναφέρεται στη φάση της λειτουργίας με έμφαση στην διαχείριση του φαινομένου της *διάβρωσης μεταλλικών αγωγών ΦΑ*. Στο υποσύστημα αυτό εξετάζεται σε πολλαπλά φαινομενολογικά επίπεδα (ανάλυση βασικών αιτιών, θεωρίες διάβρωσης, συνεργισμός επιστημονικών περιοχών, κλπ) το φαινόμενο της διάβρωσης.

5.2.4 Διευκρινίσεις-Σχολιασμός

Μετά την ανάπτυξη των υποσυστημάτων, ακολουθεί η παράθεση διευκρινίσεων που σχετίζονται με την ερευνητική διάσταση των υποσυστημάτων. Εξετάζεται η συνέπεια των υποσυστημάτων ως προς τις τεθείσες μεθοδολογικές αρχές. Αποσαφηνίζεται η μεθοδολογία διεξαγωγής της βιβλιογραφικής επισκόπησης (σε φάσεις) και η έμφαση που δίνεται σε κάθε υποσύστημα, όσον αφορά τις επί μέρους γνωσιολογικές λειτουργίες του μοντέλου IMT που υιοθετήθηκε. Προσδιορίζονται οι επιπτώσεις από τις αναπόφευκτες αλλαγές στην οργάνωση και στη συμπεριφορά του προσωπικού, που απαρτίζει την κοινωνία της παραγωγής των ΕΣΜ. Επίσης, γίνεται αναφορά στις προϋποθέσεις και περιορισμούς που ανακύπτουν για την υλοποίηση τη ΒΓ των ΕΣΜ και την κρισιμότητα του ρόλου των μηχανικών γνώσης.

Ο σχολιασμός εντοπίζεται σε θέματα ευρύτερου ενδιαφέροντος που προκύπτουν από την ερευνητική προσέγγιση του ΣΔΓ. Ένα από αυτά είναι η εξέταση οργανωτικών και τεχνοοικονομικών ζητημάτων που αναμένεται να ανακύψουν στο περιβάλλον των ΕΣΜ

λόγω της ανάπτυξης του ΣΔΓ. Τέλος, επιχειρείται προσέγγιση του εννοιολογικού συσχετισμού υποσυστημάτων του ΣΔΓ με αντιπροσωπευτικά μοντέλα ΔΓ που αναπτύχθηκαν σε προηγούμενα κεφάλαια της διατριβής.

6. ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑ ΠΡΩΤΟ: ΕΞΟΡΥΞΗ ΚΑΙ ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΓΝΩΣΗΣ ΣΤΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ ΕΡΓΩΝ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

Στις αρχικές διαπραγματεύσεις κατασκευής έργων ΦΑ μεγάλης κλίμακας, η διερεύνηση του πλαισίου επένδυσης των έργων αποκτά ιδιαίτερη βαρύτητα. Αυτό συμβαίνει επειδή τα ενδιαφερόμενα μέρη (τράπεζες, κοινοπραξίες εμπορίας ΦΑ, κατασκευαστικές εταιρίες, κλπ) επιζητούν να εκτιμήσουν έγκαιρα τα τεχνοοικονομικά μεγέθη των έργων, λαμβάνοντας υπόψη τους τις εναλλακτικές τεχνολογίες μεταφοράς, αποθήκευσης και διανομής ΦΑ. Οι εμπλεκόμενες ΕΣΜ καλούνται να αντιμετωπίσουν σειρά δυσκολιών που χαρακτηρίζονται, αφενός από περιορισμένη διαθεσιμότητα τεχνικών πληροφοριών (π.χ. διάμετροι, μήκη, ετήσιο μεταφορικό φορτίο, οδεύσεις, κλπ), αφετέρου από προτάσεις των εταίρων των κοινοπραξιών υλοποίησης και εκμετάλλευσης των έργων οι οποίες συχνά δίστανται. Συνήθως, οι αρχικές πληροφορίες αφορούν προκαταρκτικές προτάσεις αγωγών σε χάρτες κλίμακας 1:500.000 ή μικρότερης και, ενδεχομένως, κάποιες γενικές εκτιμήσεις για την επιθυμητή χωρητικότητα των υπό εξέταση συστημάτων.

Η περιορισμένη διαθεσιμότητα πληροφοριών εισάγει αβεβαιότητες στη διερεύνηση του πλαισίου επένδυσης. Ωστόσο, η τεκμηρίωση των αποτελεσμάτων της διερεύνησης του πλαισίου επένδυσης είναι καθοριστικής σημασίας για την τύχη των έργων. Βάσει της διερεύνησης, λαμβάνονται αποφάσεις θετικές, απορριπτικές ή εισηγητικές μικτών λύσεων, όπως η σύνδεση των υπό εξέταση έργων με άλλα συναφή που σχεδιάζονται στην ίδια γεωγραφική περιφέρεια (π.χ. οι εναλλακτικές διαδρομές των αγωγών South Stream και Nabucco) ή αλλαγές στην εφοδιαστική φιλοσοφία, π.χ. αντικατάσταση χερσαίων οδεύσεων με υποθαλάσσιες ή κατασκευή μονάδων ΥΦΑ.

Οι ΕΣΜ (και ειδικότερα οι εγχώριες) κάνουν χρήση συνήθως κοστολογικών στοιχείων παλαιότερων έργων αξιοποιώντας άρρητη γνώση των εμπειρογνομόνων τους ή χρησιμοποιούν υπεργολάβους. Η αντιμετώπιση αυτή (που δεν αποτελεί αποκλειστική πρακτική μόνο των ΕΣΜ, βλ. σχετικά Bellos et al., 2003) οδηγεί σε υπερεκτιμήσεις ή υποεκτιμήσεις των κοστολογούμενων αντικειμένων, οι οποίες συχνά συνεπάγονται διαχειριστικές παρενέργειες (Michaels et al., 1989; Stewart et al., 1995; NASA, 2002). Στις περιπτώσεις των ΕΣΜ οι παρενέργειες αυτές αναγνωρίζονται ως επανειλημμένες αναθεωρήσεις κόστους, δυσκολία κοστολόγησης διακρατικών οδεύσεων, δυσκολία ανεύρεσης κοστολογικών στοιχείων για έργα σχεδιαζόμενα σε περιοχές χωρίς υποδομές ΦΑ, δυσκολία ενσωμάτωσης της γεωπολιτικής ιδιαιτερότητας των έργων, (Batziias και Spanidis, 2008c) κλπ. Τα προβλήματα αυτά προκύπτουν λόγω των κενών γνώσης και της συνολικότερης αντίληψης των ΕΣΜ για τη ΔΓ (Batziias και Spanidis, 2008a).

Στο παρόν κεφάλαιο, παρουσιάζεται υποσύστημα με έμφαση στην εξόρυξη και ενσωμάτωση γνώσης κατά τη διερεύνηση πλαισίου ιδιωτικής επένδυσης για το σενάριο κατασκευής υποδομών ΦΑ στην Πελοπόννησο (όπου δεν υπάρχει εγκατεστημένο δίκτυο ΔΕΣΦΑ). Επιχειρείται ανάδειξη και ενσωμάτωση εργαλείων ΔΓ, με σκοπό την αύξηση της αξιοπιστίας της διαδικασίας υπολογισμού των μεγεθών της επένδυσης, χωρίς χρήση της άρρητης γνώσης των εμπειρογνομόνων. Προτείνεται (ημι-αυτοματοποιημένος) τρόπος συλλογής και ταξινόμησης πρωτογενών τεχνοοικονομικών δεδομένων αγωγών ΦΑ με μεθοδολογία τύπου DM συνδυαζόμενη με πολλαπλή παλινδρόμηση, απ' όπου προκύπτει συνάρτηση εκτίμησης κόστους. Γίνεται πρόβλεψη της ενεργειακής ζήτησης με ανάλυση χρονοσειρών με χρήση αυτοπαλινδρομων μοντέλων (ARIMA) και διερεύνηση σεναρίων

διείσδυσης του ΦΑ στην Πελοπόννησο μεταξύ 2011-2030. Η διερεύνηση περιλαμβάνει σενάρια διείσδυσης του ΦΑ με χρήση ασαφών αριθμών, συνδυάζοντας ενδεχόμενα ανταγωνιστικότητα των ΑΠΕ ή/και περιορισμένης χρήσης λιγνίτη από τη ΔΕΗ (Μεγαλόπολη). Εξάγονται οι τυπικές τεχνοοικονομικές παράμετροι (καθαρή παρούσα αξία, δείκτης εσωτερικής απόδοσης, ανάλυση νεκρού σημείου, λόγος κόστους οφέλους). Ακολουθεί ανάλυση ευαισθησίας, βάσει επιλογής διαφορετικών επιτοκίων προεξόφλησης και τιμής πώλησης του ΦΑ, ενώ εκπονείται μαθηματική διερεύνηση της συνάρτησης κόστους για τη λήψη απόφασης επιλογής διαμέτρου αγωγού. Τέλος, αξιολογείται η περίπτωση συνύπαρξης του σχήματος αγωγός-μονάδα ΥΦΑ.

6.1 Επισκόπηση βιβλιογραφίας

Από αναζήτηση βιβλιογραφίας, αναφορικά με το ρόλο των κοστολογικών στοιχείων με γνωσιολογικό περιεχόμενο συναφές με την ανάλυση του πλαισίου επένδυσης έργων ΦΑ, προέκυψαν τα ακόλουθα:

1. Οι Μουρελάτος και Κανελλόπουλος (1995) επικεντρώνονται στη διερεύνηση του κόστους των συστημάτων ΣΗΘ. Αξιολογούν τις επιδόσεις των συστημάτων αυτών στην ευρωπαϊκή αγορά ενέργειας στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής, στη διαμόρφωση τιμολογίων, στους εθνικούς ενεργειακούς στόχους των ευρωπαϊκών κρατών και επισημαίνουν τα οικονομικά κίνητρα που δίνονται για κάθε χώρα. Χαρτογραφούν τους τομείς της ελληνικής βιομηχανίας που προσφέρονται για ανάπτυξη μονάδων ΣΗΘ και παρουσιάζουν ολοκληρωμένο οικονομοτεχνικό μοντέλο εκτίμησης των επιπτώσεων από τη χρήση του ΦΑ στην Ελλάδα, ενσωματώνοντας παραμέτρους περιβαλλοντικού κόστους, όπως εκπομπές NO_x, CO₂, CO, HC, SO_x και σωματιδίων. Τα αποτελέσματα της έρευνας τους που εστιάζονται στην ανάπτυξη της ΣΗΘ από ιδιώτες επενδυτές, αντιπροσωπεύονται από τις εξαγόμενες τιμές τυπικών χρηματοοικονομικών δεικτών, όπως η καθαρή παρούσα αξία των επενδύσεων, ο συντελεστής εσωτερικής απόδοσης, ο χρόνος επιστροφής του κεφαλαίου επένδυσης και το οριακό κόστος προμήθειας του ΦΑ από ανεξάρτητους ηλεκτροπαραγωγούς (σε δρχ/kWh).
2. Οι Strubegger και Messner (1986) μελέτησαν τα κόστη κατασκευής των αγωγών ΦΑ στην Ευρώπη, σε έργα που κατασκευάστηκαν μέχρι το 1970. Προσδιόρισαν, ότι το κόστος κατασκευής των αγωγών από το 1970 μέχρι και το 1986 τριπλασιάστηκε, λόγω της αύξησης του κόστους ενεργειακής μεταφοράς, που επέφερε η ανάγκη κατασκευής μεγάλων δικτύων μεταφοράς ΦΑ από την πρώην ΕΣΣΔ προς τη δυτική Ευρώπη. Ωστόσο, τα αποτελέσματα της έρευνας αναφέρονται σε προγενέστερες χρονικές περιόδους, τα δεδομένα των οποίων είναι δύσκολο να ερμηνευθούν με ποιοτικούς και ποσοτικούς όρους της σημερινής διεθνούς ενεργειακής αγοράς ΦΑ, αλλά και της κατασκευαστικής βιομηχανίας υποδομών ΦΑ.
3. Οι Dey et al., (1996) εξειδικεύουν το κόστος της αβεβαιότητας των έργων αγωγών μεταφοράς πετρελαίου μέσω ολοκληρωμένου συστήματος παρακολούθησης και διαχείρισης των αβεβαιοτήτων αυτών. Το σύστημα αναπτύσσεται βάσει τεχνικής γραμμικού προγραμματισμού, με περιορισμούς που σχετίζονται με τους στόχους του έργου, τα πακέτα εργασίας βάσει των οποίων δομείται το έργο και τη δικτύωση των

επί μέρους δραστηριοτήτων. Προσδιορίζουν τους κινδύνους που υπεισέρχονται στα έργα αυτά βάσει σεναρίων (υψηλός, μέσος και χαμηλός κίνδυνος) και τα απρόβλεπτα κόστη που οι κίνδυνοι αυτοί συνεπάγονται, συνδέοντάς τα με τις επιπτώσεις στην πρόοδο και στο κόστος των επί μέρους τεχνικών δραστηριοτήτων.

4. Οι Caloghirou et al., (1996) παρουσιάζουν το γενικό πλαίσιο της εισαγωγής του ΦΑ στην Ελλάδα και αναλύουν τις μακροοικονομικές επιπτώσεις του νέου καυσίμου στην Ελληνική οικονομία. Παρουσιάζουν ενδιαφέροντα κοστολογικά στοιχεία ανά μέγεθος διαμέτρου, από την καταγραφές του κόστους κατασκευής του κεντρικού αγωγού ΦΑ υψηλής πίεσης και προσδιορίζουν την πρόβλεψη του βαθμού συμμετοχής των εγχώριων επιχειρήσεων του δευτερογενούς και τριτογενούς τομέα της παραγωγής στην προμήθεια υλικών και εξοπλισμού κατασκευής σε φάση πλήρους ανάπτυξης των σχετικών έργων.
5. Η έρευνα της IEA (1998) ανέλυσε τα κόστη κατασκευής αγωγών, επιμερίζοντάς τα σε εργασία και υλικά συναρτήσει της ονομαστικής διαμέτρου. Το συμπέρασμα της μελέτης είναι, ότι σε χαμηλές διαμέτρους το κόστος των υλικών είναι μικρότερο του κόστους ανέγερσης, ενώ σε διαμέτρους μεγαλύτερες των 36 ιντσών, τα δύο κόστη ισοσκελίζονται. Η έρευνα ανέδειξε επίσης το γεγονός ότι, το κόστος υλικών των υποθαλάσσιων οδεύσεων είναι μεγαλύτερο από το αντίστοιχο των χερσαίων.
6. Ο Zhao (2000) μελετά το κόστος κατασκευής μεγάλων αγωγών διακρατικής εμβέλειας που κατασκευάστηκαν, είτε προ του 2000, είτε είχε προγραμματιστεί η κατασκευή τους εντός της δεκαετίας 2000-2010. Προσδιορίζει το μοναδιαίο κόστος κατασκευής επίγειων και υποθαλάσσιων αγωγών στις ΗΠΑ μεταξύ των ετών 1985-1998 σε τιμές μοναδιαίες τιμές US\$/m³ αγωγού. Το κόστος αυτό παρουσιάζει διακυμάνσεις από 1.000-1.700 US\$/m³ για τις επίγειες οδεύσεις, ενώ για τις υποθαλάσσιες κυμαίνεται μεταξύ 3.000-14.000 US\$/m³. Η εργασία προσανατολίζεται περισσότερο στην εμπορική διάσταση των έργων, καταλήγοντας σε εκθετικές συναρτήσεις του κόστους της μορφής $y(x)=a \cdot x^{-b}$ | $a, b \in \mathbf{R}$, όπου y το κόστος και x η παροχή των αγωγών. Συμπεραίνει, ότι στην ΕΕ και στις ΗΠΑ, το κόστος υπόκειται σε διακυμάνσεις, που επηρεάζονται από την εξέλιξη της διεθνούς ενεργειακής οικονομίας. Επισημαίνεται ωστόσο, ότι τα δείγματα που βασίζεται η συμπερασματολογία του είναι πολύ μικρά (14 εγγραφές για τους υπόγειους και 12 εγγραφές για τους υποθαλάσσιους) με συντελεστές συσχέτισης που παρουσιάζουν μεγάλη απόκλιση μεταξύ τους ($R^2=0,0898$ για χερσαίους και $R^2=0,634$ για υποθαλάσσιους αγωγούς αντίστοιχα).
7. Οι Mohitpour et al., (2003) επισκοπούν γενικώς τις παραμέτρους επηρεασμού του κόστους των έργων μεταφοράς ΦΑ. Υπογραμμίζουν τη σημασία τους, όσο το δυνατό πιο αξιόπιστης εκτίμησης του κόστους πριν από κάθε δραστηριότητα σχεδιασμού ή κατασκευής. Επισημαίνουν, ότι η βιωσιμότητα των επενδύσεων αναδεικνύεται με την επιλογή σωλήνων κατάλληλου τύπου υλικού και πάχους, βέλτιστης διαμέτρου και με ελαχιστοποίηση του αριθμού των απαιτούμενων συμπιεστών. Προσδιορίζουν τα κόστη σε άμεσα που σχετίζονται με τις δαπάνες κατασκευής των υποδομών ΦΑ και στα έμμεσα που σχετίζονται με τη χρηματοδότηση, δηλαδή το κόστος δανεισμού. Υπογραμμίζουν, ότι το κρισιμότερο μέγεθος επιλογής ή απόρριψης των έργων ΦΑ είναι ο βαθμός εσωτερικής απόδοσης της επένδυσης (IRR), η τιμή του οποίου εξαρτάται από την τιμολόγηση του μεταφορικού έργου. Επίσης, επισημαίνουν τη

- σημασία της βέλτιστης ονομαστικής διαμέτρου, ως παραμέτρου τιμολόγησης των πωλούμενων υπηρεσιών (σε $\text{US}\$/\text{m}^3$ ή $\text{€}/\text{m}^3$) ενεργειακής μεταφοράς.
8. Οι Corbett et al., (2003) αναφέρονται στην οικονομική διάσταση της επιλογής υλικού σωλήνα για τα έργα ΦΑ. Η εργασία τους παρουσιάζει πολλά κοινά σημεία με αυτή των Mohitpour et al., (2003). Ωστόσο, προσδιορίζουν με περισσότερο εμπορικούς όρους την τεχνοοικονομική συσχέτιση του κόστους της επιλογής χάλυβα με υψηλή ελαστομηχανική αντοχή ο οποίος μπορεί να λειτουργήσει σε υψηλές πιέσεις, μειώνοντας έτσι την ανάγκη εγκατάστασης ενδιάμεσων συμπιεστών, ειδικότερα σε αγωγούς μεγάλου μήκους π.χ. 1600 km. Συμπεραίνουν, ότι ο συνδυασμός μικρών διαμέτρων, χάλυβα μεγάλης αντοχής και μικρότερου πάχους τοιχώματος, προσδίδει οικονομία κατασκευής έως και 15%. Τεκμηριώνουν τις απόψεις τους, μέσω εμπειριστατωμένων μελετών περίπτωσης σε επενδύσεις έργων αγωγών ΦΑ, υπόγειων η/και υπέργειων, με χρήση επιτοκίου προεξόφλησης 10%.
 9. Ο Pandian (2005) αναφέρεται στο έργο του αγωγού ΦΑ που θα συνδέει Ιράν, Πακιστάν και Ινδία. Παρουσιάζει τα μακρο-τεχνοοικονομικά μεγέθη του συγκεκριμένου έργου (μήκος, κόστος, ετήσια παροχή και συνεργαζόμενους φορείς εκμετάλλευσης) και τα συγκρίνει με αντίστοιχα μεγέθη ανταγωνιστικών έργων που έχουν προγραμματιστεί στην εγγύτερη γεωγραφική περιφέρεια, τα οποία είναι οι αγωγοί ΦΑ Ιράν-Πακιστάν, Κατάρ-Πακιστάν, Πακιστάν Τουρκμενιστάν και Ινδία-Μπαγκλαντές. Καταγράφει τις μακροπρόθεσμες ενεργειακές ανάγκες των εμπλεκόμενων κρατών, τις μεταξύ τους γεωπολιτικές σχέσεις και αντιθέσεις που υπεισέρχονται αναπόδραστα στην κοστολόγηση και υλοποίηση των έργων αυτών. Τα συμπεράσματα της εργασίας είναι περισσότερο πολιτικοοικονομικής υφής και διατυπώνονται υπό μορφή ανάδειξης των πλεονεκτημάτων της όδευσης του συγκεκριμένου έργου, έναντι των ανταγωνιστικών.
 10. Οι Chang και Leu (2006) παρουσιάζουν μοντέλο αξιολόγησης της κερδοφορίας έργων που εκπονήθηκαν από συγκεκριμένη ΕΣΜ. Το μοντέλο βασίζεται σε εφαρμογή μεθόδου DM, μέσω της οποίας συλλέχθηκαν πρωτογενή στοιχεία 548 έργων που εκπονήθηκαν μεταξύ 1996-2001. Τα πρωτογενή στοιχεία αφορούν μεγέθη που σχετίζονται με το είδος των έργων (τύπος, φάση εκπόνησης, διάρκεια, συμβατικό τίμημα, κλπ), με τα εμπλεκόμενα τμήματα της ΕΣΜ (π.χ. ποιοτικός έλεγχος, διοίκηση έργων, μελέτη, επίβλεψη, κλπ) και με *a-posteriori* μεγέθη, όπως η παραγωγικότητα και η κερδοφορία. Το μοντέλο καταλήγει στην ταξινόμηση της κερδοφορίας των υπηρεσιών που εκπονήθηκαν βάσει οικονομικών αποτελεσμάτων, προτείνοντας στατιστικούς συσχετισμούς, ως αποτέλεσμα της DM μεθοδολογίας. Οι συσχετισμοί αυτοί εκπονούνται βάσει δειγμάτων που αναφέρονται σε μεγέθη όπως είναι η διάρκεια των έργων έναντι των ανθρωποωρών που καταναλώθηκαν, η ολική ποιότητα έναντι της φύσης έργου, κλπ.. Σε σχέση με την κερδοφορία αξιολογήθηκαν και άλλα μεγέθη, όπως η επάρκεια συντονισμού, οι συνεργασίες, η τεχνογνωσία και το μηνιαίο κόστος των υπηρεσιών των έργων. Αποτέλεσμα της εφαρμογής του μοντέλου, ήταν η ανάδειξη των συγκοινωνιακών μελετών και των υπηρεσιών επίβλεψης κατασκευών, ως των πλέον κερδοφόρων περιπτώσεων.
 11. Οι Batzias και Spanidis (2008c) παρουσιάζουν μαθηματικό μοντέλο υπολογισμού του κόστους αγωγών μεταφοράς ΦΑ και πετρελαίου. Το μοντέλο βασίζεται σε πρωτογενή τεχνοοικονομικά δεδομένα (διάμετροι, μήκη, κόστη, μεταφορικό έργο, κλπ) δείγματος

348 εκτελεσθέντων ή υπό μελέτη έργων της διεθνούς κατασκευαστικής βιομηχανίας, που καλύπτουν την περίοδο 1997-2006. Το κόστος προσδιορίζεται με μέθοδο τύπου DM αποτέλεσμα της οποίας είναι η εξαγωγή μαθηματικής σχέσης υπολογισμού του κόστους συναρτήσει της διαμέτρου και του μήκους οδού των αγωγών. Η αξιοπιστία της σχέσης αυτής ενισχύεται από τον υψηλό βαθμό συσχέτισης ($R^2=85.7\%$), αλλά και από τα υπόλοιπα αποτελέσματα της πολλαπλής παλινδρόμησης (ανάλυση διασποράς, έλεγχος πολυσυγγραμμικότητας, έλεγχοι στατιστικής σημαντικότητας, κλπ.) που εφαρμόστηκε στο συγκεκριμένο δείγμα. Η εργασία συνοδεύεται και από τεχνοοικονομική ανάλυση της μεθόδου DM που ακολουθήθηκε και την ευαισθησία που αυτή παρουσιάζει σε περιπτώσεις μη εφαρμογής ή ελάσσονος εφαρμογής της στην προεκτίμηση του κόστους των έργων.

12. Οι Saniere et al., (2004) αναφέρονται στο γενικό πλαίσιο της μεταφοράς βαρέων υδρογονανθράκων μέσω αγωγών. Δεν αναφέρονται στην επενδυτική διάσταση των έργων, αλλά στο κόστος εξόρυξης μεταξύ χαρακτηριστικών περιοχών (Βενεζουέλα, Καναδάς, Τέξας) αναδεικνύοντας το ιξώδες του προϊόντος που εξορύσσεται, ως κρίσιμης τεχνοοικονομικής παραμέτρου των έργων εξόρυξης και μεταφοράς πετρελαιοειδών.

Η προαναφερόμενη επισκόπηση βιβλιογραφίας αναδεικνύει χρήσιμες διαπιστώσεις που συνεκτιμώνται στην επόμενη παράγραφο, όπου και τεκμηριώνεται το επιστημονικό ενδιαφέρον του υπό εξέταση υποσυστήματος.

6.2 Τεκμηρίωση ερευνητικού ενδιαφέροντος υποσυστήματος

Βάσει των εξαγομένων της βιβλιογραφικής επισκόπησης, προκύπτει, ότι η προσέγγιση του κόστους των έργων διεργασιών ΦΑ παρουσιάζει διαφοροποιήσεις, ενώ δεν είναι εμφανής μια συστηματική προσέγγιση από άποψη ΔΓ. Συγκεκριμένα, διαπιστώνεται ότι:

1. Το θέμα του κόστους *επιμερίζεται* σε εξειδικευμένες θεματικές περιοχές, όπως η σχέση μεταξύ κόστους και τύπου υλικών, το μοναδιαίο μακροοικονομικό κόστος των έργων, η ενδοσκόπηση των ιστορικών αρχείων για αξιολόγηση της παραγωγικότητας των ΕΣΜ και το κόστος εξόρυξης και μεταφοράς βαρέων πετρελαϊκών προϊόντων.
2. Δεν υπάρχει μεγάλη *ποικιλία* δημοσιευμένων εργασιών στο πεδίο της ανάλυσης του πλαισίου επένδυσης των έργων ΦΑ. Αυτό οφείλεται, είτε στο ότι το σχετικό ενδιαφέρον εξαντλείται στη χρήση των ιστορικών τεχνοοικονομικών στοιχείων, είτε στο ότι η αβεβαιότητα εσωτερικοποιείται στον προϋπολογισμό των έργων. Το τελευταίο όμως, συνεπάγεται αύξηση πιθανοτήτων απόρριψης ενός τεχνοοικονομικά βιώσιμου έργου (ρίσκο του χρηματοδότη) ή αποδοχής ενός ασύμφορου έργου (ρίσκο του επενδυτή). Οι κίνδυνοι αυτοί είναι σημαντικοί, ειδικότερα όταν τα ιστορικά τεχνοοικονομικά στοιχεία δεν είναι επικαιροποιημένα ή δεν είναι αντιπροσωπευτικά ή είναι ετεροβαρή και αναφέρονται μόνο σε έργα με συγκεκριμένη γνωσιολογική διάσταση (π.χ. μόνο χερσαίοι αγωγοί σε πεδινά εδάφη ή μόνο ορεινές οδεύσεις ή μόνο υποθαλάσσιοι αγωγοί, κλπ.).
3. Επισημαίνεται *περιορισμένος αριθμός* δημοσιεύσεων σχετικά με την ανάδειξη ποσοτικών μεθόδων αξιοποίησης αντιπροσωπευτικών στοιχείων κόστους έργων, που

εκπονούνται σε περιφέρειες με διαφορετικά γεωπολιτικά και κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά (Ευρώπη, Ασία, Μέση Ανατολή, Αφρική, κλπ). Αντίθετα, το κόστος αντιμετωπίζεται ως κριτήριο ευρύτερης επιλογής τεχνολογίας μεταφοράς ή τεχνολογίας υλικού.

4. Δεν είναι προφανές το πώς το κόστος των υποδομών ΦΑ συναξιολογείται σε συνθήκες ανταγωνιστικές, τόσο μεταξύ διαφορετικών πηγών ενέργειας π.χ. ΦΑ με ΑΠΕ ή ΦΑ με άνθρακα, όσο και μεταξύ διαφορετικών τεχνολογιών προμήθειας του ιδίου του καυσίμου, δηλαδή ΦΑ και ΥΦΑ, στο βαθμό που υπάρχει η χωροταξική δυνατότητα επιλογής μεταξύ των δύο τεχνολογιών.
5. Εκτός της εργασίας των Chang και Leu (2006) που αξιοποιεί μεθόδους εξόρυξης γνώσης, δεν διακρίνεται παρόμοια τάση από άλλους ερευνητές, έτσι ώστε να στοιχειοθετείται πεδίο συγκροτημένης ή εκτεταμένης έρευνας *προσανατολισμένης* στη ΔΓ και σε περιβάλλον ΕΣΜ που δραστηριοποιούνται στις ενεργειακές επενδύσεις.

Εκτός από τις παραπάνω διαπιστώσεις, στοιχειοθετείται επίσης ένας προβληματισμός, σε επίπεδο ερευνητικής θεώρησης, που τεκμηριώνεται από τα ακόλουθα ερωτήματα:

- (α) Είναι προφανές, ότι κατά την περίοδο των αρχικών διαπραγματεύσεων, υπάρχει έλλειψη πολλών και κρίσιμων πληροφοριών και γνώσεων, που εισάγουν μεγάλες αβεβαιότητες στην ανάλυση του πλαισίου επένδυσης των έργων. Από την άλλη πλευρά, στην ίδια περίοδο, με βάση τις όποιες τεχνοοικονομικές αναλύσεις, λαμβάνονται κρίσιμες αποφάσεις για την ανάπτυξη ή απόρριψη έργων. Το ερώτημα που τίθεται είναι, αν και πώς θα μπορούσε να γίνει *αξιοποίηση* πρωτογενών αντιπροσωπευτικών πληροφοριών που θα συνεισέφεραν στην αύξηση της επιστημονικής αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων μιας, τυπικής κατά τα άλλα, τεχνοοικονομικής ανάλυσης;
- (β) Πώς θα μπορούσε να αντιμετωπιστεί σε επίπεδο μεθοδολογίας το εξελικτικό σχήμα $M=δεδομένα \rightarrow πληροφορία \rightarrow γνώση$ με χρήση εργαλείων εξόρυξης και αναπαράστασης της γνώσης και πώς θα μπορούσαν να δομηθούν οντολογίες σχετικές με την *απόκτηση γνώσης* στο περιβάλλον μιας τυπικής εγχώριας ΕΣΜ για τη διερεύνηση του πλαισίου επένδυσης έργων ΦΑ;
- (γ) *Ποιες* θα μπορούσαν να είναι οι μέθοδοι και τα εργαλεία αυτά για την επίτευξη των προαναφερόμενων και τι θα αντιπροσώπευαν για μια ΕΣΜ σε επίπεδο ΔΓ (γεφύρωση κενών γνώσης, ανάπτυξη λειτουργιών ΔΓ, κλπ);

Τα προαναφερόμενα, οδηγούν στο συμπέρασμα, ότι θα ήταν εύλογη η στροφή του ερευνητικού ενδιαφέροντος προς τη ΔΓ για την ανάλυση του επενδυτικού πλαισίου έργων ΦΑ. Σκοπός είναι η καταρχήν αναζήτηση μεθοδολογικής βάσης αντιμετώπισης του κοστολογικού προβλήματος, παράλληλα με την ανάδειξη εργαλείων εξόρυξης και αναπαράστασης της γνώσης στο συγκεκριμένο γνωσιολογικό πεδίο.

6.3 Αντικείμενο έρευνας: διείσδυση του φυσικού αερίου στην Πελοπόννησο

Το παρόν υποσύστημα ερευνά τη διείσδυση του ΦΑ στη γεωγραφική (και όχι διοικητική) περιφέρεια της Πελοποννήσου. Σκοπός του υποσυστήματος είναι να προτείνει το

μεθοδολογικό μοντέλο και τα εργαλεία εξόρυξης και στη συνέχεια, ενσωμάτωσης της γνώσης σε μια ολοκληρωμένη διερεύνηση του πλαισίου επένδυσης συστημάτων ΦΑ στη συγκεκριμένη περιοχή (σχήμα Σ-6.1).

Η επιλογή της Πελοποννήσου ως πεδίου γεωγραφικής αναφοράς του υποσυστήματος, έγινε για τους εξής λόγους:

1. Η Πελοπόννησος εμφανίζεται ως ενιαία γεωγραφική ενότητα που συνδέεται με την ηπειρωτική Ελλάδα, αλλά παρουσιάζει και χαρακτηριστικά νήσου. Συνεπώς, μπορούν να εξεταστούν σενάρια διείσδυσης ΦΑ με χερσαίες οδεύσεις αγωγών, αλλά και μέσω μονάδων ΥΦΑ ειδικότερα στις βορειοδυτικές περιοχές της (Αχαΐα και Ηλεία) με ανάπτυξη τοπικών δικτύων διανομής ΦΑ.
2. Μέχρι στιγμής, δεν υπάρχει εγκατεστημένο δίκτυο ΦΑ. Συνεπώς η (υπαρκτή από πλευράς ΔΕΣΦΑ) προοπτική της διείσδυσης του νέου καυσίμου, σε ανταγωνιστικό περιβάλλον ιδιωτικών επενδύσεων, παρουσιάζει ερευνητικό ενδιαφέρον, πιλοτικού χαρακτήρα.
3. Βάσει στοιχείων της ΡΑΕ προκύπτει, ότι από πλευράς ιδιωτών επενδυτών ΑΠΕ υφίσταται εκτεταμένο ενδιαφέρον εγκατάστασης αιολικών συστημάτων (Κάπρος, 2002; Παπαδόπουλος και Παπαχρήστου, 2004) στην Πελοπόννησο, γεγονός που υπαγορεύει την ανάγκη διερεύνησης της ανταγωνιστικότητας μεταξύ ΦΑ και ΑΠΕ.
4. Η προγραμματιζόμενη την τελευταία δεκαετία μείωση της χρήσης του λιγνίτη από τις ενεργειακές μονάδες της ΔΕΗ (Γκρός, 1997; Ελευθερίου, 1997) λόγω της διαπιστωμένης μείωσης του ενεργειακού περιεχομένου των κοιτασμάτων της Μεγαλόπολης, εισάγει την προοπτική σταδιακής εισαγωγής ΦΑ στην παραγωγική βάση της ΔΕΗ. Αυτό συνεπάγεται αντικατάσταση λιγνιτικών μονάδων μικρότερης αποδοτικότητας και υψηλής ρύπανσης, με σύγχρονες μονάδες ΣΗΘ υψηλότερης αποδοτικότητας.
5. Λόγω της προγραμματιζόμενης κατασκευής της Ιόνιας Οδού και της συνεπαγόμενης αναβάθμισης των λιμενικών και εμπορικών υποδομών που συνδέονται με αυτήν, αναμένεται αγροτοβιομηχανική και τουριστική ανάπτυξη της περιφέρειας της Δυτικής Ελλάδας, στις προσεχείς δεκαετίες. Τα ενδεχόμενα αυτά ενισχύουν το ενδιαφέρον διερεύνησης της Πελοποννήσου ως ενεργειακού μοντέλου, με συνεισφορά μεθοδολογίας και εργαλείων από το πεδίο της ΔΓ.

Προς αποφυγή παρερμηνειών, διευκρινίζεται, ότι από πλευράς ΔΕΣΦΑ έχει εκπονηθεί σχετική μελέτη σκοπιμότητας που αφορά αποκλειστικά και μόνο την χάραξη της οδού αγωγού μεταφοράς ΦΑ προς Μεγαλόπολη (ΔΕΣΦΑ, 2007). Αντίθετα, μέσω της παρούσας διερεύνησης, χρησιμοποιούνται γεωενεργειακά δεδομένα της Πελοποννήσου, ως πληροφοριακό (και μόνο) υπόβαθρο εργασίας, για την ανάπτυξη του υποσυστήματος.

Η θεώρηση διείσδυσης του ΦΑ στην Πελοπόννησο μέσω ιδιώτη επενδυτή, προκύπτει από το νέο θεσμικό πλαίσιο της ενεργειακής αγοράς στην Ελλάδα. Οι συνθήκες αυτές διαμορφώθηκαν αρχικά από το νόμο 2244/1994 (ΦΕΚ-168Α/07.10.94) 'Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις' στον οποίο αποσαφηνίζεται η διαδικασία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με ΑΠΕ, οι χορήγηση αδειών λειτουργίας και η διαμόρφωση τιμολογίων. Στη συνέχεια, με το νόμο 2601/98 (ΦΕΚ-81Α/15.04.98) 'Ενισχύσεις ιδιωτικών επενδύσεων για την οικονομική και

περιφερειακή ανάπτυξη της χώρας και άλλες διατάξεις' αποσαφηνίζεται το πλαίσιο ανάπτυξης των ΑΠΕ και οι σχετικές κρατικές επιχορηγήσεις. Επίσης, ο νόμος 2773/99 (ΦΕΚ-286Α/22.12.99) 'Απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας-Ρύθμιση θεμάτων ενεργειακής πολιτικής και άλλες διατάξεις' προσέλκυσε το ενδιαφέρον των ιδιωτών επενδυτών στην ανάπτυξη ιδιωτικών μονάδων ηλεκτροπαραγωγής λόγω της προτεραιότητας πρόσβασης στο δίκτυο που προβλέπει για τις ΑΠΕ. Το άρθρο 7 του νόμου 3175/2003 (ΦΕΚ-207Α/29.08.2003) 'Αξιοποίηση του γεωθερμικού δυναμικού, τηλεθέρμανση και άλλες διατάξεις', προσδιορίζει τις αναγκαίες ρυθμίσεις για το ΦΑ, που αφορά ιδιώτες ηλεκτροπαραγωγούς που θα κατασκευάσουν μονάδες ΣΗΘ και θα προμηθεύονται ΦΑ από το ΔΕΣΦΑ ή από άλλους προμηθευτές. Τέλος, με το νόμο 3428/05 (ΦΕΚ-313Α/27.12.05) 'Απελευθέρωση της αγοράς φυσικού αερίου' θεσμοθετήθηκε η απελευθέρωση της εσωτερικής ενεργειακής αγοράς σε καθεστώς ανταγωνισμού. Ο νόμος προσδιορίζει έννοιες όπως το *Ανεξάρτητο Σύστημα ΦΑ (ΑΣΦΑ)*, το οποίο δεν ανήκει στον ΔΕΣΦΑ και οι υποδομές του οποίου μπορούν να κατασκευαστούν από οποιονδήποτε έχει επιχειρηματικό συμφέρον στο χώρο της ενέργειας. Υπό την έννοια του ΑΣΦΑ, ορίζεται και ο *Διαχειριστής ΑΣΦΑ (ΔΑΣΦΑ)*, ο οποίος αντιπροσωπεύει τον ιδιώτη επενδυτή που κατασκευάζει ή/και λειτουργεί κάποιο ΑΣΦΑ (στην προκειμένη περίπτωση αυτό της Πελοποννήσου) για εμπορική εκμετάλλευση.

Αναφορικά με τις ΑΠΕ διευκρινίζεται, ότι στο παράρτημα της κοινοτικής οδηγίας 2001/77/ΕΕ 'Για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας' που αναφέρεται στην Ελλάδα, τίθεται ως στόχος κάλυψης της εγχώριας ενεργειακής ζήτησης από ΑΠΕ το 20,1% (8% μεγάλα υδροηλεκτρικά και 12,1% υπόλοιπες ΑΠΕ) για το έτος 2010 (ΥΠΙΑΝ, 2003). Ωστόσο, από σχετικές έρευνες των ενεργειακών πραγμάτων της χώρας, φαίνεται εξαιρετικά δύσκολη η επίτευξη του στόχου του 20,1%, γεγονός που τον μεταθέτει σε μεταγενέστερο χρονικό ορίζοντα (Μπουλαξής, 2004).

Συνοψίζοντας, το πρόβλημα που θα ερευνηθεί στο παρόν υποσύστημα, αναφέρεται στο πλαίσιο επένδυσης για κατασκευή υποδομών ΦΑ στην Πελοπόννησο, που διέπεται από τις ακόλουθες βασικές παραδοχές:

- (α) *Επενδυτής*: ανεξάρτητος φορέας ιδιωτικού δικαίου
- (β) *Περίοδος λειτουργίας της επένδυσης*: 2011-2030
- (γ) *Μέγιστη ανάπτυξη ΑΠΕ*: 20,1% της ενεργειακής ζήτησης του 2030
- (δ) *Τεχνολογίες διείσδυσης ΦΑ*: αγωγός ΦΑ, ή συνδυασμός αγωγού και μονάδας ΥΦΑ
- (ε) *Εξόρυξη τεχνοοικονομικών δεδομένων*: από το διεθνές και εγχώριο περιβάλλον
- (ς) *Τιμολογιακή πολιτική*: βάσει της εγχώριας αγοράς ενέργειας
- (η) *Θεσμική υπαγωγή επένδυσης*: εγχώρια και κοινοτική νομοθεσία.
- (θ) *Τεχνολογική θεώρηση*: θα εφαρμοστούν οι ίδιες τεχνολογίες σχεδιασμού και κατασκευής που εφαρμόστηκαν στα έργα του ΔΕΣΦΑ
- (ι) *Προμήθεια ΦΑ*: από το ΔΕΣΦΑ
- (κ) *Προμήθεια ΥΦΑ*: από τη διεθνή ενεργειακή αγορά
- (λ) *Λειτουργικό κόστος υποδομών*: βάσει νομοθεσίας για τα συστήματα του ΔΕΣΦΑ

Στις επόμενες παραγράφους αναπτύσσεται η μεθοδολογία και τα εργαλεία απόκτησης γνώσης, με σκοπό τη χρήση τους στη γεφύρωση των κενών γνώσης που παρουσιάζονται στις εγχώριες ΕΣΜ, όταν αυτές εμπλέκονται με συναφή ερευνητικά αντικείμενα.

6.4 Απόσπαση γνώσης: συλλογή πρωτογενών στοιχείων

Η απόσπαση γνώσης εστιάζεται στη συλλογή των πρωτογενών στοιχείων, που αφορούν ρητή μη επεξεργασμένη γνώση, ως βάση διερεύνησης του πλαισίου επένδυσης. Τα δεδομένα αυτά, αφορούν τα ενεργειακά μεγέθη της Πελοποννήσου, τα συστήματα ΣΗΘ στα οποία προσανατολίζεται η ΔΕΗ, το κόστος κατασκευής και λειτουργίας υποδομών ΦΑ, το κόστος προμήθειας ΦΑ και τη δανειοδότηση των έργων.

6.4.1 Ενεργειακή εικόνα Πελοποννήσου

Σύμφωνα με στοιχεία της ΕΣΥΕ, η ενεργειακή κατανάλωση της Πελοποννήσου (νομοί Αχαΐας, Ηλείας, Μεσσηνίας, Λακωνίας, Αρκαδίας, Αργολίδας και Κορινθίας) αντιπροσωπεύει το 8,24% της συνολικής εγχώριας ενεργειακής κατανάλωσης. Η ενέργεια αυτή παράγεται στην Μεγαλόπολη από λιγνιτικές μονάδες της ΔΕΗ, η εγκατεστημένη ισχύς των οποίων φθάνει τα 800 MW. Συμπληρωματικά, λειτουργούν δύο υδροηλεκτρικές μονάδες της ΔΕΗ στο φράγμα του Λάδωνα, συνολικής ισχύος 70 MW για υποστήριξη του συστήματος σε περιπτώσεις κάλυψης φορτίων αιχμής, ανεβάζοντας έτσι, μαζί με άλλες μικρότερες ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες, τη συνολική εγκατεστημένη ισχύ στα 923,60 MW (ΕΣΥΕ, 2003).

Η ενεργειακή κατανάλωση της Πελοποννήσου παρουσιάζει διαχρονικά αυξανόμενη τάση. Βάσει καταγραφών της ΕΣΥΕ, τα 262 Gwh του 1965 που εκπροσωπούσε το 6,98% της συνολικής εγχώριας κατανάλωσης (3748 Gwh) ανήλθε το 2003 στο 8,24% δηλαδή 3988 Gwh (επί 48422 Gwh του συνόλου της χώρας). Στο σχήμα Σ-6.2 απεικονίζεται χρονοσειρά της ενεργειακής κατανάλωσης της Πελοποννήσου μεταξύ 1965 και 2003, από την οποία διαφαίνεται σαφής τάση αύξησης της πρωτογενούς ενεργειακής ζήτησης. Στο σχήμα Σ-6.3 απεικονίζεται επίσης χρονοσειρά της εγκατεστημένης ισχύος, που εξασφαλίστηκε με την ανάπτυξη των λιγνιτοφόρων πεδίων της Μεγαλόπολης από τη ΔΕΗ, τα τελευταία 40 χρόνια, η οποία καταδεικνύει τάση ανόδου των απαιτήσεων ισχύος. Οι διαπιστώσεις αυτές συμβαδίζουν με το σενάριο Μακροχρόνιου Ενεργειακού Σχεδιασμού (ΜΕΣ) της ΡΑΕ (2005) που προβλέπει μέσο επίπεδο αύξησης της εγχώριας ενεργειακής ζήτησης της τάξης του +4% μέχρι το 2010, ενώ μεταξύ 2010-2030 προβλέπεται αποκλιμάκωση της αυξητικής τάσης στο επίπεδο του +1,4%.

Σε επίπεδο ιδιωτικών ενεργειακών επενδύσεων, αναφέρεται ότι υπάρχουν ήδη πολλές δρομολογημένες επενδύσεις προς έγκριση, για κατασκευή αιολικών συστημάτων και μικρών συστημάτων ΣΗΘ με αξιοποίηση βιομάζας, που θα συνεισφέρουν, σε μακροπρόθεσμη βάση τουλάχιστον 1300 MW εγκατεστημένης ισχύος στο ενεργειακό σύστημα της Πελοποννήσου (ΡΑΕ, 2004). Απώτερος στόχος είναι η επίτευξη του στόχου του 20,1% από ΑΠΕ, στο συνολικό ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας, (Κάπρος, 2002; Παπαδόπουλος και Παπαχρήστου, 2004).

6.4.2 Συστήματα συμπαραγωγής ΔΕΗ

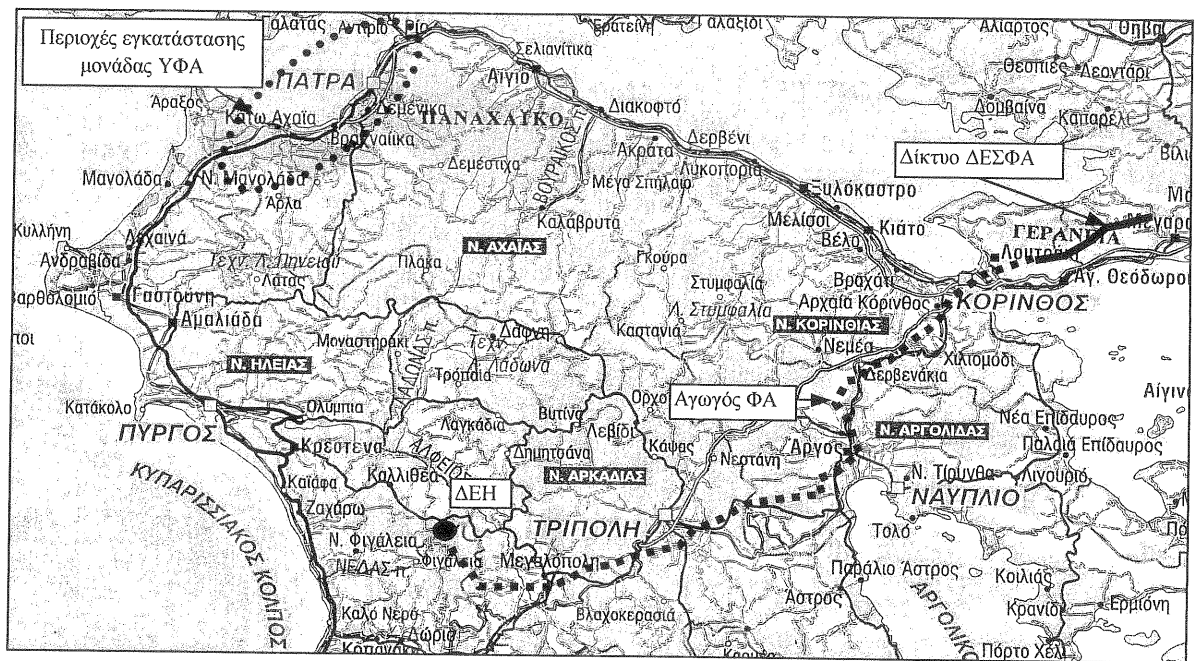
Βάσει του νόμου 3175/2003, η ΔΕΗ έχει δρομολογήσει από το 2006 την εγκατάσταση μονάδας ΣΗΘ ονομαστικής ισχύος 400 MW στη Μεγαλόπολη μέχρι το 2011. Σκοπός είναι η αντικατάσταση των παλαιών και ρυπογόνων μονάδων με νέες, που θα λειτουργούν με ΦΑ (ΔΕΗ, 2007). Η προμήθεια ΦΑ θα εξασφαλίζεται με σύνδεση από το δίκτυο του ΔΕΣΦΑ, μέσω χερσαίου αγωγού μεταφοράς.

Ο επιχειρησιακός προγραμματισμός της ΔΕΗ, προβλέπει αρχικά σταδιακή παύση λειτουργίας των μονάδων Α-I και Α-II (η ισχύς και η παραγωγή καθεμίας είναι 125 MW και 650 GWh/έτος αντίστοιχα) μέχρι το 2010. Για τη μονάδα Α-III ισχύος 300 MW και παραγωγής 1551 GWh/έτος προβλέπεται παύση λειτουργίας το 2023, ενώ για τη μονάδα Β-IV ισχύος 300 MW και παραγωγής 1551 GWh/έτος παύση το 2030 (Γκρός, 1997; ΔΕΗ, 2007). Οι παύσεις αυτές συνεπάγονται ανάπτυξη μονάδων ΣΗΘ μεγαλύτερης ισχύος, λαμβανομένης υπόψη και της αύξησης της ενεργειακής ζήτησης, που θα παρουσιαστεί στην Πελοπόννησο μέχρι το 2030. Διαφαίνεται όμως, ότι ο προγραμματισμός δεν είναι απόλυτα εφικτός, λόγω διολίσθησης του αρχικού χρονοδιαγράμματος (σχήμα Σ-6.4). Για λόγους ερευνητικής μεθοδολογίας όμως, εκλαμβάνεται ως ρεαλιστικό, για την ανάδειξη των διαδικασιών απόκτησης γνώσης (εξαγωγή-εξόρυξη και ανάλυση) μέσω του παρόντος υποσυστήματος.

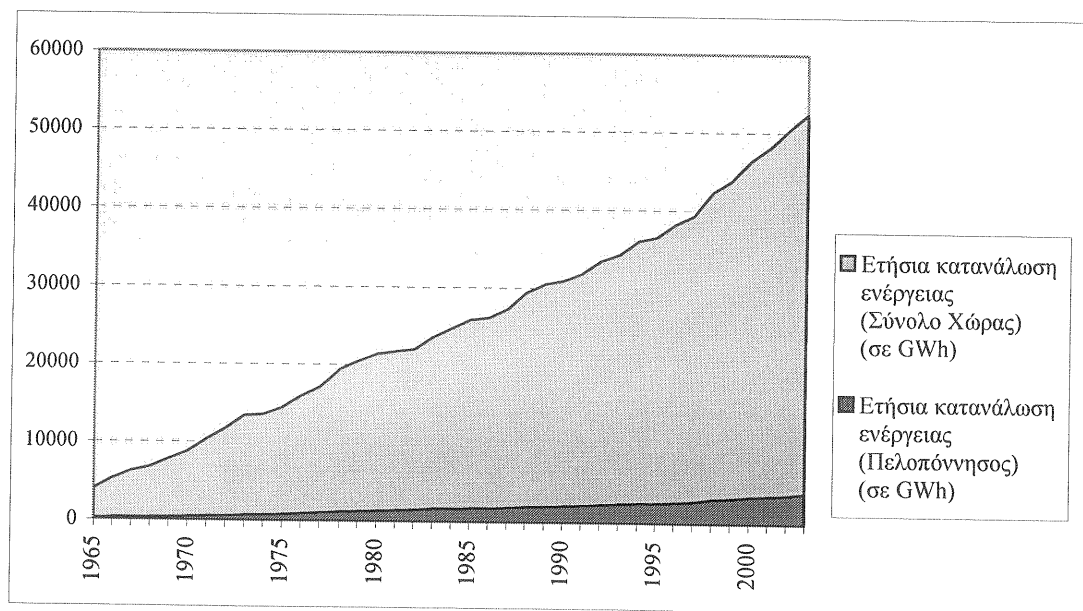
Από τα βιβλιογραφικά και οικονομοτεχνικά στοιχεία που αφορούν την ενεργειακή ανάλυση μονάδων ΣΗΘ συνδυασμένου κύκλου, προκύπτει ότι με 6000 ώρες λειτουργίας (που δυνητικά μπορούν να αυξηθούν) μπορούν να παραχθούν ετησίως 2200 GWh ηλεκτρικής ενέργειας, με αποδιδόμενη ισχύ στο δίκτυο 385 MW δηλαδή 96,25% της ονομαστικής των 400 MW (Ενεργειακή Θεσσαλονίκης, 2000; Ελευθερίου, 1997). Η απαιτούμενη ετήσια ποσότητα ΦΑ προς κατανάλωση φθάνει τα 400.000.000 m³=0,4 bcm ή ισοδύναμα 181.818 m³/GWh. Το ενεργειακό περιεχόμενο της ποσότητας αυτής ισοδυναμεί με 4640 GWh/έτος, βάσει της νομοθεσίας (ΦΕΚ 360B/27.03.2006) που καθορίζει την ανώτερη θερμογόνο δύναμη ως 1000m³ ΦΑ=11,16 MWh. Το ενεργειακό φορτίο των 4640 GWh/έτος, γεγονός που επιβεβαιώνεται και από τον υπολογισμό του βαθμού ηλεκτρικής απόδοσης των συστημάτων συνδυασμένου κύκλου, που (για πλήρες φορτίο) κυμαίνεται μεταξύ 35-48% Φραγκόπουλος et al., 1994):

$$\eta_e = 2200 \text{ GWh} / 4640 \text{ GWh} = 0.474 \Rightarrow \eta_e = 48\%$$

Τα προαναφερόμενα προκύπτουν από τον επιχειρησιακό προγραμματισμό της ΔΕΗ σε συνάρτηση με τα τεχνολογικά δεδομένα συστημάτων ΣΗΘ συνδυασμένου κύκλου. Ωστόσο, η διαχρονική κατανάλωση και συνεπώς η μεταφορά του ΦΑ μέσω αγωγών, είναι συνάρτηση πολλών παραγόντων, όπως η ετησίως παραγόμενη ενέργεια από ΦΑ, η αύξηση της πρωτογενούς ενεργειακής ζήτησης, ο βαθμός διείσδυσης των ΑΠΕ και η σταδιακή μείωση της λειτουργίας των λιγνιτικών μονάδων της ΔΕΗ. Όπως θα φανεί κατά την ανάλυση της γνώσης, η δομή του μοντέλου επένδυσης που επεξεργάζεται το παρόν υποσύστημα, ερευνάται βάσει σεναρίων, όπου οι γνωσιολογικές εκτιμήσεις των παραγόντων αυτών αντιπροσωπεύονται με όρους ασαφούς λογικής.



Σχήμα Σ-6.1 Οδευση αγωγού ΦΑ για τροφοδοσία ΔΕΗ Μεγαλόπολης και πιθανή χωροθέτηση μονάδας ΥΦΑ



Σχήμα Σ-6.2 Ενεργειακή κατανάλωση Πελοποννήσου μεταξύ 1965-2003 (πηγή: ΕΣΥΕ: Στατιστικές επετηρίδες 1965-2003)

6.4.3 Κόστος αγωγών

Το κόστος των αγωγών μεταφοράς υδρογονανθράκων, εξαρτάται από την περιοχή στην οποία σχεδιάζεται ένα έργο, το κόστος του κεφαλαίου, τη διαθέσιμη τεχνογνωσία, το είδος της τεχνολογίας μεταφοράς, τους γεωπολιτικούς παράγοντες, κλπ. (Bresnen, et al., 2003). Από τις παραμέτρους αυτές, έχουν αναγνωριστεί ορισμένες, βάσει των οποίων θα μπορούσαν να συγκροτηθούν αντιπροσωπευτικές ομάδες πρωτογενών δεδομένων τεχνοοικονομικής φύσης. Από τα δεδομένα αυτά, είναι εφικτή, η εξόρυξη της γνώσης με μαθηματικές μεθόδους και, δευτερογενώς, η υπαγωγή της στο πλαίσιο των υπολογισμών των σχετικών χρηματοοικονομικών μεγεθών.

Στην εργασία των Batzias και Spanidis (2008c) παρουσιάζεται η διαδικασία συλλογής και καταχώρησης πρωτογενών στοιχείων της διεθνούς βιβλιογραφίας, προερχόμενων από καταγραφές αντιπροσωπευτικών τεχνοοικονομικών δεδομένων έργων, στη λογική μιας μεθοδολογίας τύπου DM. Τα πρωτογενή αυτά στοιχεία, αντλήθηκαν και καταχωρήθηκαν σε βάση δεδομένων (ΒΔ), η οποία περιλαμβάνει ομαδοποιημένα τεχνοοικονομικά δεδομένα 864 έργων. Τα έργα που καταχωρήθηκαν έχουν σχεδιαστεί ή κατασκευαστεί κατά την περίοδο 1996-2007 σε οκτώ (8) περιφέρειες του πλανήτη: Ευρώπη (EURO), Αφρική (AFRC), Μέση Ανατολή (MDES), Κεντρική και Νότιος Ασία (CSAS), Άπω Ανατολή (FEST), Νότιος Ειρηνικός και Ωκεανία (SPFC), ΗΠΑ-Καναδάς (USCA) και Κεντρική και Νότιος Αμερική (CSAM). Κάθε περιφέρεια, αποτελεί ξεχωριστό γεωγραφικό μητρώο, ενώ κάθε έργο αντιπροσωπεύει μια εγγραφή δομημένη σε δέκα έξη (16) πεδία δεδομένων, τα οποία είναι:

1. *Αριθμός έργου*: αλφαριθμητική μεταβλητή (XXXXYYYY) μήκους 8 ψηφίων που είναι μοναδική για κάθε έργο. Τα πρώτα 4 ψηφία αντιπροσωπεύουν τη γεωγραφική περιφέρεια υπαγωγής του έργου, ενώ τα επόμενα 4, τον αύξοντα αριθμό του, π.χ. USCA0015 είναι το 15ο έργο στο μητρώο έργων ΗΠΑ-Καναδά, δηλαδή, XXXX→USCA και YYYY→0015.
2. *Μήκος όδευσης*: μήκος της όδευσης των αγωγών σε km.
3. *Κόστος*: συνολικό κόστος έργου (μελέτη, προμήθεια υλικών κατασκευή) σε 10^6 US\$.
4. *Ονομαστική διάμετρος*: ονομαστική διάμετρος της όδευσης σε ίντσες.
5. *Γραμμικό κόστος*: αναγωγή του συνολικού κόστους σε 10^3 US\$/km. Η καταχώρηση αυτή είναι πολλές φορές χρήσιμη σε τρέχοντες υπολογισμούς και συγκρίσεις που γίνονται από εμπειρογνώμονες των ΕΣΜ.
6. *Χωρητικότητα*: εκφράζει την ετήσια παροχή του αγωγού σε bcm/έτος, αν πρόκειται για ΦΑ ($1 \text{ bcm}=10^9 \text{ m}^3$) ή Mt/έτος ($1 \text{ Mt}=10^6 \text{ t}$) αν πρόκειται για υγρούς υδρογονάνθρακες.
7. *Προϊόν*: επισημαίνεται με κεφαλαίο γράμμα το είδος του προϊόντος, *G* για το ΦΑ, *O* για το αργό πετρέλαιο και *P* για τα προϊόντα διύλισης (νάφθα, κηροζίνη, κλπ).
8. *Συμπιεστές-Αντλίες*: αριθμός συμπιεστών ή αντλιών που συμπεριλαμβάνονται στην κοστολόγηση του έργου.
9. *Χερσαία όδευση*: τιμή 1 για χερσαία όδευση (ή 0 αν δεν είναι χερσαία).
10. *Υποθαλάσσια όδευση*: επισημαίνεται με την τιμή 1 (ή 0 αν δεν είναι υποθαλάσσια).

11. *ΑΕΠ*: κεντροβαρική τιμή του ΑΕΠ των χωρών από τις οποίες διέρχεται η συγκεκριμένη όδευση. Ως συντελεστής βάρους υπολογισμού του ΑΕΠ, λαμβάνεται το γεωγραφικό μήκος διέλευσης από κάθε χώρα.
12. *Υπηρεσία*: αναφέρεται στην εμπορική χρήση του έργου, δηλαδή για μεταφορά πετρελαίου αναφέρεται Oil Transmission, για ΦΑ Gas Transmission, για προϊόντα διύλισης Products, κλπ.
13. *Συνέργειες*: ομάδες επιχειρήσεων που συνεργάζονται για την ιδιοκτησία, λειτουργία και εμπορική εκμετάλλευση του έργου.
14. *Γεωπολιτικός διάδρομος*: περιγράφονται οι χώρες ή τη θαλάσσια περιοχή που διασχίζει μια (χερσαία ή υποθαλάσσια) όδευση.
15. *Πηγή πληροφόρησης*: αναφέρεται στην πηγή (επιστημονικό περιοδικό, δικτυακός τόπος, έγγραφο, κλπ) άντλησης των πρωτογενών στοιχείων.
16. *Έτος*: προσδιορίζει το έτος συλλογής των δεδομένων κάθε εγγραφής.

Σε σχέση με τις δύο τελευταίες εγγραφές, διευκρινίζεται ότι ως πηγές άντλησης πρωτογενών δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν τα έντυπα: *Pipeline and Gas Industry* (μέχρι τον Οκτώβριο του 2001 όποτε και έπαυσε η έκδοση του εντύπου), *Pipeline and Gas Technology* (από το 2003 μέχρι το 2006, ως συνέχεια του προηγούμενου εντύπου), *Pipeline and Gas Journal*, οι δημοσιεύσεις των Pandian (2005), Zhao (2000), Radetzki, (1999), Heren (1999), Percebois (1999), Caloghirou et al., (1996) και DEPA (1993). Στοιχεία αντλήθηκαν επίσης, από τους δικτυακούς τόπους *Alexander's Gas and Oil Connections* (www.gasandoil.com), *EURASIANET* (www.eurasianet.org), *Central Asia Newnet* (www.centralasianews.net), *SAKHALIN ENERY* (www.sakhalinenergy.com), *RIGZONEcom* (www.rigzone.com) και *Turkish MARITIME PILOT'S ASSOCIATION* (www.turkishpilots.org), καθώς επίσης και από άλλους δικτυακούς τόπους με αναφορές έργων ΦΑ. Σε σχετικό πίνακα του ΠΑΡΑΘΗΜΑΤΟΣ παρουσιάζεται απόσπασμα αντιπροσωπευτικών έργων καταχωρημένων στη βάση δεδομένων.

6.4.4 Κόστος μονάδων ΥΦΑ

Σε αντίθεση με τη συλλογή στοιχείων κόστους των αγωγών, η ανεύρεση αντίστοιχων στοιχείων για τις υποδομές ΥΦΑ παρουσιάζει ιδιαίτερες δυσκολίες. Αυτό οφείλεται κυρίως, στο ότι ο αριθμός των σχετικών έργων που εκπονούνται (σε διεθνή κλίμακα) είναι κατά πολύ μικρότερος του αριθμού των έργων αγωγών ΦΑ. Επίσης, τα επί μέρους κόστη υλικών, τεχνογνωσίας και ανάπτυξης είναι πολύ μεγαλύτερα από τα αντίστοιχα κόστη των αγωγών (Brinded, 2003). Άλλος λόγος είναι, ότι υπάρχουν μεγάλες διαφορές στη σχεδίαση και το μέγεθος των μονάδων ΥΦΑ που κατασκευάζονται, γεγονός που επιφέρει μεγάλες αποκλίσεις στην εκτίμηση του κόστους μεταξύ των έργων (Foss, 2004). Ακόμη, σημαντικό ρόλο παίζει το αν η μονάδα προς ανέγερση, αποτελεί επέκταση υφιστάμενης ή κατασκευάζεται εξ αρχής, η έκταση των συνοδευτικών λιμενικών έργων, η ανέγερση ενεργειακών μονάδων προς ενίσχυση των διεργασιών αεριοποίησης, υγροποίησης, κλπ .

Στην προκειμένη περίπτωση, με διαδικασία ανάλογη αυτής των αγωγών ΦΑ, καταγράφηκαν 42 συνολικά έργα, το μεγαλύτερο μέρος των οποίων βρίσκεται στην ΕΕ. Τα πρωτογενή στοιχεία, αντλήθηκαν και καταχωρήθηκαν στην ίδια ΒΔ με τους αγωγούς.

Για κάθε έργο αντιστοιχεί μια εγγραφή δομημένη σε επτά (7) διακριτά πεδία δεδομένων, τα οποία είναι:

1. *Αριθμός έργου*: αλφαριθμητική μεταβλητή μήκους 8 ψηφίων, μοναδική για κάθε έργο, η ερμηνεία της οποίας είναι ίδια με την προαναφερθείσα για τους αγωγούς.
2. *Τερματικός σταθμός*: θέση και η ονομασία του σταθμού ΥΦΑ.
3. *Ιδιοκτήτης*: στοιχεία του ιδιοκτήτη του έργου
4. *Αριθμός δεξαμενών*: αριθμός δεξαμενών αποθήκευσης ΥΦΑ.
5. *Χωρητικότητα*: συνολική χωρητικότητα των δεξαμενών της μονάδας σε m^3 .
6. *Παροχή*: αναφέρεται στην ετήσια παροχή της μονάδας σε $bcm/έτος$.
7. *Κόστος*: αναγράφεται το συνολικό κόστος υλοποίησης (μελέτη, κατασκευή, προμήθεια υλικών) της μονάδας σε 10^6 € .

Ως πηγές άντλησης πρωτογενών δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν τα έντυπα: *The European Waterborne LNG Report* (2005), οι δημοσιεύσεις των DEPA (1993), Brinded (2003), Von Von Hirschhausen (2003) και Foss (2004). Παράλληλα, αντλήθηκαν στοιχεία από τους ίδιους δικτυακούς τόπους που χρησιμοποιήθηκαν στην περίπτωση των αγωγών. Σε σχετικό πίνακα του ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ παρουσιάζεται το σύνολο των εγγραφών των έργων ΥΦΑ που καταχωρήθηκαν στη βάση δεδομένων.

6.4.5 Κόστος προμήθειας φυσικού αερίου

Ο υπολογισμός του κόστους προμήθειας ΦΑ αναφέρεται στο ΦΕΚ 360B/27.03.2006, βάσει του οποίου προσδιορίζονται τα τιμολόγια πρόσβασης τρίτων στο ΕΣΦΑ, σύμφωνα με το νόμο 3175/2003. Το κόστος προμήθειας του ΦΑ, $C_{\text{φα},i}$, στα δηλωμένα σημεία εισόδου του χρήστη (στην προκειμένη περίπτωση του ιδιώτη επενδυτή) υπολογίζεται ως άθροισμα του σκέλους δυναμικότητας και του σκέλους ποσότητας και προκύπτει βάσει της ακόλουθης σχέσης:

$$C_{\text{φα},i} = (\Sigma M \Delta) \cdot (\Delta M) + (\Sigma E M) \cdot (I M) \quad [E-6.1]$$

Οι παράμετροι της ανωτέρω σχέσης ερμηνεύονται ως εξής:

$\Sigma M \Delta$: Συντελεστής Δυναμικότητας Μεταφοράς [σε €/ (MWh ημέρας αιχμής.έτος)]

ΔM : Δυναμικότητα Μεταφοράς [σε Mwh ημέρας αιχμής]

$\Sigma E M$: Συντελεστής Ετήσιας Μεταφοράς [σε €/MWh]

$I M$: Ποσότητα Μεταφοράς [σε MWh/έτος]

Οι συντελεστές $\Sigma M \Delta$ και $\Sigma E M$ προσδιορίζονται με την αριθμητική τους τιμή βάσει της παραγράφου 8 του άρθρου 1 του προαναφερόμενου ΦΕΚ. Για το έτος 2011, που θεωρείται η πρώτη περίοδος του πλαισίου επένδυσης, οι τιμές των συντελεστών αυτών υπολογίζονται ως $\Sigma M \Delta = 582,73$ και $\Sigma E M = 0,29$ αντίστοιχα. Επειδή τα μεγέθη του πλαισίου επένδυσης είναι σε GWh, οι τιμές αυτές, μετατρέπονται σε $\Sigma M \Delta = 582730 \text{ €}/(\text{GWh ημέρας αιχμής.έτος})$ και $\Sigma E M = 290 \text{ €}/\text{GWh}$ αντίστοιχα.

Για λόγους μεθοδολογίας γίνεται η υπόθεση ότι η ημερήσια κατανάλωση ΦΑ που μεταφέρεται στη μονάδα ΣΗΘ της ΔΕΗ είναι ομοιόμορφη και η το ενεργειακό φορτίο της

ημέρας αιχμής ισοδυναμεί με το μέσο ημερήσιο ενεργειακό φορτίο. Συνεπώς, αν Q_i είναι κατανάλωση ΦΑ από τη μονάδα ΣΗΘ κατά την περίοδο i της επένδυσης, τότε το $\Delta M_i = Q_i / 365$. Αν οι τιμές των συντελεστών δυναμικότητας και ποσότητας είναι αντίστοιχα $\Sigma \Delta M_i$ και ΣEM_i , ενώ το τελικό κόστος προμήθειας ΦΑ είναι $C_{\phi\alpha,i}$ τότε η σχέση [E-6.1] μετά τις αντικαταστάσεις τροποποιείται ως εξής:

$$C_{\phi\alpha,i} = (\Sigma \Delta M_i) \cdot (\Delta M_i) + (\Sigma EM_i) \cdot (PM_i) = (\Sigma \Delta M_i) \cdot (Q_i / 365) + (\Sigma EM_i) \cdot Q_i \Rightarrow$$

$$C_{\phi\alpha,i} = Q_i \cdot [0,0027 \cdot (\Sigma \Delta M_i) + (\Sigma EM_i)] \quad [E-6.2]$$

Με αντικατάσταση των αριθμητικών τιμών των μεγεθών τιμολόγησης του ΦΑ στην [E-6.2] προκύπτει η ακόλουθη σχέση κόστους προμήθειας ΦΑ π.χ. για το έτος 2011:

$$C_{\phi\alpha,2011} = Q_{2011} \cdot [0,0027 \cdot (582730) + 290] = 1863,40 \cdot Q_{2011} \quad [\text{σε } \text{€}/\text{έτος}] \quad [E-6.3]$$

Με αντίστοιχο τρόπο υπολογίζεται το κόστος προμήθειας καυσίμου $C_{\phi\alpha,i}$ ($i=1, \dots, 20$) βάσει των ετησίως διακινούμενων ποσοτήτων ΦΑ. Για τη χρονική περίοδο από το 2011 μέχρι και το 2016, η ετήσια τιμαριθμική αναπροσαρμογή στις τιμές των $\Sigma \Delta M$ και ΣEM βάσει του ανωτέρω ΦΕΚ ορίζεται σε 2,5%. Στην παρούσα διερεύνηση, το ποσοστό αυτό θεωρήθηκε σταθερό για την περίοδο 2016-2030, αν και στην πράξη μεταβάλλεται, επηρεάζοντας την ευαισθησία των χρηματοοικονομικών παραμέτρων.

Στην περίπτωση του ΥΦΑ τα πράγματα είναι διαφορετικά, δεδομένου ότι πιθανή εγκατάσταση μονάδων ΥΦΑ στην Πελοπόννησο θα γίνει σε περιοχές με πρόσβαση στη θάλασσα. Οι υποδομές του ΥΦΑ θα λειτουργήσουν, συμπληρωματικά του αγωγού ΦΑ, για λόγους εξισορρόπησης του ενεργειακού συστήματος και σε περιοχές αυξημένης ζήτησης (π.χ. σύμπλεγμα νομών Αχαΐας και Ηλείας που αντιστοιχούν στο 44% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης της Πελοποννήσου) μέσω τοπικών δικτύων αγωγού και χαμηλής πίεσης. Συνεπώς, το καύσιμο θα προέρχεται από ανεξάρτητους προμηθευτές με συμβάσεις προμήθειας ΥΦΑ μεταξύ του ιδιώτη επενδυτή (που δεν θα είναι απαραίτητα ιδιοκτήτης και του αγωγού ΦΑ) και εταιριών προμήθειας για παραδόσεις εντός της Μεσογείου.

Έρευνες της EIA (2006) τεκμηριώνουν, ότι το κόστος προμήθειας ΥΦΑ $C_{\phi\alpha,i}$ επιμερίζεται ως εξής: 15-20% κόστος παραγωγής ΦΑ, 30-45% καθαρισμός, υγροποίηση και αποθήκευση και ναύλος 10-30%. Επίσης, σύμφωνα με τους (Von Hirschhausen, 2003) και OME, 2002), οι τιμές παράδοσης ΥΦΑ σε τερματικούς σταθμούς της Μεσογείου είναι: 2,42 \$/Mbtu για προμήθεια από Αλγερία, 2,60 \$/Mbtu από Λιβύη, 2,55 \$/Mbtu από την Αίγυπτο, 3,10 \$/Mbtu από το Κατάρ και 3,10 \$/Mbtu από το Ιράν.

6.4.6 Κόστος λειτουργίας και συντήρησης

Το κόστος λειτουργίας και συντήρησης εκφράζεται συνήθως ως ετήσιο ποσοστό επί της συνολικής αξίας των έργων, που αντιστοιχεί στη συγκεκριμένη χρονική περίοδο της επένδυσης (Mohitpour et al., 2003). Όμως, η αξία των έργων, θεωρουμένων ως υποδομών πλέον, μειώνεται διαχρονικά. Το γεγονός αυτό αυξάνει τα κόστη λειτουργίας και

συντήρησης κατά τη διάρκεια μιας επένδυσης. Βάσει αυτής της λογικής, στο παράρτημα Α του ΦΕΚ 360B/27.03.2006 προσδιορίζεται η έννοια της *Ρυθμιζόμενης Περιουσιακής Βάσης (ΡΠΒ)* των υποδομών του ΔΕΣΦΑ. Η έννοια αυτή, συμπεριλαμβάνει όλα τα υφιστάμενα ενσώματα και ασώματα πάγια, καθώς επίσης και τις νέες επενδύσεις.

Στο ΦΕΚ 360B/27.03.2006, η αποτίμηση της ΡΠΒ των υποδομών του ΔΕΣΦΑ (αγωγών ΦΑ και μονάδων ΥΦΑ) αναλύεται με ποσοτικά δεδομένα (σε 10^6 €) για τη διάρκεια της λειτουργίας του ΕΣΦΑ μεταξύ των ετών 2006-2016. Σε αντιστοιχία με την ετησίως μεταβαλλόμενη ΡΠΒ, προσδιορίζεται επίσης το ετήσιο λειτουργικό κόστος των υποδομών (επίσης σε 10^6 €).

Στη βιβλιογραφία, εξειδικεύσεις και ποσοτικοί κανόνες για τον προσδιορισμό του κόστους των υποδομών ΦΑ δεν αναφέρονται επισταμένως. Αυτό συμβαίνει επειδή το αναλυτικό κόστος ενέχει χαρακτήρα εμπιστευτικής πληροφορίας από τους οργανισμούς διαχείρισης και εμπορίας του ΦΑ. Συνεπώς, η αποτίμηση του κόστους λειτουργίας, ως ποσοστού της ΡΠΒ ενός έργου ΦΑ, βάσει της φιλοσοφίας του ΦΕΚ 360B/27.03.2006, αξιολογείται ως ένας καταρχήν εύλογος τρόπος *αντικειμενικοποίησης της γνώσης* του κόστους αυτού, στο βαθμό που η φιλοσοφία αυτή είναι προϊόν επιστημονικής έρευνας της ΡΑΕ και επειδή το κόστος λειτουργίας πρέπει με κάποιο μοντέλο προσέγγισης, να ενσωματωθεί στις δαπάνες για τον αντικειμενικό προσδιορισμό των χρηματοοικονομικών μεγεθών του πλαισίου επένδυσης. Στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ επισυνάπτονται οι σχετικοί πίνακες με αριθμητικά δεδομένα της ΡΠΒ και του λειτουργικού κόστους των υποδομών του συστήματος του ΔΕΣΦΑ, όπως αναγράφονται στο ΦΕΚ 360B/27.03.2006. Από περαιτέρω ανάλυση των δεδομένων αυτών προκύπτει ότι:

1. Η ΡΠΒ των υποδομών μεταφοράς του ΕΣΦΑ (δίκτυο χερσαίων αγωγών ΦΑ) προβλέπεται μειούμενη από τα 544.174.710 € το 2006 στα 418.896.646 € το 2016, δηλαδή μείωση κατά 23%. Η μείωση αυτή αντιστοιχεί σε μέσο ετήσιο ποσοστό -2,3%.
2. Η ΡΠΒ των υποδομών ΥΦΑ του ΕΣΦΑ (τερματικός σταθμός Ρεβυθούσας) προβλέπεται μειούμενη από τα 222.949.874 € το 2006 στα 167.972.479 € το 2016, δηλαδή μείωση κατά 25%. Η μείωση αυτή αντιστοιχεί σε μέσο ετήσιο ποσοστό -2,5%.
3. Το συνολικό λειτουργικό κόστος των υποδομών μεταφοράς του ΕΣΦΑ προβλέπεται αυξανόμενο από τα 53.993.532 € το 2006 (δηλαδή το 10% της ΡΠΒ του 2006) στα 83.614.986 € το 2016, δηλαδή αύξηση κατά 55%. Η αύξηση αυτή αντιστοιχεί σε μέσο ετήσιο ποσοστό +5,5%.
4. Το αντίστοιχο συνολικό λειτουργικό κόστος των υποδομών ΥΦΑ του ΕΣΦΑ προβλέπεται αυξανόμενο από τα 8.785.209 € το 2006 (δηλαδή το 4% της ΡΠΒ του 2006) στα 14.158.869 € το 2016, δηλαδή αύξηση κατά 61%. Η αύξηση αυτή αντιστοιχεί σε μέσο ετήσιο ποσοστό +6,1%.

Συνεπώς, από άποψη ΔΓ η χρήση του *ρυθμού μεταβολής* των μεγεθών της ΡΠΒ και του ετήσιου λειτουργικού κόστους, στη λογική του ΦΕΚ 360B/27.03.2006, αποτελούν μια καταρχήν βάση αναφοράς για την αξιόπιστη αντιστοίχιση των μεγεθών μιας ιδιωτικής επένδυσης κατασκευής υποδομών ΦΑ, η τεχνολογική και χρηματοοικονομική συνάφεια της οποίας με τα έργα του ΔΕΣΦΑ είναι μεγάλη.

6.4.7 Δανειοδότηση έργων

Η δανειοδότηση των έργων ΦΑ εξαρτάται από το είδος των συμφωνιών μεταξύ των χρηματοπιστωτικών οργανισμών και των κοινοπραξιών ιδιοκτησίας και εκμετάλλευσης των έργων (όπως αναφέρει ο Price, 1995). Όταν οι χρηματοπιστωτικοί οργανισμοί συμμετέχουν στα κοινοπρακτικά σχήματα, τα ποσοστά δανειοδότησης εμφανίζονται μεγαλύτερα του 50%. Σε τυπικές δανειοδοτήσεις, τα ποσοστά είναι συνήθως είναι μικρότερα του 50%. Το μέγεθος δανεισμού εξαρτάται επίσης και από τις πιθανές επιδοτήσεις των έργων. Χαρακτηριστικά, αναφέρονται τα εξής παραδείγματα από έργα αγωγών υδρογονανθράκων:

- (1) Baku-Ceychan, 1738 km, προϋπολογισμός $3,6 \times 10^9$ US\$, δανεισμός: 70%
- (2) Blue-Stream, 1250 km, προϋπολογισμός $3,2 \times 10^9$ US\$, δανεισμός: 90%
- (3) Nabucco, 3300 km, προϋπολογισμός $5,8 \times 10^9$ US\$, δανεισμός: 35%
- (4) Τσαντ-Καμερούν, 1100 km, προϋπολογισμός $3,5 \times 10^9$ US\$, δανεισμός: 30%
- (5) Βολιβία-Βραζιλία, 3100 km, προϋπολογισμός $2,1 \times 10^9$ US\$, δανεισμός: 40%
- (6) Έργα ΔΕΣΦΑ 1989-2004, 1100 km, προϋπολογισμού $2,5 \times 10^9$ US\$ δανεισμός: 18% και επιδότηση από εθνικού και κοινοτικούς πόρους 38,15% (τα στοιχεία προέρχονται από τις ίδιες πηγές που αντλήθηκαν τα τεchnοοικονομικά στοιχεία των έργων).

Συνεπώς, η αναλογία ιδίων προς δάνεια κεφάλαια δεν υπόκειται σε τυπικούς κανόνες αναφοράς εξαρτάται από τις συμφωνίες χρηματοδότησης των έργων και μπορεί να εκληφθεί ως μέγεθος παραμετροποίησης του πλαισίου επένδυσης.

6.5 Ανάλυση γνώσης: εξόρυξη και επεξεργασία δεδομένων

Η ανάλυση γνώσης αποσκοπεί στη εφαρμογή εργαλείων εξόρυξης γνώσης από τα πρωτογενή δεδομένα που συλλέχθηκαν κατά την προηγούμενη ανάλυση. Η εξόρυξη γνώσης εστιάζεται στην πρόβλεψη του κόστους των υποδομών (αγωγών και μονάδων ΥΦΑ) με μαθηματικές-στατιστικές συναρτήσεις, στον υπολογισμό της πρόβλεψης του λειτουργικού κόστους, στην πρόβλεψη της χρονοσειράς ζήτησης πρωτογενούς ενέργειας, στην πρόβλεψη μεταβολής του κόστους της ενέργειας για τον ορίζοντα έναρξης της επένδυσης, την υπαγωγή των σεναρίων διεξόδου του ΦΑ σε κανόνες ασαφούς λογικής, την επιλογή διαμέτρου, στον υπολογισμό χρηματοοικονομικών δεικτών και στην ανάλυση ευαισθησίας. Επίσης, προσεγγίζεται η περίπτωση συνύπαρξης μονάδων ΥΦΑ παράλληλα με τον αγωγό ΦΑ.

6.5.1 Πρόβλεψη κόστους κατασκευής αγωγών

Η πρόβλεψη του κόστους υποδομών ΦΑ εστιάζεται στη προσδιορισμό μαθηματικών συναρτήσεων στόχων (*target functions*) ελεγχόμενης ακρίβειας και στατιστικής σημαντικότητας, μέσω των οποίων προσεγγίζεται μια καταρχήν το κόστος. Οι συναρτήσεις αυτές εμπεριέχουν τεchnοοικονομικές μεταβλητές, η σημασία των οποίων είναι καθοριστική για την κοστολόγηση των έργων. Για να ανταποκρίνονται στην έννοια της πρόβλεψης, οι μαθηματικές συναρτήσεις, θεωρούνται *μανθάνον* στατιστικό εργαλείο,

το οποίο παράγεται από επεξεργασία τεχνοοικονομικών δεδομένων, δηλαδή από τεχνικές εξόρυξης γνώσης από πρωτογενή δεδομένα (Βλαχάβας et al., 2006). Για το λόγο αυτό, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της πολλαπλής παλινδρόμησης σε ομάδες πρωτογενών δεδομένων που έχουν καταχωρηθεί στη ΒΔ των έργων, κατά τη διαδικασία εξαγωγής της γνώσης. Στο σχήμα Σ-6.5 απεικονίζεται η γενική μεθοδολογία DM όπως προτείνεται από τους Feelders et al., (2000) και η εξειδίκευσή της για την κατασκευή μοντέλου πρόβλεψης τους κόστους των αγωγών σύμφωνα με την εργασία των Batzias και Spanidis (2008c). Στην εξειδίκευση της μεθοδολογίας προεκτείνεται και στο αντικείμενο της πρόβλεψης της ενεργειακής ζήτησης που περιγράφεται σε επόμενες παραγράφους του παρόντος κεφαλαίου.

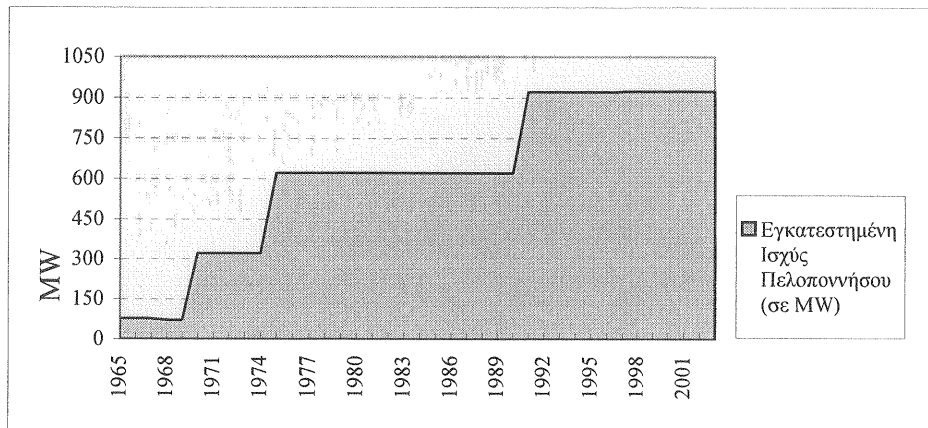
Η παλινδρόμηση αποτελεί μανθάνον εργαλείο εξόρυξης γνώσης, στο βαθμό που ερμηνεύει και τεκμηριώνει με ποσοτικούς όρους σχέσεις μεταξύ συνόλων φυσικών δεδομένων, σε τρόπο ώστε να συνεισφέρει στη λήψη αποφάσεων. Η έννοια της μάθησης προκύπτει από το γεγονός, ότι οι συναρτήσεις παλινδρόμησης επιδέχονται βελτίωση της αξιοπιστίας τους, στο βαθμό που τα δείγματα μπορούν να υπαχθούν σε τεχνικές βελτίωσης όπως π.χ. η ταξινόμηση, η ομαδοποίηση, κλπ (Dunham, 2002; Witten και Frank, 2005). Σχετική επιχειρηματολογία αναπτύσσεται σε θεωρητική αλλά και πρακτική βάση από τους Fayyad et al., (1996), Fayyad και Stolorz (1997) και Dunham (2002). Στην προκειμένη περίπτωση, εφαρμόστηκε πολλαπλή παλινδρόμηση με εξαρτημένη μεταβλητή το κόστος κατασκευής, $C_{αφα}$, και ανεξάρτητες μεταβλητές την ετήσια παροχή, Q , και το μήκος της όδευσης, L , από στοιχεία της ΒΔ με τα τεχνοοικονομικά στοιχεία των αγωγών ΦΑ. Η επιλογή των μεταβλητών αυτών έγινε για τους εξής λόγους:

- (α) Τα πρωτογενή δεδομένα των έργων προέρχονται από διαφορετικές πηγές, σε διαφορετικές χρονικές στιγμές και αφορούν διαφορετικά μεταξύ τους έργα, είναι δηλαδή δεδομένα τύπου *cross sectional* (Studenmund, 1992; Koop, 2006)
- (β) Το κόστος κατασκευής εξαρτάται κατά κύριο λόγο από την ετήσια παροχή, η οποία προσδιορίζει σε μεγάλο βαθμό την επιλογή διαμέτρου και συνεπώς, το μοναδιαίο κόστος προμήθειας των σωλήνων και μηχανολογικού εξοπλισμού.
- (γ) Βάσει του μήκους, υπολογίζονται τα κόστη εργασίας, απόκτησης γης καθώς επίσης και των συναφών συστημάτων των αγωγών, όπως π.χ. το σύστημα τηλεμετρίας και τηλεχειρισμού (Supervising Control and Data Acquisition, SCADA), η καθοδική προστασία, οι διασταυρώσεις με φυσικά και τεχνητά εμπόδια, κλπ.

Η γενική μορφή της εξίσωσης της γραμμικής πολλαπλής παλινδρόμησης της εξαρτημένης μεταβλητής y επί των ανεξάρτητων μεταβλητών $x_1, x_2, \dots, x_m \mid m \in \mathbf{N}$, είναι της μορφής (Δρακάτος, 1984):

$$\{E(y \mid x_1, x_2, \dots, x_m)\} = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + \dots + b_m \cdot x_m + \varepsilon \quad [\text{E-6.4}]$$

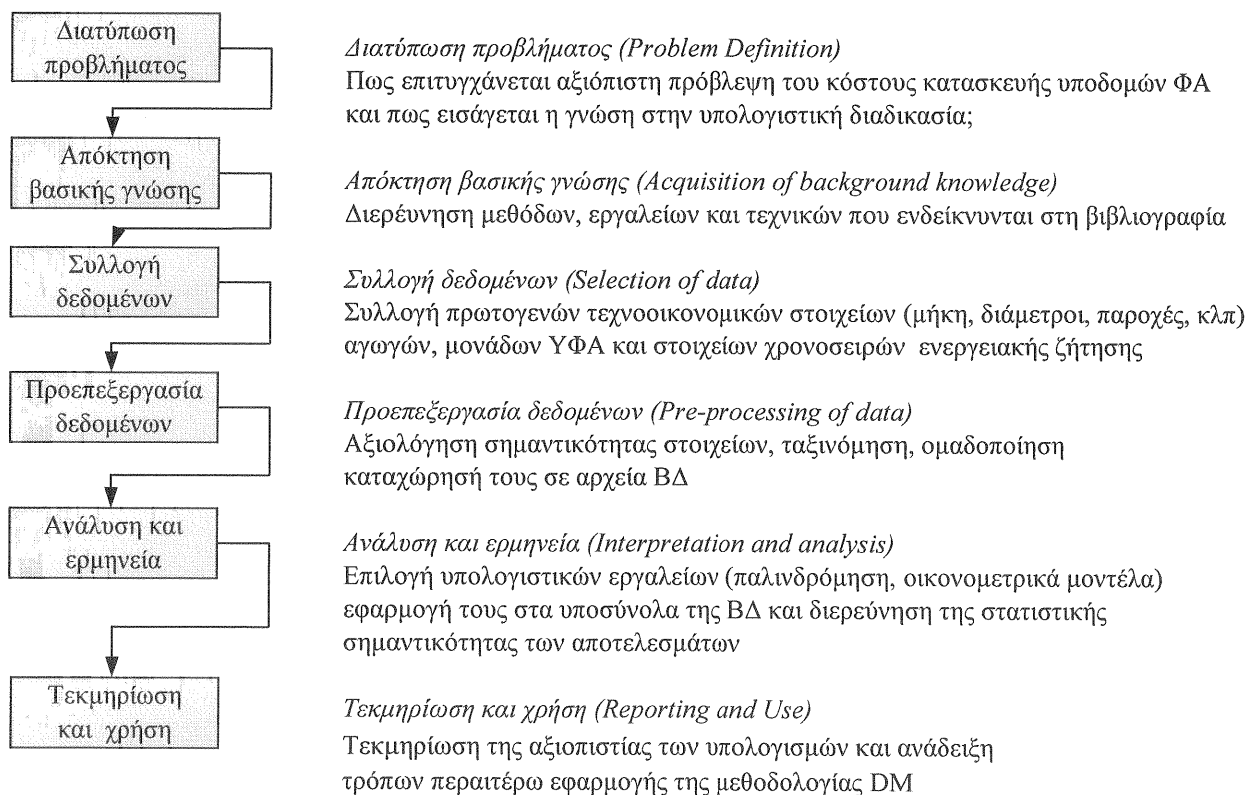
όπου, $E(y \mid x_1, x_2, \dots, x_m)$ η μαθηματική ελπίδα της υπό συνθήκη κατανομής πιθανότητας της y , όταν οι μεταβλητές x_1, x_2, \dots, x_m λαμβάνουν m -άδες τιμών των n το πλήθος διανυσμάτων $(x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{mi}) \mid i=1, \dots, n$, $b_0, b_1, \dots, b_m \mid m \in \mathbf{R}$ οι σταθεροί όροι και ε ο συντελεστής σφάλματος του παλινδρομικού μοντέλου ($\varepsilon \in \mathbf{R}$).



Σχήμα Σ-6.3 Εγκατεστημένη ισχύς Πελοποννήσου μεταξύ 1965-2003 (ΕΣΥΕ: Στατιστικές επετηρίδες 1965-2003)

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
Διάρκεια λειτουργίας μονάδων A-I και A-II [2 x 125 MW]	■	■																					
Διάρκεια λειτουργίας μονάδας A-III [300 MW]	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■							
Διάρκεια λειτουργίας Μονάδας B-IV [300 MW]	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Εναρξη λειτουργίας μονάδας 1ης Μονάδας ΣΗΘ [400 MW]			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Εναρξη λειτουργίας μονάδας ΣΗΘ 2ης Μονάδας ΣΗΘ [400 MW]																■	■	■	■	■	■	■	■

Σχήμα Σ-6.4 Προγραμματισμός λειτουργίας μονάδων ΔΕΗ Μεγαλόπολης μεταξύ 2010-2030 (Γκρός, 1997; Ελευθερίου, 1997; ΔΕΗ, 2006)



Σχήμα Σ-6.5 Κύρια βήματα μεθοδολογίας Data Mining κατά Feelders et al., (2000) και εξειδίκευσή τους κατά Batzias και Spanidis (2008c)

Στην περίπτωση του παρόντος υποσυστήματος, εφαρμογή της παλινδρόμησης μεταξύ των προαναφερόμενων μεγεθών, αποσκοπεί στην εξαγωγή μαθηματικής σχέσης $y=f(C_{αφα})$ με την ακόλουθη γενική μορφή:

$$f(C_{αφα}) = b_0 + b_1\varphi(Q) + b_2\mu(L) + \varepsilon \quad [E-6.5]$$

όπου b_0 , b_1 και b_2 οι σταθεροί όροι του μοντέλου και $\varphi(Q)$ και $\mu(L)$ συναρτήσεις των μεταβλητών Q και L αντίστοιχα (που μπορεί να είναι γραμμικές ή μη γραμμικές που απαιτούν γραμμικοποίηση) και ε ο συντελεστής σφάλματος του παλινδρομικού μοντέλου. Τα πρωτογενή δεδομένα συγκροτήθηκαν σε δείγμα έρευνας, που περιλαμβάνει τριάδες τιμών κόστους, παροχής και μήκους για 60 έργα, που είναι καταχωρημένα με τα πλήρη στοιχεία του στη ΒΔ.

Πριν από την εισαγωγή των ομαδοποιημένων δεδομένων στο υπολογιστικό μοντέλο της παλινδρόμησης, έγινε έλεγχος αναγνώρισης των επί μέρους σχέσεων του κόστους με το μήκος και με την ετήσια παροχή, σε διαγράμματα διασποράς (σχήματα Σ-6.6.α και Σ-6.6.β). Όπως διαπιστώνεται, η σχέση της εξαρτημένης μεταβλητής $C_{αφα}$ με το μήκος L παρουσιάζεται σημαντική ($R^2=0,6905$), ενώ η σχέση $C_{αφα}$ και Q , ιδιαίτερα μικρή ($R^2=0,2885$) και συνεπώς, το σχετικό διάγραμμα παρουσιάζει ετεροσκεδαστικότητα. Προς άρση της ετεροσκεδαστικότητας, πραγματοποιήθηκαν δοκιμές με χρήση λογαρίθμων μεταξύ των $C_{αφα}$, Q και L . Από τις δοκιμές, προέκυψε ότι με λήψη των δεκαδικών λογαρίθμων του κόστους και της παροχής, $\log(C_{αφα})$ και $\log(Q)$, προέκυψαν νέα διαγράμματα διασποράς, στα οποία η ετεροσκεδαστικότητα παρουσιάζεται σημαντικά μειωμένη (σχήματα Σ-6.6.γ και Σ-6.6.δ). Συνεπώς, η γενική σχέση [E-6.4] μετατρέπεται σε:

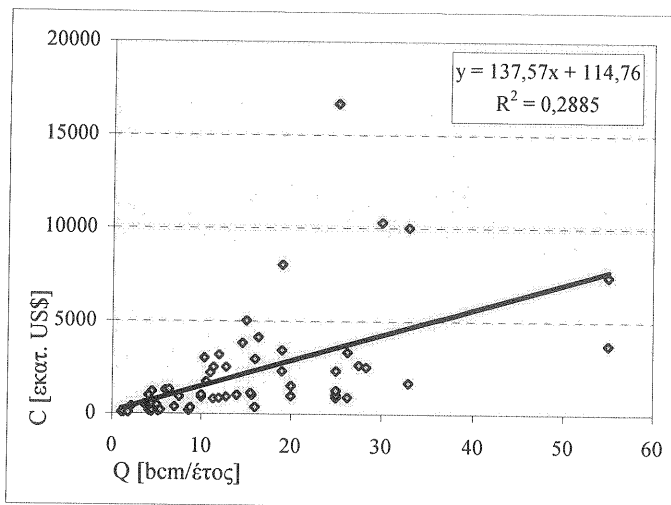
$$\log(C_{αφα}) = b_0 + b_1.\log(Q) + b_2\mu(L) + \varepsilon \quad [E-6.6]$$

Βάσει των ανωτέρω, οι τριάδες τιμών $\{\log(C_{αφα i}), \log(Q_i), L_i\}$ εισήχθησαν στο μοντέλο της πολλαπλής παλινδρόμησης που εκτελέστηκε με το πακέτο MINITAB (Version 14.12) και επιβεβαιώθηκε με το Microsoft Excel. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα Π-6.1. Η γενική μορφή της εξίσωσης που προκύπτει είναι η ακόλουθη:

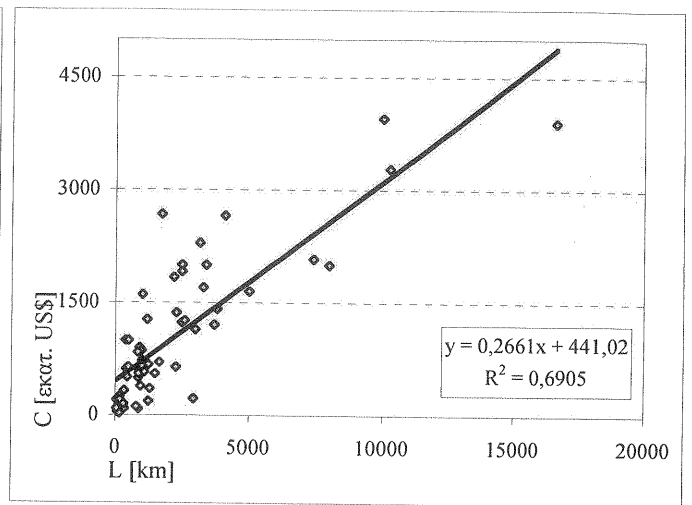
$$\log(C_{αφα}) = 1,85 + 0,81.\log(Q) + 0,0003.L \quad [E-6.7]$$

όπου $b_0^*=1,85$, $b_1^*=0,81$ και $b_2^*=0,0003$. Ο αστερίσκος υποδηλώνει τιμές που υπολογίστηκαν με τη μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων και αντιπροσωπεύουν εκτιμήσεις των b_0 , b_1 και b_2 της σχέσης [E-6.5]. Η ερμηνεία των αποτελεσμάτων, αναδεικνύει τα ακόλουθα:

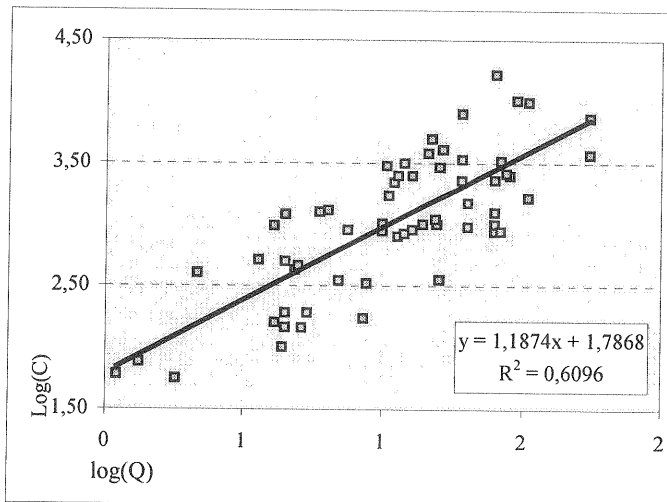
1. Ο συντελεστής συσχέτισης $R=0,8348$ (και ειδικότερα η προσαρμοσμένη τιμή $R^2=0,8290$) δείχνει, ότι η γενική προσαρμογή του παλινδρομικού μοντέλου στα δεδομένα του δείγματος έρευνας είναι καλή.
2. Οι συντελεστές $b_0^*=1,85$, $b_1^*=0,81$ και $b_2^*=0,0003$ εκφράζουν επαρκώς τη συνάρτηση κόστους, που εξάγεται από τα δεδομένα του συγκεκριμένου δείγματος.



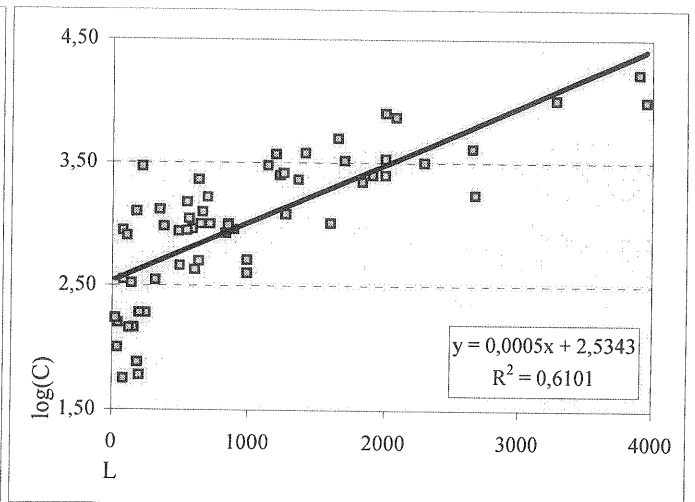
Σχήμα Σ-6.6.α Διάγραμμα διασποράς μεταξύ C και Q



Σχήμα Σ-6.6.β Διάγραμμα διασποράς μεταξύ C και L



Σχήμα Σ-6.6.γ Διάγραμμα διασποράς μεταξύ $\log(C)$ και $\log(Q)$



Σχήμα Σ-6.6.δ Διάγραμμα διασποράς μεταξύ $\log(C)$ και L

1. Στατιστικά παλινδρόμησης							
Πολλαπλό R							0,9137
R-τετράγωνο							0,8348
Προσαρμοσμένο R-τετράγωνο							0,8290
Τυπικό σφάλμα							0,2380
Μέγεθος δειγματος							60
2. Ανάλυση διακύμανσης							
	Βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F		
Παλινδρόμηση	2	16,3167	8,1540	144,0395	0,0000		
Υπόλοιπο	57	3,2285	0,0566				
Σύνολο	59	19,5452					
3. Εξίσωση παλινδρόμησης							
		$\log(C) = 1,8500 + 0,8100*\log(Q) + 0,0003*L$					
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t-Statistics	P	VIF	Υψηλότερο 95%	Κατώτερο 95%
Τεταγμένη αρχής	1,8469	0,0908	20,3323	0,0000		1,6650	2,0288
$\log(Q)$	0,8079	0,0931	8,6824	0,0000	1,3	0,6216	0,9942
L	0,0003	0,0000	8,8822	0,0000	1,3	0,0003	0,0004

Πίνακας Π-6.1 Αποτελέσματα πολλαπλής παλινδρόμησης για την πρόβλεψη κόστους κατασκευής αγωγών ΦΑ

3. Η τιμή της μεταβλητής $P=0$ συνεπάγεται ότι το σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 5%, τουλάχιστον ένας από τους σταθερούς όρους b_0^* , b_1^* και b_2^* είναι $\neq 0$ (δηλαδή η μηδενική υπόθεση $b_0^*=b_1^*=b_2^*=0$ απορρίπτεται και γίνεται αποδεκτή η υπόθεση $b_0^*=0 \vee b_1^*=0 \vee b_2^*=0$) (MINITAB 14.20)
4. Σε συνάρτηση με την τιμή $P=0$, ερμηνεύονται και τα αποτελέσματα των *t-Statistics* για την υπόθεση $b_1^*=b_2^*=0$, σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 5%. Επειδή οι τιμές $t_1=8.6824$ και $t_2=8.8822$ είναι μεγαλύτερες του 1,96, προκύπτει ότι $b_1^* \neq 0 \wedge b_2^* \neq 0$ (Koop, 2006)
5. Επειδή η τιμή $F=144.0395 \gg 0$ δείχνει, ότι τουλάχιστον μια από τις ανεξάρτητες μεταβλητές $\log(Q)$ και L έχουν επίπτωση στη διαμόρφωση της τιμής της ανεξάρτητης μεταβλητής $C_{αφα}$ (MINITAB 14.20)
6. Οι τιμές των *συντελεστών επίδρασης στη μεταβλητότητα*, *VIF* (Variance Inflation Factors) είναι $VIF(b_1)=VIF(b_2)=1,3 < 5$. Η προηγούμενη ανισότητα δείχνει, ότι οι ανεξάρτητες μεταβλητές δεν παρουσιάζουν πολυσυγγραμμικότητα (multicollinearity), δηλαδή δεν υπάρχει έμμεση εσωτερική γραμμική εξάρτηση της εξαρτημένης μεταβλητής $\log(C_{αφα,i})$, με τις $\log(Q)$ και L . Η τιμή 5 εκφράζει το όριο, η υπέρβαση του οποίου από τις τιμές των VIF υποδηλώνει εμφάνιση πολυσυγγραμμικότητας, όπως αναφέρεται από τους Studenmund (1992) και Witten και Frank (2005).

Με απολογαρίθμηση της σχέσης [E-6.6] και μετατροπή των αποτελεσμάτων της, από US\$ σε €, προκύπτει η ισοδύναμη συνάρτηση κόστους κατασκευής για τους αγωγούς ΦΑ (θεωρήθηκε συναλλαγματική ισοτιμία Αυγούστου 2009: 1US\$=0,70 €):

$$C_{αφα} = \Theta \cdot (0,70) \cdot (70,795) \cdot (Q^{0,81}) \cdot (10^{0,0003 \cdot L}) \quad [E-6.8]$$

Τα οικονομικά στοιχεία της βάσης δεδομένων των αγωγών ΦΑ καλύπτουν περίοδο 10 ετών (1996-2006) εντός της οποίας η διεθνής κατασκευαστική βιομηχανία έχει αναπροσαρμόσει τα κόστη της βάσει των διεθνών τιμών πώλησης του ΦΑ (Zhao, 2000; IEA, 1994). Προς βελτίωση των αποτελεσμάτων της [E-6.7] εισάγεται ένας συντελεστής επικαιροποίησης Θ , που αντιπροσωπεύει τη μέση τιμή αύξησης διεθνούς τιμής πώλησης του μεταφερόμενου ΦΑ μέσω αγωγών, εντός της προαναφερόμενης περιόδου. Η τιμή αυτή διαμορφώνεται από την τιμή του ΦΑ των 2,43 US\$/Mbtu 1996 και την αντίστοιχη του 2007 που είναι 8,93 US\$/Mbtu (BP, 2008). Η διαφορά αυτή αντιστοιχεί σε αύξηση των μεγεθών της παγκόσμιας αγοράς ΦΑ κατά 267%. Συνεπώς, με την παραδοχή για τιμή του $\Theta=(2,67/2)=1,34$ η [E-6.7] γίνεται :

$$C_{αφα} = (1,34) \cdot (0,70) \cdot (70,795) \cdot (Q^{0,81}) \cdot (10^{0,0003 \cdot L}) = 66,41 \cdot (Q^{0,81}) \cdot (10^{0,0003 \cdot L}) \quad [E-6.9]$$

Από τα προαναφερόμενα προκύπτει, ότι η καταρτισθείσα συνάρτηση κόστους ικανοποιεί τα κριτήρια αποδοχής των στατιστικών παραμέτρων και υποθέσεων σημαντικότητας. Επίσης, ενσωματώνει επικαιροποίηση λόγω διαχρονικής αύξησης του κόστους κατασκευής και συναλλαγματική ισοτιμία μεταξύ € και US\$. Συνεπώς, μπορεί να χρησιμοποιηθεί, ως καταρχήν εργαλείο προερχόμενο από μέθοδο εξόρυξης γνώσης, για υπολογισμό του κόστους κατασκευής, σε επίπεδο προκαταρκτικής διερεύνησης των επενδύσεων.

6.5.2 Πρόβλεψη κόστους υποδομών ΥΦΑ

Η περίπτωση του κόστους υποδομών ΥΦΑ παρουσιάζεται διαφορετική, επειδή ο αριθμός των καταχωρημένων στη ΒΔ έργων με πλήρη δεδομένα κόστους και χωρητικότητας, είναι σχετικά μικρός (19 εγγραφές επί συνόλου 40). Η μόνη μεταβλητή που μπορεί να ερευνηθεί σε σχέση με το κόστος, είναι η ετήσια χωρητικότητα της μονάδας (σε bcm/έτος). Ωστόσο, από διερεύνηση του διαγράμματος διασποράς με εξαρτημένη μεταβλητή το κόστος $C_{υφα}$ (σε 10^6 €) και ανεξάρτητη τη χωρητικότητα $Q_{υφα}$ δείχνει ότι τα δύο μεγέθη είναι ασυσχέτιστα με όρους στατιστικής δεοντολογίας ($R^2=0,0075$). Στο σχήμα Σ-6.7, απεικονίζεται το σχετικό διάγραμμα διασποράς.

Η μόνη αντιπροσωπευτική τιμή που μπορεί να προκύψει από επεξεργασία του δείγματος των 19 έργων είναι η κεντροβαρική μέση τιμή του κόστους (σε 10^6 €/bcm./έτος), βάσει του ακόλουθου τύπου που χρησιμοποιείται σε σχετικές εκτιμήσεις, όταν τα δεδομένα των δειγμάτων δεν προσφέρονται για κατάρτιση συνάρτησης στόχου:

$$C_{υφα\beta} = \sum C_{υφα,i} \cdot Q_{υφα,i} / (\sum Q_{υφα,i})^{-1} = 437 \cdot 10^6 \text{ €/bcm} \quad [E-6.10]$$

Η χρήση της προαναφερόμενης τιμής οδηγεί τελικώς στον γραμμικό τύπο υπολογισμού του κόστους:

$$C_{υφα,i} = C_{υφα\beta} \cdot Q_{υφα,i} = (437 \cdot 10^6) \cdot Q_{υφα,i} \quad [€] \quad [E-6.11]$$

6.5.3 Πρόβλεψη λειτουργικού κόστους-Παραμένουσα αξία

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενη παράγραφο, το λειτουργικό κόστος προσδιορίζεται σύμφωνα με τη νομοθεσία. Χρησιμοποιούνται οι ετήσιοι συντελεστές μείωσης της ΡΠΒ του συστήματος και αύξησης του λειτουργικού κόστους που είναι $-2,3\%$ και $+5,5\%$ αντίστοιχα. Άρα αν $C_{υφα}$ είναι το κόστος κατασκευής αγωγού, τότε από τη στιγμή έναρξης λειτουργίας της επένδυσης, η ΡΠΒ θα μεταβάλλεται από την πρώτη μέχρι την τελευταία περίοδο ως εξής:

$C_{αφα,0} = C_{αφα}$	έναρξη επένδυσης
$C_{αφα,1} = C_{αφα} \cdot (1 - 1.0,023) = C_{αφα} \cdot (0,977)$	1η περίοδος
$C_{αφα,2} = C_{αφα} \cdot (1 - 2.0,023) = C_{αφα} \cdot (0,954)$	2η περίοδος
$C_{αφα,3} = C_{αφα} \cdot (1 - 3.0,023) = C_{αφα} \cdot (0,931)$	3η περίοδος
.....	
$C_{αφα,20} = C_{αφα} \cdot (1 - 20.0,023) = C_{αφα} \cdot (0,536)$	20η περίοδος

Από τις παραπάνω σχέσεις προκύπτει ότι η ΡΠΒ του αγωγού σε δεδομένη περίοδο i της επένδυσης θα είναι:

$$C_{αφα,i} = C_{αφα} \cdot [1 + i \cdot (-0,023)] \quad [E-6.12]$$

Με αντίστοιχο συλλογισμό, η μεταβολή της ΡΠΒ για μονάδα ΥΦΑ, το $C_{υφα,i}$, το ετήσιο λειτουργικό κόστος για αγωγό ΦΑ, το $C_{λαφα,i}$ και το ετήσιο λειτουργικό κόστος για μονάδα

ΥΦΑ, το $C_{\lambda\varphi\alpha,i}$ κατά την περίοδο i της επένδυσης υπολογίζονται από τις ακόλουθες σχέσεις:

$$C_{\nu\varphi\alpha,i}=C_{\nu\varphi\alpha}\cdot[1+i\cdot(-0,025)] \quad [\text{E-6.13}]$$

$$C_{\lambda\alpha\varphi\alpha,i}=0,1\cdot C_{\alpha\varphi\alpha}\cdot[1+i\cdot 0,055] \quad [\text{E-6.14}]$$

$$C_{\lambda\nu\varphi\alpha,i}=0,04\cdot C_{\nu\varphi\alpha}\cdot[1+i\cdot 0,061] \quad [\text{E-6.15}]$$

Επισημαίνεται, ότι επειδή οι προαναφερόμενες σχέσεις έχουν εξαχθεί βάσει της κοινωνικής και οικονομικής πραγματικότητας της χώρας, χρησιμοποιούνται ως αντιπροσωπευτικές, στο βαθμό που ενδιαφέρουν τη γνωσιολογική ανάλυση πλαισίου επένδυσης για έργα ΦΑ, με το οποίο μπορεί να εμπλακεί μια εγχώρια ΕΣΜ. Σε καμία όμως περίπτωση, δεν αποτελούν κανόνα γενίκευσης για έργα εκτός της χώρας. Εφόσον υπεισέλθουν απατήσεις για έργα εκτός της χώρας, θα πρέπει να αναζητηθούν και αντίστοιχες πληροφορίες κατά τη διαδικασία εξαγωγής γνώσης.

Από τις παραπάνω εξισώσεις προκύπτει, ότι μετά την 20η περίοδο της επένδυσης, η παραμένουσα αξία του αγωγού ΦΑ ή της μονάδας ΥΦΑ θα είναι αντίστοιχα $SV_{\alpha\varphi\alpha} = 0,464\cdot C_{\alpha\varphi\alpha}$ και $SV_{\nu\varphi\alpha}=0,5\cdot C_{\nu\varphi\alpha}$.

6.5.4 Πρόβλεψη πρωτογενούς ενεργειακής ζήτησης

Η εξέλιξη της ενεργειακής ζήτησης της Πελοποννήσου μεταξύ 1965-2003 αντιστοιχεί σε χρονοσειρά βάσει στοιχείων της ΕΣΥΕ. Συνεπώς, η πρόβλεψή της εμπίπτει στο αντικείμενο της ανάλυσης χρονοσειρών. Τα μοντέλα αυτά είναι οικονομετρικά και συνδυάζουν τεχνικές της παλινδρόμησης, για τον εξορθολογισμό των χρονοσειρών, δηλαδή την αποκατάσταση της στασιμότητάς τους (*stationarity*). Έτσι, καθίσταται ευχερής η ερμηνεία των χρονοσειρών και η αντικειμενικοποίηση της γνώσης που αυτές εμπεριέχουν δια μέσου των πρωτογενών τους στοιχείων. Στην προκειμένη περίπτωση, εφαρμόστηκε η μέθοδος των συστημάτων Αυτοπαλινδρόμησης-Κινητού Μέσου (*ARIMA, Autoregressive Integrated Moving Average*) γνωστή στη βιβλιογραφία ως μέθοδος Box-Jenkins.

Ένα μοντέλο ARIMA συντίθεται από ένα αυτοπαλίνδρομο όρο και ένα όρο κινητού μέσου. Στον αυτοπαλίνδρομο όρο AR, η εξαρτημένη μεταβλητή Y_t υπολογίζεται ως συνάρτηση τιμών της προγενεστέρων περιόδων (lags) p , $Y_t = f(Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-p})$ δηλαδή:

$$AP(p)=b_0+\theta_1Y_t+\theta_2Y_{t-2}+\dots+\theta_pY_{t-p}+\varepsilon_t \quad [\text{E-6.16}]$$

όπου ε_t το σφάλμα (*θόρυβος*) του μοντέλου, με μέσο 0 και διακύμανση σ^2 . Ο όρος του κινητού μέσου υπολογίζεται ως συνάρτηση τιμών του συντελεστή σφάλματος ε_t για q το πλήθος προγενεστέρων περιόδων, $Y_t = g(\varepsilon_{t-1}, \varepsilon_{t-2}, \dots, \varepsilon_{t-q})$ δηλαδή:

$$MA(q)=\varphi_1\varepsilon_{t-1}+\varphi_2\varepsilon_{t-2}+\dots+\varphi_q\varepsilon_{t-q} \quad [\text{E-6.17}]$$

Τα θ_s και φ_s είναι οι συντελεστές του αυτοπαλίνδρομου όρου και του όρου του κινητού μέσου αντιστοίχως. Η εξίσωση ενός μοντέλου ARIMA προκύπτει ως άθροιση των δύο όρων (Studenmund, 1992):

$$ARIMA(p, q) = b_0 + \theta_1 Y_t + \theta_2 Y_{t-2} + \dots + \theta_p Y_{t-p} + \varepsilon_t + \varphi_1 \varepsilon_{t-1} + \varphi_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \varphi_q \varepsilon_{t-q} \Rightarrow$$

$$ARIMA(p, q) = b_0 + \sum_{i=1}^p \theta_i Y_{t-i} + \sum_{i=1}^q \varphi_i \varepsilon_{t-i} + \varepsilon_t \quad [E-6.18]$$

Επειδή συνήθως οι χρονοσειρές δεν έχουν μέσο 0 και διακύμανση σ^2 δηλαδή δεν είναι στάσιμες (*non stationary*), για τη διερεύνησή τους υπολογίζονται οι προς τα πίσω πρώτες διαφορές (*backward differences*) που είναι σχέσεις της μορφής $\nabla Y_t = Y_t - Y_{t-1}$. Ο λόγος του υπολογισμού αυτού είναι, ότι η χρήση των πρώτων διαφορών στη θέση της εξαρτημένης μεταβλητής Y_t , καθιστούν τη χρονοσειρά στάσιμη. Αν αυτό δεν επαρκεί υπολογίζονται οι προς τα πίσω δεύτερες διαφορές, δηλαδή $\nabla^2 = \nabla Y_t - \nabla Y_{t-1} = (Y_t - Y_{t-1}) - (Y_{t-1} - Y_{t-2})$, κλπ. Αυτός ο υπολογισμός συνεχίζεται έως ότου η χρονοσειρά καταστεί στάσιμη. Ο αριθμός d λήψης των απαιτούμενων για την στασιμότητα διαφορών, εκπροσωπεί το βαθμό ολοκλήρωσης (*integration*) της χρονοσειράς (στην πράξη σπανίως λαμβάνεται $d > 2$). Για το λόγο αυτό τα μοντέλα ARIMA προσδιορίζονται από 3 παραμέτρους ως $ARIMA(p, d, q)$. Για παράδειγμα, το μοντέλο $ARIMA(2, 1, 1)$ που προσδιορίζεται ως:

$$ARIMA(2, 1, 1) = \nabla Y_t = b_0 + \theta_1 \nabla Y_{t-1} + \theta_2 \nabla Y_{t-2} + \varepsilon_t + \varphi_1 \varepsilon_{t-1} \quad [E-6.19]$$

Κατά τη διερεύνηση μιας χρονοσειράς ζητείται ο προσδιορισμός των παραμέτρων p , d και q . Αυτό επιτυγχάνεται με δοκιμές για προσδιορισμό του d βάσει της συνάρτησης αυτοσυσχέτισης (*ACF, auto-correlation function*) που εφαρμόζεται μεταξύ της εξαρτημένης μεταβλητής και των τιμών των προηγούμενων d το πλήθος περιόδων. Υπολογίζεται βάσει του τύπου:

$$ACF = (1/n) \cdot \sum_{i=1}^{n-d} (Y_t - Y_m) \cdot (Y_{t+d} - Y_m) \quad [E-6.20]$$

$$\text{όπου: } Y_m = (1/n) \cdot \sum_{i=1}^n Y_t \quad [E-6.21]$$

Παράλληλα με την *ACF*, προσδιορίζεται και η παράμετρος *PAFC* (*partial auto-correlation function*) που εκφράζεται ως συντελεστής του σφάλματος ε_{t-k} της παλινδρόμησης του ε_{t-k} επί των $\varepsilon_{t-1}, \varepsilon_{t-2}, \varepsilon_{t-3}, \dots, \varepsilon_{t-k}$. Οι δύο αυτές παράμετροι, εξετάζονται βάσει ειδικών διαγραμμάτων που ονομάζονται διαγράμματα αυτοσυσχέτισης (*correlograms*), στα οποία απεικονίζεται η κατανομή των *ACF* και *PAFC* για συγκεκριμένο αριθμό περιόδων ανάλυσης (*lags*). Οι τιμές αυτές πρέπει αφενός να είναι θετικές (προϋπόθεση μη ύπαρξης αυτοσυσχέτισης), αφετέρου να μη βρίσκονται εκτός του διαστήματος $[-1,96 \cdot T^{0,5}, 1,96 \cdot T^{0,5}]$ που αντιπροσωπεύει τα όρια αποδοχής των αυτοπαλίνδρομων όρων σε επίπεδο σημαντικότητας $\pm 5\%$ (το 1,96 είναι τιμή των *t-Statistics* για επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 5%) του συγκεκριμένου μοντέλου $ARIMA(p, d, q)$. Αν δεν τηρούνται οι προϋποθέσεις αυτές, επαναλαμβάνεται η διαδικασία υπολογισμού νέων διαφορών $d+1$

τάξης, νέων δοκιμών των παραμέτρων p και q , και νέων τιμών ACF και $PAFC$, μέχρι την επίτευξη στασιμότητας (στην πράξη αποφεύγονται συνήθως ζεύγη τιμών ($p=1 \wedge q=0$) \vee ($p=0 \wedge q=1$)).

Στο συγκεκριμένο υποσύστημα, η πρόβλεψη της ενεργειακής ζήτησης προέκυψε με διερεύνηση μέσω δοκιμών σε μοντέλα $ARIMA(p,d,q)$ με χρήση του πακέτου λογισμικού MINITAB (Version 14.20). Για πρόβλεψη μεταξύ 2004-2030, χρησιμοποιήθηκαν τα πρωτογενή δεδομένα της χρονοσειράς 1965-2003, για την οποία οι σχετικές δοκιμές ανέδειξαν ως κατάλληλο το μοντέλο $ARIMA(1,1,0)$. Το αποτέλεσμα της διερεύνησης αποδίδεται στον πίνακα Π-6.2 και το ισοδύναμο σχήμα Σ-6.8, όπου οι τιμές πρόβλεψης της ζήτησης αναπτύσσονται σε μορφή κώνου με τρεις τιμές ανά περίοδο, μια προβλεπόμενη (*forecast*), μια ανώτερη (*upper*) και μια κατώτερη (*lower*) που αντιστοιχούν στο ανώτερο και κατώτερο όριο του διαστήματος εμπιστοσύνης 95% του μοντέλου. Επίσης, στα σχήματα Σ-6.9.α και Σ-6.9.β απεικονίζονται τα διαγράμματα των συναρτήσεων αυτοσυσχέτισης ACF και $PAFC$. Τα αριθμητικά αποτελέσματα του μοντέλου $ARIMA(1,1,0)$ εμφανίζονται στον πίνακα Π-6.3. Η παραπάνω διερεύνηση επιβεβαιώθηκε και με εφαρμογή του οικονομετρικού πακέτου GRETJL, στην ίδια χρονοσειρά με εξαγωγή των ίδιων αποτελεσμάτων, όπως φαίνεται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ, με παρουσίαση αποτελεσμάτων δοκιμών των μοντέλων $ARIMA(1,1,0)$ και $ARIMA(0,1,1)$.

Βάσει των αριθμητικών αποτελεσμάτων, για το έτος 2011, που συμπίπτει με την έναρξη της επένδυσης, οι αναμενόμενες τιμές της ενεργειακής ζήτησης είναι Lower= 4393 GWh, Upper= 5159 GWh και Forecast=4775 GWh, ενώ για το έτος 2030, που συμπίπτει με τη λήξη της επένδυσης, οι αναμενόμενες τιμές είναι αντίστοιχα Lower= 5935 GWh, Upper= 7345 GWh και Forecast=6640 GWh.

Επειδή η προαναφερόμενη πρόβλεψη έχει εξαχθεί βάσει (στατιστικών και οικονομετρικών μοντέλων) εξόρυξης της γνώσης, από άποψη γνωσιολογικής ανάλυσης συνεισφέρει στην αύξηση της αξιοπιστίας των υπολογισμών του πλαισίου επένδυσης.

6.5.5 Πρόβλεψη τιμών πώλησης φυσικού αερίου

Η πρόβλεψη των τιμών πώλησης ΦΑ από τον ιδιώτη επενδυτή στη ΔΕΗ, χρησιμοποιήθηκαν τα τιμολόγια της ΕΠΑ Αττικής Α.Ε. Οι λόγοι ώθησαν στη χρήση αυτού του τύπου τιμολόγησης είναι, ότι αφενός η ΕΠΑ λειτουργεί ως μεταφορέας ΦΑ από τον ΔΕΣΦΑ προς τους μεγάλους βιομηχανικούς καταναλωτές (αλλά και προς τους αστικούς και εμπορικούς καταναλωτές), αφετέρου ως νομικό πρόσωπο ιδιωτικού δικαίου τιμολογεί ως ιδιώτης επενδυτής. Συνεπώς, τα τιμολόγια αυτά είναι αντιπροσωπευτικά για τη χρέωση της ενέργειας στο επενδυτικό πλαίσιο που διερευνά το παρόν υποσύστημα.

Ως τιμολόγια βάσης θεωρήθηκαν αυτά του 2006. Για το σκέλος ενέργειας θεωρήθηκε ως τιμή πώλησης τα 0,002313 €/KWh (ή 23130 €/GWh) δεδομένου ότι ο αγωγός προβλέπεται να μεταφέρει περισσότερα των 100.000 Nm³/έτος ΦΑ στη Μεγαλόπολη. Για το σκέλος ισχύος θεωρήθηκε χρέωση 7.224 €/MW μέγιστης ωριαίας κατανάλωσης ανά μήνα. Αν η ετήσια κατανάλωση ενέργειας από τη ΔΕΗ την περίοδο i είναι $Q_{αφα,i}$ και αν υποθεθεί ότι η μέγιστη ωριαία κατανάλωση αντιστοιχεί στη μέση ωριαία κατανάλωση ανά μήνα, τότε, για λειτουργία μονάδας ΣΗΘ με 6000 h/έτος, η μέγιστη ωριαία κατανάλωση ανά μήνα είναι $Q_{αφα,i}/6000 \text{ GW} = (Q_{αφα,i}/6000) \cdot 10^3 \text{ MW} = Q_{αφα,i} \cdot 0,1667 \text{ MW}$. Συνεπώς, η χρέωση ισχύος που αντιστοιχεί σε ενεργειακό φορτίο $Q_{αφα,i}$, υπό τις προαναφερόμενες παραδοχές, είναι

$Y. Q_{\alpha, i} = 224$ €. Επειδή είναι η μέση ωριαία κατανάλωση λήφθηκε ίση με τη μέση μηνιαία, ο συντελεστής $Y=1$.

Όμως, οι προαναφερόμενες τιμές αφορούν τιμολόγια του 2006. Για την πρόβλεψη των μεγεθών αυτών κατά την έναρξη της επένδυσης το 2011, έγινε χρήση δεδομένων του δείκτη τιμών χονδρικής (ΔTX) για την ενέργεια από στοιχεία της ΕΣΥΕ, με έτος βάσης το 1985. Τα στοιχεία αυτά, ταξινομήθηκαν σε χρονοσειρά με αρχική τιμή $\Delta TX_{1985}=255,80$ και τελική $\Delta TX_{2006}=1017,12$. ενώ για την περίοδο 2006-2011 εφαρμόστηκε η μέθοδος των μοντέλων ARIMA, που στην προκειμένη περίπτωση ενδείκνυται ως αρκετά αξιόπιστη δεδομένου του μικρού χρονικού ορίζοντα πρόβλεψης. Βάσει δοκιμών, το μοντέλο ARIMA(0,1,1) αξιολογήθηκε ως πλέον κατάλληλο για την επίτευξη στασιμότητας της, ενώ τα αποτελέσματά του δίνουν τιμές Lower=936, Upper=1513,63 και Forecast=1224.82.

Οι αναμενόμενες τιμές του ΔTX_{2011} είναι Lower=-7,98%, Upper=+48,82% και Forecast=+20,34%. Στο σχήμα Σ-6.10 αναπαρίστανται τα δεδομένα της χρονοσειράς μαζί με τα αποτελέσματα της πρόβλεψης. Με την υπόθεση, ότι η τιμή forecast είναι η πιθανότερη, τότε οι τιμές του σκέλους ενέργειας και ισχύος αντίστοιχα διαμορφώνονται σε $S_{q, i}=1,2034.23130=27835$ €/GWh και $S_{p, i}=1,2034.Q_{\alpha, i}.Y.224=269,56.Q_{\alpha, i}.Y$ €/MW αντίστοιχα για το 2011. Τα $S_{q, i}$ και $S_{p, i}$ θα χρησιμοποιηθούν στη συνέχεια ως τιμές βάσης για το έτος 2011 οι οποίες θα προσαυξάνονται κατά +2,5% ετησίως, σύμφωνα με την απαίτηση του ΦΕΚ 360B/27.03.2006. Συνεπώς, στις ενδιάμεσες περιόδους της επένδυσης, οι τιμές πώλησης του ΦΑ, θα ακολουθούν γεωμετρική πρόοδο με λόγο $\omega=1,025$:

$$S_{q, i} = S_{q, 1} \cdot (1.025)^{i-1} \quad [\text{E-6.22}]$$

$$S_{p, i} = S_{p, 1} \cdot (1.025)^{i-1} \quad [\text{E-6.23}]$$

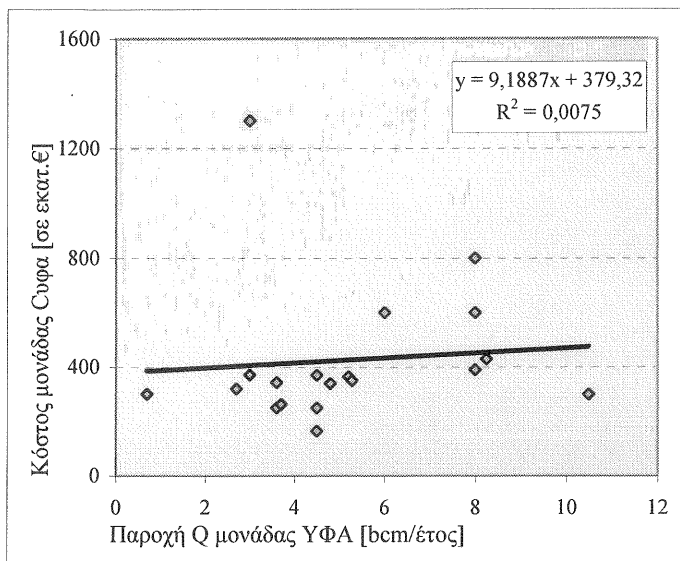
Επειδή από τις παραπάνω σχέσεις προκύπτει ότι οι τιμές πώλησης του ΦΑ προσαυξάνονται έως και +60% μεταξύ 2011-2030, οι τιμές $S_{q, i}$ και $S_{p, i}$ είναι ιδιαίτερα κρίσιμες, στο βαθμό που επηρεάζουν σημαντικά την ευαισθησία των χρηματοοικονομικών δεικτών.

6.5.6 Ανάλυση διείδυσης φυσικού αερίου με κανόνες ασαφούς λογικής

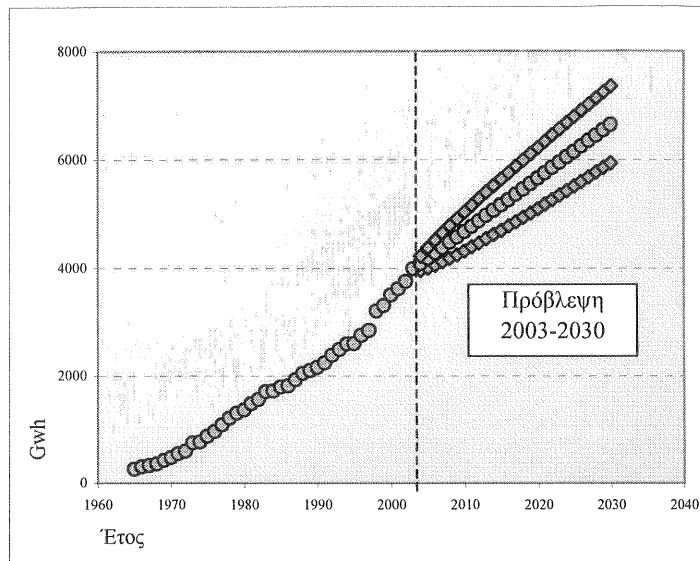
Η διείδυση του ΦΑ σε μια γεωγραφική περιφέρεια, ιδιαίτερα όταν αυτό γίνεται για πρώτη φορά, διερευνάται συναρτήσει μακροχρόνιων προβλέψεων για μια σειρά από κρίσιμους παράγοντες που είναι:

- (α) Η αύξηση της πρωτογενούς ενεργειακής ζήτησης στο χρονικό ορίζοντα που έχει τεθεί ως στόχος από τους σχεδιαστές της ενεργειακής πολιτικής.
- (β) Η μείωση της κατανάλωσης άλλων συμβατικών καυσίμων, όπως ο λιγνίτης ή το πετρέλαιο.
- (γ) Η ανταγωνιστική διείδυση των ΑΠΕ.

Οποιοσδήποτε από τους παράγοντες αυτούς συνιστά αίτιο επηρεασμού του μεγέθους της διείδυσης του ΦΑ. Υπό την έννοια αυτή, οι παράγοντες μπορούν να αναπαρασταθούν σε



Σχήμα Σ-6.7 Διάγραμμα διασποράς μεταξύ παροχής Q και κόστους κατασκευής Συφα



Σχήμα Σ-6.8 Πρόβλεψη ενεργειακής κατανάλωσης Πελοποννήσου για την περίοδο 2003-2030 από μοντέλο ARIMA(1,1,0)

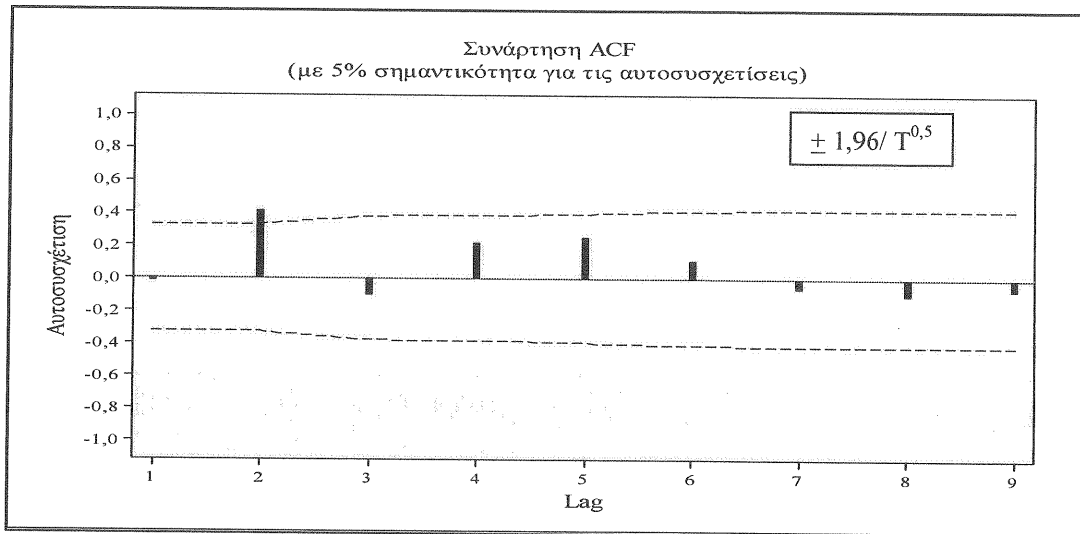
Πίνακας Π-6.2 Καταγεγραμμένη και προβλεπόμενη ενεργειακή κατανάλωση Πελοποννήσου: 1965-2003 ΕΣΥΕ, 2004-2030 μοντέλο ARIMA (1, 1, 0)

Έτος	GWh	Έτος	GWh	Έτος	GWh
1965	261	1978	1215	1991	2245
1966	310	1979	1309	1992	2384
1967	330	1980	1370	1993	2492
1968	363	1981	1484	1994	2592
1969	425	1982	1562	1995	2600
1970	480	1983	1713	1996	2754
1971	553	1984	1722	1997	2844
1972	597	1985	1794	1998	3204
1973	754	1986	1816	1999	3302
1974	769	1987	1928	2000	3500
1975	874	1988	2046	2001	3619
1976	964	1989	2103	2002	3757
1977	1091	1990	2163	2003	3988

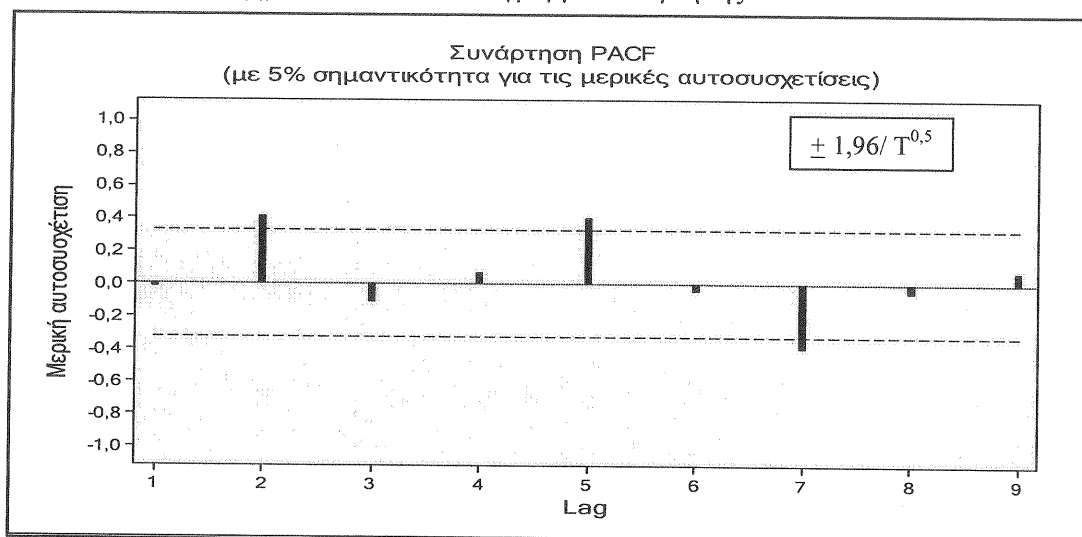
Έτος	Upper	Forecast	Lower	Έτος	Upper	Forecast	Lower
2004	4222	4089	3956	2018	5987	5462	4937
2005	4377	4187	3997	2019	6103	5560	5018
2006	4518	4285	4051	2020	6217	5659	5100
2007	4654	4383	4113	2021	6332	5757	5181
2008	4784	4481	4179	2022	6446	5855	5264
2009	4910	4579	4275	2023	6559	5953	5346
2010	5036	4677	4319	2024	6673	6052	5430
2011	5159	4776	4393	2025	6785	6149	5513
2012	5280	4874	4467	2026	6898	6247	5597
2013	5400	4972	4543	2027	7010	6345	5681
2014	5519	5070	4620	2028	7122	6444	5765
2015	5638	5168	4699	2029	7233	6542	5850
2016	5755	5266	4777	2030	7345	6640	5934
2017	5872	5364	4857				

Πίνακας Π-6.3 Αποτελέσματα μοντέλου ARIMA (1,1,0) από MINITAB

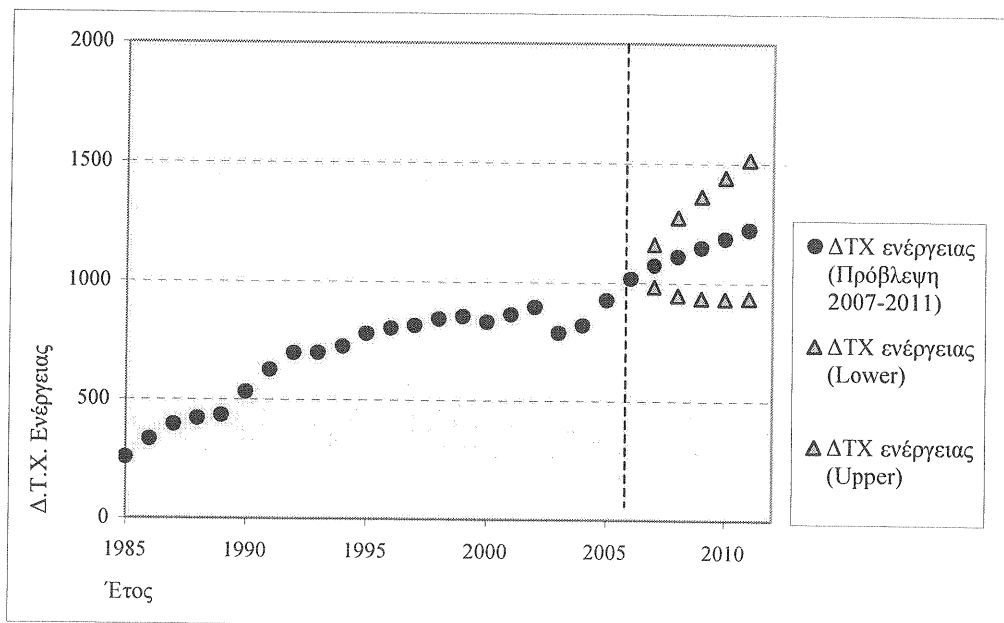
Τύπος	Συντελεστής	SE συντελεστή	T	P	Συνάρτηση
MA 1	-0,0189	0,1763	-0,11	0,917	
Σταθερά	98,11	11,25	8,72	0	$Y_t = Y_{t-1} + 98,11$
Λήψη διαφορών : 1					
Αριθμός παρατηρήσεων: 39, μετά τη λήψη διαφορών: 38					
Υπόλοιπα: SS=166371					
MS= 4621		DF=36			
Τροποποιημένα X^2 στατιστικά Box-Pierce					
Περίοδοι	12	24	36	48	Πρόβλεψη: 39 περίοδοι
X^2	15,8	24,4	59,7	*	Διάστημα εμπιστοσύνης : 95%
DF	10	22	34	*	
Τιμές P	0,106	0,327	0,004	*	



Σχήμα Σ-6.9.α Διάγραμμα συνάρτησης ACF



Σχήμα Σ-6.9.β Διάγραμμα συνάρτησης PACF



Σχήμα Σ-6.10 Πρόβλεψη μεταβολής Δ.Τ.Χ. ενέργειας μεταξύ 2004-2011 από μοντέλο ARIMA(0,1,1) - Έτος βάσης 1985, τιμή Δ.Τ.Χ.(1985)=256

μια δομή FTA και στη συνέχεια, να διερευνηθούν με bottom-up διαδρομή μέσω τεχνικής ασαφών συνόλων (σχήμα Σ-6.11).

Ο πρώτος παράγοντας διερευνήθηκε, μέσω της πρόβλεψης της συμπεριφοράς της χρονοσειράς αύξησης της ενεργειακής ζήτησης. Επειδή το μοντέλο ARIMA παρέχει τρεις εναλλακτικές τιμές ενεργειακής ζήτησης για το 2030, μπορούν να θεωρηθούν αντίστοιχα σενάρια με ασαφή σύνολα, η επεξεργασία των οποίων μπορεί να γίνει μέσω γνωσιολογικών κανόνων-σχέσεων ασαφούς λογικής. Για παράδειγμα, οι τιμές Lower= 5935 GWh, Upper= 7345 GWh και Forecast=6640 GWh, μπορούν να αντιστοιχηθούν ως ασαφείς αριθμοί τύπου:

Low → χαμηλή διείσδυση (Lower)

Medium → Μέση διείσδυση (Forecast)

High → Υψηλή διείσδυση (Upper)

Η χρήση ασαφών αριθμών έγινε με τρόπο ανάλογο των προαναφερόμενων σε προηγούμενο κεφάλαιο. Οι ασαφείς αριθμοί αναπαριστώνται με τη συνήθη μορφή m , a , και b , όπου a το αριστερό και b το δεξιό πλάτος τιμών της ανεξάρτητης/ερμηνευτικής μεταβλητής m (στην προκειμένη περίπτωση το m παίρνει τις τιμές Low, Medium και High). Οι ασαφείς αριθμοί με το δεξιό και αριστερό πλάτος τους έχουν ως πεδίο τιμών το διάστημα $[0,1]$ του οποίου οι ενδιάμεσες τιμές αντιστοιχούν στο βαθμό συγγένειας. Με λήψη επίσης ασαφών αριθμών, διερευνήθηκαν οι παράγοντες (β) και (γ) για το 2030. Συγκεκριμένα:

Χρήση άνθρακα από ΔΕΗ:

Low $\in [0,1]$ → Χαμηλή χρήση (Lower)

Medium $\in [0,1]$ → Μέση χρήση (Forecast)

High $\in [0,1]$ → Υψηλή χρήση (Upper)

Διείσδυση ΑΠΕ:

Low $\in [0,1]$ → Χαμηλή διείσδυση (Lower)

Medium $\in [0,1]$ → Μέση διείσδυση (Forecast)

High $\in [0,1]$ → Υψηλή διείσδυση (Upper)

Σύμφωνα με τις τιμές της ενεργειακής ζήτησης του μοντέλου ARIMA, της χρήση άνθρακα από τη ΔΕΗ (Γκρός, 1997; Ελευθερίου, 1997) και τα ποσοστά διείσδυσης των ΑΠΕ (Κάπρος, 2002; Παπαδόπουλος και Παπαχρήστου, 2004), καταρτίστηκαν τα σενάρια και τα αντίστοιχα διαγράμματα με τους ασαφείς αριθμούς που αντιστοιχούν στους κόμβους του FTA του σχήματος Σ-6.11.

Σημειώνεται, ότι για τη διείσδυση του ΦΑ ως *High* τιμή θεωρήθηκε η 4400 GWh, που αντιστοιχεί σε λειτουργία δύο μονάδων ΣΗΘ συνολικής δυναμικότητας 800 MW, ως *Low* οι 2200 GWh, που αντιστοιχούν σε λειτουργία μιας μονάδας ΣΗΘ 400 MW και ως *Medium* η ενδιάμεση τιμή 3300 GWh, που αντιστοιχεί σε μερική λειτουργία δύο μονάδων ΣΗΘ συνολικής δυναμικότητας 800 MW.

Στον πίνακα Π-6.4 παρουσιάζονται οι ασαφείς κανόνες των σεναρίων διείσδυσης ΦΑ, ανάλογα με τις αντίστοιχες τιμές των προαναφερόμενων (α), (β) και (γ) παραγόντων, ενώ απεικονίζεται επίσης το αποτέλεσμα της επίλυσης τους ασαφούς κανόνα Mamdani:

IF $\{(1.1)=High \text{ AND } (1.2)=Low \text{ AND } (1.3)=High\}$ THEN (1)=*Medium*

που αξιολογείται ως το πιθανότερο σενάριο διείσδυσης για το 2030. Το αποτέλεσμά των αριθμητικών πράξεων, που βασίζονται στην κλασσική άλγεβρα των ασαφών αριθμών των Dubois και Prade (1978), εξάγουν ως τιμή ενεργειακής διείσδυσης του ΦΑ για το 2030, τις 3300 GWh, δηλαδή $Q_{\Delta EH, max}=3300$ GWh.

Με εντελώς αντίστοιχο τρόπο, υπολογίζεται και η τιμή ενεργειακής διείσδυσης ΦΑ για το 2011. Στον πίνακα Π-6.5 απεικονίζονται οι αντίστοιχες ασαφείς μεταβλητές για τη διείσδυση του ΦΑ. Ως *High* τιμή θεωρήθηκαν οι 1293 GWh, που αντιστοιχούν σε παύση λειτουργίας δύο λιγνιτικών μονάδων δυναμικότητας 125 MW η καθεμία, ως *Low* οι 2200 GWh, που αντιστοιχούν σε παύση λειτουργίας μιας από τις δύο λιγνιτικές μονάδες και ως *Medium* η ενδιάμεση τιμή των 3300 GWh, που αντιστοιχεί σε μερική λειτουργία και των δύο λιγνιτικών μονάδων. Στον ίδιο πίνακα απεικονίζεται επίσης το αποτέλεσμα επίλυσης τους ασαφούς κανόνα Mamdani:

$$\underline{IF}\{(1.1)=\textit{Medium} \textit{ AND } (1.2)=\textit{Medium} \textit{ AND } (1.3)=\textit{Low}\} \underline{THEN} (1)=\textit{Medium}$$

που αξιολογείται ως το πιθανότερο σενάριο διείσδυσης για το 2011. Το αποτέλεσμά των αριθμητικών πράξεων, εξάγουν ως τιμή ενεργειακής διείσδυσης του ΦΑ για το 2011 τις 958 GWh, δηλαδή $Q_{\Delta EH, min}=958$ GWh.

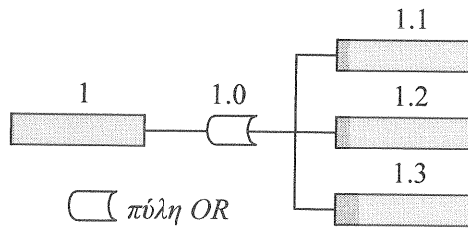
6.5.7 Επιλογή διαμέτρου

Για την επιλογή διαμέτρου του αγωγού, λαμβάνεται η μέγιστη αναμενόμενη ποσότητα ΦΑ που πρόκειται να διακινηθεί προς τη ΔΕΗ Μεγαλόπολης, δηλαδή $Q_{\alpha\phi\alpha, 2030}=3300$ GWh. Για αυτό το μέγεθος ηλεκτροπαραγωγής, η κατανάλωση των μονάδων ΣΗΘ με συντελεστή απόδοσης $\eta_e=0,474$ φθάνει τα 0,61 bcm/έτος (610.000.000 Nm³/έτος) που είναι η μέγιστη ποσότητα ΦΑ προς διακίνηση μέσω του αγωγού για το 2030. Η ονομαστική διάμετρος αγωγών ΦΑ υπολογίζεται συναρτήσει της μέγιστης ετήσιας χωρητικότητας Q , στην προκειμένη περίπτωση της $Q_{\alpha\phi\alpha, 2030}$, βάσει της σχέσης του Spitzglass:

$$Q_{\alpha\phi\alpha, 2030}=3550 \cdot \sqrt{D^5 / (1+3,6/D+0,03 \cdot D)} \cdot [\sqrt{H / (L \cdot SG)}] \quad [E-6.24]$$

όπου D , η διάμετρος [σε ίντσες] του αγωγού, H , η πτώση πίεσης (*pressure drop*) που εκφράζεται με την υψομετρική διαφορά [σε m] μεταξύ του αρχικού και του τελικού σημείου της όδευσης, L , το μήκος (length) της όδευσης [σε km] και $SG=0,6$ η ειδική βαρύτητα (*specific gravity*) του ΦΑ. Η επίλυση της ανωτέρω εξίσωσης πραγματοποιήθηκε με χρήση λογισμικού μηχανικής ρευστών (διαθέσιμο στον ιστότοπο www.engineeringtoolbox.com).

Για $H=1050$ m (μεταξύ Αγίων Θεοδώρων Κορινθίας, όπου προβλέπεται σύνδεση με το δίκτυο του ΔΕΣΦΑ και του υψιπέδου της Μεγαλόπολης), $L=175$ km και $Q=Q_{2030}=0.61$ bcm, προκύπτει διάμετρος 24 ιντσών (βλ. και σχήμα Σ-6.12).



Σχήμα Σ-6.11
 Οντολογία FTA για τη
 διερεύνηση διάχυσης του ΦΑ
 στην Πελοπόννησο το 2030

Πίνακας Π-6.4

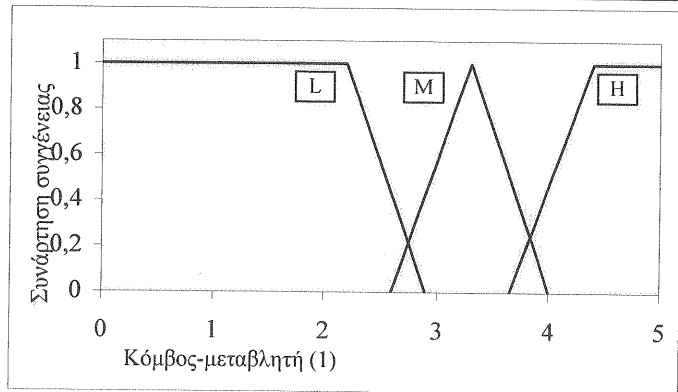
Σύνολα ασαφών αριθμών για τη Bottom-Up διαδρομή του σχήματος Σ-6.11 (έτος 2030)

Κόμβος (1)

Διάχυση ΦΑ στην Πελοπόννησο το 2030

Low	0,00	2,20	2,90
Medium	2,60	3,30	4,00
High	3,65	4,40	5,00

Οι τιμές εκπροσωπούν [10^3 GWh] /έτος

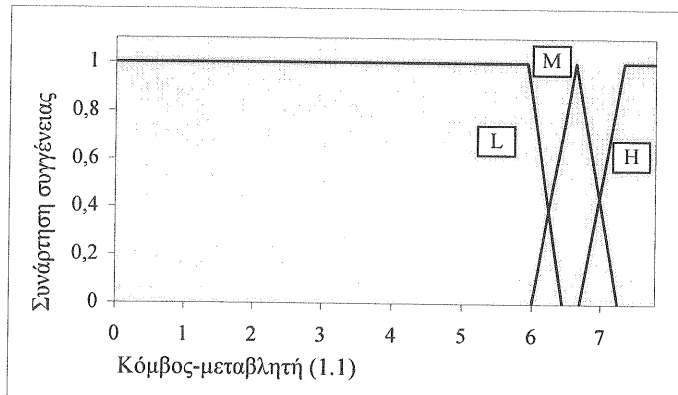


Κόμβος (1.1)

Αύξηση ενεργειακής ζήτησης

Low	0,00	5,93	6,45
Medium	6,00	6,64	7,25
High	6,70	7,35	7,80

Οι τιμές εκπροσωπούν [10^3 GWh] /έτος

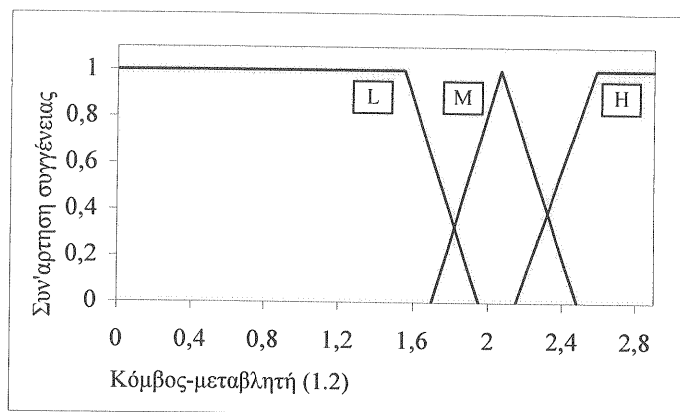


Κόμβος (1.2)

Κατανάλωση άνθρακα από τη ΔΕΗ

Low	0,00	1,55	1,95
Medium	1,70	2,07	2,48
High	2,15	2,59	2,90

Οι τιμές εκπροσωπούν [10^3 GWh] /έτος

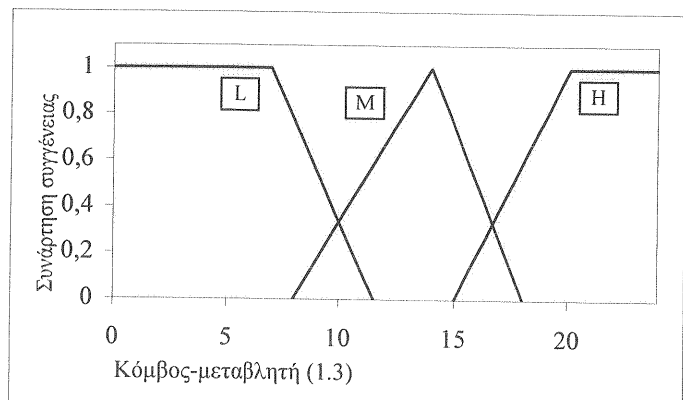


Κόμβος (1.3)

Διείσδυση των ΑΠΕ

Low	0,0	7,0	11,5
Medium	8,0	14,0	18,0
High	15,0	20,1	24,0

Οι τιμές εκπροσωπούν [%] επί του ενεργειακού ισοζυγίου

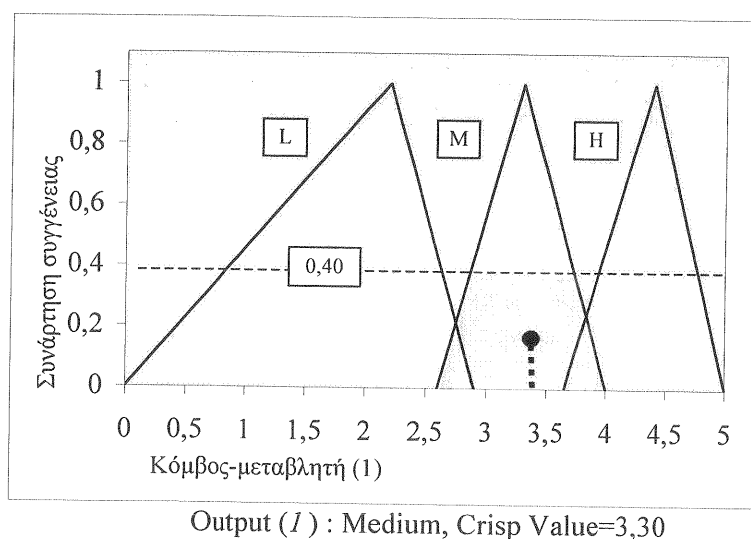


Πίνακας Π-6.4 (συνέχεια)
 Διατύπωση κανόνων ασαφούς λογικής (Mamdani rules) [*]

	Κόμβοι εισόδου (input)			Κόμβος εξόδου (output)	
IF	(1.1) = L	\wedge (1.2) = L	\wedge (1.3) = L	\Rightarrow (I) =	H
IF	(1.1) = L	\wedge (1.2) = L	\wedge (1.3) = M	\Rightarrow (I) =	M
IF	(1.1) = L	\wedge (1.2) = L	\wedge (1.3) = H	\Rightarrow (I) =	M
IF	(1.1) = L	\wedge (1.2) = M	\wedge (1.3) = L	\Rightarrow (I) =	M
IF	(1.1) = L	\wedge (1.2) = M	\wedge (1.3) = M	\Rightarrow (I) =	M
IF	(1.1) = L	\wedge (1.2) = M	\wedge (1.3) = H	\Rightarrow (I) =	L
IF	(1.1) = L	\wedge (1.2) = H	\wedge (1.3) = L	\Rightarrow (I) =	M
IF	(1.1) = L	\wedge (1.2) = H	\wedge (1.3) = M	\Rightarrow (I) =	L
IF	(1.1) = L	\wedge (1.2) = H	\wedge (1.3) = H	\Rightarrow (I) =	L
IF	(1.1) = M	\wedge (1.2) = L	\wedge (1.3) = L	\Rightarrow (I) =	H
IF	(1.1) = M	\wedge (1.2) = L	\wedge (1.3) = M	\Rightarrow (I) =	H
IF	(1.1) = M	\wedge (1.2) = L	\wedge (1.3) = H	\Rightarrow (I) =	H
IF	(1.1) = M	\wedge (1.2) = M	\wedge (1.3) = L	\Rightarrow (I) =	H
IF	(1.1) = M	\wedge (1.2) = M	\wedge (1.3) = M	\Rightarrow (I) =	M
IF	(1.1) = M	\wedge (1.2) = M	\wedge (1.3) = H	\Rightarrow (I) =	M
IF	(1.1) = M	\wedge (1.2) = H	\wedge (1.3) = L	\Rightarrow (I) =	M
IF	(1.1) = M	\wedge (1.2) = H	\wedge (1.3) = M	\Rightarrow (I) =	M
IF	(1.1) = M	\wedge (1.2) = H	\wedge (1.3) = H	\Rightarrow (I) =	M
IF	(1.1) = H	\wedge (1.2) = L	\wedge (1.3) = L	\Rightarrow (I) =	H
IF	(1.1) = H	\wedge (1.2) = L	\wedge (1.3) = M	\Rightarrow (I) =	H
IF	(1.1) = H	\wedge (1.2) = L	\wedge (1.3) = H	\Rightarrow (I) =	M
IF	(1.1) = H	\wedge (1.2) = M	\wedge (1.3) = L	\Rightarrow (I) =	H
IF	(1.1) = H	\wedge (1.2) = M	\wedge (1.3) = M	\Rightarrow (I) =	H
IF	(1.1) = H	\wedge (1.2) = M	\wedge (1.3) = H	\Rightarrow (I) =	H
IF	(1.1) = H	\wedge (1.2) = H	\wedge (1.3) = L	\Rightarrow (I) =	H
IF	(1.1) = H	\wedge (1.2) = H	\wedge (1.3) = M	\Rightarrow (I) =	M
IF	(1.1) = H	\wedge (1.2) = H	\wedge (1.3) = H	\Rightarrow (I) =	M

Επίλυση Σεναρίου 2030
 (Crisp Numbers-C.N.)

Κόμβοι εισόδου (input) - C.N.	
(1.1) = 7,00	[10 ³ GWh] / έτος
(1.2) = 1,55	[10 ³ GWh] / έτος
(1.3) = 16,00	[%]
Κόμβος Εξόδου (output)	
(I) = 3,30	[10 ³ GWh] / έτος



[*] L=Low, M=Medium, H=High

Πίνακας Π-6.5

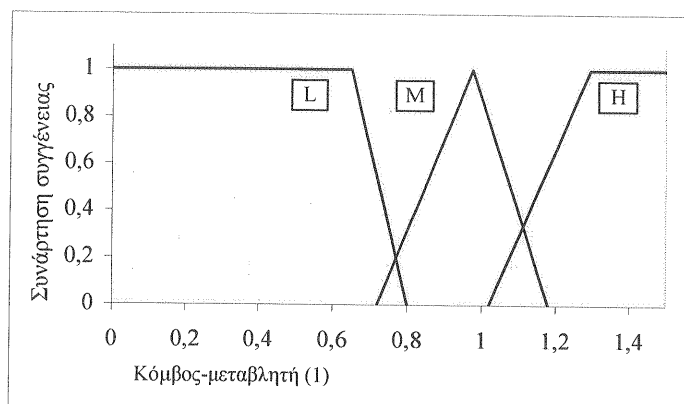
Σύνολα ασαφών αριθμών για τη Bottom-Up διαδρομή του σχήματος Σ-6.11 (έτος 2011)

Κόμβος (1)

Διάχυση ΦΑ στην Πελοπόννησο το 2011

Low	0,00	0,65	0,80
Medium	0,72	0,98	1,18
High	1,02	1,29	1,30

Οι τιμές εκπροσωπούν [10^3 GWh] /έτος

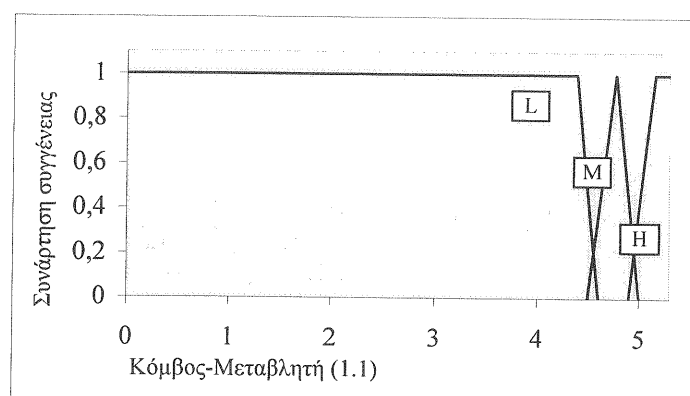


Κόμβος (1.1)

Αύξηση ενεργειακής ζήτησης

Low	0,00	4,39	4,60
Medium	4,50	4,78	5,00
High	4,90	5,16	5,30

Οι τιμές εκπροσωπούν [10^3 GWh] /έτος

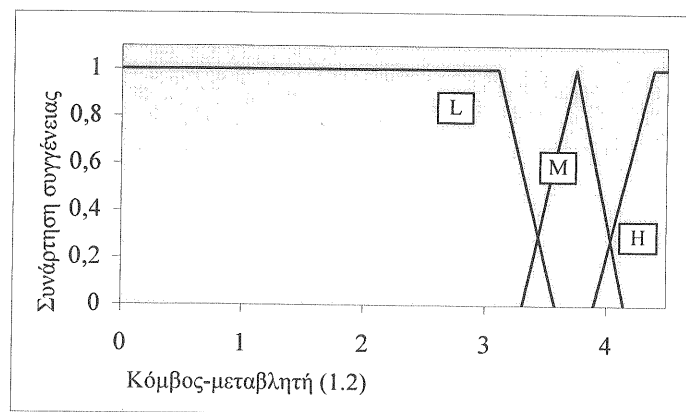


Κόμβος (1.2)

Κατανάλωση άνθρακα από τη ΔΕΗ

Low	0,00	3,10	3,58
Medium	3,31	3,75	4,15
High	3,90	4,39	4,50

Οι τιμές εκπροσωπούν [10^3 GWh] /έτος

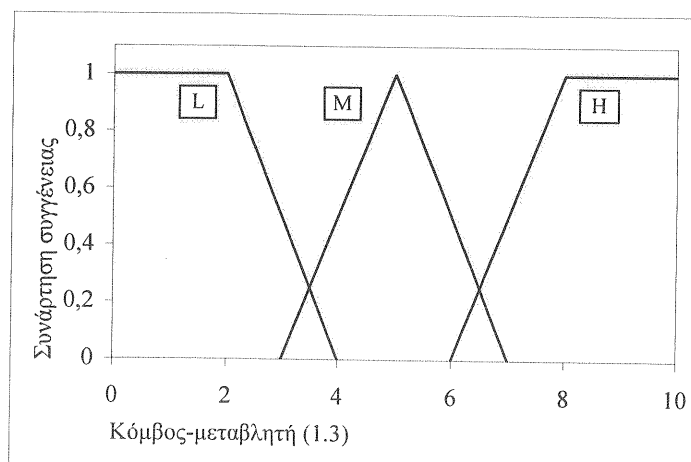


Κόμβος (1.3)

Διείσδυση των ΑΠΕ

Low	0,0	2,0	4,0
Medium	3,0	5,0	7,0
High	6,0	8,0	10,0

Οι τιμές εκπροσωπούν [%] επί του ενεργειακού ισοζυγίου

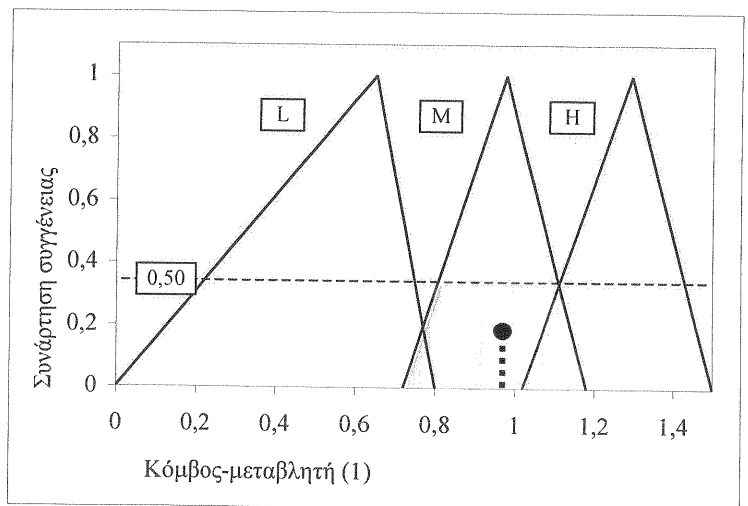


Πίνακας Π-6.5 (συνέχεια)
 Διατύπωση κανόνων ασαφούς λογικής (Mamdani rules) [*]

	Κόμβοι εισόδου (input)			Κόμβος εξόδου (output)	
IF	(1.1) = L	\wedge (1.2) = L	\wedge (1.3) = L	\Rightarrow (I) = H	
IF	(1.1) = L	\wedge (1.2) = L	\wedge (1.3) = M	\Rightarrow (I) = H	
IF	(1.1) = L	\wedge (1.2) = L	\wedge (1.3) = H	\Rightarrow (I) = M	
IF	(1.1) = L	\wedge (1.2) = M	\wedge (1.3) = L	\Rightarrow (I) = L	
IF	(1.1) = L	\wedge (1.2) = M	\wedge (1.3) = M	\Rightarrow (I) = L	
IF	(1.1) = L	\wedge (1.2) = M	\wedge (1.3) = H	\Rightarrow (I) = L	
IF	(1.1) = L	\wedge (1.2) = H	\wedge (1.3) = L	\Rightarrow (I) = L	
IF	(1.1) = L	\wedge (1.2) = H	\wedge (1.3) = M	\Rightarrow (I) = L	
IF	(1.1) = L	\wedge (1.2) = H	\wedge (1.3) = H	\Rightarrow (I) = L	
IF	(1.1) = M	\wedge (1.2) = L	\wedge (1.3) = L	\Rightarrow (I) = H	
IF	(1.1) = M	\wedge (1.2) = L	\wedge (1.3) = M	\Rightarrow (I) = H	
IF	(1.1) = M	\wedge (1.2) = L	\wedge (1.3) = H	\Rightarrow (I) = H	
IF	(1.1) = M	\wedge (1.2) = M	\wedge (1.3) = L	\Rightarrow (I) = M	
IF	(1.1) = M	\wedge (1.2) = M	\wedge (1.3) = M	\Rightarrow (I) = M	
IF	(1.1) = M	\wedge (1.2) = M	\wedge (1.3) = H	\Rightarrow (I) = L	
IF	(1.1) = M	\wedge (1.2) = H	\wedge (1.3) = L	\Rightarrow (I) = L	
IF	(1.1) = M	\wedge (1.2) = H	\wedge (1.3) = M	\Rightarrow (I) = L	
IF	(1.1) = M	\wedge (1.2) = H	\wedge (1.3) = H	\Rightarrow (I) = L	
IF	(1.1) = H	\wedge (1.2) = L	\wedge (1.3) = L	\Rightarrow (I) = H	
IF	(1.1) = H	\wedge (1.2) = L	\wedge (1.3) = M	\Rightarrow (I) = H	
IF	(1.1) = H	\wedge (1.2) = L	\wedge (1.3) = H	\Rightarrow (I) = H	
IF	(1.1) = H	\wedge (1.2) = M	\wedge (1.3) = L	\Rightarrow (I) = H	
IF	(1.1) = H	\wedge (1.2) = M	\wedge (1.3) = M	\Rightarrow (I) = H	
IF	(1.1) = H	\wedge (1.2) = M	\wedge (1.3) = H	\Rightarrow (I) = M	
IF	(1.1) = H	\wedge (1.2) = H	\wedge (1.3) = L	\Rightarrow (I) = L	
IF	(1.1) = H	\wedge (1.2) = H	\wedge (1.3) = M	\Rightarrow (I) = L	
IF	(1.1) = H	\wedge (1.2) = H	\wedge (1.3) = H	\Rightarrow (I) = L	

Επίλυση Σεναρίου 2011
 (Crisp Numbers-C.N.)

Κόμβοι εισόδου (input) - C.N.	
(1.1) = 4,78	[10 ³ GWh] /έτος
(1.2) = 3,75	[10 ³ GWh] /έτος
(1.3) = 1,00	[%]
Κόμβος Εξόδου (output)	
(I) = 0,96	[10 ³ GWh] /έτος



Output (I) : Medium, Crisp Value=0,96

[*] L=Low, M=Medium, H=High

6.5.8 Χρηματοοικονομικοί δείκτες

Οι χρηματοοικονομικοί δείκτες του πλαισίου επένδυσης υπολογίζονται με βάση τα αποτελέσματα της προηγηθείσας ανάλυσης γνώσης, που προέρχεται αφενός από εξόρυξη πρωτογενών στοιχείων (ρητής γνώσης) και επεξεργασία τους με στατιστικά-οικονομικά μοντέλα, αφετέρου από αντικειμενικοποίηση, επίσης ρητής γνώσης, που καταγράφεται στη βιβλιογραφία των ενεργειακών συστημάτων και την κείμενη εγχώρια νομοθεσία.

Πριν από τον υπολογισμό των χρηματοοικονομικών δεικτών καταρτίστηκε ο πίνακας Π-6.6, στον οποίο εμφανίζονται οι τεchnοοικονομικές παράμετροι του υποσυστήματος. Στον ίδιο πίνακα, αποσαφηνίζονται και οι παράμετροι εισροών και εκροών που ενδιαφέρουν το πλαίσιο επένδυσης. Βάσει αυτών, καταρτίστηκαν οι ετήσιες χρηματοροές, με τη σχετική μεθοδολογία που ακολουθείται στη βιβλιογραφία αξιολόγησης ενεργειακών επενδύσεων (Αποστολίδης, 1994; Φραγκόπουλος et al., 1995) ακολουθώντας τα εξής βήματα:

- | | |
|--|--|
| 1. υπολογισμός Εσόδων από πωλήσεις ΦΑ: | $S_{\varphi\alpha,i} = S_{g,i} + S_{p,i}$ |
| 2. υπολογισμός Εξόδων Λειτουργίας Αγωγού ΦΑ: | $C_{\lambda\alpha\varphi\alpha,i}$ |
| 3. υπολογισμός Μεικτών Κερδών: | $B_{\mu,i} = S_{\varphi\alpha,i} - C_{\lambda\alpha\varphi\alpha,i}$ |
| 4. υπολογισμός Τόκων Δανείου: | $C_{\delta,i}$ |
| 5. υπολογισμός Αποσβέσεων: | A_i |
| 6. υπολογισμός Φορολογητέου Εισοδήματος: | $B_{\varphi,i} = B_{\mu,i} - C_{\delta,i} - A_i$ |
| 7. υπολογισμός Καθαρών Λογιστικών Κερδών μ.φ.: | $B_{\mu\varphi,i} = (1-\varphi) \cdot B_{\varphi,i} + A_i$ |
| 8. υπολογισμός Χρεωλυσίων: | $C_{\chi,i}$ |
| 9. υπολογισμός Καθαρών Ταμειακών Ροών μ.φ.: | $F_{\mu\varphi,i} = B_{\mu\varphi,i} - C_{\chi,i}$ |
| 10. υπολογισμός Καθαρών Ταμειακών Ροών π.φ.: | $F_{\pi\varphi,i} = B_{\mu\varphi,i} - C_{\chi,i} + (1-\varphi) \cdot B_{\varphi,i}$ |

Από τους σχετικούς υπολογισμούς προέκυψαν η καθαρή παρούσα αξία (*Net Present Value, NPV*), ο συντελεστής εσωτερικής απόδοσης (*Internal Rate of Return, IRR*) και ο λόγος οφέλους-κόστους (*Benefit to Cost Ratio, BCR*) σύμφωνα με τους τύπους:

$$NPV = -C_{\alpha\varphi\alpha} + \sum_{i=1}^N [F_{\mu\varphi,i} \cdot (1+d)^{-i}] + [SV_N \cdot (1+d)^{-N}] \quad [E-6.25]$$

$$NPV(d=IRR)=0 \quad [E-6.26]$$

$$BCR = 1 + (NPV / C_{\alpha\varphi\alpha}) \quad [E-6.27]$$

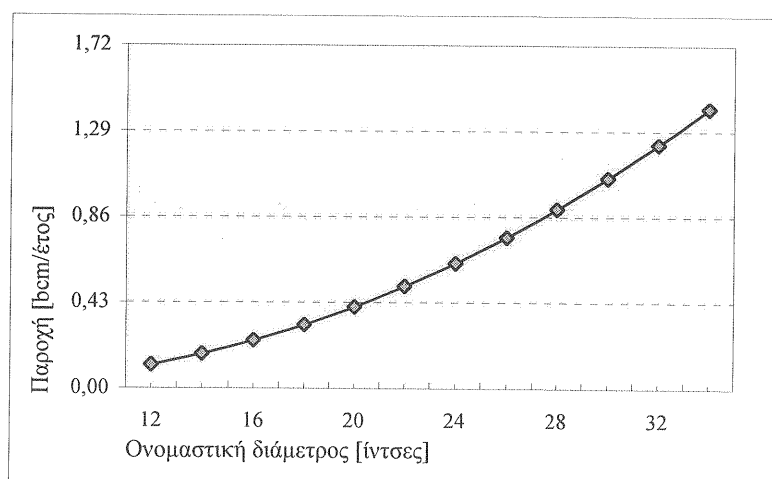
Επίσης, στα σχήματα Σ-6.13.α και Σ-6.13.β παρουσιάζονται αντίστοιχα η ανάλυση νεκρού σημείου και η διάταξη των αθροιστικών χρηματοροών του πλαισίου επένδυσης για την κατασκευή και λειτουργία αγωγού ΦΑ διαμέτρου 24 ιντσών και μήκους 165 km. Ακόμη στα σχήματα Σ-6.13.γ και Σ-6.13.δ παρουσιάζεται η ανάλυση ευαισθησίας των παραμέτρων *NPV* και *BCR* για διάφορες τιμές της τιμής πώλησης του ΦΑ κατά την πρώτη περίοδο λειτουργίας του αγωγού και του επιτοκίου προεξόφλησης. Στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ παρουσιάζονται οι συγκεντρωτικοί πίνακες των ετησίων χρηματοροών (έσοδα, έξοδα, αθροιστικές χρηματοροές).

Πίνακας Π-6.6

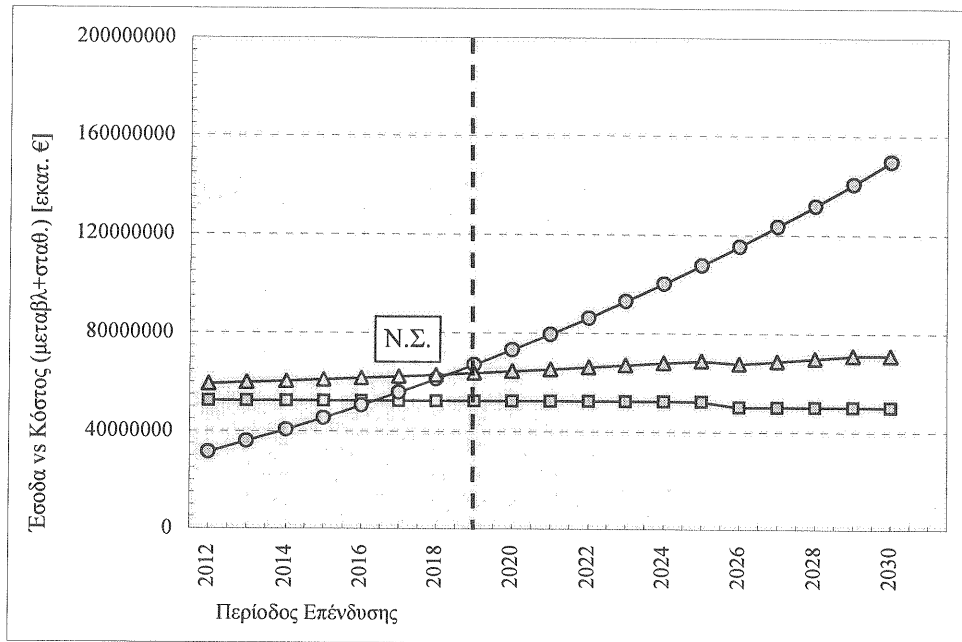
Παράμετροι και χρηματοοικονομικοί δείκτες πλαισίου επένδυσης αγωγού ΦΑ

ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ		
Παραγωγή ενέργειας από ΦΑ (ΔΕΗ) το 2030 (max)	[GWh/έτος]	$Q_{\Delta E H, \max} = 3.300,00$
Παραγωγή ενέργειας από ΦΑ (ΔΕΗ) το 2011 (min)	[GWh/έτος]	$Q_{\Delta E H, \min} = 958$
Απόδοση Συστημάτων Συμπααραγωγής ΔΕΗ	αριθμός	$\eta_e = 0,474$
Ενεργειακό περιεχόμενο ΦΑ το 2030 (max)	[GWh/έτος]	$Q_{\phi a, \max} = 6962$
Ενεργειακό περιεχόμενο ΦΑ το 2011 (min)	[GWh/έτος]	$Q_{\phi a, \min} = 2021$
Μήκος οδού αγωγού ΦΑ	[km]	$L = 175$
Ισοτιμία € έναντι US\$	σταθερά	$\$ \epsilon = 0,7$
Συντελεστής επικαιροποίησης κόστους έργων	σταθερά	$\theta = 1,34$
Μέγιστη ετήσια παροχή αγωγού ΦΑ το 2030	[bcm/έτος]	$Q_{\phi a, 2030} = 0,61$
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΙΣΡΟΩΝ		
Τιμή πώλησης σκέλους ενέργειας το 2011	[€/GWh]	$Sq, l = 27,835$
Τιμή πώλησης σκέλους ισχύος το 2011	[€/MWμωκ/μήνα]	$Sp, l = 269,56$
Ωρες λειτουργίας μονάδας ΣΗΘ	ώρες	$H = 6000$
Παραμένουσα αξία επένδυσης το 2030	[€]	$SVN = 22.596.184$
Επιτόκιο προεξόφλησης	[%]	$d = 15,00\%$
Συντελεστής παραμένουσας αξίας	[%]	$SV\sigma = 0,464$
Περίοδοι λειτουργίας της επένδυσης	σταθερά	$N = 20$
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΚΡΟΩΝ		
Κόστος κατασκευής αγωγού	[€]	$Ca\phi a = 50.213.742$
Συντελεστής ετήσιας μείωσης ΡΠΒ	[%]	$PIB\sigma = -2,30\%$
Συντελεστής ετήσιας αύξησης λειτουργικού κόστους	[%]	$Cl a\phi a = 5,50\%$
Ετήσια τιμαριθμική αναπροσαρμογή	[%]	$\tau = 2,50\%$
Φορολογικός συντελεστής	[€]	$\phi = 35,00\%$
Συντελεστής δανειοδότησης (δάνεια/κόστος αγωγού)	σταθερά	$\Delta = 0,65$
Δάνεια κεφάλαια	[€]	$C\delta = 32.638.933$
Επιτόκιο δανεισμού	[%]	$\delta = 15,00\%$
Περίοδος δανεισμού	ετη	$T\delta = 15$
Κόστος Προμήθειας ΦΑ		
Συντελεστής Δυναμικότητας Μεταφοράς το 2011	[€/GWh]	$\Sigma \Delta M(2011) = 582730$
Συντελεστής Ετήσιας Μεταφοράς το 2011	[€/GWh]	$\Sigma E M(2011) = 290$

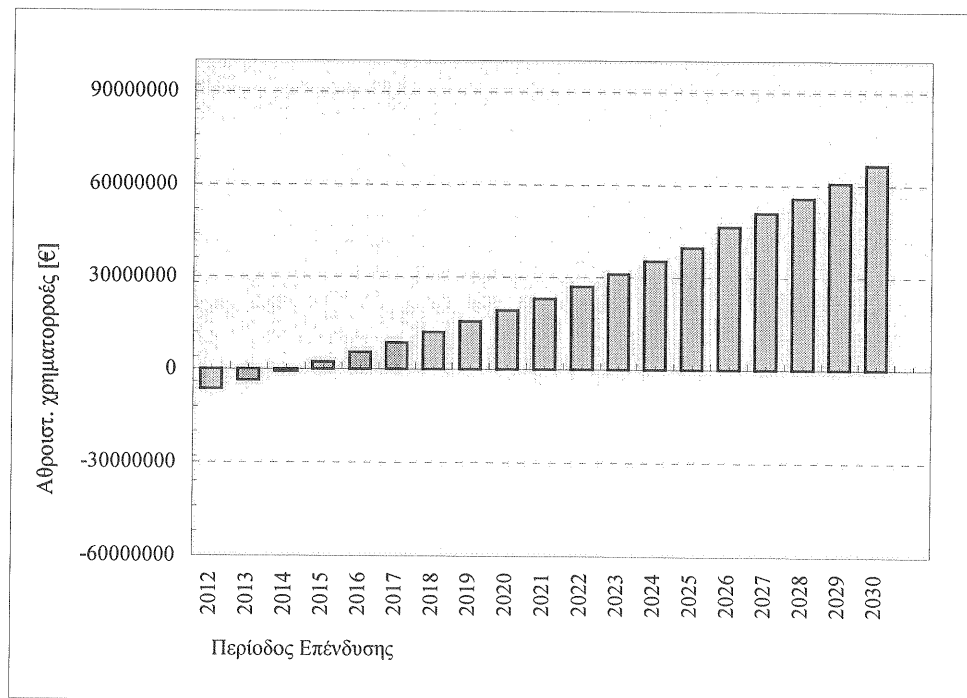
NPV [€]	NPV [εκατ. €]	NPV/έτος [€]	BCR	IRR [%]
113.803.471	113,803	5.690.174	1,113	34,15



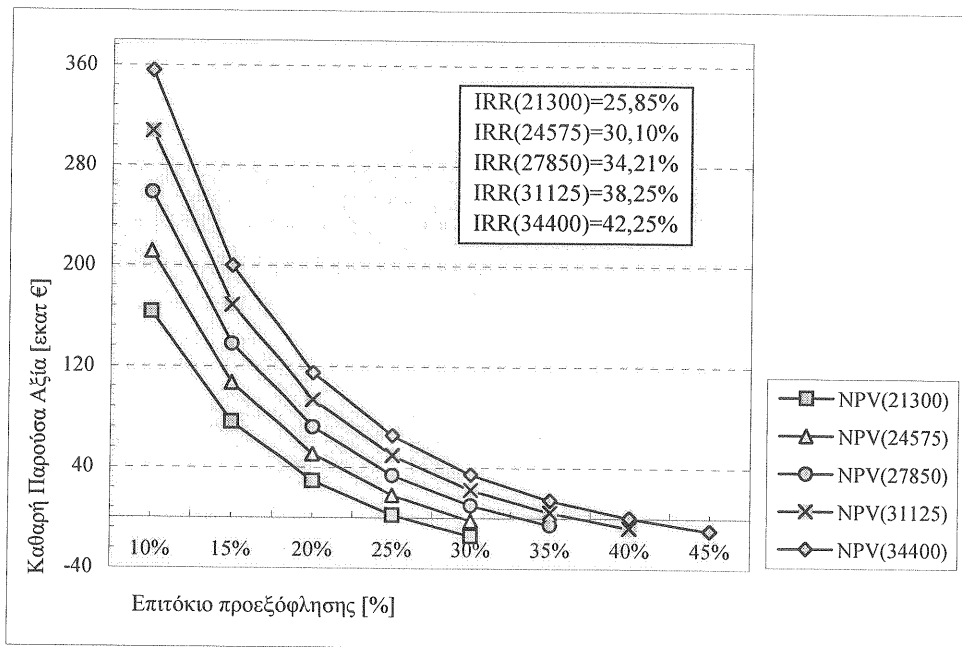
Σχήμα Σ-6.12 Διάγραμμα συσχετισμού παροχής και ονομαστικής διαμέτρου (εξαγόμενα σχέσης Spitzglass για τα δεδομένα του υποσυστήματος)



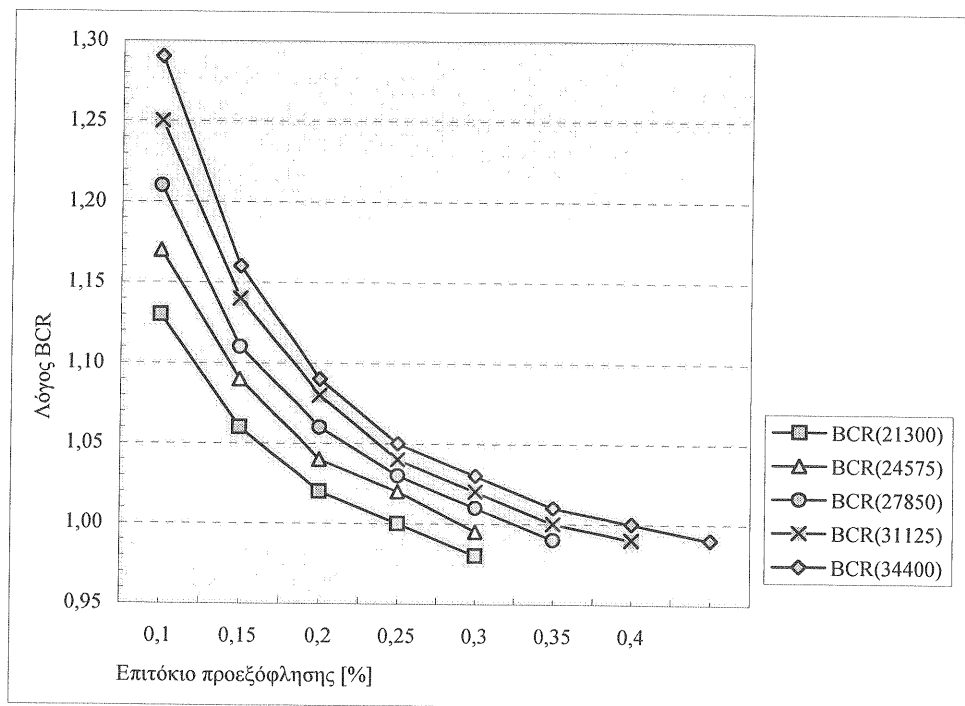
Σχήμα Σ-6.13.α Διάγραμμα Νεκρού Σημείου επένδυσης



Σχήμα Σ-6.13.β Αθροιστικές ετήσιες χρηματορροές



Σχήμα Σ-6.13.γ Διάγραμμα μεταβολής της ΚΠΑ σε συνάρτηση με την τιμή πώλησης του ΦΑ το 2011



Σχήμα Σ-6.13.δ Διάγραμμα μεταβολής του λόγου BCR σε συνάρτηση με την τιμή πώλησης του ΦΑ το 2011

6.5.9 Μαθηματική διερεύνηση του κόστους κατασκευής αγωγού

Η σχέση [E-6.8] που δίνει το κόστος κατασκευής αγωγού ΦΑ, μετά την εκτέλεση των σχετικών πράξεων και την αντικατάσταση της τιμής του μήκους $L=175$ km καταλήγει ως εξής:

$$C_{αφα} = C_{αφα}(Q) = 80,36 \cdot Q^{0,81} \quad [E-6.28]$$

Η πρώτη παράγωγος της $C_{αφα}(Q)$ είναι:

$$(C_{αφα})' = \frac{dC_{αφα}}{dQ} = 65,09 \cdot Q^{-0,19} \quad [E-6.29]$$

Για τις τιμές της $\frac{dC_{αφα}}{dQ}$ ισχύει πάντοτε ότι $\frac{dC_{αφα}}{dQ} > 0, \forall Q \in \mathbf{R}^+$. Αυτό σημαίνει, ότι η συνάρτηση κόστους είναι πάντοτε αύξουσα για τις (πραγματικές >0) τιμές της μεταβλητής Q . Υπολογίζοντας όμως τη δεύτερη παράγωγο της $C_{αφα}$, προκύπτει ότι:

$$\begin{aligned} (C_{αφα})'' &= \frac{d^2 C_{αφα}}{dQ^2} = (65,09 \cdot Q^{-0,19})' = (-0,19) \cdot (65,09) \cdot Q^{(-0,19-1)} = (-12,37) \cdot Q^{-1,19} \Leftrightarrow \\ (C_{αφα})'' &= (-12,37) \cdot Q^{-1,19} \end{aligned} \quad [E-6.30]$$

Για τις τιμές της $\frac{d^2 C_{αφα}}{dQ^2}$ ισχύει πάντοτε ότι $\frac{d^2 C_{αφα}}{dQ^2} < 0, \forall Q \in \mathbf{R}^+$. Αυτό σημαίνει, αντίστοιχα, ότι η πρώτη παράγωγος της $C_{αφα}$ είναι φθίνουσα για τις (πραγματικές >0) τιμές της μεταβλητής Q .

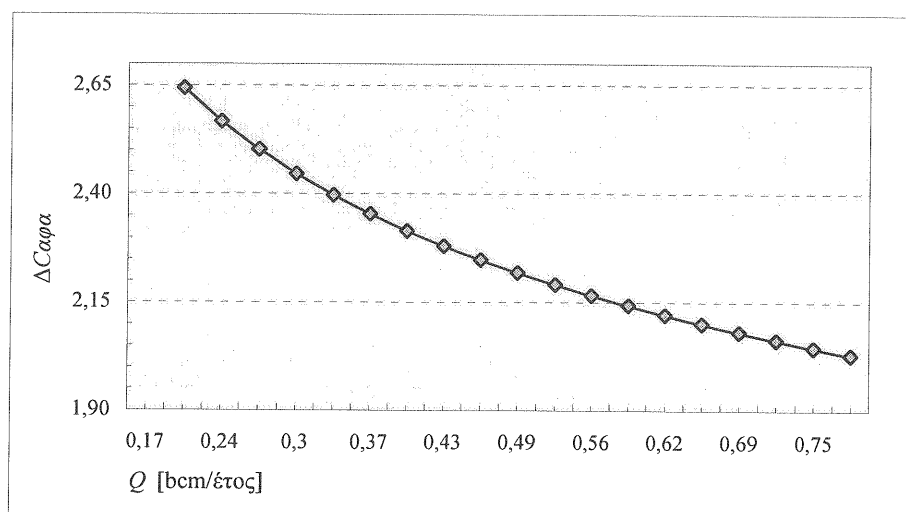
Η μαθηματική ερμηνεία της δεύτερης παραγώγου προσδιορίζεται στο εξής: όσο αυξάνει το μεταφερόμενο φορτίο ΦΑ δια μέσου του αγωγού, τόσο ο ρυθμός αύξησης του κόστους μικραίνει, δημιουργείται δηλαδή οικονομία κλίμακας. Αυτό προκύπτει από τον πίνακα Π-6.7 σε συνδυασμό με τη γεωμετρική ερμηνεία του σχήματος Σ-6.14, όπου καταγράφονται οι τιμές της συνάρτησης $C_{αφα}$ για διάφορες τιμές του Q . Η μεταβλητή Q ορίζεται από διαδοχικές τιμές $Q=0,17$ bcm/έτος (μέγιστη μεταφερόμενη ποσότητα ΦΑ το 2011), $Q+\Delta Q_0$, $Q+2 \cdot \Delta Q_0$, $Q+3 \cdot \Delta Q_0, \dots$, όπου $\Delta Q_0=0,03$ bcm/έτος. Η στήλη $\Delta C_{αφα}$ αντιπροσωπεύει τις διαδοχικές διαφορές του κόστους μεταξύ των διαδοχικών τιμών $Q+\Delta Q_i$.

Από τα προηγούμενα προκύπτει ότι αυξανόμενης της παροχής, η σχέση της αύξησης του κόστους κατασκευής του αγωγού, $\Delta C_{αφα}$, προς το αντίστοιχο κόστος κατασκευής $C_{αφα}$ είναι γνησίως φθίνουσα συνάρτηση και (θεωρητικώς) τείνει στο 0 (σχήμα Σ-6.15):

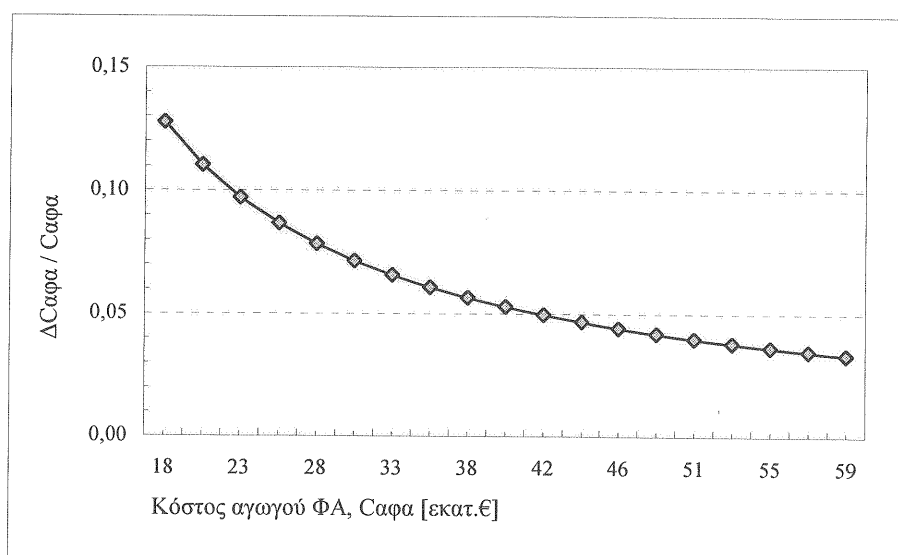
$$\frac{\Delta C_{αφα,1}}{C_{αφα,1}} > \frac{\Delta C_{αφα,2}}{C_{αφα,2}} > \dots > \frac{\Delta C_{αφα,n}}{C_{αφα,n}} \Rightarrow \lim_{Q \rightarrow +\infty} \frac{\Delta C_{αφα,i}}{C_{αφα,i}} = 0 \mid i=1, 2, \dots, n \in \mathbf{N} \quad [E-6.31]$$

Ενεργειακή κάλυψη ΦΑ (GWhy)	Ενεργειακό ισοδύναμο ΦΑ (bcm/y)	Κόστος αγωγού ΦΑ (εκατ. €)	$\Delta C_{αφα}$	Ενεργειακή κάλυψη ΦΑ (GWhy)	Ενεργειακό ισοδύναμο ΦΑ (bcm/y)	Κόστος αγωγού ΦΑ (εκατ. €)	$\Delta C_{αφα}$
958	0,17	18,07		3421	0,62	50,66	2,12
1134	0,21	20,71	2,64	3596	0,65	52,76	2,1
1310	0,24	23,28	2,57	3772	0,69	54,84	2,08
1486	0,27	25,78	2,5	3948	0,72	56,90	2,06
1662	0,3	28,22	2,45	4124	0,75	58,94	2,04
1837	0,33	30,62	2,4	4300	0,78	60,97	2,03
2013	0,37	32,98	2,35	4476	0,81	62,98	2,01
2189	0,4	35,29	2,31	4652	0,85	64,98	2
2365	0,43	37,57	2,28	4828	0,88	66,96	1,98
2541	0,46	39,82	2,25	5004	0,91	68,93	1,97
2717	0,49	42,04	2,22	5179	0,94	70,89	1,96
2893	0,53	44,23	2,19	5355	0,97	72,83	1,94
3069	0,56	46,39	2,17	5531	1,01	74,77	1,93
3245	0,59	48,54	2,14	5707	1,04	76,69	1,92

Πίνακας ΠΙ-6.7 : Κόστος κατασκευής αγωγού ΦΑ $C_{αφα} = C_{αφα}(Q, L)$



Σχήμα Σ-6.14 : Διάγραμμα μεταβολής των διαφορών κόστους κατασκευής $\Delta C_{αφα}$ συναρτήσει της αύξησης της ετήσιας παροχής Q



Σχήμα Σ-6.15 : Διάγραμμα μεταβολής $\Delta C_{αφα} / C_{αφα}$

Συνεπώς, ο επενδυτής που αποφασίζει να υποστεί κόστος κατασκευής 50,2 εκατ. € για κατασκευή αγωγού διαμέτρου 24ντσών που επιτρέπει μεταφορά 0,61 bcm/έτος, μπορεί να αποδεχθεί το ρίσκο επί πλέον δαπάνης 15-20% κατασκευής π.χ. αγωγού διαμέτρου 26 ιντσών, ώστε να έχει εξασφαλισμένη υποδομή μεταφοράς μεγαλύτερων ποσοτήτων ΦΑ, στην περίπτωση που:

- (α) αντικατασταθεί πλήρως ο άνθρακας με ΦΑ, γεγονός που σημαίνει ότι θα υπάρχει επί πλέον ζήτηση ΦΑ 0,28 bcm/έτος (δηλαδή για 1551 Gwh/έτος) από τη ΔΕΗ ή/και,
- (β) οι ΑΠΕ διεισδύσουν στην Πελοπόννησο σε επίπεδα μικρότερα του 16% του ενεργειακού ισοζυγίου της Πελοποννήσου, όπως προβλέπει το πιθανότερο σενάριο διείσδυσης του ΦΑ, που διερευνήθηκε σε προηγούμενη παράγραφο.

Στην περίπτωση αυτή, με κόστος $60 \cdot 10^6$ € που αντιστοιχεί σε αγωγό 26 ιντσών, η επένδυση $NPV=161,24 \cdot 10^6$ € και $IRR=34,26\%$, όταν το επιτόκιο προεξόφλησης και η τιμή πώλησης του ΦΑ το 2011 είναι αντίστοιχα, 15% και 27.835 €/Gwh.

6.5.10 Εξέταση περίπτωσης διείσδυσης ΥΦΑ

Όπως προαναφέρθηκε, η κατασκευή μονάδων ΥΦΑ προβλέπεται σε περιοχές της βορειοδυτικής Πελοποννήσου (Αχαΐα και Ηλεία) για κάλυψη τοπικών αναγκών, εφόσον η ενεργειακή ζήτηση υπερβαίνει τη δυνατότητα κάλυψης από τη ΔΕΗ και τα συστήματα ΑΠΕ. Η κατασκευή μονάδας ΥΦΑ εξαρτάται από δύο ενδεχόμενα: (α) λειτουργία δύο μονάδων ΣΗΘ 400 MW στη Μεγαλόπολη, όπως προβλέπει ο προγραμματισμός της ΔΕΗ και (β) λειτουργία μιας μονάδας ΣΗΘ με συμπληρωματική λειτουργία λιγνιτικών μονάδων από τη ΔΕΗ. Βάσει των ενδεχομένων αυτών, προκύπτουν τα ακόλουθα σενάρια:

1. Λειτουργία δύο μονάδων ΣΗΘ:

Οι 7000 GWh της προβλεπόμενης ενεργειακής ζήτησης για το 2030 (που εισήχθησαν στην ανάλυση της διείσδυσης με τα σύνολα των ασαφών αριθμών) καλύπτονται ως εξής:

- (α) 4400 GWh από μονάδες ΣΗΘ (τροφοδοσία ΔΕΗ με ΦΑ μέσω αγωγού ΦΑ)
- (β) 1120 GWh από αιολικά συστήματα (αναμενόμενη διείσδυση ΑΠΕ 16%)
- (γ) 1480 GWh από ΥΦΑ (μόνο για τις περιοχές Αχαΐας και Ηλείας)

Αν υποτεθεί ότι οι 1480 GWh αφορούν μόνο τις περιοχές Αχαΐας και Ηλείας, τότε το ΥΦΑ πρέπει να καλύψει ανάγκες ηλεκτροπαραγωγής που αφορούν καυστήρες κατοικιών, εμπορικών καταστημάτων και μικρών βιομηχανικών μονάδων, με μέσο βαθμό απόδοσης 40%. Συνεπώς, το θερμιδικό ισοδύναμο των 1480 GWh είναι $Q_{υφα,2030}=1480/0,4=3700$ GWh ΦΑ. Με τη θερμιδική ισοδυναμία του ΦΕΚ 360B/27.03.2006 όπου 1000m^3 ΦΑ=11,16 MWh προκύπτει ότι θα απαιτηθούν περίπου $330.000.000 \text{ m}^3$ ΦΑ/έτος ή 0,33 bcm/έτος.

Στην περίπτωση αυτή το κόστος της μονάδας, για κάλυψη μόνο των αναγκών των 0,33 bcm/έτος, θα ανέλθει στα $0,33(\text{bcm}/\text{έτος}) \cdot 43710^6$ (€/bcm/έτος) = $144,21 \cdot 10^6$ €.

Ωστόσο, οι κατασκευές μονάδων υποδομής ΥΦΑ προβλέπονται για κάλυψη ενεργειακών απαιτήσεων μεγαλύτερων των 0,6 bcm/έτος, όπως φαίνεται από τα στοιχεία κόστους έργων ΥΦΑ. Συνεπώς, ο ιδιώτης επενδυτής ενός έργου ΥΦΑ, αναλαμβάνει κίνδυνο αβέβαιης απόδοσης της επένδυσής του προσβλέποντας στην πιθανότητα να καλύψει πολύ μεγαλύτερα φορτία, εφόσον η ανάπτυξη της περιοχής το επιτρέπει. Άλλωστε τα φορτία που θα καλύπτει σταδιακά από το 2011 και μετέπειτα, θα είναι σημαντικά μικρότερα των 0,33 bcm/έτος, γεγονός που σημαίνει ότι η μονάδα ΥΦΑ για πολλές περιόδους θα υπολειπεται.

2. Λειτουργία μιας μονάδας ΣΗΘ:

Οι 7000 GWh της προβλεπόμενης ενεργειακής ζήτησης για το 2030 καλύπτονται ως εξής:

- (α) 2200 GWh από μονάδες ΣΗΘ (τροφοδοσία ΔΕΗ με ΦΑ μέσω αγωγού ΦΑ)
- (β) 1120 GWh από αιολικά συστήματα (αναμενόμενη διείσδυση ΑΠΕ 16%)
- (γ) 3680 GWh από λιγνιτικές μονάδες και ΥΦΑ (μόνο για τις περιοχές Αχαΐας και Ηλείας)

Με ανάλογους συλλογισμούς προκύπτει, ότι η μονάδα ΥΦΑ θα μπορούσε να είναι αποδοτική μόνο αν λειτουργεί με ετήσια φορτία μεγαλύτερα των 0,65 bcm/έτος, δηλαδή αν καλύπτει ενεργειακές απαιτήσεις όχι μικρότερες των 2960 GWh/έτος. Στην περίπτωση αυτή όμως, ο επενδυτικός κίνδυνος είναι επίσης μεγάλος καθώς οι πωλήσεις ΥΦΑ εξαρτώνται από το αν μέγεθος της παραγωγής των λιγνιτικών μονάδων της ΔΕΗ είναι όχι μεγαλύτερο των 720 GWh/έτος και το κατά πόσον οι 2960 GWh/έτος θα απορροφώνται όλες από τις περιοχές της Αχαΐας και Ηλείας.

Από τα προαναφερόμενα προκύπτει ότι ιδιωτική επένδυση για κατασκευή μονάδων ΥΦΑ παρουσιάζει σε κάθε περίπτωση αυξημένο κίνδυνο, για τους εξής λόγους:

- (i) Υπάρχει σαφές προβάδισμα στις τεχνοοικονομικές επιλογές του επενδυτή αγωγού ΦΑ, έναντι του επενδυτή μονάδας ΥΦΑ.
- (ii) Ο επενδυτής της μονάδας ΥΦΑ υπόκειται σε αβεβαιότητα, λόγω πιθανών περιορισμών στο μέγεθος ενεργειακών καταναλώσεων Αχαΐας και Ηλείας.
- (iii) Το κόστος κατασκευής μονάδας ΥΦΑ είναι πολύ μεγαλύτερο από το αντίστοιχο του αγωγού και δικαιολογεί ανάληψη επιχειρηματικού κινδύνου μόνο για καταναλώσεις που πλησιάζουν το 1 bcm/έτος, όπως προκύπτει από τα δεδομένα που καταχωρήθηκαν στη ΒΔ των έργων ΥΦΑ.
- (iv) Σημαντικό ρόλο στην βιωσιμότητα της επένδυσης μονάδας ΥΦΑ παίζουν οι αποφάσεις της ΔΕΗ για τη χρήση λιγνίτη μεταξύ 2011-2030, αλλά και του βαθμού διείσδυσης των ΑΠΕ, που ενδέχεται να έχει ξεπεράσει το 16% του ισοζυγίου της Πελοποννήσου, το 2030.

Συνεπώς, η κατασκευή μονάδας ΥΦΑ, είτε ως αυτόνομο, είτε ως συμπληρωματικού έργου, συγκεντρώνει σημαντικούς επενδυτικούς κινδύνους και για το λόγο αυτό δεν συνιστάται, βάσει πάντοτε των γνωσιολογικών δεδομένων που συγκεντρώθηκαν κατά τη φάση της ανάλυσης του υπό διερεύνηση υποσυστήματος.

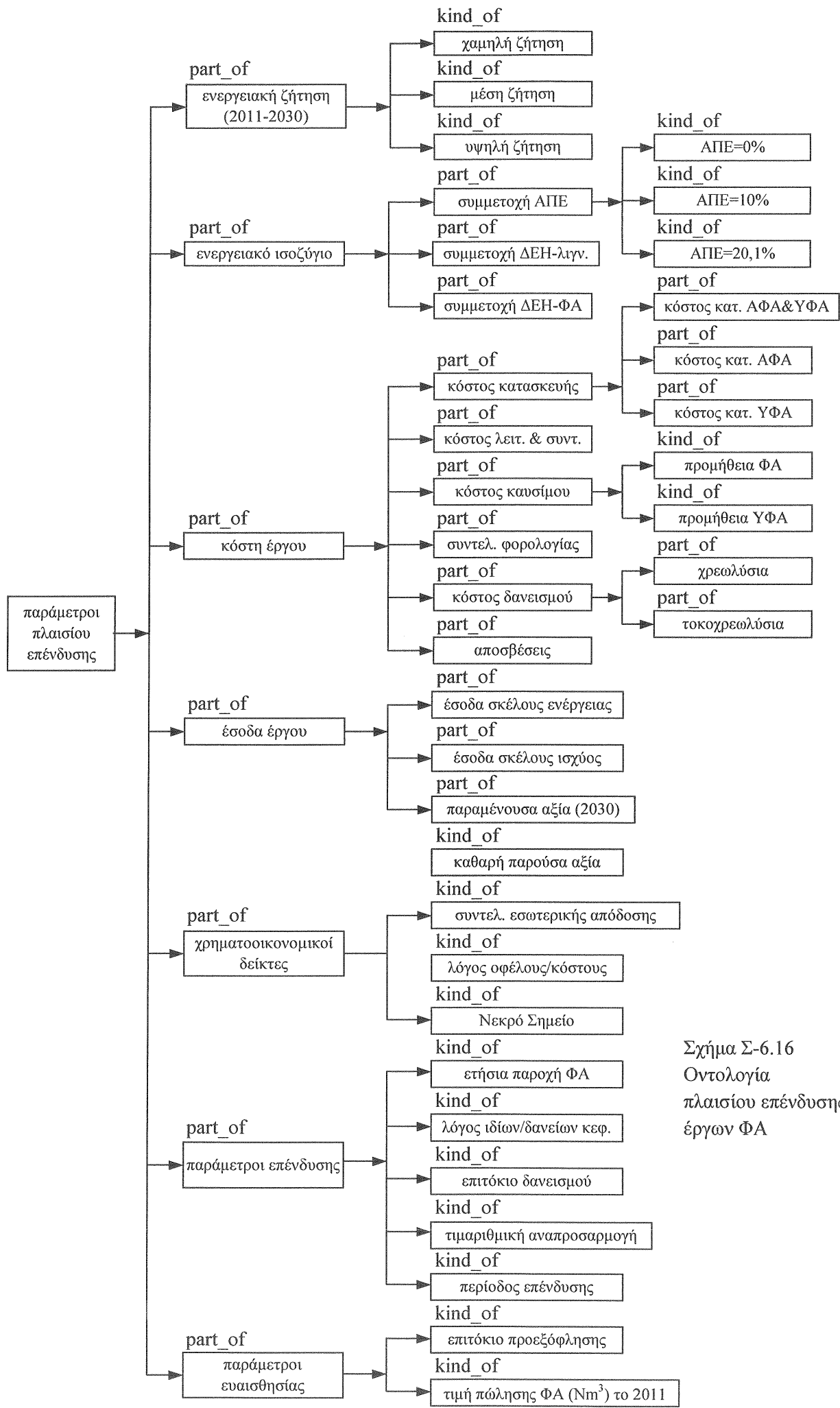
6.6 Αναπαράσταση γνώσης: οντολογίες πλαισίου επένδυσης

Στο σχήμα σχήμα Σ-6.16 παρουσιάζεται η οντολογία του πλαισίου επένδυσης για αγωγούς ΦΑ. Ενσωματώνει όλες στις οντότητες-τομείς γνώσης που αξιολογούνται ως σημαντικές για την ολοκληρωμένη διερεύνηση του πλαισίου επένδυσης. Η λογική διάρθρωση και η ιεραρχία (ταξινόμηση και τμημονόμηση) της οντολογίας, απεικονίζονται βάσει των κανόνων δόμησης των οντολογιών (α) *part_of* και (β) *kind_of*, που παρουσιάστηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο. Η οντολογία υπάγεται στην γενική οντολογία των έργων του ΦΑ (domain ontology) και αντιπροσωπεύει τον κόμβο 'πλαίσιο επένδυσης'.

Εκτός της οντολογίας των τομέων γνώσης, υφίσταται και η λειτουργική οντολογία (task ontology), η οποία αντιπροσωπεύει την απόκτηση γνώσης στο περιβάλλον των ΕΣΜ, για το υποσύστημα του πλαισίου επένδυσης. Η απόκτηση γνώσης, όπως προαναφέρθηκε, επιτυγχάνεται μέσω διακριτών επιχειρησιακών λειτουργιών, δηλαδή των KEL, KAN και KRP. Οι λειτουργίες αυτές, αναπαριστώνται υπό τη μορφή μοντέλου επιχειρησιακών λειτουργιών (business process model) το οποίο αντικατοπτρίζει την αλληλουχία εκτέλεσης, τα στοιχεία εισόδου-εξόδου, οι πόροι και οι περιορισμοί κάθε γνωσιολογικής λειτουργίας. Υπό την έννοια αυτή, η απόκτηση γνώσης μπορεί να αναπαρασταθεί με εφαρμογή της μεθόδου IDEF0, η οποία χρησιμοποιείται ευρέως για την αναπαράσταση οντολογιών που αφορούν βιομηχανικές και γνωσιολογικές λειτουργίες (Kusiak et al., 1994; Yusuf και Smith, 1996; Kim et al., 2003). Πιο συγκεκριμένα, οι δραστηριότητες που περιλαμβάνονται στις λειτουργίες απόκτησης γνώσης για το ζήτημα της διάβρωσης αγωγών ΦΑ, είναι οι ακόλουθες:

- (1) *Απόσπαση γνώσης (KEL)*: αντιπροσωπεύεται από τις δραστηριότητες T-KEL(1): επισκόπηση (επιστημονικής-τεχνολογικής) βιβλιογραφίας, T-KEL(2): διεξαγωγή συνεντεύξεων με εμπειρογνώμονες έργων ΦΑ, T-KEL(3): συλλογή και αξιολόγηση τεχνοοικονομικών στοιχείων έργων, T-KEL(4): συλλογή και αξιολόγηση στοιχείων ενεργειακών καταναλώσεων Πελοποννήσου, T-KEL(5): διερεύνηση νομοθεσίας ενεργειακών επενδύσεων και T-KEL(6): συλλογή και αξιολόγηση στοιχείων εμπορίας ΦΑ και ΥΦΑ
- (2) *Ανάλυση γνώσης (KEL)*: αντιπροσωπεύεται από τις δραστηριότητες: T-KAN(1): δόμηση ΒΔ γνωσιολογικά σημαντικών τεχνοοικονομικών στοιχείων έργων ΦΑ, TKAN(2): χρήση μεθόδων-εργαλείων εξόρυξης γνώσης από πρωτογενή δεδομένα (μοντέλο ανάλυσης χρονοσειρών ARIMA, πολλαπλή παλινδρόμηση, ασαφή σύνολα για τη σύσταση σεναρίων διείσδυσης ΦΑ), T-KAN(4): ανάλυση χρηματορροών και υπολογισμοί χρηματοοικονομικών δεικτών και T-KAN(4): διερεύνηση οντολογιών
- (3) *Αναπαράσταση γνώσης (KRP)*: αντιπροσωπεύεται από τη δραστηριότητα: T-KRP(1): δόμηση οντολογιών (τομέων γνώσης και λειτουργικής οντολογίας)

Στον πίνακα Π-6.8 παρουσιάζεται η περιγραφή της λειτουργικής οντολογίας και των παραγόντων ΔΓ (ως ICOM οντότητες) μέσω της οποίας πραγματοποιήθηκε η υλοποίηση του υποσυστήματος που αφορά το πλαίσιο επένδυσης των έργων. Τέλος, στο σχήμα Σ-6.17 παρουσιάζεται η συσχέτιση των ICOM οντοτήτων με κάθε λειτουργία-δραστηριότητα.



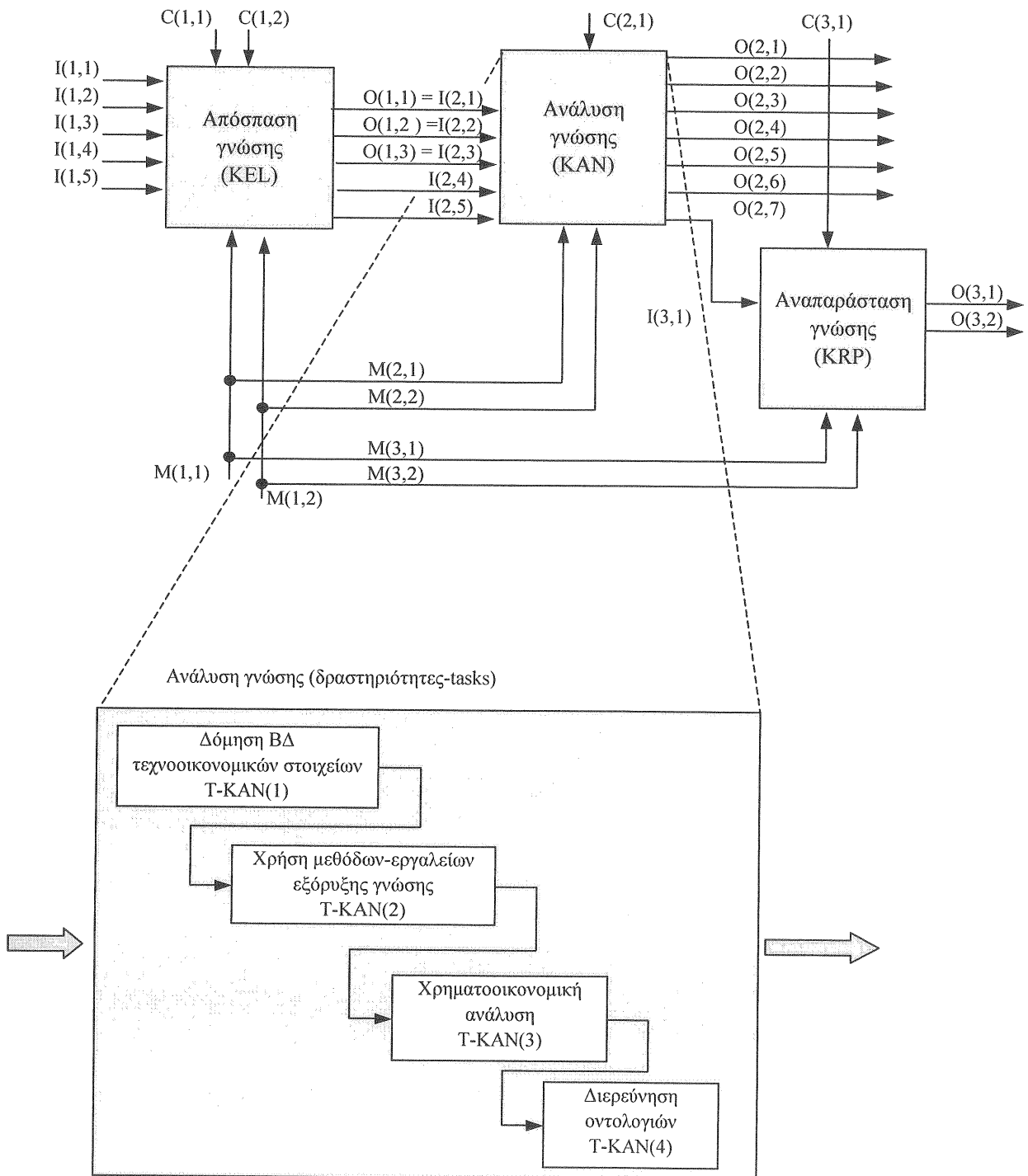
Σχήμα Σ-6.16
 Οντολογία
 πλαισιου επένδυσης
 έργων ΦΑ

Πίνακας 6.8 : ICOM οντότητες γνωσιολογικών λειτουργιών υποσυστήματος

Λειτουργία (process): Απόσπαση γνώσης, P(1)	
<i>Inputs</i>	I(1,1) : Βιβλιογραφία (αξιολόγησης επενδύσεων, οικονομετρικών μοντέλων, ΣΗΘ, κλπ) I(1,2) : Στοιχεία (ΕΣΥΕ) ενεργειακών καταναλώσεων Πελοποννήσου (1965-2003) I(1,3) : Τεχνοοικονομικά στοιχεία έργων (αγωγών, μονάδων ΥΦΑ) I(1,4) : Νομοθεσία (ενεργειακών επενδύσεων, τιμολογίων ενέργειας) I(1,5) : Στοιχεία εμπορίας ΦΑ/ΥΦΑ
<i>Outputs</i>	O(1,1) : Ομαδοποιημένα στοιχεία <i>L, D, Q, Caφα, Cυφα</i> (αγωγών και μονάδων ΥΦΑ) O(1,2) : Συναρτήσεις κόστους προμήθειας ΦΑ/ΥΦΑ O(1,3) : Συναρτήσεις λειτουργικού κόστους
<i>Controllers</i>	C(1,1) : Τεχνικά αρχεία ΕΣΜ C(1,2) : Δυνατότητα πρόσβασης ΕΣΜ σε βιβλιοθήκες, web libraries
<i>Mechanisms</i>	M(1,1) : Τμήμα Διαχείρισης Γνώσης / ΕΣΜ M(1,2) : Τμήμα Πληροφορικής / ΕΣΜ
Λειτουργία (process): Ανάλυση γνώσης, P(2)	
<i>Inputs</i>	I(2,1) : Ομαδοποιημένα στοιχεία <i>L, D, Q, Caφα, Cυφα</i> (αγωγών και μονάδων ΥΦΑ) I(2,2) : Συναρτήσεις κόστους προμήθειας ΦΑ/ΥΦΑ I(2,3) : Συναρτήσεις λειτουργικού κόστους I(2,4) : Απαιτήσεις μονάδων ΣΗΘ I(2,5) : Νομοθεσία (ενεργειακών επενδύσεων, τιμολογίων ενέργειας)
<i>Outputs</i>	O(2,1) : Συνάρτηση (πολλαπλής παλλινδρόμησης) κόστους αγωγών-μονάδων ΥΦΑ O(2,2) : Συνάρτηση πρόβλεψης ενεργειακής κατανάλωσης 2011-2030 (ARIMA) O(2,3) : Συνάρτηση πρόβλεψης ΔΤΧ ενέργειας 2006-2011 (ARIMA) O(2,4) : Σενάρια (ασαφούς λογικής) διεύθυνσης ΦΑ στην Πελοπόννησο (2011 και 2030) O(2,5) : Χρηματορροές-χρηματοοικονομικοί δείκτες O(2,6) : Εγγραφές ΒΔ τεχνοοικονομικών στοιχείων έργων ΦΑ O(2,7) : Στοιχεία δόμησης οντολογιών υποσυστήματος
<i>Controllers</i>	C(2,1) : Διαθεσιμότητα λογισμικού (ΒΔ, στατιστικών και οικονομετρικών εφαρμογών)
<i>Mechanisms</i>	M(2,1) : Τμήμα Διαχείρισης Γνώσης / ΕΣΜ M(2,2) : Τμήμα Πληροφορικής / ΕΣΜ
Λειτουργία (process): Αναπαράσταση γνώσης, P(2)	
<i>Inputs</i>	I(3,1) : Βιβλιογραφία δόμησης οντολογιών I(3,2) : Στοιχεία δόμησης οντολογιών υποσυστήματος
<i>Outputs</i>	O(3,1) : Οντολογία τομέων γνώσης πλαισίου επένδυσης O(3,2) : Λειτουργική οντολογία πλαισίου επένδυσης (εντός ΕΣΜ)
<i>Controllers</i>	C(3,1) : Διαθεσιμότητα λογισμικού διαχείρισης οντολογιών (UML, SUMO, PL1, ...)
<i>Mechanisms</i>	M(3,1) : Τμήμα Διαχείρισης Γνώσης / ΕΣΜ M(3,2) : Τμήμα Πληροφορικής / ΕΣΜ

Σχήμα Σ-6.17 : ICOM οντότητες γνωσιολογικών λειτουργιών υποσυστήματος (συνέχεια)

Αναπαράσταση οντολογίας γνωσιολογικών λειτουργιών υποσυστήματος με τη μέθοδο IDEF0



6.7 Σύνοψη και συμβολή στην επιστημονική έρευνα

Συνοψίζοντας, μπορεί να υποστηριχθεί, ότι το υποσύστημα αναπτύχθηκε με σκοπό την απόδειξη της εφικτότητας και της δυνατότητας υλοποίησης του ΣΔΓ, όσον αφορά τη διερεύνηση του πλαισίου επένδυσης των έργων ΦΑ και ειδικότερα των αγωγών μεταφοράς ΦΑ. Αποδείχθηκε η ενσωμάτωση γνωσιολογικά σημαντικών παραμέτρων στον υπολογισμό των χρηματοοικονομικών δεικτών, όπως είναι το κόστος κατασκευής ως συνάρτηση του μήκους και τη ετήσιας παροχής, η πρόβλεψη της ενεργειακής ζήτησης και του κόστους της ενέργειας σε διακριτούς χρονικούς ορίζοντες και η δόμηση σεναρίων διείσδυσης του ΦΑ στην Πελοπόννησο σε συνθήκες ενεργειακού ανταγωνισμού. Οι παράμετροι αυτές υπολογίστηκαν/εκτιμήθηκαν/προβλέφθηκαν μέσω υπολογιστικών μεθόδων και εργαλείων που αναφέρονται στη βιβλιογραφία ως: (α) εξόρυξη γνώσης από πρωτογενή δεδομένα (με ενσωμάτωση της διάστασης της στατιστικής επεξεργασίας), (β) εξόρυξη γνώσης από χρονοσειρές (με ενσωμάτωση της διάστασης της οικονομετρικής ανάλυσης) και (γ) γνωσιολογικοί κανόνες ασαφούς λογικής. Παράλληλα, συντάχθηκαν η οντολογία τομέων γνώσης και η λειτουργική οντολογία υλοποίησης του υποσυστήματος εντός των ΕΣΜ.

Η συμβολή του υποσυστήματος στην επιστημονική έρευνα προσδιορίζεται από τις πρωτότυπες διαφοροποιήσεις που αναδεικνύει σε επίπεδο περιεχομένου και σε επίπεδο μεθοδολογίας. Παράλληλα, ενσωματώνει ομοιότητες ως προς το περιεχόμενο και ως προς τη μεθοδολογία με αντίστοιχες εργασίες της βιβλιογραφίας. Με τον τρόπο αυτό, τεκμηριώνεται, αφενός η συμβατότητά του με τα κρατούντα της επιστημονικής δεοντολογίας, αφετέρου η έμφαση που δίνεται στον τομέα της ΔΓ. Συγκεκριμένα:

Συμβολή ως προς το περιεχόμενο

1. *Βιβλιογραφία*: η βιβλιογραφία δεν παρουσιάζεται εκτεταμένη στη περιοχή των χρηματοοικονομικών προσεγγίσεων για το ΦΑ και ειδικότερα στον τομέα της ΔΓ, μολονότι ο μαθηματικός υπολογισμός των χρηματοοικονομικών δεικτών, αν και τυπικός, προϋποθέτει απόκτηση γνώσης προερχόμενης από σύνολα τεχνοοικονομικών πληροφοριών (Mohitpour et al., 2003). Το υποσύστημα συμβάλλει προς αυτή την κατεύθυνση, αναδεικνύοντας εργαλεία και μεθόδους εξόρυξης, επεξεργασίας και ενσωμάτωσης ρητής γνώσης, στους χρηματοοικονομικούς υπολογισμούς των έργων.
2. *Η έννοια της ετήσιας παροχής*: η πρόβλεψη του κόστους των αγωγών συμβαδίζει με τη φιλοσοφία των εργασιών του Zhao (2000) και των Batzias και Spanidis (2008c). Η διαφοροποίηση που αναδεικνύεται στο παρόν υποσύστημα έγκειται στην εισαγωγή της παραμέτρου της ετήσιας χωρητικότητας, που επιτρέπει την καλύτερη σύνδεση του προβλεπόμενου κόστους κατασκευής με τα σενάρια διείσδυσης και την επιλογή διαμέτρου.
3. *Αξιοπιστία παλινδρόμησης*: σε αντίθεση με την εργασία του Zhao (2000) όπου τα δείγματα εξαγωγής των μανθανουσών συναρτήσεων εμφανίζονται μικρά, στο παρόν υποσύστημα, η παλινδρόμηση υπολογισμού του κόστους έγινε πάνω σε δείγμα 60 έργων. Το γεγονός αυτό συνιστά παράγοντα ασφαλέστερης πρόβλεψης του κόστους, έναντι των παραδοσιακών αναλογικών μεθόδων, ή έναντι χρήσης συναρτήσεων που προέρχονται από μικρά δείγματα.

4. *Έλεγχοι στατιστικών συναρτήσεων*: η χρήση στατιστικών και οικονομετρικών εργαλείων εξόρυξης και επεξεργασίας της γνώσης, επιτρέπει χρήση μαθηματικών κανόνων ελέγχου και αποφυγής συνθηκών που εισάγουν σφάλματα στις συναρτήσεις κόστους ή στις χρονοσειρές όπως η πολυσυγγραμμικότητα και η αυτοσυσχέτιση.
5. *Δημιουργία υποδομής ΒΓ*: η ΒΔ καταγραφής των πρωτογενών τεχνικοοικονομικών δεδομένων, μπορεί να θεωρηθεί ως ΒΓ πρώτου επιπέδου. Εκτός της εξυπηρέτησης των στατιστικών διερευνήσεων, επιτρέπει σύνταξη και χρήση λογικών κανόνων τύπου IF-THEN-ELSE μεταξύ ομαδοποιημένων δεδομένων, και συνεπώς, παροχή γνώσης για σε χρήστες που απαιτούν γνωσιολογικούς συνδυασμούς διαμέτρου, μήκους, κόστους, γεωγραφικής περιοχής, κλπ.
6. *Ασαφή σύνολα*: η χρήση ασαφών συνόλων σύμφωνα με τη φιλοσοφία των Fotilas και Batzias (2007), Fotilas και Batzias (2008) και Batzias και Batzias (2003) και τις τεχνικές γνωσιολογικής ανάλυσης των Dubois και Prade (1978), επιτρέπει την ανάπτυξη αξιόπιστων σεναρίων διεξόδου ΦΑ σε συνάρτησης με την ανταγωνιστικότητα του άνθρακα και τις ΑΠΕ. Συνεπώς, αναδεικνύεται δυνατότητα πρόβλεψης των ενεργειακών μεγεθών σε μια επένδυση μεγάλης κλίμακας με τρόπο τεκμηριωμένο από άποψη ΔΓ.

Συμβολή ως προς τη μεθοδολογία

7. *Ανταγωνιστικότητα*: Κύριο χαρακτηριστικό του υποσυστήματος είναι οι συνθήκες ανταγωνιστικότητας. Η ενσωμάτωση των συνθηκών αυτών στη διερεύνηση πλαισίου επένδυσης για το ΦΑ, συνεισφέρει στην ολοκληρωμένη διερεύνησης ενός έργου(ων) που διεξάγεται(-γονται) σε τοπικό επίπεδο και με θεσμικούς όρους απελευθέρωσης της εγχώριας ενεργειακής αγοράς.
8. *Διαχείριση γνώσης*: η ΔΓ εστιάζεται στη χρήση της μεθόδου τύπου DM που αναδεικνύεται για την εξαγωγή των στατιστικών συναρτήσεων παλινδρόμησης (κόστος αγωγού, πρόβλεψη ενεργειακής ζήτησης και δείκτη τιμών χονδρικής για την ενέργεια) και στη χρήση των ασαφών συνόλων κατά τη διερεύνηση της αβεβαιότητας των σεναρίων διεξόδου του νέου καυσίμου στην Πελοπόννησο.
9. *Χρήση λογισμικού*: χρησιμοποιείται πρόγραμμα υπολογισμού των χρηματοοικονομικών δεικτών εξειδικευμένο σε έργα μεταφοράς και αποθήκευσης ΦΑ σε πειραματική (ημιαυτοματοποιημένη) μορφή που έχει συνταχθεί στο Εργαστήριο Προσομοίωσης Βιομηχανικών Διεργασιών του Πανεπιστημίου Πειραιώς. Το πρόγραμμα επιτρέπει άμεσο υπολογισμό των NVP, IRR και BCR, παράλληλα δε και των χρηματοοικονομικών μιας επένδυσης, με χαρακτηριστικά όπως αυτά του υποσυστήματος.
10. *Σύνταξη οντολογιών*: το υποσύστημα αντιστοιχεί σε μια οντολογία περιεχομένου (domain ontology) όπου αποδίδονται οι έννοιες που διέπουν το πλαίσιο επένδυσης ενός έργου αγωγού ΦΑ και σε μια λειτουργική οντολογία (task ontology) που οργανώνεται και διεξάγεται στο περιβάλλον μιας τυπικής εγχώριας ΕΣΜ. Επίσης, αναδεικνύεται η οντολογία χρήσης των ασαφών κανόνων (inference rules).

7. ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑ ΔΕΥΤΕΡΟ: ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΟΔΕΥΣΕΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

Κατά το βασικό σχεδιασμό έργων ΦΑ, οι εμπειρογνώμονες συνήθως προτείνουν έναν αριθμό εναλλακτικών οδεύσεων μεταφοράς του καυσίμου, ανάλογα με τις φυσικο-γεωγραφικές ιδιαιτερότητες των περιφερειών που πρόκειται να διασχίσουν οι αγωγοί. Στις μετέπειτα φάσεις, όπου λαμβάνονται μείζονος κρισιμότητας αποφάσεις για την τύχη των έργων (Riis και Mikkelsen, 1999; Uher και Toakley, 1999), η επιλογή βέλτιστης οδεύσης αποτελεί, από άποψη ΔΓ, ένα πολυδιάστατο, διεπιστημονικό και ιδιάζουσας σημασίας ζήτημα (Mohitpour et al., 2003). Η διαχείριση του ζητήματος αντιμετωπίζεται με εφαρμογές GIS, οι οποίες μπορούν να αναδείξουν, μια ιεράρχηση των δυνατών λύσεων βάσει ανάλυσης των στοιχείων του φυσικού και ανθρωπογενούς περιβάλλοντος (Feldman, et al., 1995; Malczewski, 1999; Gilmor και Pace, 2006). Όμως, υπάρχουν παράγοντες που υπεισέρχονται στη λήψη αποφάσεων και που δεν ενσωματώνονται, με απόλυτα τεχνικούς όρους, στις πλατφόρμες των GIS. Τέτοιοι είναι, για παράδειγμα, η διάθεση και διάχυση της απαιτούμενης τεχνογνωσίας, η διάσταση της περιβαλλοντικής νομοθεσίας, το κόστος κατασκευής και λειτουργίας των υποδομών ΦΑ, οι (γεωπολιτικές) στρατηγικές επέκτασης των δικτύων μεταφοράς, η ανταγωνιστικότητα άλλων έργων, καθώς επίσης το κόστος του ΦΑ.

Οι παράγοντες που προαναφέρθηκαν (όπως και άλλοι δευτερεύοντες) δεν είναι εύκολο να συμπεριληφθούν σε μια τυπική τεχνοοικονομική ανάλυση που εκπονείται με χρονικούς περιορισμούς και περιορισμένη διαθεσιμότητα πληροφοριών. Για το λόγο αυτό, οι ΕΣΜς οδηγούνται σε υπεργολαβίες, γεγονός που ενισχύει την ύπαρξη κενών γνώσης, τα οποία εμφανίζονται μετά την ολοκλήρωση των σχετικών εργασιών. Άλλος τρόπος, είναι η αντιμετώπιση του ζητήματος με αξιοποίηση της διαθέσιμης άρρητης γνώσης των εμπειρογνομόνων, που έχουν μακρόχρονη εμπλοκή με έργα του είδους αυτού (Batziar και Spanidis, 2008b). Όμως, και στην περίπτωση αυτή, οι ΕΣΜ καλούνται να αντιμετωπίσουν επίσης κενά γνώσης, που ούτως ή άλλως εμπεριέχονται στον τρόπο αξιοποίησης της γνώσης των ειδικών, ειδικότερα όταν η ΔΓ αντιμετωπίζεται με γνώμονα την ελαχιστοποίηση του κόστους και του χρόνου των παρεχομένων υπηρεσιών.

Στο παρόν κεφάλαιο, διερευνάται υποσύστημα εξειδικευμένο στην πολυκριτηριακή ανάλυση αποφάσεων (Multiple Criteria Decision Analysis, MCDA) που εστιάζεται στην απόσπαση άρρητης γνώσης από εμπειρογνώμονες με μακροχρόνια προϋπηρεσία σε εγχώριες ΕΣΜ και τη μετατροπή της σε ρητή επεξεργάσιμη και συνεπώς, αντικειμενικοποιημένη, για την αντιμετώπιση προβλημάτων αξιολόγησης εναλλακτικών οδεύσεων μεταφοράς ΦΑ. Μέσω του υποσυστήματος, επιχειρείται η ΔΓ με ποσοτικά τεκμηριωμένους όρους και η υποστήριξη λήψης απόφασης για την επιλογή της βέλτιστης οδεύσης μεταξύ πολλών εναλλακτικών προτάσεων. Η διερεύνηση πραγματοποιήθηκε επί συγκεκριμένου σεναρίου επέκτασης του δικτύου ΦΑ της χώρας προς την ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλονίκης και της Χαλκιδικής, για τις οποίες προβλέπονται αυξημένες ενεργειακές καταναλώσεις εντός των προσεχών δεκαετιών. Η διερεύνηση προσανατολίζεται στο πλαίσιο λειτουργίας τυπικής εγχώριας ΕΣΜ.

Πέραν της έμφασης στην απόσπαση και ανάλυση της γνώσης, προτείνεται οντολογία γνωσιολογικών λειτουργιών (task ontology), οι οποίες και υπεισέρχονται σε όλες τις επί μέρους φάσεις τη πολυκριτηριακής διαδικασίας εντός των ΕΣΜ. Στη συνέχεια του

κειμένου, η πολυκριτηρική ανάλυση θα αναγράφεται με τον συντομογραφικό όρο MCDA που είναι δόκιμος στην ελληνική και ευρύτερα στην ξένη βιβλιογραφία.

7.1 Επισκόπηση βιβλιογραφίας

Από επισκόπηση που πραγματοποιήθηκε σε δημοσιευμένες εργασίες αναφορικά με την ανάπτυξη MCDA μεθόδων στο χώρο τεχνικών έργων το γνωσιολογικό περιεχόμενο των οποίων είναι συναφές με τα έργα του ΦΑ, προέκυψαν τα ακόλουθα:

1. Οι Dyer et al., (1990) αναπτύσσουν σύστημα υποστήριξης αποφάσεων για τη βέλτιστη διαχείριση διαθεσιμότητας εμπειρογνομόνων, με ειδικότητες γεωλόγου και γεωφυσικού, σε (upstream) διεργασίες εξόρυξης αργού πετρελαίου (ανάπτυξη πεδίων, εγκαταστάσεων άντλησης, πρωτογενής καθαρισμός, κλπ). Το σύστημα βασίζεται σε βαθμολόγηση κριτηρίων προσαρμοσμένων σε εναλλακτικά σενάρια έργων εξόρυξης πετρελαίου και ΦΑ. Μέσω πολυκριτηριακού συστήματος που βασίζεται σε σύστημα γραμμικών εξισώσεων, οι οποίες υπόκεινται σε οικονομικούς και χρονικούς περιορισμούς, αξιολογούνται οι εναλλακτικές δυνατές χρήσεις του προσωπικού και υποδεικνύονται αποφάσεις ελάχιστου κόστους.
2. Οι Feldman et al., (1995) παρουσιάζουν μέθοδο συστηματικής μελέτης όδευσης αγωγού πετρελαίου (ιδιοκτησίας του Caspian Pipeline Consortium) μεταξύ Καζακστάν και Ρωσίας με κυρίαρχο κριτήριο το ελάχιστο κόστος. Ενώ κατά τη μελέτη συνεκτιμήθηκαν εμμέσως διάφορα γεωπεριβαλλοντικά κριτήρια (γεωλογία, φυσική γεωγραφία, υδρογεωλογία, κλπ) η μέθοδος των συγγραφέων, δεν εμφανίζει τυπικά στοιχεία MCDA, δεδομένου ότι στοχεύει στην τεχνοοικονομική βελτίωση δεδομένης πρότασης-λύσης όδευσης, δια μέσου των εγκατεστημένων δυνατοτήτων των GIS, παρά στην αξιολόγηση εναλλακτικών οδεύσεων με διαφορετικά φυσικογεωγραφικά χαρακτηριστικά.
3. Ο Alidi (1996) προτείνει εφαρμογή της μεθόδου AHP για την αξιολόγηση της βέλτιστης τεχνολογίας διαχείρισης των επικινδύνων αποβλήτων της πετροχημικής βιομηχανίας. Τα κριτήρια που προτείνει συνδυάζουν ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, το κόστος και την καταλληλότητα της τοποθεσίας απόθεσης των αποβλήτων. Η υλοποίηση της πρότασής του αναδεικνύεται μέσω υποθετικής εφαρμογής, που τεκμηριώνεται όμως από αντιπροσωπευτικά-εμπειρικά δεδομένα.
4. Οι Dey και Gupta (2000) προτείνουν εφαρμογή της μεθόδου AHP για να ποσοτικοποιήσουν τους κινδύνους που υπεισέρχονται σε εγκατεστημένους αγωγούς μεταφοράς αργού πετρελαίου (φάση λειτουργίας έργων). Η εργασία εστιάζεται κυρίως στη φύση της AHP μεθόδου, την υλοποίηση της οποίας παρουσιάζουν σε υφιστάμενο έργο αγωγού πετρελαίου. Δεν αναγνωρίζεται όμως, ο τρόπος βαθμολόγησης των παραγόντων κινδύνου (κριτηρίων) που εστιάζονται στη διάβρωση του αγωγού (εσωτερική και εξωτερική), στις ανθρωπογενείς επεμβάσεις και στις αστοχίες του υλικού των αγωγών.
5. Ο Al-Harbi (2001) παρουσιάζει τυπική την εφαρμογή της AHP βασικής μεθοδολογίας για την προκαταρκτική αξιολόγηση πέντε υποψηφίων αναδόχων κατασκευής έργου. Ως κριτήρια επιλογής θέτει την εμπειρία, την οικονομική ευρωστία, την ποιότητα, την ανθρωποδύναμη, τη διαθεσιμότητα εξοπλισμού και τις εν ενεργεία εργασίες. Η εργασία αποτελεί ολοκληρωμένο και σαφές υπόδειγμα εφαρμογής της μεθόδου AHP με αριθμητικά

δεδομένα, αποδίδοντας με λεπτομέρεια τα επί μέρους χαρακτηριστικά βήματα της εφαρμογής της.

6. Ο Dey, (2002) σε ανάλογη εργασία του αναδεικνύει εκ νέου την εφαρμογή της AHP για την ολοκληρωμένη μελέτη και αξιολόγηση εναλλακτικών οδεύσεων έργων αγωγών πετρελαίου στην Ιδία. Τα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά της AHP αναδεικνύονται με τον ίδιο τρόπο, όπως και σε προγενέστερη εργασία του συγγραφέα (2000) με τη διαφορά, ότι το πλαίσιο ανάλυσης εμφανίζεται πιο ολοκληρωμένο, προσδιορίζοντας τρεις βασικές κατηγορίες κριτηρίων (με τις υποκατηγορίες τους): τα τεχνικά, τα περιβαλλοντικά και τα κοινωνικοοικονομικά κριτήρια. Παράλληλα, ενσωματώνει περιγραφές και στοιχεία τεχνογνωσίας αγωγών μεταφοράς πετρελαιοειδών. Ωστόσο, αναφέρεται σε ομάδα συνεργαζόμενων εμπειρογνομόνων, ως συλλογικού οργάνου διεκπεραίωσης της λήψης αποφάσεων μέσω της AHP, χωρίς να αναφέρεται στο ρόλο των στελεχών της ομάδας και στη διαδικασία βαθμολόγησης των κριτηρίων και των εναλλακτικών οδεύσεων, δια μέσου της ομάδας.
7. Οι Zuniga-Gutierrez et al., (2002) παρουσιάζουν μέθοδο προσδιορισμού των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και του συνεπαγόμενου από αυτές κόστους, δύο εναλλακτικών οδεύσεων αγωγών ΦΑ στην πολιτεία Campeche (Μεξικό). Η αξιολόγηση αποσκοπεί στον ποσοτικό προσδιορισμό του δείκτη οικολογικών επιπτώσεων ως βασικής παραμέτρου, παράλληλα με τους δείκτες επικινδυνότητας και κόστους κατασκευής κάθε εναλλακτικής. Η μεθοδολογία τους δεν εμφανίζει τυπικά χαρακτηριστικά της MCDA, όπως για παράδειγμα η AHP, αλλά στοχεύει στον ποσοτικό προσδιορισμό συγκεκριμένων δεικτών, κατά μήκος των οδεύσεων. Ο δείκτης οικολογικών επιπτώσεων προκύπτει ως ο αριθμός των οικοσυστημάτων που βλάπτονται ανά μονάδα μήκους της όδευσης, ο κίνδυνος ατυχήματος ως μέγεθος του εμπλεκόμενου πληθυσμού και του είδους των χρήσεων γης επίσης ανά μονάδα μήκους όδευσης, η κατανομή δυσμενών κλίσεων του εδάφους, επίσης ανά μονάδα μήκους όδευσης, κλπ. Η ποσοτικοποίηση των παραμέτρων αξιολόγησης, πραγματοποιήθηκε από διεπιστημονική ομάδα.
8. Οι Zuniga-Gutierrez και Ortega-Rubio (2004) παρουσιάζουν αξιολόγηση επίσης δύο εναλλακτικών χαράξεων αγωγών ΦΑ στην περιοχή Yucatan (Μεξικό). Από άποψη μεθοδολογίας και περιεχομένου, η εργασία είναι πανομοιότυπη προγενέστερης έρευνας των συγγραφέων (2002). Δεν προσδιορίζονται τυπικά χαρακτηριστικά της MCDA, αλλά παρατηρείται έμφαση, επίσης τον ποσοτικό προσδιορισμό του δείκτη οικολογικών επιπτώσεων.
9. Ο Dey (2006) προτείνει (ως συνέχεια της προαναφερόμενων εργασιών του) εφαρμογή της AHP για την αξιολόγηση των κινδύνων που σχετίζονται με την επιθεώρηση και συντήρηση εγκατεστημένων αγωγών μεταφοράς αργού πετρελαίου (φάση λειτουργίας έργων). Αναφέρεται (συνοπτικά) σε βιβλιογραφία εξειδικευμένη σε περιπτώσεις όπως π.χ. η βέλτιστη επιλογή έργου (project selection), η ανάλυση της χρηματοοικονομικής σκοπιμότητας έργου, όπως επίσης και σε διάφορες παραλλαγές της MCDA. Η εργασία του εστιάζεται στην τεχνική αποτελεσματικότητα των MCDA μεθόδων ως εργαλείων λήψης απόφασης. Επιλέγει την AHP ως εργαλείο ανάλυσης των κινδύνων λειτουργίας αγωγών αργού πετρελαίου (οι κίνδυνοι των οποίων παρουσιάζουν διαφορετικά ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά από τους αντίστοιχους των αγωγών ΦΑ). Η υλοποίηση της AHP στοχεύει στην αξιολόγηση-βαθμολόγηση τεσσάρων εναλλακτικών οδεύσεων με σκοπό την εν τέλει οικονομική τους κατάταξη, βάσει κριτηρίων φυσικής γεωγραφίας των οδεύσεων

(ανάγλυφο, δάση, διασταυρώσεις ποταμών, πληθυσμιακοί περιορισμοί, εδαφικοί σχηματισμοί) και διαχρονικού κόστους συντήρησης των αγωγών. Η διαδικασία βαθμολόγησης κριτηρίων και εναλλακτικών λύσεων δεν αναφέρεται.

10. Ο Nataraj (2005) σε προτείνει την εφαρμογή της AHP ως γενικώς αποδεκτής μεθόδου για λήψη αποφάσεων στο χώρο της βιομηχανίας των αγωγών μεταφοράς υγρών υδρογονανθράκων. Χωρίς να εξειδικεύει την έρευνά του σε υλοποίηση συγκεκριμένης εφαρμογής, παρουσιάζει γενικές κατευθύνσεις στον τρόπο χρήσης και αξιοποίησης των ποσοτικών αποτελεσμάτων της AHP για την κατασκευή και τη συντήρηση των αγωγών.
11. Ο Bailey, (2003) παρουσιάζει πολυκριτηριακό σύστημα που χρησιμοποιεί μέθοδο AHP, τα αποτελέσματα της οποίας στη συνέχεια εισάγονται σε πλατφόρμες εφαρμογής GIS. Το σύστημα αποκαλείται ως Analytic Minimum Impedance Surface (AMIS). Από άποψη μεθοδολογίας, πραγματοποιείται αρχικά AHP δύο γύρων, με συμμετοχή ομάδας ειδικών, όπου ποσοτικοποιούνται και ιεραρχούνται κρίσιμες για το σχεδιασμό της οδοποιίας παράμετροι, όπως το εύρος κατάληψης, οι οριζόντιες/εγκάρσιες κλίσεις του εδάφους, η καταλληλότητα των εδαφικών σχηματισμών, οι χρήσεις γης, η προσβολή του τοπίου, το κόστος κατασκευής, κλπ. Στη συνέχεια, το χαρτογραφικό υπόβαθρο της περιοχής του έργου, μετασχηματίζεται σε πληροφορία raster μέσω των GIS, στα εικονοστοιχεία των οποίων ταξινομούνται βάσει των τιμών των παραμέτρων που έχουν προκύψει από την AHP. Με τον τρόπο αυτό σχεδιάζονται οι βέλτιστοι διάδρομοι (corridors) της οδοποιίας, που αντιστοιχούν σε συνδυασμούς παραμέτρων σχεδιασμού, βάσει των οποίων λαμβάνονται οι σχετικές αποφάσεις υλοποίησης των έργων περιφερειακής οδοποιίας σε περιοχές των ΗΠΑ. Σημειώνεται ωστόσο, ότι η εργασία εξειδικεύεται σε έργα χάραξης αυτικινητοδρόμων υπεραστικής οδοποιίας, τα κριτήρια της οποίας είναι πολύ διαφορετικά σε σύγκριση με αυτά που συνεκτιμώνται σε οδεύσεις/εγκαταστάσεις έργων ΦΑ.
12. Οι De Miranda-Mota et al., (2009) παρουσιάζουν μεθοδολογία ανάπτυξης συστήματος πολλαπλών κριτηρίων με τη μέθοδο ELECTRE-TRE για την ιεράρχηση δραστηριοτήτων που αφορούν τη διοίκηση έργων γενικώς. Η ιεράρχηση δομείται σε τρία επίπεδα (classes) συμμετοχής του διευθυντή έργων: στο πρώτο που η συμμετοχή είναι μικρή, στο δεύτερο που είναι μερική και στο τρίτο που είναι σημαντική. Ως κριτήρια θεωρούνται η ποιότητα του προσωπικού που εμπλέκεται ανά δραστηριότητα, η δυσκολία κινητοποίησης (mobilization) των απαιτούμενων πόρων, η εμπειρία, το κόστος και ο βαθμός επίπτωσης του αποτελέσματος κάθε δραστηριότητας στη φάση λειτουργίας των έργων. Στην εργασία παρουσιάζεται μελέτη περίπτωσης για δύο εναλλακτικές περιπτώσεις διοίκησης έργων.

Οι προαναφερόμενες εργασίες αξιολογήθηκαν ως οι πλέον αντιπροσωπευτικές της φιλοσοφίας και των τάσεων που κυριαρχούν για τις MCDA μεθόδους, στον τομέα της διοίκησης των έργων που είναι συναφή με αυτά του ΦΑ. Ωστόσο, τα εξαγόμενα της βιβλιογραφικής επισκόπησης, ενσωματώνονται στην επόμενη παράγραφο, όπου και τεκμηριώνεται το σχετικό ερευνητικό ενδιαφέρον του εξεταζόμενου υποσυστήματος.

7.2 Τεκμηρίωση ερευνητικού ενδιαφέροντος υποσυστήματος

Από την επισκόπηση της βιβλιογραφίας προκύπτει ότι οι μέθοδοι MCDA εφαρμόζονται στη διαχείριση τεχνικών έργων, ειδικότερα όταν προκύπτουν ανάγκες αξιολόγησης ή ιεράρχησης εναλλακτικών λύσεων σε συγκεκριμένα τεχνικά προβλήματα από ομάδες

ειδικών. Για το λόγο αυτό, η μέθοδος MCDA επιλέχθηκε για τον ερευνητική προσέγγιση του υποσυστήματος.

Η μέθοδος που κυριαρχεί στην πολυκριτηριακή αξιολόγηση γραμμικών έργων (αγωγοί υδρογονανθράκων και υπεραστικές οδοποιίες) είναι η AHP. Η AHP παρουσιάζει απλότητα και ευκολία εφαρμογής και φαίνεται ότι προτιμάται όταν πρόκειται να ιεραρχηθούν εναλλακτικές λύσεις της ίδιας τεχνολογίας, π.χ. εναλλακτικές οδεύσεις αγωγών ή διαδρομές αυτοκινητοδρόμων. Περισσότερο σύνθετες μέθοδοι MCDA όπως για παράδειγμα οι ELECTRE και PROMETHEE-I και II που δίνουν δυνατότητα συνεκτίμησης και άλλων παραγόντων στο πολυκριτηριακό μοντέλο, όπως η ασάφεια και η ευαισθησία στην ποσοτικοποίηση των κριτηρίων που επηρεάζουν την τελική ιεράρχηση των εναλλακτικών λύσεων, δεν παρουσιάζουν μεγάλη προτίμηση.

Επίσης, δεν υπάρχει εκτεταμένο βιβλιογραφικό υλικό στον τομέα έργων με χαρακτηριστικά πολυπλοκότητας, εκπόνησης σε περιβάλλον ΕΣΜ και απαιτήσεων διεπιστημονικότητας και συνεργισμού παραγόντων ΔΓ όπως αυτά τα ΦΑ. Υπό την έννοια αυτή, η ανάπτυξη του παρόντος υποσυστήματος με έμφαση στην MCDA, συνεισφέρει στην έρευνα μέσω της ανάδειξης και υλοποίησης ΔΓ με ενσωμάτωση των χαρακτηριστικών αυτών.

Πέραν της βιβλιογραφίας, το ερευνητικό ενδιαφέρον απορρέει επίσης από την καθεαυτή *φιλοσοφία* της MCDA. Σύμφωνα με αυτήν, απαιτείται συγκρότηση ομάδας εμπειρογνομόνων που αξιολογούν κάθε εναλλακτική λύση όδευσης μεταφοράς ΦΑ βάσει προκαθορισμένων κριτηρίων (Dey, 2002; Δούμπος, 2002). Το ειδικό βάρος κάθε κριτηρίου ως προς το οποίο αξιολογείται κάθε λύση, καθορίζει με ποσοτικούς όρους, το αποτέλεσμα της αξιολόγησης. Η αξιολόγηση προκύπτει από κάθε εμπειρογνώμονα μέσω εμπιστευτικής βαθμολογίας που καταγράφεται επί ερωτηματολογίων. Από το υπολογιστικό μοντέλο της MCDA, εξάγεται η ιεραρχία μεταξύ των εναλλακτικών προτάσεων, απ' όπου προκύπτει ως επικρατέστερη αυτή που αναδεικνύει τη βέλτιστη βαθμολογία, η οποία και καθοδηγεί τους διοικητές των έργων στη λήψη αποφάσεων.

Στην προκειμένη περίπτωση, η γνώση των εμπειρογνομόνων χρησιμοποιείται καταρχήν για τη βαθμολόγηση των κριτηρίων. Κάθε κριτήριο, ανάλογα με τον τομέα γνώσης στον οποίο αναφέρεται και το ειδικό του βάρος, ενσωματώνει όλες τις απαραίτητες τεχνικές, περιβαλλοντικές, οικονομικές, κλπ. έννοιες που πρέπει να καθοδηγήσουν κάθε αξιολογητή στο να αποτυπώσει, με αντικειμενικό τρόπο την άρρητη γνώση που διαθέτει, αντιστοιχώντας την με αριθμητικούς όρους. Συνεπώς, το *κριτήριο* αποτελεί παράγοντα αντικειμενικοποίησης της γνώσης.

Σε γενικότερη θεώρηση, η διαμόρφωση κριτηρίων είναι σημαντική στο βαθμό που μέσω αυτών, το προς αντιμετώπιση τεχνοοικονομικό πρόβλημα ανάγεται σε πρόβλημα μετασχηματισμού της άρρητης γνώσης των εμπειρογνομόνων σε ρητή. Κατά συνέπεια, το πρόβλημα της ΔΓ αντί της πορείας του πρωταρχικού εξελικτικού σχήματος $M = \text{δεδομένα} \rightarrow \text{πληροφορία} \rightarrow \text{γνώση}$ ακολουθεί την ακριβώς *αντίστροφη* πορεία, δηλαδή $M^* = \text{γνώση} \rightarrow \text{πληροφορία} \rightarrow \text{δεδομένα}$. Η καταγραφή ποσοτικών δεδομένων επιτρέπει την επεξεργασία τους μέσω της MCDA προς ανάδειξη της βέλτιστης λύσης. Η λύση αυτή αντιπροσωπεύει τη *διαλεκτική ανασύνθεση* της γνώσης των εμπειρογνομόνων μέσω της MCDA. Συνεπώς, σε ευρύτερη μεθοδολογική θεώρηση, η MCDA αναδεικνύεται ως εργαλείο εξυπηρέτησης της ΔΓ, σε περιπτώσεις αξιολόγησης εναλλακτικών λύσεων πολύπλοκων έργων (όχι απαραίτητα της βιομηχανίας ΦΑ) στο περιβάλλον μιας ΕΣΜ.

Σε ειδικότερη θεώρηση, στο περιεχόμενο των ερωτηματολογίων, διατυπώνεται με σαφήνεια η γνωσιολογική (οντολογική) διάταξη κάθε κριτηρίου. Επίσης, διατυπώνεται η ιδιαιτερότητα της κάθε εναλλακτικής λύσης, σε τρόπο ώστε να είναι διακριτή η διαφοροποίησή της από τις υπόλοιπες. Τα προαναφερόμενα, σε συνδυασμό με την πληρότητα των επεξηγηματικών κειμένων για τα κριτήρια, τις εναλλακτικές και τον τρόπο βαθμολόγησης, συνεισφέρουν στη διατύπωση μιας ολοκληρωμένης αντίληψης, από πλευράς εμπειρογνώμονα, για το αντικείμενο της έρευνας. Αντίστροφα, η γραπτή απάντηση κάθε εμπειρογνώμονα, για το κάθε κριτήριο και για κάθε πρόταση, αποτυπώνει τη διεπιστημονική θεώρηση της άποψης του. Συνεπώς, τα *ερωτηματολόγια* αποτελούν ένα επί πλέον ενδιάμεσο εργαλείο ΔΓ, που παρεμβάλλεται μεταξύ της άρρητης γνώσης του εμπειρογνώμονα, της μετατροπής της σε ρητή και της επεξεργασίας που ακολουθεί μέσω της MCDA.

Τέλος, από άποψη ΔΓ, ερευνητικό ενδιαφέρον παρουσιάζει η ανάπτυξη της MCDA εντός των ΕΣΜ. Η χρήση ερωτηματολογίων που συμπληρώνονται από τους εμπειρογνώμονες για τη βαθμολόγηση κριτηρίων και εναλλακτικών προτάσεων (οδεύσεων), ο δομημένος τρόπος αποτύπωσης της άρρητης γνώσης και η οργανωμένη διακίνησή τους από/προς τους εμπειρογνώμονες και η εφαρμογή της MCDA, υπάγονται στις *λειτουργικές διαδικασίες* του ΣΔΓ των ΕΣΜ.

7.3 Αντικείμενο έρευνας υποσυστήματος

Το υποσύστημα ερευνά το (υποθετικό) πρόβλημα-σενάριο επέκτασης του ΕΣΦΑ στην περιοχή των νομών Θεσσαλονίκης και Χαλκιδικής. Σκοπός της επέκτασης είναι η τροφοδοσία με ΦΑ των νομών αυτών, για τους οποίους προβλέπεται αύξηση της πρωτογενούς ενεργειακής ζήτησης από τα σημερινά επίπεδα των 7000 GWh (ΕΣΥΕ, 2003) σε 13110 GWh το 2020. Η πρόβλεψη αυτή βασίζεται στην αναμενόμενη μεγέθυνση των αγροτικών, βιομηχανικών, τουριστικών, μεταφορικών και οικιστικών δραστηριοτήτων των νομών Θεσσαλονίκης και Χαλκιδικής. Τα ενεργειακά μεγέθη προέκυψαν βάσει μελετών της ΡΑΕ, που στοιχειοθετούν μέσω ετήσιο ρυθμό +4% της αύξησης της πρωτογενούς ενεργειακής ζήτησης στην Ελλάδα μέχρι το 2030 (Παπαδόπουλος και Παπαχρήστου, 2004).

Στο σενάριο εντάσσεται η εγκατάσταση μονάδας ΣΗΘ ισχύος 395 MW που θα λειτουργεί ΦΑ, στην ευρύτερη περιοχή της Δυτικής Χαλκιδικής. Οι ετήσιες καταναλώσεις της μονάδας υπολογίζονται σε $500 \times 10^6 \text{ Nm}^3 \text{ ΦΑ}$ ($5788 \text{ Nm}^3/\text{h}$) για 7700 ώρες λειτουργίας. Η μονάδα σχεδιάζεται για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Τα ενεργειακά στοιχεία της μονάδας ΣΗΘ έχουν προκύψει κατ' αναλογία με τα αντίστοιχα της τεχνοοικονομικής μελέτης που εκπονήθηκε (2002) για την κατασκευή της μονάδας των 395 MW που είναι εγκατεστημένη και λειτουργεί στην περιοχή της Θεσσαλονίκης υπό την ιδιοκτησία του οργανισμού ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ.

7.4 Εξαγωγή της γνώσης

Η εξαγωγή της γνώσης εντοπίζεται στη συγκέντρωση και καταγραφή των γεωπεριβαλλοντικών και ενεργειακών δεδομένων της περιοχής της έρευνας. Βάσει αυτών, προσδιορίζονται και τεκμηριώνονται τα κριτήρια αξιολόγησης και στη συνέχεια, οι

εναλλακτικές λύσεις των οδεύσεων μεταφοράς ΦΑ. Ακολούθως, περιγράφεται η συγκρότηση ομάδας εμπειρογνομώνων και αναπτύσσεται η μέθοδος συλλογής και προεπεξεργασίας των απόψεών τους, μέσω ερωτηματολογίων, δομημένων με τη φιλοσοφία της μεθόδου εξαγωγής γνώσης Delphi.

7.4.1 Γεωπεριβαλλοντική και ενεργειακή διερεύνηση

Επειδή η πολυκριτηριακή μέθοδος προϋποθέτει διαμόρφωση κριτηρίων και σαφείς περιγραφές των εναλλακτικών οδεύσεων του υποσυστήματος, είναι λογικό να προηγείται μια διερεύνηση της ευρύτερης περιοχής στην οποία εντάσσεται γεωπεριβαλλοντικά το υποσύστημα. Σκοπός της διερεύνησης είναι η ολοκληρωμένη εξαγωγή της πρωτογενούς διεπιστημονικής γνώσης που αντιπροσωπεύεται από πληροφορίες και καταγραφές της φυσικής και κοινωνικοοικονομικής πραγματικότητας των νομών Θεσσαλονίκης και Χαλκιδικής. Η διερεύνηση αυτή εκπονείται βάσει μεθοδολογίας *ολοκληρωμένων αποδόσεων* (Ρόκος, 1981) που υιοθετείται σε πολλές περιπτώσεις έργων που απαιτούν διαχείριση πληροφοριών που αντλούνται από διαφορετικά επιστημονικά πεδία και διεξάγονται από διακλαδικές ερευνητικές ομάδες επιστημόνων, όπως στην περίπτωση της εργασίας των Feldman et al. (1995).

Στο στρατηγικό επίπεδο που λαμβάνονται οι αποφάσεις επιλογής οδεύσεων μεταφοράς ΦΑ, η μετρητική αξιοπιστία των χωροταξικών και γεωγραφικών πληροφοριών είναι δευτερεύουσας σημασίας. Για το λόγο αυτό και χρησιμοποιούνται υπόβαθρα χαρτών μικρής κλίμακας (π.χ. 1:250.000), όπως φαίνεται στο σχήμα Σ-7.1 το οποίο προσδιορίζει τη γεωγραφική υπαγωγή του υποσυστήματος. Αντίθετα, η ποσότητα και η κατηγοριοποίηση πληροφοριών που ανήκουν σε διαφορετικά γνωσιολογικά πεδία, παρουσιάζει μεγαλύτερη βαρύτητα στη λήψη των αποφάσεων και αυτό εξασφαλίζεται σε χάρτες μικρής κλίμακας. Η ακρίβεια και η ποσότητα των χαρτογραφικών πληροφοριών βρίσκονται σε αντίστροφη σχέση εκθετικής μορφής, όπως φαίνεται στο σχήμα Σ-7.2.

Η περιοχή έρευνας, ορίζεται από έναν γεωγραφικό δακτύλιο που ξεκινά από την περιοχή σύγκλισης των νομών Πιερίας, Ημαθίας και Θεσσαλονίκης, στη συνέχεια εκτείνεται βορειώς του αστικού συγκροτήματος της Θεσσαλονίκης και καταλήγει στα δυτικά παράλια της Χαλκιδικής. Ο δακτύλιος διατάσσεται βόρεια προς βορειοανατολικά, στη συνέχεια ανατολικά και τέλος, νότια-νοτιοδυτικά, σχηματίζοντας έτσι μια ζώνη μέσου πλάτους 20-30 km, που διατάσσεται περιμετρικά της Θεσσαλονίκης. Η γεωπεριβαλλοντική διερεύνηση του δακτυλίου, βάσει της οποίας δομούνται στη συνέχεια οι περιγραφές των εναλλακτικών οδεύσεων του υποσυστήματος και τα κριτήρια, παρουσιάζει τα ακόλουθα:

1. Φυσική γεωγραφία: Ο δακτύλιος περικλείει μέρος της δελταϊκής κοιλάδας που διαμορφώνεται από τις ροές των ποταμών Αλιάκμονα, Αξιού, Γαλλικού και Λουδία, η οποία παρουσιάζει ομαλό ανάγλυφο, με κλίσεις μικρότερες του 10%, χωρίς λοφοειδείς εξάρσεις ή βαθιές πτυχώσεις με μέσο υψόμετρο 10 m. Στην περίμετρο της Θεσσαλονίκης, τα εδάφη γίνονται περισσότερο επικλινή, ειδικότερα στις παρυφές του όρους Χορτιάτης, όπου είναι λοφώδη (κλίσεις 5-20%) και τοπικά ημιορεινά (κλίσεις >20%) με μέσο υψόμετρο 400 m. Τέλος, καταλήγοντας στην Επανομή, τα εδάφη ανακτούν την ομαλότητά τους με μέσο υψόμετρο 10 m (ΙΓΜΕ, 1989α; Κωτούλας, 1995).

2. Γεωλογία: οι σχηματισμοί της κεντρικής Μακεδονίας διαμορφώθηκαν μεταξύ της Άνω Πλειόκαινου και της Τεταρτογενούς εποχής. Είναι κρυσταλοσχιστώδεις σχηματισμοί, που περιλαμβάνουν πετρώματα πολύ παλαιάς ηλικίας και υψηλού, βαθμού μεταμόρφωσης (γενέσιοι, μάρμαρα, ασβεστόλιθοι και αμφιβολίτες). Στην πεδιάδα της Θεσσαλονίκης εμφανίζονται αλλούβιες αποθέσεις, χημικώς ή μηχανικώς αποσαθρωμένων υλικών, που μεταφέρθηκαν λόγω της ροής του Αλιάκμονα, του Αξιού, του Γαλλικού και του Λουδία από περιοχές της κεντρικής και βόρειας Βαλκανικής και του Αλιάκμονα, από τη βορειοδυτική Ελλάδα. Στις βόρειες και βορειοανατολικές παρυφές του Χορτιάτη παρουσιάζονται περισσότερο συνεκτικοί σχηματισμοί (φυλλίτες, γενέσιοι και σχιστόλιθοι). Τα δυτικά παράλια τη Χαλκιδικής, αποτελούνται από αργίλους, μάργες και κροκαλοπαγή υλικά, ενώ κατά τόπους και με διάταξη βορειοδυτική έως νοτιοανατολική, συναντώνται συμπαγείς ασβεστόλιθοι (Δεμίρης, 1977; Παπανικολάου, 1986)
3. Εδαφολογία-Διαβρωτικότητα: Σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση κατά FAO η σύσταση του εδάφους ανήκει κυρίως στους εδαφικούς τύπους (α) Cambisols (CM) που αφορούν παράκτια αλλουβιακά εδάφη που προκύπτουν από διάβρωση των μητρικών πετρωμάτων και (β) Fluvisols (FL) που αφορούν εδάφη που σχηματίζονται σε επίπεδες περιοχές κατακλυζόμενες από ύδατα ποταμών και εμπεριέχουν σε ποσοστό 30% αλατούχα συστατικά και (γ) εδάφη ερυθρογής τύπου Luvisols (LV)-Terra rosa που εμφανίζονται στην ημιορεινή περίμετρο της Θεσσαλονίκης (Γιασόγλου και Κοσμόπουλος, 2004). Η διαβρωτικότητα των εδαφών (που είναι σημαντική για τη ανάπτυξη υπόγειας διάβρωσης στο περιβάλλον της τάφρου υποδοχής αγωγών ΦΑ) προσδιορίζεται από τιμές ειδικής αντίστασης του εδάφους που κυμαίνεται μεταξύ 10-50 ohm.m (Batis και Philoroulos, 1995).
4. Υδρογεωλογία: η υδρογεωλογία παρουσιάζει έντονα χαρακτηριστικά από τη δράση των προαναφερθέντων ποταμών. Η εδαφική συνέχεια του δακτυλίου της περιοχής του υποσυστήματος διακόπτεται από την εγκάρσια διέλευση των ποταμών αυτών. Η παροχή των ποταμών παρουσιάζεται αυξημένη ιδιαίτερα κατά τη χειμερινή περίοδο, όπου συχνά εμφανίζονται πλημμυρικά φαινόμενα.
5. Τεκτονική-Σεισμικότητα: οι τεκτονικές ενότητες συντίθενται υπό την εξής ακολουθία στρωματογραφίας, από την επιφάνεια του εδάφους προς τα έσω: μοσχοβιτικοί γενέσιοι, αμφιβολίτες με ενδιαστρώσεις μαρμάρων, μαγματίτες και γρανίτες από ανάτηξη. Ιδιαίτερης σημασίας είναι το τεκτονικό ρήγμα της Βόλβης-Λαγκαδά, μήκους ασυνέχειας 15-20 km περίπου, η δράση του οποίου έχει δώσει στο παρελθόν σημαντικές σεισμικές διεγέρσεις (ΙΓΜΕ, 1989β). Η υπό εξέταση περιοχή ανήκει στην κατηγορία σεισμικότητας II, σύμφωνα με τον Τροποποιημένο Αντισεισμικό Κανονισμό του 2003.
6. Κλίμα: το κλίμα της περιοχής αποτελεί μετάβαση από το μεσογειακό τύπο κλίματος προς το ηπειρωτικό. Χαρακτηρίζεται από σχετικά μεγάλο εύρος θερμοκρασίας (μεγαλύτερο των 20⁰ C) κανονική κατανομή βροχοπτώσεων και μείωση της ξηρής περιόδου σε 1-2 μήνες (Φλόκας, 1977; ΕΜΥ, 2008).
7. Θαλάσσιο περιβάλλον: ιδιαίτερης σημασίας είναι η θαλάσσια ζώνη πλάτους 2 km και μέσου βάθους 15-20 m, που εκτείνεται σε παραλληλία με την ακτογραμμή του Θερμαϊκού κόλπου (συμπεριλαμβανομένου και του κόλπου της Θεσσαλονίκης). Η υδατική αυτή ζώνη, υπάγεται σε καθεστώς προστασίας της ιχθυοπανίδας, λόγω των εκτεταμένων ιχθυοκαλλιεργειών που έχουν αναπτυχθεί (Γεράκης et al., 2006).

8. Οικοσυστήματα: Στην περιοχή του δακτυλίου δεν υπάρχουν χερσαία οικοσυστήματα, με εξαίρεση την περιοχή του δασικού οικοσυστήματος Σείχ-Σου που χωροθετείται κατά μήκος της βόρειας-βορειοανατολικής πλευράς της Θεσσαλονίκης, καθώς επίσης και του προστατευόμενου δάσους Κουρί που βρίσκεται στην περιοχή του Ασβεστοχωρίου. Και οι δύο περιοχές υπάγονται σε καθεστώς οικολογικής προστασίας (ΔΕΠΑ, 1995).
9. Χρήσεις γης: Η έκταση που καταλαμβάνει ο δακτύλιος έρευνας, είναι της τάξης των 850-900 km². Οι βασικές κατηγορίες χρήσης γης που βρίσκονται εντός του δακτυλίου είναι 60% γεωργικές εκτάσεις (αρόσιμη γη, μόνιμες καλλιέργειες και βοσκότοποι), 25% περιαστικές εκτάσεις (οικισμοί, βιομηχανικές, βιοτεχνικές και εμπορικές ζώνες) και το 15% παράκτιες περιοχές με οικιστική και τουριστική δραστηριότητα, ειδικότερα στην περιοχή της Επανομής (ΕΣΥΕ, 2003).
10. Υποδομές: Βασικές υποδομές που βρίσκονται εντός της περιοχής του δακτυλίου, είναι η ΠΑΘΕ, η σιδηροδρομική γραμμή ΟΣΕ Αθηνών-Θεσσαλονίκης-Ειδομένης, η Εγνατία οδός, η περιοχή του αερολιμένας της Μίκρας και ο ενεργειακός άξονας μεταφοράς ΦΑ υψηλής πίεσης του ΔΕΣΦΑ, Αθήνα-Προμαχώνας. Στις υποδομές συγκαταλέγονται επίσης τα δίκτυα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας ΥΤ της ΔΕΗ.
11. Κοινωνικοοικονομικά στοιχεία: ο νομός Θεσσαλονίκης είναι ο δεύτερος σε πληθυσμό νομός της χώρας με 1.100.00 κατοίκους, ο οποίος σε ποσοστό 90% ασχολείται με τον δευτερογενή και τον τριτογενή τομέα της παραγωγής (βιομηχανία, υπηρεσίες, μεταποίηση), ενώ το 10% ασχολείται με αγροτικές δραστηριότητες του πρωτογενή τομέα της παραγωγής. Ο νομός Χαλκιδικής έχει πληθυσμό 105.000 κατοίκων, ο οποίος σε ποσοστό 49% ασχολείται με τον δευτερογενή και τον τριτογενή τομέα της παραγωγής, ενώ το υπόλοιπο 51% με τις αγροτικές δραστηριότητες. Αυτό σημαίνει ότι στην περιοχή του δακτυλίου, περισσότεροι από 1.000.000 ασχολούνται με δραστηριότητες που απαιτούν υψηλή κατανάλωση ενέργειας. Η μέση πυκνότητα του πληθυσμού είναι οι 280 κάτοικοι/km² (ΕΣΥΕ, 2003).
12. Ενέργεια: οι νομοί Θεσσαλονίκης και Χαλκιδικής καταναλώνουν το 13% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης της χώρας με 5000 GWh/έτος (ΕΣΥΕ, 2003). Με ετήσιο ρυθμό αύξησης +4%, το ενεργειακό αυτό μέγεθος αναμένεται να φθάσει περίπου τις 9365 GWh/έτος. Ωστόσο, η περιοχή το δακτυλίου, ως γεωγραφικό υποσύνολο των νομών αυτών, αναμένεται να φθάσει τις 3320 GWh/έτος το 2020 από τα επίπεδα των 1800 GWh/έτος του 2003.

7.4.2 Διαμόρφωση εναλλακτικών προτάσεων

Βάσει της προηγηθείσας γεωπεριβαλλοντικής και ενεργειακής διερεύνησης του δακτυλίου, προκύπτει ότι, η τροφοδοσία με ΦΑ της προγραμματιζόμενης μονάδας ΣΗΘ, μπορεί να γίνει μέσω αγωγού υψηλής πίεσης που θα διακλαδίζεται από τον κεντρικό αγωγό ΦΑ του ΔΕΣΦΑ Αθήνα Προμαχώνας, Εναλλακτικά, μπορεί να αναζητηθεί στην περιοχή της Νέας Μηχανιώνας θέση εκφόρτωσης και μετατροπής ΥΦΑ σε αέρια φάση, απ' όπου με μικρού μήκους τοπική δικτύωση, το ΦΑ θα κατευθύνεται στην μονάδα ΣΗΘ. Στην πρώτη περίπτωση η προσέγγιση είναι εφικτή με χερσαία όδευση, είτε με συνδυασμό μερικώς χερσαίας και μερικώς υποθαλάσσιας. Συνεπώς, διαμορφώθηκαν τέσσερις (4) εναλλακτικές προτάσεις σενάρια επέκτασης του υφιστάμενου δικτύου:

(E₁) Οδευση Αγωγού σ₀-α-τ (μήκος 33 km)

Ο αγωγός ξεκινά από το σημείο σ₀ που βρίσκεται στη ΧΘ 372+000 του κεντρικού αγωγού ΦΑ μέσα από το βαλβιδοστάσιο Ελευθεροχωρίου Πιερίας. Εκτείνεται για 2 km προς ΒΑ, διασταυρώνοντας την ΠΑΘΕ και διερχόμενος μεταξύ των παραθεριστικών οικισμών Νέας Αγαθούπολης και Μεθώνης μέσα από ομαλά (<5%) εδάφη με λεπτόκοκκη ιζηματογενή σύσταση. Ακολουθεί υποθαλάσσια διέλευση 21 km σε μέσο βάθος 20 m σε θέση όπου ο βυθός έχει διαμορφωθεί από προσχώσεις των ποταμών της Κεντρικής Μακεδονίας (Αξιός, Λουδίας και Γαλλικός). Η όδευση εξέρχεται στο Αγγελοχώρι Θεσσαλονίκης και στη συνέχεια με χερσαία ΝΑ πορεία 10,3 km μεταξύ Νέας Μηχανιώνας και Επανομής, μέσα από σχετικώς ομαλά (5%-10%) πεδινά εδάφη ιζηματογενούς σύστασης, καταλήγει στο σημείο τερματισμού τ που βρίσκεται η μονάδα ΣΗΘ (μ/σ).

(E₂) Οδευση Αγωγού σ₁-β-τ (μήκος 35 km)

Ο αγωγός ξεκινά από το σημείο σ₁ που βρίσκεται στη ΧΘ 390+000 του κεντρικού αγωγού ΦΑ μέσα από το βαλβιδοστάσιο Τρικάλων Ημαθίας. Εκτείνεται για 17 km προς ΝΑ διερχόμενος από ομαλές (<5%) πεδινές καλλιεργήσιμες εκτάσεις αλλουβιακής σύστασης, διασταυρώνει την ΕΟ/ΠΑΘΕ και στη συνέχεια τον ποταμό Αξιό σε απόσταση 1 km βορείως του δελταϊκού σχηματισμού. Ακολουθεί υποθαλάσσια διέλευση μήκους 8,5 km σε μέσο βάθος 18 m σε θέση που ο βυθός έχει διαμορφωθεί από τις προσχώσεις των ποταμών της Κεντρικής Μακεδονίας (Αξιός, Λουδίας και Γαλλικός). Εξέρχεται στο Αγγελοχώρι Θεσσαλονίκης και στη συνέχεια με χερσαία ΝΑ πορεία 9.5 km μεταξύ Νέας Μηχανιώνας και Επανομής, μέσα από σχετικώς ομαλά πεδινά εδάφη (5%-10%) ιζηματογενούς σύστασης, τερματίζεται στο σημείο τ που βρίσκεται η μ/σ. (Σημείωση: οι οδεύσεις E₁ και E₂ έχουν κοινό το χερσαίο τμήμα μετά την έξοδο τους από τις υποθαλάσσιες διαδρομές).

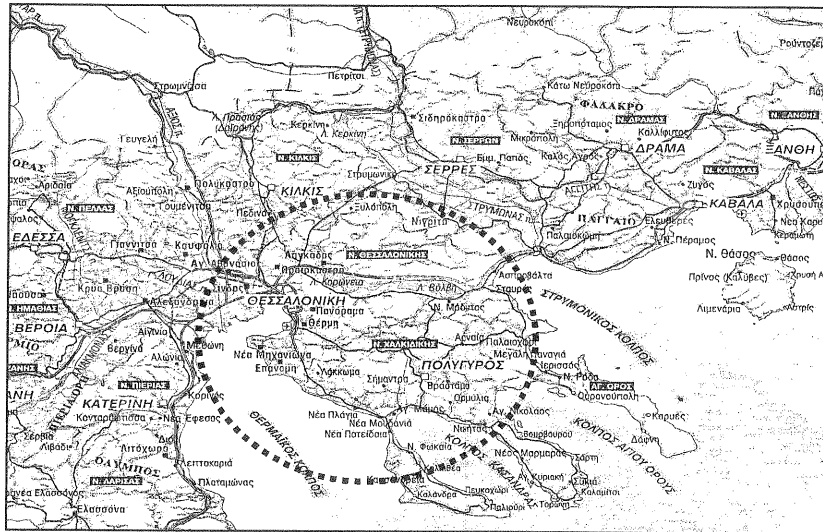
(E₃) Οδευση σ₂-γ-τ (μήκος 51 km)

Ο αγωγός ξεκινά από το σημείο σ₂ που βρίσκεται περίπου στη ΧΘ 12+500 του κλάδου Ανατολικής Θεσσαλονίκης και μέσα στο βαλβιδοστάσιο Λαγυνών. Εκτείνεται προς Ν-ΝΑ διερχόμενος για 11 km παράλληλα με την Ε.Ο. Θεσσαλονίκης-Καβάλας, διασχίζοντας ομαλά καλλιεργούμενα εδάφη (<5%) ιζηματογενούς σύστασης. Ακολουθεί πορεία 20 km μέσω Χορτιάτη σε εδάφη βραχώδους-ημιβραχώδους σύστασης με λοφώδη (5-20%) και τοπικά ημιορεινή (>20%) διάταξη, παρακάμπτοντας το αστικό συγκρότημα της πόλης διερχόμενη μέσα από δασώδεις περιοχές (φυσική προέκταση του προστατευόμενου δάσους Σείχ-Σου) οδηγούμενη 2 km ΒΔ των Βασιλικών, όπου και διασταυρώνει την Ε.Ο. Θεσσαλονίκης - Χαλκιδικής. Τέλος με ΝΔ-Δ πορεία 20 km μέσα από αγροτικούς οικισμούς (Σουρωτή, Αγ. Παρασκευή, Σχολάριο), σε καλλιεργούμενες εκτάσεις αργιλώδους σύστασης, πεδινής (<5%) και τοπικά λοφώδους μορφής (5-20%), τερματίζεται στο σημείο τ που βρίσκεται η μ/σ.

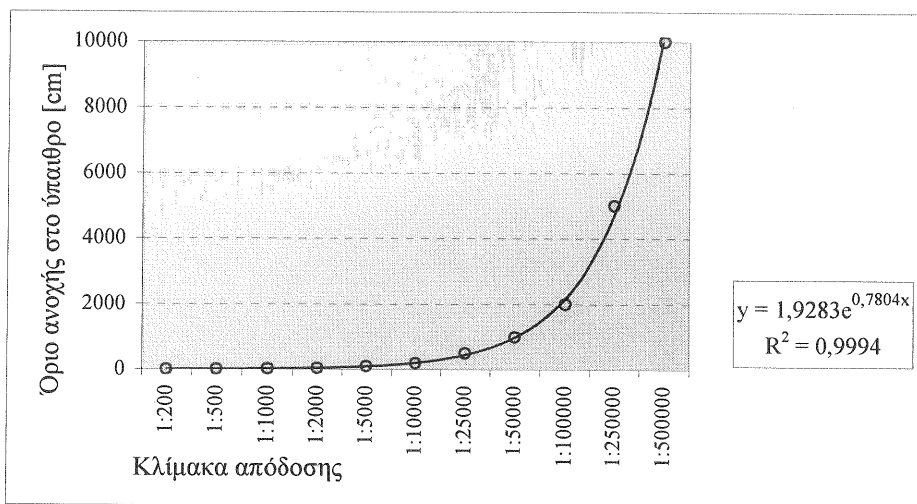
(E₄) Εγκατάσταση μονάδας Υ.Φ.Α (μ/υφα)

Προβλέπεται εγκατάσταση μονάδας εκφόρτωσης, αποθήκευσης, και επαναεριοποίησης ΥΦΑ με δύο κρυογενικές δεξαμενές ίσης χωρητικότητας (καθεμία 52000 m³) 4 km ΝΑ της Νέας Μηχανιώνας στη θέση της παραλίας, όπου τα εδάφη είναι ομαλά (<5%) ιζηματογενούς σύστασης (αμμοχάλικα ή/και χαλίκια) και οι χρήσεις γης χαρακτηρίζονται μερικώς από καλλιέργειες και κυρίως από παραθεριστικές δραστηριότητες. Το ΦΑ θα εκφορτώνεται από δεξαμενόπλοια στη μ/υφα και από αυτήν με χερσαίο αγωγό μήκους 2 km ΒΑ πορείας μέσα από πεδινά ομαλά (<5%) εδάφη θα τερματίζεται στο σημείο τ που βρίσκεται η μ/σ.

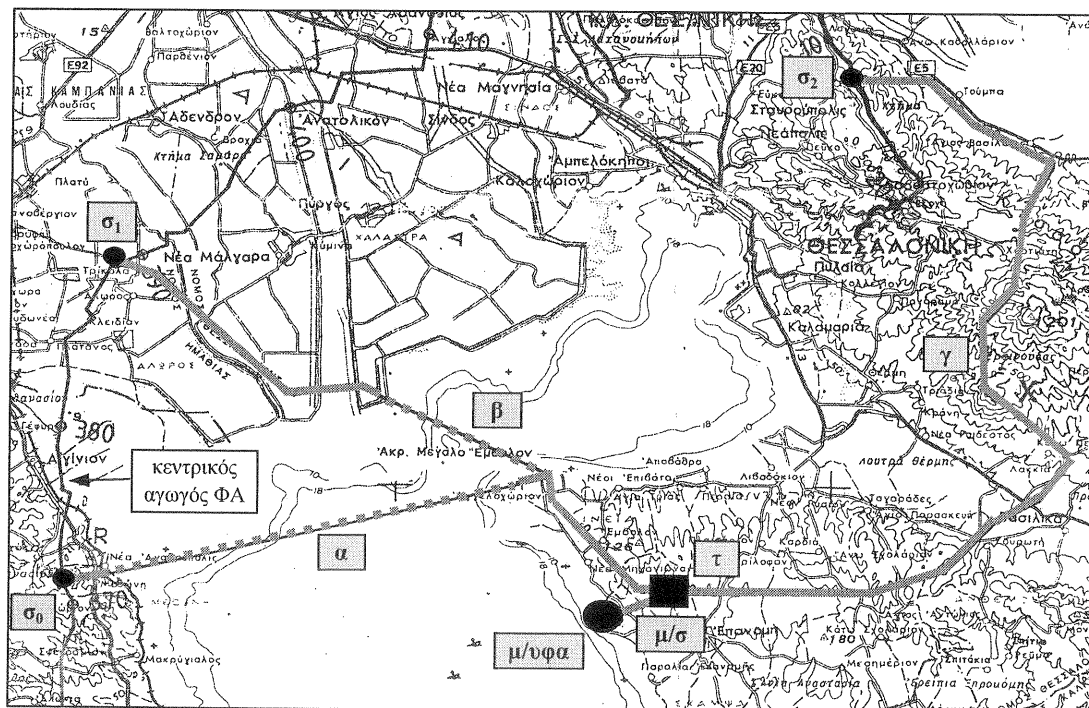
Στο σχήμα Σ-7.3 απεικονίζονται οι εναλλακτικές λύσεις σε απόσπασμα χαρτογραφικού υπόβαθρου της ΓΥΣ κλίμακας 1:250.000. Για τις εναλλακτικές E₁, E₂, και E₃ επιλέγεται



Σχήμα Σ-7.1 Γεωγραφική ένταξη περιοχής έρευνας υποσυστήματος



Σχήμα Σ-7.2 Σχέση μεταξύ κλίμακας και ακρίβειας χαρτών (Λιβιεράτος, 1985)



Σχήμα Σ-7.3 Εναλλακτικές οδεύσεις μεταφοράς ΦΑ προς διερεύνηση (υπόβαθρο ΓΥΣ 1:250.000 - σε σμίκρυνση)

αγωγός μεταφοράς ΦΑ, διαμέτρου 24-28 ιντσών, με τύπο χάλυβα κατά API 5L X60 για τα χερσαίες και X80 για τις υποθαλάσσιες οδεύσεις. Επίσης, στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ παραθέτονται αποσπάσματα από το χαρτογραφικό και πληροφοριακό υλικό που χρησιμοποιήθηκε για την γεωπεριβαλλοντική διερεύνηση.

7.4.3 Προσδιορισμός κριτηρίων

Στις μεθόδους MCDA, τα κριτήρια αντιπροσωπεύουν παραμέτρους μέσω των οποίων βαθμολογείται η επίδοση κάθε πιθανής εναλλακτικής πρότασης σε δεδομένο πρόβλημα αξιολόγησης. Ο προσδιορισμός των κριτηρίων, υπάγεται (Malczewski, 1999) σε μια σειρά βασικών αρχών οι οποίες είναι:

1. Ο αριθμός των κριτηρίων πρέπει να είναι τέτοιος, ώστε το πολυκριτηριακό μοντέλο που θα επιλεγεί να εκφράζει όσο το δυνατό πληρέστερα το προς επίλυση πρόβλημα. Μεγάλος αριθμός κριτηρίων συνεπάγεται αυξημένη πιθανότητα επικάλυψης μεταξύ κριτηρίων.
2. Κάθε κριτήριο πρέπει να μην παρουσιάζει επικάλυψη σε σχέση με τα άλλα ή τουλάχιστον ο βαθμός επικάλυψης να μην επηρεάζει την αντικειμενικότητα της αξιολόγησης.
3. Η περιγραφή των κριτηρίων πρέπει να είναι σύντομη, σαφής και να διευκολύνει, την όσο το δυνατό πιο αντικειμενική ανταπόκριση του εμπειρογνώμονα κατά τη βαθμολόγηση.

Χαρακτηριστική ιδιότητα των κριτηρίων είναι η *συνέπεια* γι' αυτό και συχνά στη βιβλιογραφία γίνεται λόγος για συνεπή οικογένεια κριτηρίων που πρέπει να καταρτίζονται για την πολυκριτηριακή μεθοδολογία (Δούμπος, 2003). Το κριτήριο θεωρείται ως μονότονη συνάρτηση δηλωτική των προτιμήσεων του εμπειρογνώμονα, τέτοια ώστε για κάθε δύο εναλλακτικές προτάσεις-λύσεις E_1 και E_2 να ισχύει:

$$(F_1 > F_2 \Leftrightarrow A_1 P A_2) \vee (F_1 = F_2 \Leftrightarrow A_1 I A_2) \text{ όπου:}$$

(α) A_1 και A_2 είναι οι επιδόσεις των εναλλακτικών E_1 και E_2 στο κριτήριο F

(β) P και I είναι αντίστοιχα οι σχέσεις προτίμησης και αδιαφορίας που ορίζονται έτσι ώστε

$$F_1 P F_2 \Leftrightarrow \text{η εναλλακτική } E_1 \text{ προτιμάται της } E_2 \text{ (προτίμηση)}$$

$$F_1 I F_2 \Leftrightarrow \text{οι εναλλακτικές } E_1 \text{ και } E_2 \text{ είναι ισοδύναμες (αδιαφορία)}$$

Στην περίπτωση του παρόντος υποσυστήματος, η έμφαση δίνεται στην απόσπαση και ανάλυση της γνώσης των εμπειρογνομόνων, στη δημιουργία νέας γνώσης και στη συνέχεια, στην υποστήριξη της λήψης απόφασης για την επιλογή της βέλτιστης οδευσης. Υπό την έννοια αυτή, κάθε κριτήριο ενσωματώνει γνώση από διακριτά γνωσιολογικά και τεχνολογικά πεδία, παρέχοντας στους εμπειρογνώμονες τη δυνατότητα να ταξινομήσουν την άρρητη γνώση τους και να τη μετασχηματίσουν σε ποσοτικά δεδομένα.

Βάσει της γεωπεριβαλλοντικής διερεύνησης και των τεχνικά εφικτών εναλλακτικών λύσεων, το πρώτο κριτήριο που προσδιορίζεται είναι αυτό του *φυσικο-γεωγραφικού σχεδιασμού* που ενσωματώνεται σε όλα τα συναφή έργα (Dey et al., 1996; Day, 1998; Mohitpour et al., 2003) ως εξής:

(F₁) Φυσικο-γεωγραφικός σχεδιασμός

Αφορά το μήκος όδευσης των αγωγών, το πλήθος κορυφών, τη συχνότητα αλλαγής κλίσεων του εδάφους (εγκάρσιων και κατά μήκος της όδευσης), το πλήθος των διασταυρώσεων με υδάτινα ρέματα, μεταφορικές υποδομές (γραμμές ΟΣΕ, αυτοκινητόδρομοι, εθνικοί δρόμοι), κλπ. Αναφορικά με τη μ/υφα, το κριτήριο αναφέρεται στη καταλληλότητα της περιοχής της εγκατάστασης σε σχέση με το ανάγλυφο, τις βασικές φυσικές απορροές της ευρύτερης περιοχής και τη δυνατότητα ανάπτυξης υποδομής λιμενικών/δεξαμενικών εγκαταστάσεων.

Οι συνθήκες αποθήκευσης και μεταφοράς του ΦΑ σε υψηλές πιέσεις, καθιστούν τον παράγοντα ασφάλεια ως κυρίαρχο κριτήριο για την επιλογή μιας όδευσης αγωγού ή μιας τεχνολογίας αποθήκευσης και διακίνησης του καυσίμου, στο βαθμό που επηρεάζει δυνητικά τη ζωή των κατοίκων και την ακεραιότητα της περιουσίας τους (Day, 1998; Chamberlain, 2006). Συνεπώς, προσδιορίστηκε το κριτήριο της *ασφάλειας*, ως εξής:

(F₂) Ασφάλεια

Αφορά τη συχνότητα γεινίασης της όδευσης των αγωγών ή της μ/υφα με κατοικημένες περιοχές (κωμοπόλεις, χωριά, αγροτικοί οικισμοί) ή/και εγκαταστάσεις που βρίσκονται στην εγγύτερη περιοχή του έργου, δηλαδή σε μια ακτίνα περίπου 1000 m περίπου εκατέρωθεν του άξονα του αγωγού ή περιφερειακά της εγκατάστασης της μ/υφα. Στο ίδιο επίσης κριτήριο, εντάσσεται και το ενδεχόμενο επιπτώσεων στη ναυσιπλοία από/προς τον κόλπο της Θεσσαλονίκης, τόσο κατά την κατασκευή όσο και τη λειτουργία των αγωγών ή της μ/υφα.

Η πρόταση εγκατάστασης ενός αγωγού ΦΑ ή της χωροθέτησης μιας μονάδας ΥΦΑ εξαρτάται από ευρύ φάσμα νομοθετικών και διοικητικών περιορισμών, οι διατάξεις των οποίων συχνά είναι καθοριστικές για την αποδοχή των συναφών έργων, όσον αφορά τις επιπτώσεις τους στο φυσικό και το ανθρωπογενές περιβάλλον (Mohitpour et al., 2003; Σπανίδης, 1994). Συνεπώς, προσδιορίστηκε το κριτήριο της *περιβαλλοντικής αποδοχής* ως εξής:

(F₃) Περιβαλλοντική Αποδοχή

Αφορά συνεκτίμηση του κατά πόσο η σχεδίαση μιας τεχνολογίας διείσδυσης ΦΑ μπορεί να γίνει αποδεκτή λαμβανόμενης υπόψη της συμβατότητας (α) με την περιβαλλοντικά και αναπτυξιακά δεδομένα των περιοχών (π.χ. τουρισμός, αναψυχή, οικιστική δραστηριότητα) και (β) με περιορισμούς που μπορεί να προκύψουν πιθανόν από τις αρμόδιες υπηρεσίες λόγω της περιβαλλοντικής νομοθεσίας.

Το κόστος κατασκευής των υποδομών ΦΑ είναι τελείως διαφορετικό μεταξύ διαφορετικού μήκους και φυσικο-γεωγραφικής σχεδίασης οδεύσεων αγωγών, όπως και σε σύγκριση μεταξύ χερσαίων, υποθαλάσσιων αγωγών και μονάδων ΥΦΑ (Batzias και Spanidis, 2008a). Συνεπώς, το κριτήριο του *κόστους υλοποίησης* του έργου προσδιορίστηκε ως εξής:

(F₄) Κόστος Υλοποίησης

Αφορά την εκτίμηση του κατά πόσον κάποια τεχνολογία διείσδυσης ΦΑ προϋποθέτει αυξημένο κόστος σχεδιασμού/κατασκευής λόγω ύπαρξης π.χ. υποθαλάσσιων τμημάτων, κατασκευής μέτρων αντισεισμικής προστασίας, κρυογενικών και λιμενικών έργων, συστημάτων δεξαμενισμού, κλπ. Στο ίδιο κριτήριο εντάσσεται επίσης και το κόστος των απαλλοτριώσεων, το κόστος του ΦΑ (ως ενεργειακή πρώτη ύλη) και το κόστος μεταφοράς του ΦΑ ‘στην πόρτα’ της μ/σ.

Η μελέτη, κατασκευή και λειτουργία των υποδομών του ΦΑ εμπεριέχουν τελείως διαφορετικές απαιτήσεις τεχνογνωσίας. Όπως προαναφέρθηκε, τα γνωστικά αντικείμενα του σχεδιασμού ενός χερσαίου ή ενός υποθαλάσσιου αγωγού ΦΑ ή μιας μονάδας ΥΦΑ διαφέρουν μεταξύ τους (Batziar και Spanidis, 2008a). Στη φάση της αξιολόγησης εναλλακτικών προτάσεων, είναι σκόπιμο οι εμπειρογνώμονες να καταθέσουν την άποψή τους, σχετικά με τις απαιτήσεις της τεχνογνωσίας κάθε εναλλακτικής. Δηλαδή, με όρους ΔΓ, να εκτιμήσουν και ποσοτικοποιήσουν το γεγονός ύπαρξης *κενών γνώσης*, που υφίσταται στις εγχώριες ΕΣΜ που θα εμπλακούν με το έργο. Συνεπώς, το κριτήριο *απαιτήσεις τεχνογνωσίας*, προσδιορίστηκε ως εξής:

(F₅) Απαιτήσεις Τεχνογνωσίας

Αφορά στο κατά πόσον η υλοποίηση μιας τεχνολογίας διείσδυσης ΦΑ απαιτεί προϋπάρχουσα ή/και νέα (προς απόκτηση) εξειδικευμένη τεχνογνωσία, όπως π.χ. η υποθαλάσσια γεωφυσική και γεωτεκτονική έρευνα, η μελέτη παλιρροιακής συμπεριφοράς στις θέσεις των υποθαλάσσιων διελεύσεων, οι μελέτες ασφάλειας και περιβαλλοντικών κινδύνων, ο σχεδιασμός μέτρων περιβαλλοντικής προστασίας, οι απαιτήσεις σχεδιασμού των κρυογενικών/αποθηκευτικών συστημάτων κλπ.

Με τη συλλογιστική των *κενών γνώσης* και της *γεφύρωσής τους*, αντιμετωπίστηκε επίσης, η μεταφορά και διάχυση τεχνογνωσίας. Η προοπτική σύστασης συνεργασιών ΚΤΤ και η δυναμική αφομοίωση και εξέλιξης της προς απόκτηση τεχνογνωσίας μέσω των ΕΣΜ (Batziar και Spanidis, 2008a; Batziar και Spanidis, 2008b) ή των συναφών εγχώριων οργανισμών, επιλέχθηκε ως κριτήριο με τον προσδιορισμό *μεταφορά /διάχυση τεχνογνωσίας*, ως εξής:

(F₆) Μεταφορά /Διάχυση Τεχνογνωσίας

Αξιολογείται το κατά πόσο η εξειδικευμένη γνώση που θα αποκτηθεί και θα διαχυθεί θα είναι αξιοποιήσιμη (α) σε συναφή έργα όπως π.χ. ο αγωγός ΦΑ Ελλάδας-Ιταλίας, ο αγωγός πετρελαίου Burgas-Αλεξανδρούπολη, κλπ. και (β) από το έμπυχο τεχνικό (και όχι μόνο) δυναμικό που θα εμπλακεί ποικιλότροπα με τις φάσεις του κύκλου ζωής του έργου.

Η κοινωνική διάσταση των τεχνικών έργων και ειδικότερα αυτών του ΦΑ που συνδέονται με παραμέτρους όπως η ασφάλεια του πληθυσμού, οι απαλλοτριώσεις για σύσταση δουλείας, οι περιορισμοί στη δόμηση στην εγγύτερη περιοχή των έργων, συνιστούν παράγοντα ιδιαίτερης βαρύτητας για την κοινωνία (Mohitpour et al., 2003; Spanidis, 1994). Σε αναπτυσσόμενες χώρες όπως είναι η Ελλάδα, η μοναδιαία ιδιοκτησία, χρήση εκμετάλλευση γης αποτελεί μέχρι και σήμερα ισχυρή παράμετρο επιβίωσης και οικονομικής ανάπτυξης (Ρόκος, 1981; Ρόκος, 2000). Για το λόγο αυτό, παρουσιάζεται αυξημένη ευαισθησία και καχυποψία, για τις σχεδιαζόμενες υποδομές ενέργειας σε μεγάλες κοινωνικές ομάδες,, η συναίνεση και αποδοχή των οποίων

επηρεάζει καθοριστικά την τύχη των έργων. Συνεπώς, επιλέχθηκε ως κριτήριο, η *κοινωνική αποδοχή* προσδιοριζόμενο ως εξής:

(F7) Κοινωνική Αποδοχή

Αφορά στο κατά πόσον μια πρόταση τεχνολογίας διείσδυσης ΦΑ αναμένεται να γίνει αποδεκτή από τις κοινωνικές ομάδες. Οι κάτοικοι στις περιοχές των ενεργειακών έργων αποδέχονται με διαφορετικό τρόπο τους σχεδιασμούς, σε σχέση με την προσωπική τους ασφάλεια, την ακεραιότητα των καλλιεργειών τους, τις δεσμεύσεις δουλείας στην ιδιοκτησία τους, τους πολεοδομικούς περιορισμούς, καθώς επίσης και την συνεπαγόμενη απώλεια του εισοδήματος/περιουσίας τους από τα σχεδιαζόμενα έργα.

Στο σχήμα Σ-7.4 παρουσιάζεται η δομή και οι διασυνδέσεις των παραμέτρων του πολυκριτηριακού συστήματος, με τις επεξηγήσεις για τα κριτήρια και τις εναλλακτικές οδεύσεις.

7.4.4 Επιλογή εμπειρογνομώνων

Η επιλογή της ομάδας των εμπειρογνομώνων που συμμετείχαν στην πολυκριτηριακή αξιολόγηση, πραγματοποιήθηκε βάσει των ακολούθων προϋποθέσεων:

Εκπαίδευση: οι συμμετέχοντες έπρεπε να είναι κάτοχοι πτυχίων ελληνικών ΑΕΙ ή ισοτίμων αναγνωρισμένων σχολών του εξωτερικού με επιθυμητό τίτλο μεταπτυχιακού ή διδακτορικού διπλώματος.

Εμπειρία: οι συμμετέχοντες έπρεπε να διαθέτουν τουλάχιστον δεκαετή εμπειρία σε διαχείριση, μελέτη και κατασκευή έργων υποδομών ΦΑ, εντός ή/και εκτός της Ελλάδος, ως στελέχη εγχώριων ή/και ξένων ΕΣΜ.

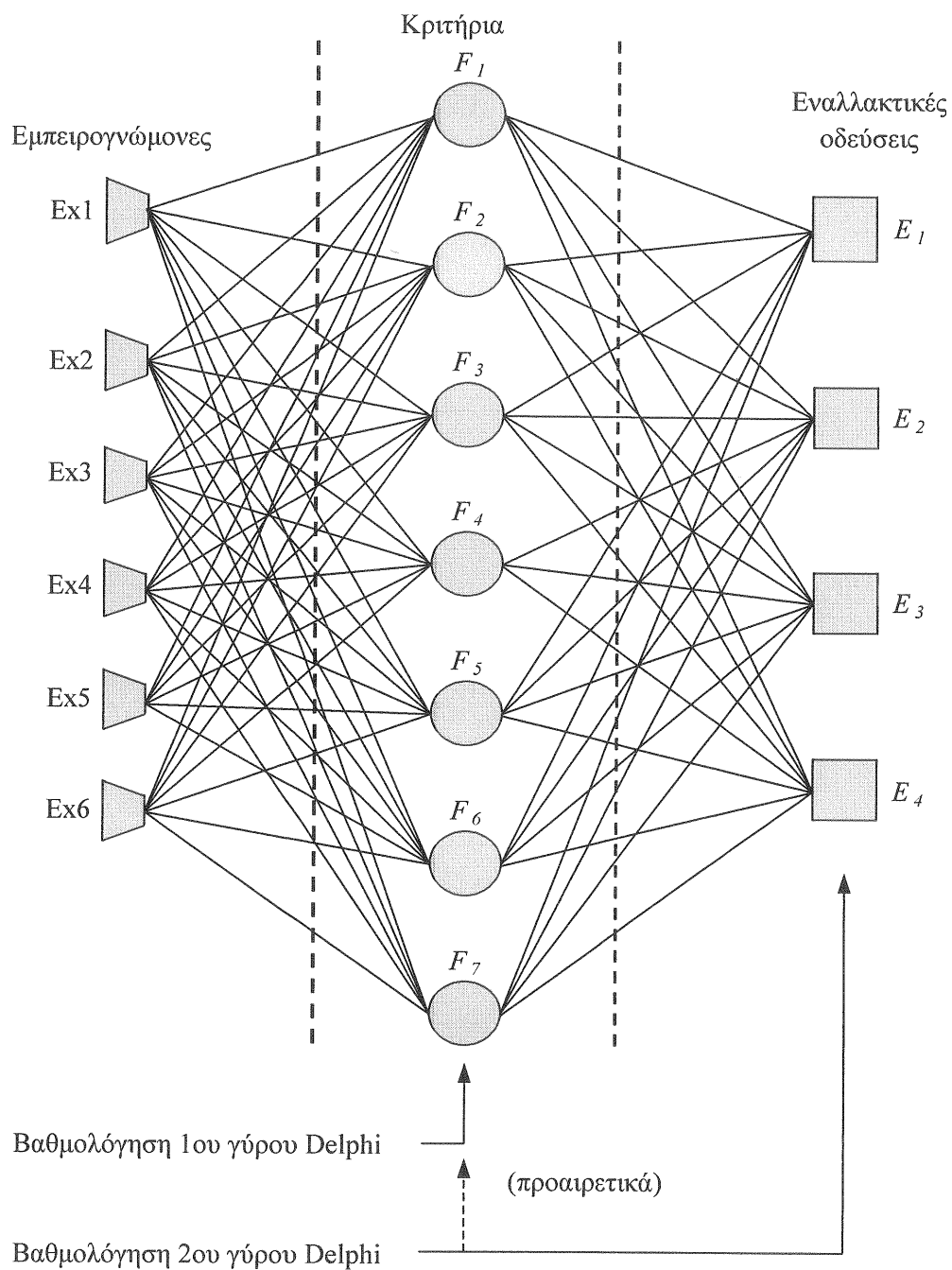
Ιεραρχία : επιλέχθηκαν στελέχη με βαθμό προϊσταμένου τμήματος ή διευθυντού έργων.

Διεπιστημονικότητα: επιλέχθηκαν στελέχη διαφορετικών ειδικοτήτων, ώστε η απορρόφηση της γνώσης να είναι όσο το δυνατό πιο αντιπροσωπευτική και συνθετική των γνωσιολογικών αντικειμένων που εμπλέκονται στο φάσμα των έργων διεργασιών ΦΑ. Η ομάδα απαρτίστηκε από δυο (2) Διπλωματούχους Χημικούς Μηχανικούς, δύο (2) Διπλωματούχους Μηχανολόγους Μηχανικούς (ο ένας κάτοχος ΜΔΕ) και δύο (2) Γεωλόγους-Γεωτεχνικούς (ο ένας κάτοχος διδακτορικού διπλώματος) .

Ιστορικό συνεργασιών: οι συμμετέχοντες διέθεταν εμπειρία σε συνεργασίες, υπεργολαβίες και κοινοπραξίες με άλλους εγχώριους ή ξένους τεχνικούς οργανισμούς ή ερευνητικά ινστιτούτα (π.χ. Αστεροσκοπείο Αθηνών, ΙΓΜΕ, ΕΛΚΕΘΕ, κλπ). Επίσης, αξιολογήθηκε και η συμμετοχή τους σε σχήματα μεταφοράς τεχνογνωσίας (ΚΤΤ) ή εκπαιδευτικά προγράμματα σε τεχνολογικές και επιστημονικές περιοχές με μικρή ανάπτυξη στην Ελλάδα (π.χ. τεχνολογίες ΥΦΑ, διάβρωση αγωγών ΦΑ, διοίκηση πολύπλοκων έργων, έλεγχος ολικής ποιότητας, κλπ).

7.4.5 Η μέθοδος Delphi- Ερωτηματολόγια

Για τη σύνταξη και διακίνηση των ερωτηματολογίων επιλέχθηκε η μέθοδος Delphi (Δελφοί). Η μέθοδος πρωτοεμφανίστηκε το 1953 από τη RAND Co, ως εργαλείο



F_1	Φυσικογεωγραφικός σχεδιασμός	E_1	όδευση αγωγού σ_0 -α-τ
F_2	Ασφάλεια	E_2	όδευση αγωγού σ_1 -α-τ
F_3	Περιβαλλοντική αποδοχή	E_3	όδευση αγωγού σ_2 -α-τ
F_4	Κόστος υλοποίησης	E_4	εγκατάσταση μονάδας ΥΦΑ
F_5	Απαιτήσεις τεχνογνωσίας		
F_6	Μεταφορά και διάχυση τεχνογνωσίας		
F_7	Κοινωνική αποδοχή		

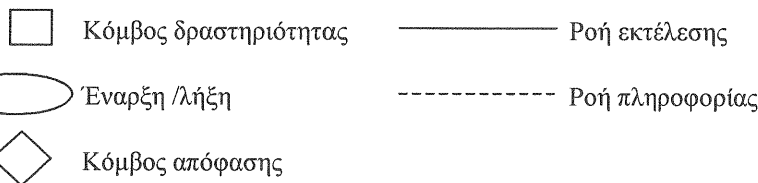
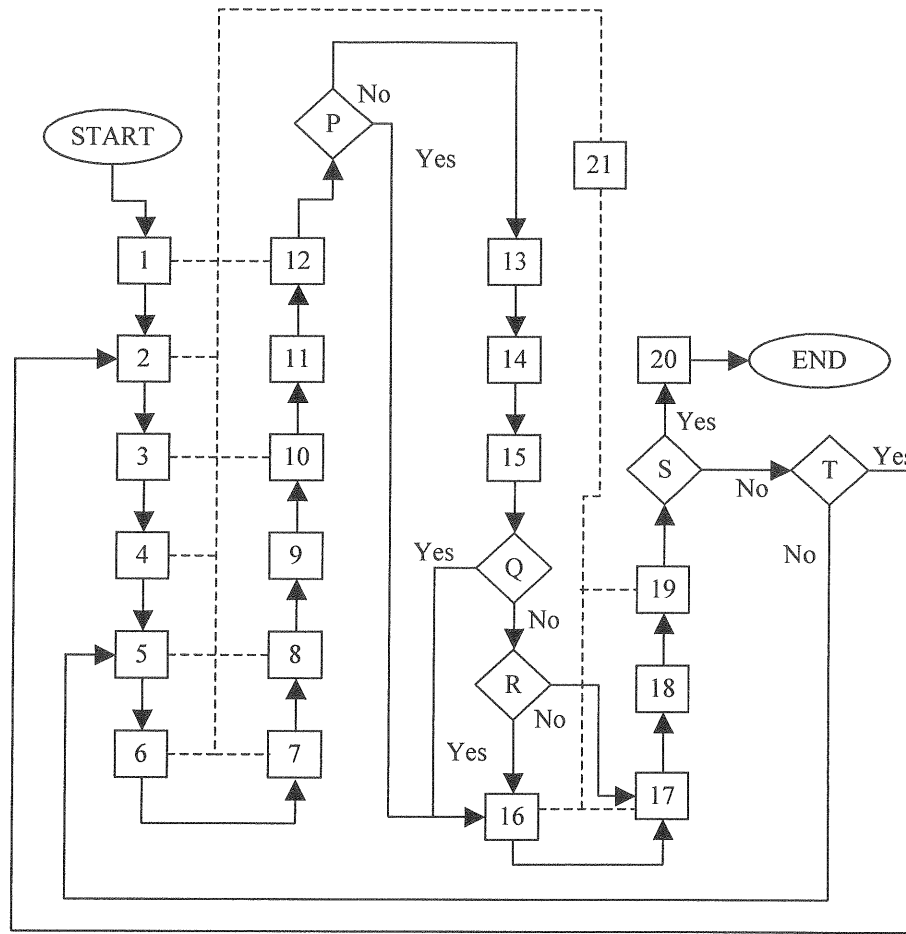
Σχήμα Σ-7.4 Δομή και διασυνδέσεις παραμέτρων πολυκριτηριακού συστήματος

τεχνολογικής πρόβλεψης (technological forecasting). Σκοπός της μεθόδου είναι η πρόβλεψη των καταστάσεων που ενδεχομένως θα επηρεάσουν την εξέλιξη των συστημάτων παραγωγής, υπό καθεστώς αυξανόμενης τεχνολογικής ανάπτυξης και βιομηχανικού ανταγωνισμού. Οι προβλέψεις της Delphi αποσκοπούν στην υποστήριξη της λήψης κρίσιμων επιχειρησιακών αποφάσεων από τους διοικητές/διαχειριστές των οργανισμών (Rigs, 1983; Batzias και Res, 2005).

Κύριο χαρακτηριστικό της μεθόδου είναι η συστηματική χρησιμοποίηση της εμπειρίας και της κρίσης των εμπειρογνομόνων. Αυτό επιτυγχάνεται με την ανώνυμη συμμετοχή ομάδας εμπειρογνομόνων των οργανισμών, οι οποίοι επιλέγονται να συμμετάσχουν στην αξιολόγηση ενός προβλήματος, συμπληρώνοντας κατάλληλα δομημένα ερωτηματολόγια. Η διακίνηση των ερωτηματολογίων μπορεί να γίνει σε δύο ή περισσότερους γύρους, ώστε να είναι εφικτή η αναθεώρηση των απόψεων κάθε εμπειρογνώμονα, στο βαθμό που άποψή τους πρέπει να συναρτάται με πληροφορίες, απόψεις και στοιχεία των υπολοίπων εμπειρογνομόνων της ομάδας. Οι τελικώς καταγεγραμμένες απόψεις, υφίστανται επεξεργασία με υπολογιστικές πολυκριτηριακές μεθόδους. Τα μαθηματικά εξαγόμενα των προβλέψεων θέτονται στην κρίση των διοικητών για περαιτέρω λήψη των απαιτούμενων αποφάσεων. Στο σχήμα Σ-7.5, παρουσιάζεται, υπό μορφή διαγράμματος ροής, η γενική διαδικασία ανάπτυξης της μεθόδου (Batzias και Res, 2005). Η μέθοδος Delphi παρουσιάζεται ως ιδιαίτερα δημοφιλής στη βιβλιογραφία, σε μεγάλο φάσμα εφαρμογών, είτε ως αυτόνομη μέθοδος αξιολόγησης, είτε ως εργαλείο εξαγωγής στοιχείων σε συνδυασμό με άλλες μεθόδους MCDA. Μεταξύ πολλών και αξιόλογων δημοσιεύσεων, αναφέρεται χαρακτηριστικά, ως ιδιαίτερα κατατοπιστική σε επίπεδο επιστημονικής έρευνας, η ογκώδης εργασία των Linstone et al., (2002) (διαθέσιμη στο διαδίκτυο). Στο περιεχόμενο της εργασίας, παρουσιάζονται διεξοδικά οι επί μέρους παραλλαγές και μεθοδολογικές εξειδικεύσεις της μεθόδου.

Η μέθοδος Delphi παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον από άποψη ΔΓ, η δεδομένου ότι μέσω αυτής, οι ενδόμυχες κρίσεις και εμπειρίες των εμπειρογνομόνων, δηλαδή η κατακτημένη άρρητη γνώση τους, μετασχηματίζεται σε ποιοτικά και ποσοτικά δεδομένα. Συνεπώς, η μέθοδος επιτρέπει αντικειμενικοποίηση της άρρητης γνώσης με συστηματικό τρόπο, μέσω διακριτών λειτουργιών που διεξάγονται εντός ή/και στο ευρύτερο περιβάλλον συνεργασιών που συνάπτονται στο περιβάλλον των έργων που εκπονεί μια ΕΣΜ. Στην παρούσα διατριβή η μέθοδος Delphi εφαρμόστηκε μέσω ερωτηματολογίων (ως εργαλείο απόσπασης άρρητης γνώσης από εμπειρογνώμονες) σε δύο γύρους. Τα ερωτηματολόγια συντάχθηκαν βάσει των εξής κανόνων:

1. Ο πρώτος γύρος αποσκοπεί στην κατανόηση του αντικείμενου της πολυκριτηριακής έρευνας και την καταρχήν ποσοτική αξιολόγηση (κανονικοποιημένη βαθμολόγηση) του μέσου βάρους W_i κάθε κριτηρίου F_i ($i=1,..7$).
2. Ο δεύτερος γύρος αποσκοπεί στην προαιρετική βελτίωση της αρχικής βαθμολογίας των τιμών W_i από κάθε εμπειρογνώμονα και στην βαθμολόγηση των τεσσάρων εναλλακτικών οδεύσεων μεταφοράς E_1, E_2, E_3 και E_4 .
3. Στη βαθμολόγηση κριτηρίων και εναλλακτικών οδεύσεων, ζητήθηκε ο προσδιορισμός του άνω και κάτω ορίου (σε %) του διαστήματος αβεβαιότητας ($W_i+a\%$ άνω όριο και $W_i-k\%$ κάτω όριο, που συνοδεύει την εκτίμηση κάθε εμπειρογνώμονα. Η ποσοτικοποίηση της αβεβαιότητας χρησιμοποιήθηκε στη φάση της επεξεργασίας των



- | | |
|---|---|
| 1 Καθορισμός προβλήματος | 14 Διανομή ερωτηματολογίου 3ου γύρου και συλλογή απαντήσεων |
| 2 Προσδιορισμός παραμέτρων και μεταβλητών | 15 Επεξεργασία απαντήσεων 3ου γύρου |
| 3 Προσδιορισμός απαιτούμενης εμπειρίας | 16 Σύνθεση τελικών συμπερασμάτων |
| 4 Εκτίμηση μεγέθους ομάδας εμπειρογνομώνων | 17 Προετοιμασία μετα-Delphi ερωτηματολογίου |
| 5 Επιλογή εμπειρογνομώνων | 18 Διανομή μετα-Delphi ερωτηματολογίου και συλλογή απαντήσεων |
| 6 Προετοιμασία προκαταρκτικού ερωτηματολογίου | 19 Επεξεργασία απαντήσεων και αξιολόγηση της όλης διαδικασίας |
| 7 Διανομή προκαταρκτικού ερωτηματολογίου και συλλογή απαντήσεων | 20 Προετοιμασία/παρουσίαση της τελικής έκθεσης |
| 8 Επεξεργασία απαντήσεων και προετοιμασία του του κανονικού ερωτηματολογίου | 21 (Ανα)σχεδιασμός/εμπλουτισμός βάσης γνώσης |
| 9 Διανομή κανονικού ερωτηματολογίου και συλλογή απαντήσεων | P Έχει επιτευχθεί συναίνεση ; |
| 10 Επεξεργασία απαντήσεων 1ου γύρου και προετοιμασία επόμενου ερωτηματολογίου | Q Έχει επιτευχθεί συναίνεση ; |
| 11 Διανομή ερωτηματολογίου 2ου γύρου και συλλογή απαντήσεων | R Έχει εξαχθεί διευκρίνιση ; |
| 12 Επεξεργασία απαντήσεων 2ου γύρου | S Έχει εξαχθεί διευκρίνιση ; |
| 13 Προετοιμασία επόμενου ερωτηματολογίου | T Ήταν η ανταπόκριση των εμπειρογνομώνων η αναμενόμενη ; |

Σχήμα Σ-7.5 Διαδικασία μεθόδου Delphi (Batzias και Res, 2005)

αποτελεσμάτων και τη διερεύνηση της ασάφειας της αντικειμενικοποιημένης γνώσης, ως παραμέτρου επηρεασμού της τελικής αξιολόγησης των εναλλακτικών οδούσεων.

Οι λόγοι για τους οποίους επιλέχθηκε η μέθοδος Delphi είναι οι εξής:

- (i) Η επιλογή μιας μεθόδου, ευρέως αποδεκτής σε συναφείς έρευνες τεχνολογικής πρόβλεψης και λήψης αποφάσεων, συνιστά παράγοντα αποδοχής της στο πλαίσιο και της παρούσας έρευνας.
- (ii) Η ανωνυμία και εμπιστευτικότητα που τηρείται κατά τη διακίνηση και συμπλήρωση των ερωτηματολογίων, επιτρέπει την ανεπηρέαστη έκφραση άποψης κάθε εμπειρογνώμονα, αυξάνοντας έτσι την αντικειμενικότητα των απαντήσεων.
- (iii) Ο φορμαλισμός των ερωτηματολογίων δίνει τη δυνατότητα δόμησης και παρουσίασης των ποσοτικών δεδομένων με τρόπο συμβατό προς τις απαιτήσεις επεξεργασίας τους από το υπολογιστικό μοντέλο της μεθόδου MCDA.
- (iv) Η εμπειρία σύνταξης των ερωτηματολογίων, δίνει επίσης τη δυνατότητα δόμησης παρόμοιων ερωτηματολογίων, που ενδεχομένως θα χρειαστούν σε μια ΕΣΜ για την αντιμετώπιση παρόμοιων πολυκριτηριακών ερευνών, σε άλλα συναφή έργα.

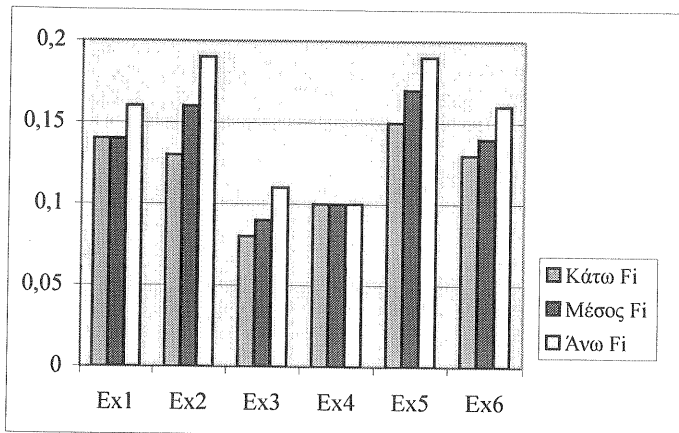
Μετά τη διεξαγωγή του 1ου γύρου, οι κανονικοποιημένες βαθμολογίες των κριτηρίων μετατράπηκαν σε ποσοστιαίες τιμές. Βάσει των τιμών, αυτών εξήχθησαν οι ποσοστιαίοι μέσοι όροι για κάθε ομάδα $n-1$ εμπειρογνομόνων, οι οποίοι ενσωματώθηκαν στο ερωτηματολόγιο του 2ου γύρου, ως υλικό βάσης για την αναθεώρηση της άποψης κάθε εμπειρογνώμονα. Μετά την ολοκλήρωση του 2ου γύρου προέκυψαν οι τελικές τιμές της βαθμολογίας των κριτηρίων για κάθε εμπειρογνώμονα αλλά και ο μέσος όρος. Στην ομάδα σχημάτων Σ-7.6.1 έως Σ-7.6.8 παρουσιάζονται τα τελικά ποσοστιαία αποτελέσματα, όπου με Ex1, Ex2, Ex3, Ex4, Ex5 Ex6 και Ex7 αντιστοιχούνται οι εμπειρογνώμονες. Οι στήλες που βρίσκονται πάνω από κάθε εμπειρογνώμονα εκπροσωπούν τις τελικές βαθμολογίες των κριτηρίων. Το MOFi στα δεξιά κάθε διαγράμματος, εκφράζει την άνω, κάτω και μέση τιμή του τελικού μέσου όρου των εμπειρογνομόνων για το συγκεκριμένο κριτήριο.

Οι τιμές του άνω και κάτω ορίου, εκφράζουν ποσοστά άνω και κάτω απόκλισης από την μέση τιμή κάθε κριτηρίου. Για παράδειγμα, η ερμηνεία μιας τριάδας τιμών Κάτω-Fi=12%, Μέσος-Fi=15%, Άνω-Fi=10%, έχει ως εξής:

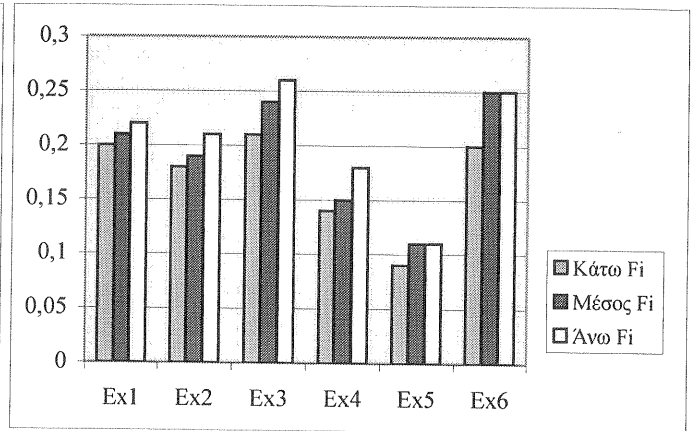
- Μέσος-Fi=Wi=15% (τιμή κριτηρίου)	→	Μέσο-Fi
- Κάτω- Fi=Wi ⁽⁻⁾ =(15%)-(15%)*(12%)=(13,2%)	→	Κάτω-Fi
- Άνω- Fi=Wi ⁽⁺⁾ =(15%)+(15%)*(10%)=(16,5%)	→	Άνω-Fi

Στην ομάδα σχημάτων Σ-7.7.1 έως και Σ-7.7.8 παρουσιάζονται τα τελικά ποσοστιαία αποτελέσματα, άνω κάτω και μέσης τιμής των εναλλακτικών E1, E2, E3 και E4 ανά εμπειρογνώμονα και ανά κριτήριο αξιολόγησης. Ο όρος MOAij, εκφράζει αντίστοιχα την άνω, κάτω και μέση τιμή, του μέσου όρου των βαθμολογιών (επιδόσεων), για κάθε εναλλακτική όδευση. Οι τιμές του άνω και κάτω ορίου, εκφράζονται ως ποσοστά άνω και κάτω απόκλισης από την μέση τιμή κάθε εναλλακτικής.

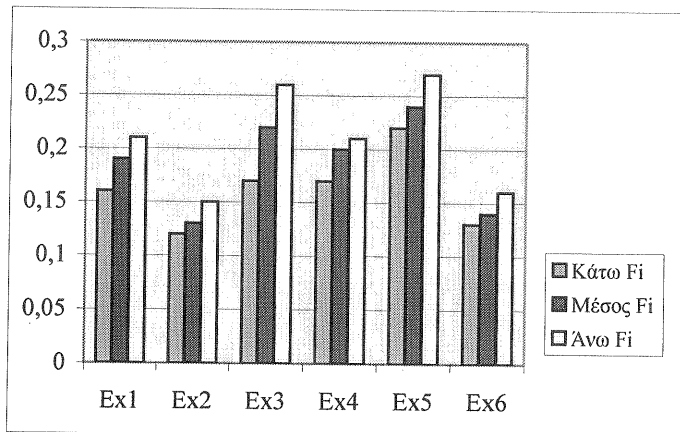
Τα ποσοτικά στοιχεία του 1ου και 2ου γύρου, σε μορφή πίνακα, αποτέλεσαν δεδομένα εισόδου στην πολυκριτηριακή μέθοδο ανάλυσης PROMETHHE-II, η περιγραφή της οποίας ακολουθεί στη συνέχεια, ως εργαλείο ανάλυσης της γνώσης.



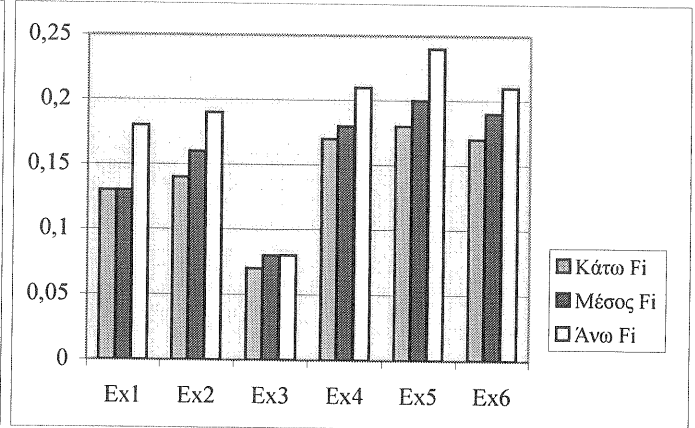
Σχήμα Σ-7.6.1 Τελική βαθμολογία κριτηρίου F_1



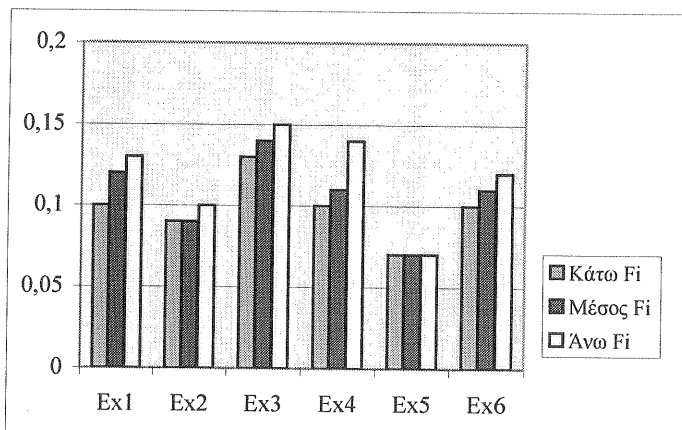
Σχήμα Σ-7.6.2 Τελική βαθμολογία κριτηρίου F_2



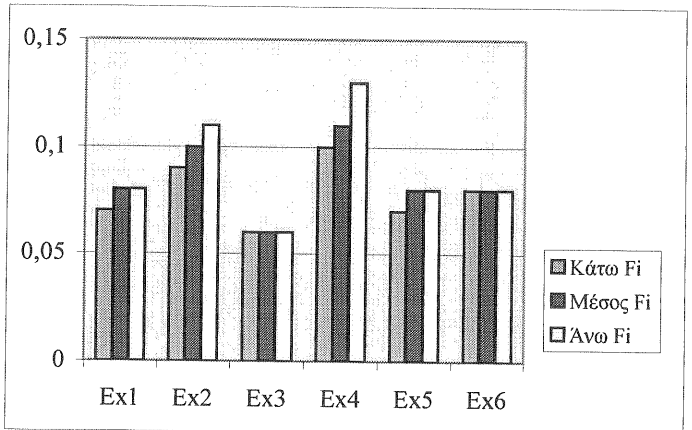
Σχήμα Σ-7.6.3 Τελική βαθμολογία κριτηρίου F_3



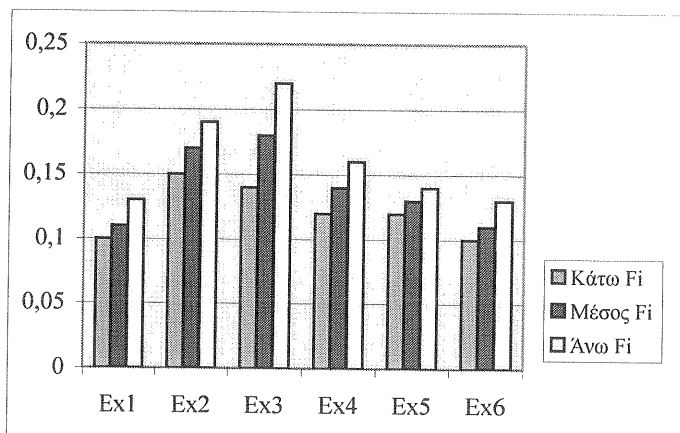
Σχήμα Σ-7.6.4 Τελική βαθμολογία κριτηρίου F_4



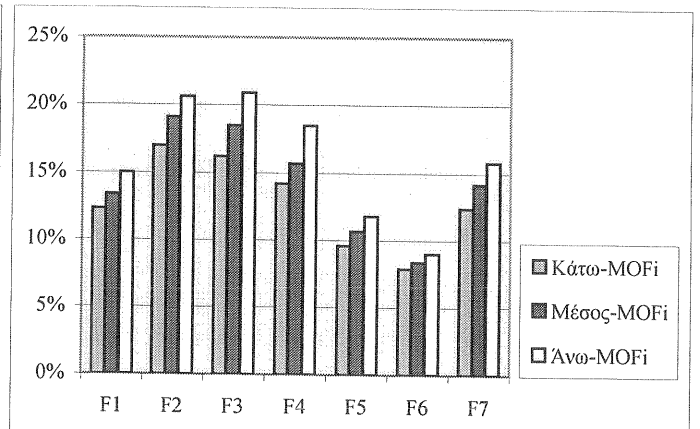
Σχήμα Σ-7.6.5 Τελική βαθμολογία κριτηρίου F_5



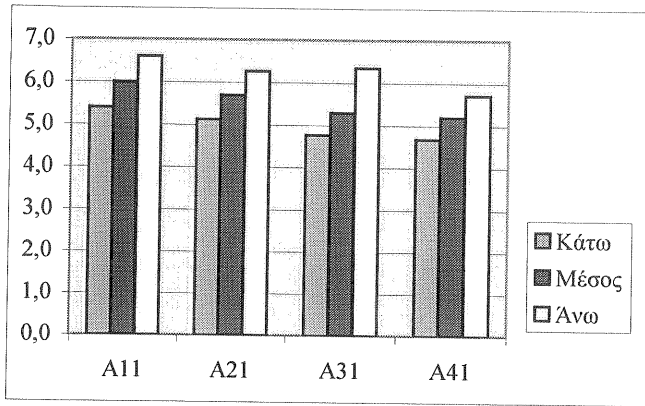
Σχήμα Σ-7.6.6 Τελική βαθμολογία κριτηρίου F_6



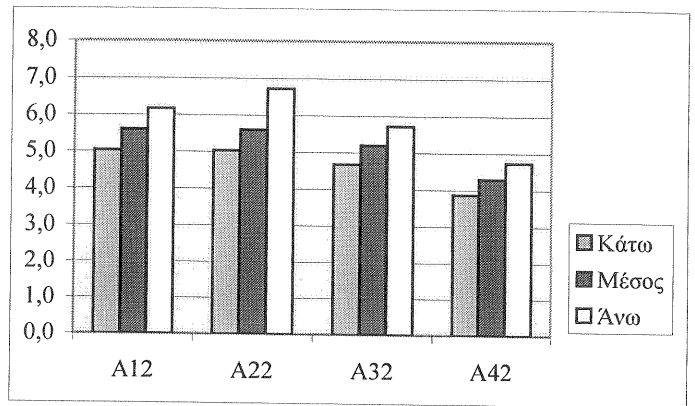
Σχήμα Σ-7.6.7 Τελική βαθμολογία κριτηρίου F_7



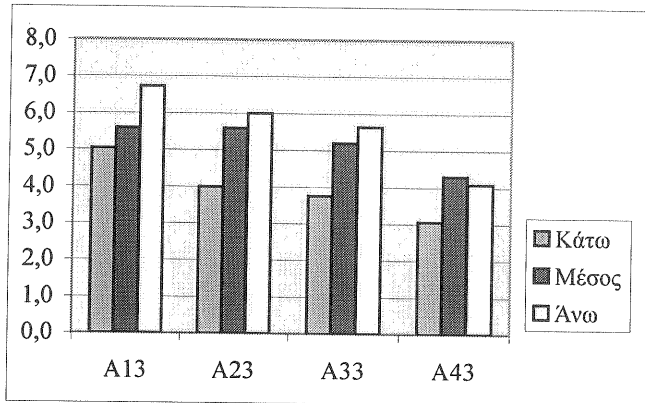
Σχήμα Σ-7.6.8 Μέσος όρος βαθμολογίας κριτηρίων: MOFi



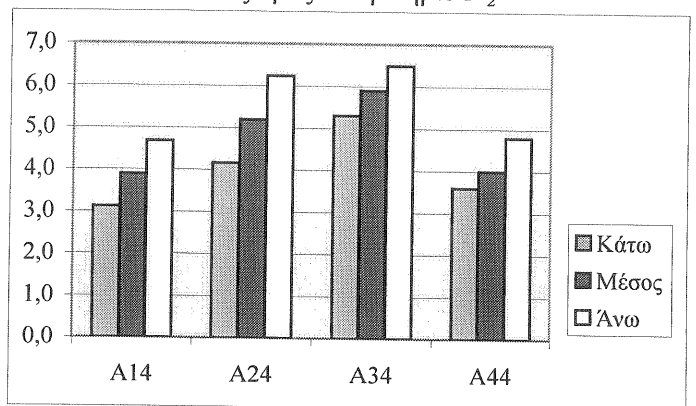
Σχήμα Σ-7.7.1 Βαθμολογία εναλλακτικών οδεύσεων ως προς το κριτήριο F_1



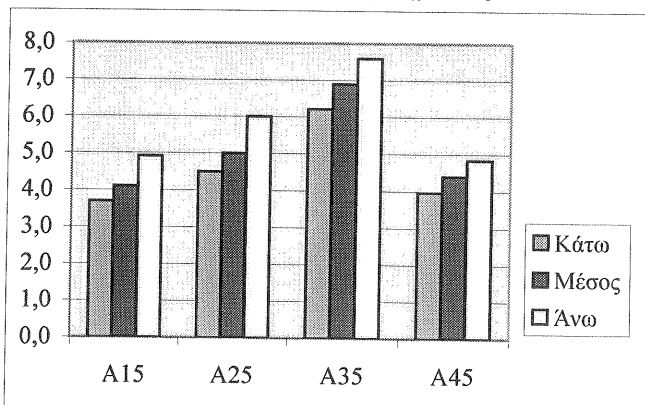
Σχήμα Σ-7.7.2 Βαθμολογία εναλλακτικών οδεύσεων ως προς το κριτήριο F_2



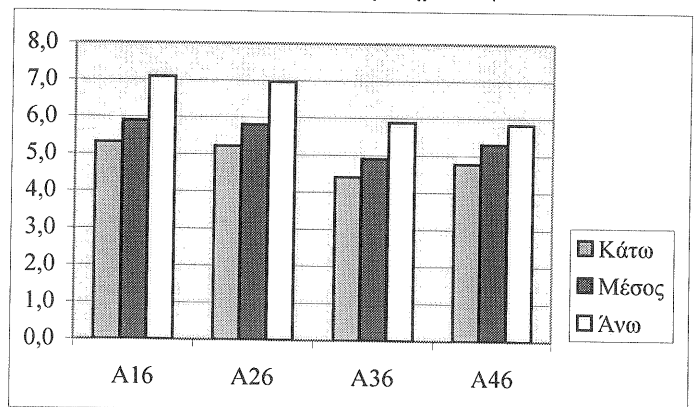
Σχήμα Σ-7.7.3 Βαθμολογία εναλλακτικών οδεύσεων ως προς το κριτήριο F_3



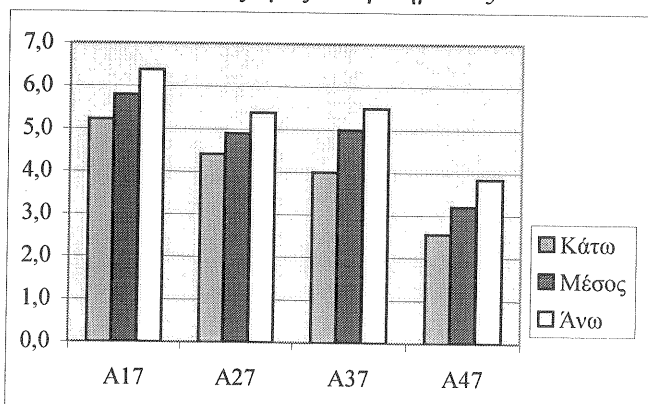
Σχήμα Σ-7.7.4 Βαθμολογία εναλλακτικών οδεύσεων ως προς το κριτήριο F_4



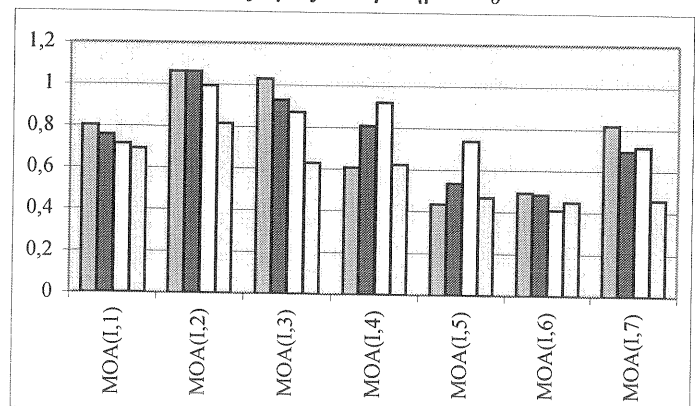
Σχήμα Σ-7.7.5 Βαθμολογία εναλλακτικών οδεύσεων ως προς το κριτήριο F_5



Σχήμα Σ-7.7.6 Βαθμολογία εναλλακτικών οδεύσεων ως προς το κριτήριο F_6



Σχήμα Σ-7.7.7 Βαθμολογία εναλλακτικών οδεύσεων ως προς το κριτήριο F_7



Σχήμα Σ-7.7.8 Μέσοι όροι εναλλακτικών MOA(i,j) ως προς κάθε κριτήριο $F_j \mid i=1, \dots, 4$

7.5 Ανάλυση της γνώσης: η μέθοδος PROMETHEE-II

Το πρόβλημα της πολυκριτηριακής ανάλυσης διαμορφώνεται ως εξής: έστω ότι για την επίλυση ενός προβλήματος αξιολόγησης υπάρχουν πολλές εναλλακτικές λύσεις E_1, E_2, \dots, E_n οι οποίες συνιστούν το διάνυσμα εισόδου $K = \{E_1, E_2, \dots, E_n \mid n \in N\}$ όπου N το σύνολο των φυσικών αριθμών. Αν υπάρχουν m το πλήθος κριτήρια αξιολόγησης τα $F_1, F_2, \dots, F_m \mid m \in N$, τέτοια ώστε:

$$\forall F_i \mid i=1, \dots, n \wedge \forall E_j \mid j=1, \dots, m \Rightarrow \exists A_{ij} = F_i(E_j) \in R,$$

όπου R το σύνολο των πραγματικών αριθμών και $A_{ij} = F_i(E_j)$ η επίδοση της λύσης E_j ως προς το κριτήριο F_i , τότε είναι εφικτή η κατάρτιση του διανύσματος:

$$\{A_{1j}=F_1(E_j), A_{2j}=F_2(E_j), \dots, A_{mj}=F_m(E_j)\}.$$

Το πολυκριτηριακό πρόβλημα συνίσταται στην εύρεση, για κάθε εναλλακτική, του διανύσματος:

$$\text{Max} \{F_i(E_j), F_i(E_j), \dots, F_m(E_j)\} \mid j=1, \dots, n \quad [\text{E-7.1}]$$

Στο σχήμα Σ-7.8 απεικονίζονται οι προαναφερόμενες παράμετροι και η θέση τους στη γενική διάρθρωση της πολυκριτηριακής μήτρας. Η εύρεση του Max που αντιπροσωπεύεται από την [E-7.1] αποτελεί και τη λύση του πολυκριτηριακού προβλήματος. Η συνάρτηση των κριτηρίων αντιπροσωπεύει απεικόνιση του συνόλου K στο σύνολο των πραγματικών αριθμών R :

$$F : K \rightarrow R$$

Η διαδικασία επίλυσης του προβλήματος αποτελείται από δύο βήματα:

1. Την κατάρτιση της πολυκριτηριακής μήτρας $[K \times T]$, της οποίας κάθε στοιχείο A_{ij} απεικονίζει την επίδοση της εναλλακτικής λύσης E_j ως προς το κριτήριο F_i και,
2. Την τελική κατάταξη (*outranking*) των εναλλακτικών λύσεων E_1, E_2, \dots, E_n σύμφωνα με ένα σύνολο προκαθορισμένων κανόνων.

Η τυπική λύση του πολυκριτηριακού προβλήματος, είναι η εύρεση της προτίμησης της εναλλακτικής λύσης E_j , η a_{ij} , δίνεται από το άθροισμα των τιμών $A_{ij}=F_i(E_j)$, οι οποίες έχουν προηγουμένως πολλαπλασιαστεί με την αντίστοιχη τιμή W_i του διανύσματος των βαρών των επί μέρους κριτηρίων:

$$a_{ij} = \sum_{i=1}^m F_i(E_j) \cdot W_i = \sum_{i=1}^m A_{ij} \cdot W_i \quad [\text{E-7.2}]$$

Για τα βάρη W_i ισχύουν οι ακόλουθοι περιορισμοί:

$$(α) \sum_{i=1}^m W_i = 1 \quad \text{και} \quad (β) \quad W_i \in (0, 1) \mid \forall i = 1, 2, \dots, m \quad [E-7.3]$$

Η μέγιστη τιμή α_{ij} , ως η μεγαλύτερη που προκύπτει από τη κατάταξη μεταξύ των n το πλήθος εναλλακτικών, εκπροσωπεί την λύση του πολυκριτηριακού προβλήματος. Όμως, τα αθροίσματα α_{ij} υπερκαλύπτουν επιμέρους διαφορές μεταξύ των εναλλακτικών λύσεων που είναι χρήσιμες για την ανάλυση ευαισθησίας και τον προσδιορισμό της ευρωστίας (robustness) τόσο της τελικά προκρινόμενης λύσης, όσο και οποιασδήποτε λύσης για την οποία θα θέλαμε να διαπιστώσουμε το εύρος (διαφορές) των τιμών (των ανεξάρτητων-ερμηνευτικών μεταβλητών και παραμέτρων), οι οποίες δεν επηρεάζουν τη θέση της εξεταζόμενης λύσης στην τελική κατάταξη.

Μελετήθηκαν διάφορες μέθοδοι MCDA που συμβάλλουν στην επισήμανση του ρόλου των διαφορών αυτών μεταξύ εναλλακτικών λύσεων E_j και E_k ($i \neq j$), αποκαλύπτοντας την μη-συγκρισιμότητα ($E_j R E_k$) και την ασθενή προτίμηση ($E_j Q E_k$) μεταξύ των εναλλακτικών λύσεων E_j και E_k , πέραν της ισχυρής προτίμησης ($E_j P E_k$) και της αδιαφορίας ($E_j I E_k$) που έδιναν ως αποτέλεσμα οι παλαιότερες μέθοδοι. Μεταξύ των μεθόδων που μελετήθηκαν ως οι πλέον κατάλληλες, επιλέχθηκε η μέθοδος PROMETHEE (Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluations) που παρουσιάστηκε με ολοκληρωμένο τρόπο στις εργασίες των Brans και Vincke (1985) και Brans et al., (1986). Η μέθοδος προτιμήθηκε λόγω της σαφήνειας, απλότητας, ευστάθειας και αξιοπιστίας που τη διακρίνουν. Επί πλέον λόγος της επιλογής είναι ότι έχει δομηθεί ως αυτοτελές πρόγραμμα Η/Υ, που χρησιμοποιήθηκε με επιτυχία: (i) στην εκπόνηση διπλωματικών εργασιών και (ii) στη διεξαγωγή ερευνητικών έργων του Εργαστηρίου Προσομοίωσης Βιομηχανικών Διεργασιών του Πανεπιστημίου Πειραιώς, οι οποίες οδήγησαν στη δημοσίευση αντίστοιχων επιστημονικών εργασιών. Για παράδειγμα, αναφέρονται οι εργασίες των Fotilas και Batzias (2008) σχετικά με τις διεργασίες ανοδίωσης του αλουμινίου, των Fotilas και Batzias (2007) που αναδεικνύει τη συγκριτική αξιολόγηση της τεχνοοικονομικής επάρκειας των βιομηχανικών διεργασιών σε επίπεδο σχεδιασμού και ανασχεδιασμού της βιομηχανίας και των Batzias και Batzias (2003) που εστιάζεται στην έρευνα του τομέα της ελληνικής βυρσοδεψίας, σε περιβάλλον αυξανόμενου ανταγωνισμού.

Η μέθοδοι PROMETHEE-I και PROMETHEE-II βασίζονται στην ποσοτικοποίηση της σύγκρισης μεταξύ των εναλλακτικών λύσεων $E_1, E_2, \dots, E_n \mid n \in N$, σε σχέση με το κριτήριο F_i ως προς το οποίο επιχειρείται η δεδομένη σύγκριση. Η σύγκριση επιτυγχάνεται με την εισαγωγή της *συνάρτησης προτίμησης* (*preference function*) που εκφράζεται ως βαθμωτή συνάρτηση $P=H(d) \in [0, 1]$, όπου d είναι η διαφορά της αξιολόγησης μεταξύ των εναλλακτικών λύσεων E_j, E_k ως προς κάθε επί μέρους κριτήριο. Αν E_j, E_k είναι δύο εναλλακτικές, τότε ισχύει:

$$H(d) = \begin{cases} P(E_j, E_k), d \geq 0, i \neq j \wedge i, j \in N & [E-7.4] \\ P(E_k, E_j), d \leq 0, i \neq j \wedge i, j \in N & [E-7.5] \end{cases}$$

Στις μεθόδους PROMETHEE-I και II, ο δείκτης προτίμησης υπακούει στις ακόλουθες σχέσεις:

$$P(E_j, E_k) \in [0, 1], j, k, = 1, 2, \dots, n \mid n \in N \quad [E-7.6]$$

$$P(E_j, E_k)=0 \Rightarrow \text{καμία προτίμηση μεταξύ } E_j \text{ και } E_k \quad [E-7.7]$$

$$P(E_j, E_k) \cong 0 \Rightarrow \text{ασθενής προτίμηση της } E_j \text{ έναντι της } E_k \quad [E-7.8]$$

$$P(E_j, E_k) \cong 1 \Rightarrow \text{ισχυρή προτίμηση της } E_j \text{ έναντι της } E_k \quad [E-7.9]$$

$$P(E_j, E_k)=1 \Rightarrow \text{απόλυτη προτίμηση της } E_j \text{ έναντι της } E_k \quad [E-7.10]$$

Στο σχήμα Σ-7.9 παρουσιάζεται η γενική μορφή της συνάρτησης $H(d)$. Η συνάρτηση $H(d)$ χαρακτηρίζεται από έξι διαφορετικούς τύπους γενικευμένων μαθηματικών κριτηρίων που είναι: το σύνθηδες, το σχεδόν κριτήριο, το κριτήριο γραμμικής προτίμησης, το κριτήριο επιπέδου, το κριτήριο με γραμμική προτίμηση και αδιάφορη περιοχή και το κριτήριο Gauss (Brans et al., 1986). Στο παρόν υποσύστημα, ως γενικευμένο κριτήριο, χρησιμοποιήθηκε η γραμμική συνάρτηση. Η έννοια του γενικευμένου κριτηρίου χρησιμοποιήθηκε, για την επιδιωκόμενη κατάταξη, υπό τη μορφή του δείκτη προτίμησης $\Pi(E_j, E_k)$ ως σταθμισμένη (κεντροβαρική) μέση τιμή της συνάρτησης προτίμησης P_i . Η P_i ποσοτικοποιεί την προτίμηση της εναλλακτικής λύσης E_j έναντι της E_k , λαμβάνοντας υπόψη όλα τα κριτήρια, βάσει ενός δείκτη που ονομάζεται πολυκριτηριακός δείκτης προτίμησης και ορίζεται ως εξής:

$$\Pi(E_j, E_k) = \frac{\sum_{i=1}^m W_i \cdot P(E_j, E_k)}{\sum_{i=1}^m w_i} \quad [E-7.11]$$

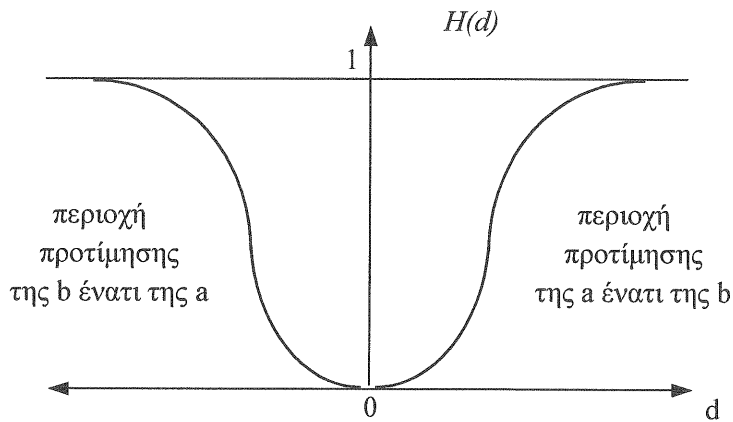
Οι παράμετροι της συνάρτησης $H(d)$ είναι αφενός μεν ένα όριο αδιαφορίας q , που ταυτίζεται με την μέγιστη τιμή της d , κάτω της οποίας υπάρχει αδιαφορία, αφετέρου δε ένα όριο προτίμησης p , που ταυτίζεται με την ελάχιστη τιμή της d , άνω της οποίας υπάρχει αυστηρή/πλήρης προτίμηση. Το διάστημα τιμών της d μεταξύ q και p θεωρείται ότι ανήκει στην περιοχή ασθενούς προτίμησης, η οποία είναι τόσο (αναλογικά) ασθενέστερη όσο πλησιέστερα είναι η τιμή της d προς την q (σχήμα Σ-7.10).

Με όρους τοπολογίας, οι τιμές του δείκτη προτίμησης μπορούν να παρασταθούν ως γράφημα, όπου οι κόμβοι αντιπροσωπεύουν το σύνολο των εναλλακτικών λύσεων. Αθροίζοντας τα στοιχεία κάθε σειράς της προκύπτουσας πολυκριτηριακής μήτρας συσχέτισης (διπλής εισόδου) λαμβάνεται η ροή εξόδου από κάθε κόμβο, η οποία είναι μέτρο της υπεροχής του έναντι των υπολοίπων εναλλακτικών. Αντίστροφα, αθροίζοντας τα στοιχεία κάθε στήλης, λαμβάνεται η ροή εισόδου σε κάθε κόμβο, η οποία δείχνει κατά πόσον υπολείπεται έναντι των άλλων εναλλακτικών. Υπολογίζοντας τις ροές εξόδου και εισόδου, καθώς και το γεγονός ότι όσο υψηλότερη η πρώτη και όσο χαμηλότερη η δεύτερη, τόσο καλύτερη (δηλ. υψηλότερα στην τελική κατάταξη) η εξεταζόμενη εναλλακτική λύση, λαμβάνεται η μερική κατάταξη (*Partial Preorder of Alternatives, PRA*) PROMETHEE-I. Η εισερχόμενη ροή εκφράζεται από τη σχέση:

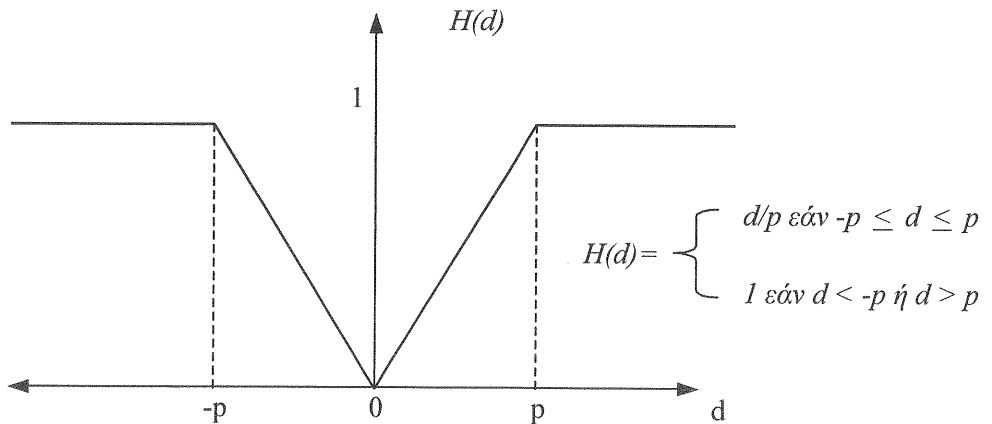
m Κριτήρια
 n Εναλλακτικές οδούσεις

Κριτήρια	Βάρη	E_1	E_2	E_n
F_1	W_1	A_{11}	A_{21}	$\dots A_{m1}$
F_2	W_2	A_{12}	A_{22}	$\dots A_{m2}$
\cdot	\cdot	\cdot	\cdot	\cdot
\cdot	\cdot	\cdot	\cdot	\cdot
\cdot	\cdot	\cdot	\cdot	\cdot
F_m	W_m	A_{m1}	A_{m2}	$\dots A_{mn}$

Σχήμα Σ-7.8 Διάρθρωση Πολυκριτηριακής μήτρας



Σχήμα Σ-7.9 Γενική μορφή συνάρτησης $H(d)$



Σχήμα Σ-7.10 Κριτήριο γραμμικής προτίμησης

$$\Phi^{(-)} = \sum_{\forall E_j \in K} \Pi(E_j, E_k) \quad [E-7.12]$$

ενώ η εξερχόμενη:

$$\Phi^{(+)} = \sum_{\forall E_j \in K} \Pi(E_k, E_j) \quad [E-7.13]$$

Αν και η PRA φέρει πληροφορία ανώτερου επιπέδου (information granularity level), υπάρχουν περιπτώσεις όπου απαιτείται μόνον η συνολική κατάταξη (Total Preorder of Alternatives, TRA) PROMETHEE II, προκειμένου να αποφευχθεί η εμφάνιση μη-συγκρίσιμων εναλλακτικών λύσεων. Η TRA λαμβάνεται θεωρώντας μόνον το διανυσματικό άθροισμα εκροών/εισροών, δηλαδή την καθαρή ροή κάθε κόμβου του γραφήματος, που εκφράζεται από τη σχέση:

$$\Phi(E_j) = \Phi^{(+)}(E_j) - \Phi^{(-)}(E_j) \mid \forall E_j \in K \quad [E-7.14]$$

Συνεπώς, προτίμηση της E_j έναντι της E_k υπάρχει όταν $\Phi(E_j) > \Phi(E_k)$ δηλαδή $E_j P E_k$, ενώ αδιαφορία μεταξύ τους όταν $\Phi(E_j) = \Phi(E_k)$, όταν δηλαδή, $E_j I E_k$.

Η παραπάνω μέθοδος τροποποιήθηκε με την εισαγωγή ασαφών συνόλων για την απεικόνιση ασαφών αριθμών. Σκοπός αυτής της τροποποίησης είναι να ληφθεί υπόψη η αβεβαιότητα που υπεισέρχεται στην εκτίμηση των τιμών του διανύσματος των βαρών και της πολυκριτήριακής μήτρας, λόγω της ασάφειας των απαντήσεων των εμπειρογνομόνων οι οποίοι αξιολόγησαν τα πολυκριτηριακά μεγέθη με διαστήματα αβεβαιότητας. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω των άνω, μέσων και κάτω τιμών των βαρών και των εναλλακτικών οδύσεων, οι οποίες αποτυπώνονται στα ερωτηματολόγια με τις απαντήσεις των εμπειρογνομόνων.

Οι ασαφείς αριθμοί γράφονται με τη συνήθη L-R μορφή (ή m, a, b), όπου L, R, το αριστερό (a) και δεξιό (b) πλάτος τιμών ως προς την τιμή (m) της ανεξάρτητης/ερμηνευτικής μεταβλητής, για την οποία ο βαθμός συμμετοχής (membership degree) ισούται με τη μονάδα. Οι αριθμητικές πράξεις βασίστηκαν στην κλασική άλγεβρα των ασαφών αριθμών που θεμελίωσαν οι Dubois και Prade (1978).

Το λογισμικό που αναπτύχθηκε για τη μέθοδο PROMETHEE-II, περιλαμβάνει τις βασικές μεθόδους απασαφοποίησης/κατάταξης ασαφών αριθμών για την εξαγωγή των τελικών PRA και TRA αποτελεσμάτων και την ανάλυση ευαισθησίας ως προς κάθε κριτήριο. Η ανάλυση ευαισθησίας που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα διατριβή βασίζεται σε εργασία των Tseng και Klein (1989). Σύμφωνα με αυτήν, η σύγκριση της θέσης των σχημάτων παριστούν γεωμετρικά τους ασαφείς αριθμούς, ενώ η ποσοτικοποίηση επιτυγχάνεται μέσω των αντίστοιχων εμβαδών. Ειδικότερα, αφού εξαλειφθεί το κοινό εμβαδόν, συγκρίνονται τα εμβαδά υπεροχής/έλλειψης, τα οποία αθροίζονται αλγεβρικά και δίνουν τελικά έναν απλό αριθμητικό (crisp) δείκτη κανονικοποιημένο, ώστε να διατηρείται η συγκρισιμότητα. Διευκρινίζεται, ότι η μέθοδος αυτή για τραπεζοειδείς ασαφείς αριθμούς, δεν βασίζεται σε απασαφοποίηση (defuzzification) μεμονωμένων αριθμών, αλλά στην

κατά ζεύγη σύγκριση κόμβων (pair wise comparison), με αποτέλεσμα να αποδεικνύεται εξαιρετικά χρήσιμη στην FMCA (Fuzzy Multi-Criteria Analysis), ιδιαίτερα με την μορφή που χρησιμοποιείται στην παρούσα διατριβή και στις αντίστοιχες επιστημονικές δημοσιεύσεις που έχουν προκύψει από αυτήν.

7.6 Ερμηνεία αποτελεσμάτων μεθόδου PROMETHE-II

Η διαδικασία εξαγωγής αποτελέσματος ακολουθεί δύο φάσεις. Κατά την πρώτη, δημιουργείται η πολυκριτηριακή μήτρα από τους μέσους όρους των αξιολογήσεων που πραγματοποιούν οι εμπειρογνώμονες για κάθε κριτήριο και για κάθε εναλλακτική λύση, όπως απεικονίστηκαν στα διαγράμματα της προηγούμενης παραγράφου. Παράλληλα απεικονίζονται οι τελικοί μέσοι όροι όλων των κριτηρίων καθώς επίσης και οι επιδόσεις του τελικού μέσου όρου κάθε εναλλακτικής ως προς το μέσο όρο κάθε κριτηρίου με εφαρμογή του της σχέσης [E-7.2] (πίνακες Π-7.1.α, Π-7.1.β και Π-7.2). Η εφαρμογή της σχέσης [E-7.2] και των επί μέρους αθροισμάτων για κάθε εναλλακτική, εκφράζει στην πραγματικότητα υλοποίηση της πολυκριτηριακής μεθόδου *SMART* (*Simple Multi-Attribute Rating Method*) που είναι η απλούστερη των μεθόδων του είδους. Πρωτοεμφανίστηκε στο χώρο των επιχειρησιακών τεχνικών αξιολόγησης-λήψης αποφάσεων από τον Edwards (1977;1994). Σύμφωνα με αυτήν, η αριθμητική τιμή S_j κάθε αξιολογούμενης εναλλακτικής λύσης E_j , εκφράζεται απλώς συναρτήσει των βαρών W_i και των επιδόσεων κάθε εναλλακτικής $A_{ij}=F_i(E_j)$ από το σταθμισμένο (κεντροβαρικό) μέσο όρο, που προκύπτει βάσει της ακόλουθης σχέσης:

$$S_j = \left[\sum_{i \in \mathbb{H}} W_i \cdot F_i(E_j) \right] \cdot \left(\sum_{i \in \mathbb{H}} W_i \right)^{-1} = a_{i,j} \cdot W_i, \text{ όπου } (i=1, \dots, m) \wedge (j=1, \dots, n) \wedge m, n \in \mathbb{N} \quad [\text{E-7.15}]$$

Τα στοιχεία εισόδου στη σχέση [E-7-15] αντιστοιχούνται από τις τιμές του πίνακα Π-7.2 (τα άνω και κάτω όρια αγνοούνται), οπότε προκύπτει η ακόλουθη κατάταξη για τις τέσσερις εναλλακτικές οδεύσεις: $S_3=5,361 > S_2=5,273 > S_1=5,246 > S_4=4,129$.

Σε δεύτερη φάση και βάσει του προγράμματος του Εργαστηρίου, παράγονται σε επίπεδο τιμών εισόδου (consensus στο input), τα διαγράμματα των ασαφών μεταβλητών που εκφράζουν κάθε εναλλακτική λύση E_1 , E_2 , E_3 και E_4 βάσει των εκτιμήσεων των εμπειρογνομόνων. Το πρόγραμμα παρέχει δύο οικογένειες διαγραμμάτων, που αντιστοιχούν σε δύο ζεύγη τιμών του ορίου αδιαφορίας q και του δείκτη προτίμησης p : ένα ζεύγος τιμών υψηλής διακριτότητας (high resolution) με $q=0,5$ και $p=1,0$ και ένα ζεύγος τιμών χαμηλής διακριτότητας (low resolution) με $q=3,0$ και $p=1,5$ (Tseng και Klein, 1989). Ακολούθως, με εφαρμογή του προγράμματος για τα ίδια ζεύγη τιμών των ορίων αδιαφορίας και προτίμησης, προέκυψαν η σειρά των εναλλακτικών λύσεων και τα αντίστοιχα ασαφή σύνολα των τελικών τιμών (final ratings) των εναλλακτικών λύσεων E_1 , E_2 , E_3 και E_4 (consensus στο output), καθώς επίσης και τα διαγράμματα ευαισθησίας των κριτηρίων, που εκφράζουν την επίδραση κάθε ποσοστιαίας μεταβολής κάθε κριτηρίου στις αντίστοιχες ποσοστιαίες τιμές των άλλων κριτηρίων του μοντέλου. Στα σχήματα Σ-7.11.1 έως και Σ-7.11.8 αναπαρίστανται τα σχετικά διαγράμματα του βαθμού συμμετοχής κάθε εναλλακτικής λύσης ως στοιχεία εισόδου ή ως προϊόντα εξόδου, τα διαγράμματα

	<i>MOA₁</i>			<i>MOA₂</i>		
	<i>A₁</i>	<i>κάτω</i>	<i>άνω</i>	<i>A₂</i>	<i>κάτω</i>	<i>άνω</i>
<i>F₁</i>	6,000	0,097	0,133	5,667	0,105	0,137
<i>F₂</i>	5,550	0,100	0,118	5,550	0,103	0,186
<i>F₃</i>	5,550	0,133	0,155	5,017	0,177	0,163
<i>F₄</i>	3,867	0,162	0,178	5,150	0,190	0,193
<i>F₅</i>	4,083	0,128	0,168	5,017	0,127	0,162
<i>F₆</i>	5,850	0,112	0,209	5,767	0,125	0,203
<i>F₇</i>	5,767	0,133	0,127	4,900	0,146	0,140

Πίνακας Π-7.1.α Μέσοι όροι επιδόσεων εναλλακτικών λύσεων *E₁* και *E₂* ως προς κάθε κριτήριο

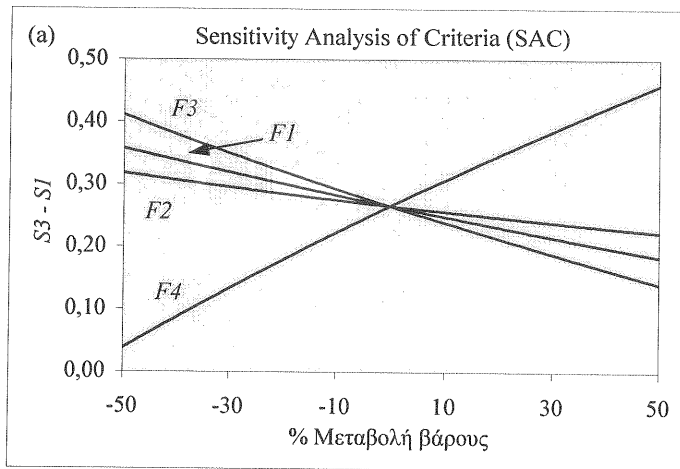
	<i>MOA₃</i>			<i>MOA₄</i>		
	<i>A₃</i>	<i>κάτω</i>	<i>άνω</i>	<i>A₄</i>	<i>κάτω</i>	<i>άνω</i>
<i>F₁</i>	5,333	0,087	0,163	5,167	0,130	0,094
<i>F₂</i>	5,200	0,115	0,143	4,250	0,082	0,138
<i>F₃</i>	4,700	0,162	0,153	3,383	0,105	0,168
<i>F₄</i>	5,867	0,138	0,133	3,967	0,123	0,201
<i>F₅</i>	6,917	0,121	0,108	4,383	0,125	0,137
<i>F₆</i>	4,867	0,092	0,157	5,333	0,108	0,132
<i>F₇</i>	5,033	0,165	0,130	3,233	0,177	0,162

Πίνακας Π-7.1.β Μέσοι όροι επιδόσεων εναλλακτικών λύσεων *E₃* και *E₄* ως προς κάθε κριτήριο

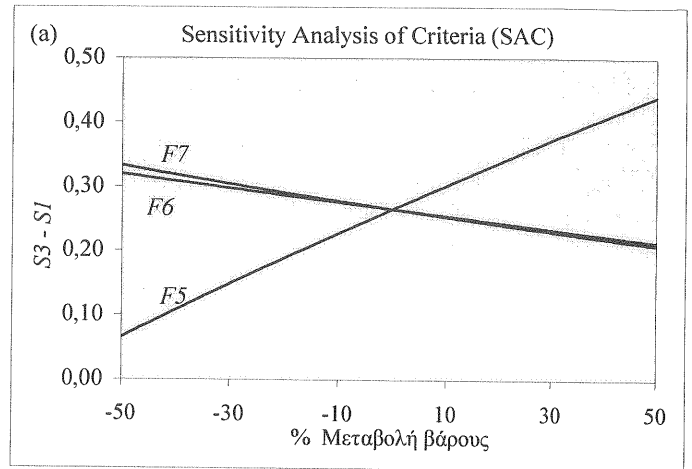
	<i>MOFi i=1,..., 7</i>			<i>α_{ij} i=1,...,7, j=1,...,4</i>			
	<i>Fi</i>	<i>κάτω</i>	<i>άνω</i>	<i>α_{i1}</i>	<i>α_{i2}</i>	<i>α_{i3}</i>	<i>α_{i4}</i>
<i>F₁</i>	0,134	0,011	0,017	0,803	0,758	0,713	0,691
<i>F₂</i>	0,191	0,022	0,015	1,062	1,062	0,995	0,813
<i>F₃</i>	0,185	0,023	0,024	1,029	0,930	0,872	0,627
<i>F₄</i>	0,157	0,015	0,028	0,607	0,809	0,921	0,623
<i>F₅</i>	0,107	0,011	0,012	0,435	0,535	0,737	0,467
<i>F₆</i>	0,084	0,005	0,006	0,492	0,485	0,409	0,449
<i>F₇</i>	0,142	0,018	0,017	0,817	0,695	0,713	0,458
				<i>S₁</i>	<i>S₂</i>	<i>S₃</i>	<i>S₄</i>
				5,25	5,27	5,36	4,13

Αποτελέσματα μεθόδου SMART:

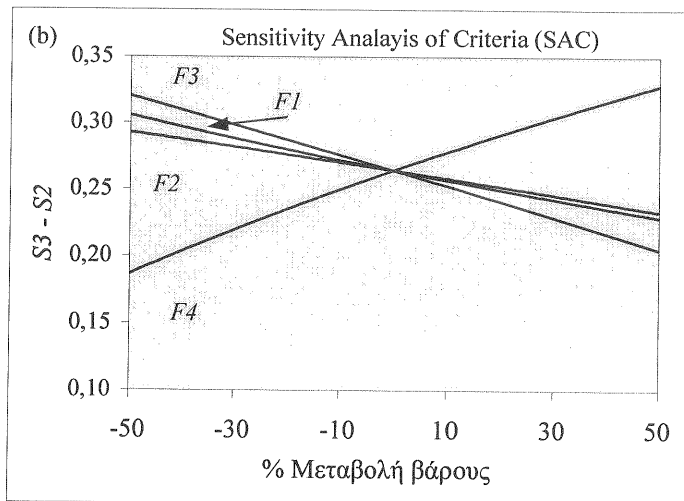
Πίνακας Π-7.2 Μέσοι όροι κριτηρίων *MOFi*, επιδόσεις εναλλακτικών *a_{ij}* ως προς κάθε κριτήριο και τελική βαθμολογία εναλλακτικών οδών : $S_i = \sum a_{ij} \cdot W_i | i=1, \dots, 4$ και $j=1, \dots, 7$



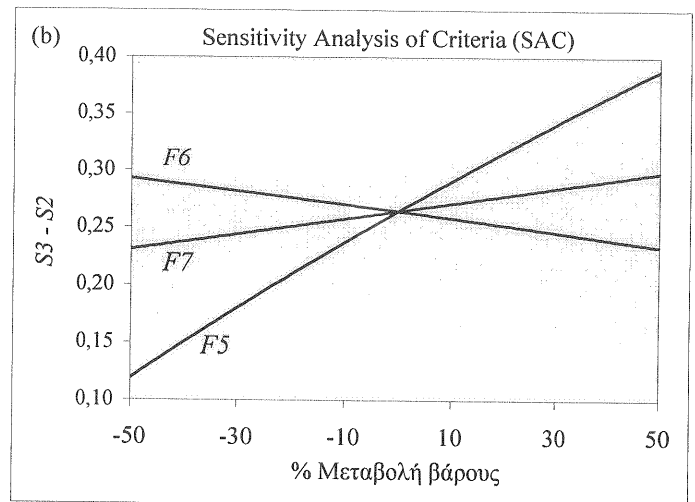
Σχήμα Σ-7.11.1 Ανάλυση ευαισθησίας κριτηρίων για ζεύγη τιμών $q=1,5$ και $p=3,0$



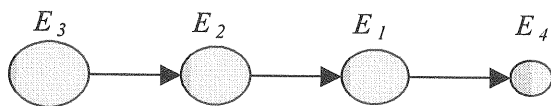
Σχήμα Σ-7.11.2 Ανάλυση ευαισθησίας κριτηρίων για ζεύγη τιμών $q=1,5$ και $p=3,0$



Σχήμα Σ-7.11.3 Ανάλυση ευαισθησίας κριτηρίων για ζεύγη τιμών $q=0,5$ και $p=1,0$

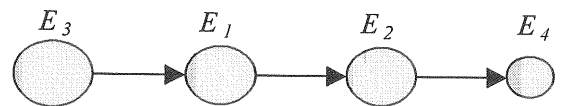


Σχήμα Σ-7.11.4 Ανάλυση ευαισθησίας κριτηρίων για ζεύγη τιμών $q=0,5$ και $p=1,0$



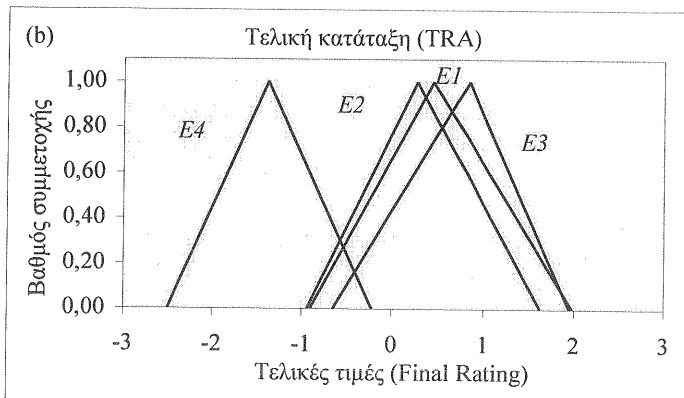
$S_3=2,714$ $S_2=2,450$ $S_1=2,240$ $S_4=0,595$

Σχήμα Σ-7.11.5 Κατάταξη εναλλακτικών για ζεύγη τιμών $q=0,5$ και $p=1,0$ (μετά την απασφοποίηση) (PRA-Partial Ranking Alternatives)

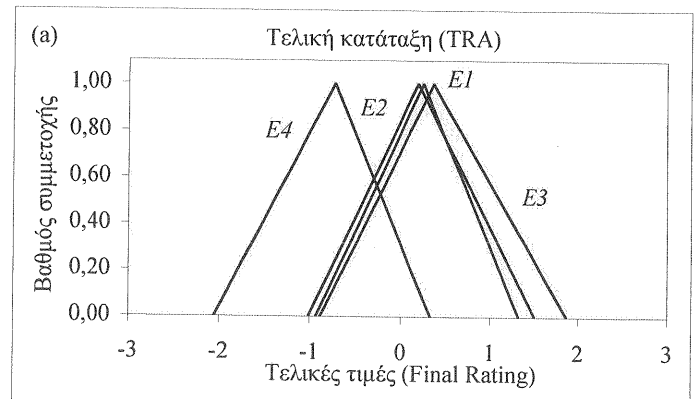


$S_3=2,530$ $S_1=2,270$ $S_2=2,260$ $S_4=0,940$

Σχήμα Σ-7.11.6 Κατάταξη εναλλακτικών για ζεύγη τιμών $q=1,5$ και $p=3,0$ (μετά την απασφοποίηση) (PRA-Partial Ranking Alternatives)



Σχήμα Σ-7.11.7 Ασαφή σύνολα τελικών τιμών για ζεύγη τιμών $q=0,5$ και $p=1,0$



Σχήμα Σ-7.11.8 Ασαφή σύνολα τελικών τιμών για ζεύγη τιμών $q=1,5$ και $p=3,0$

ευαισθησίας της μεταβολής των κριτηρίων για τις δύο πρώτες εναλλακτικές, καθώς επίσης και η ταξινόμηση των εναλλακτικών για τα ζεύγη των τιμών του ορίου προτίμησης και αδιαφορίας. Η γεωμετρική απεικόνιση της ταξινόμησης των εναλλακτικών με κύκλους, ερμηνεύεται με το εμβαδόν κάθε κύκλου, το οποίο είναι αντίστοιχο της αριθμητικής τιμής κάθε εναλλακτικής. Η μαθηματική και φυσική ερμηνεία των αποτελεσμάτων αναδεικνύει τα εξής:

Μαθηματική ερμηνεία:

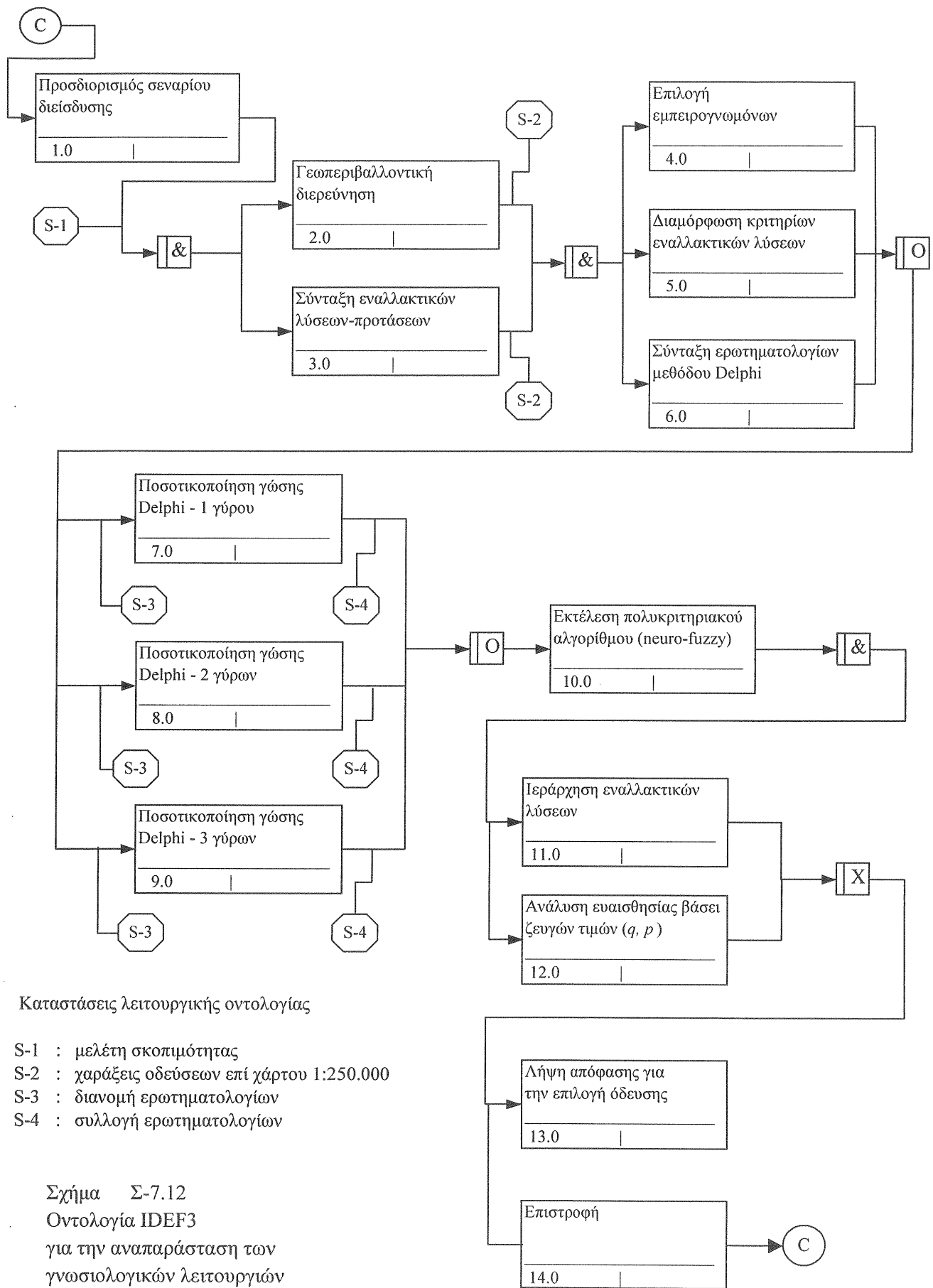
1. Η μέθοδος PROMETHEE-II αποδεικνύει, ότι μεταξύ των τεσσάρων εναλλακτικών, η λύση E_3 παρουσιάζεται ως η πλέον προτιμότερη και στις δύο περιπτώσεις ορίων αδιαφορίας και προτίμησης. Για το ζεύγος τιμών $q=0,5$ και $p=1,0$ η ταξινόμηση του διανύσματος των τελικών αριθμητικών (crisp) τιμών S_i των εναλλακτικών είναι $S_3=2,714 > S_2=2,450 > S_1=2,240 > S_4=0,595$, ενώ για το ζεύγος τιμών $q=3,0$ και $p=1,5$ η ταξινόμηση είναι $S_3=2,532 > S_1=2,267 > S_2=2,260 > S_4=0,941$ αντίστοιχα.
2. Η κατάταξη της μεθόδου SMART αναδεικνύει επίσης την εναλλακτική E_3 ως προτιμότερη μεταξύ των τεσσάρων ως δεύτερη την E_2 και ως λιγότερο επιθυμητή την E_4 επιβεβαιώνοντας καταρχήν τα αποτελέσματα της μεθόδου. Το γεγονός αυτό ενισχύει την επιστημονική αξιοπιστία της PROMETHEE-II, δεδομένου ότι με ποσοτικούς όρους υπάρχει σύγκλιση στο ίδιο τελικό αποτέλεσμα από δύο διαφορετικές μεθόδους, μια απλή και μια περισσότερο σύνθετη.
3. Επισημαίνεται, ότι στην μέθοδο SMART, οι τιμές της βαθμολογίας των τριών πρώτων εναλλακτικών παρουσιάζουν πολύ μικρή απόκλιση μεταξύ τους, ενώ η βαθμολογία της τελευταίας στην κατάταξη λύσης, παρουσιάζεται σημαντικά αυξημένη σε σχέση με την αντίστοιχη τιμή της που προκύπτει από τη μέθοδο PROMETHEE-II και για τα δύο επίπεδα ευαισθησίας. Αυτό μπορεί να ερμηνευθεί ως εξής: στη μέθοδο PROMETHEE-II ο παράγοντας της ασάφειας συνδέεται με την ευαισθησία της μεθόδου ως προς το εξαγόμενο της τελικής κατάταξης, δίνοντας την ευχέρεια στον αποφασίζοντα να κρίνει βάσει της ευαισθησίας. Αντίθετα, η προκύπτουσα κατάταξη στην SMART, αν και δίνει ποιοτικά αντίστοιχα αποτελέσματα ως προς την επικρατέστερη λύση, η έλλειψη ανάλυσης ευαισθησίας, ενσωματώνεται στην ευθύνη και κρίση του αποφασίζοντα.
4. Με τη μέθοδο PROMETHEE-II, σε επίπεδο χαμηλής διακριτότητας, οι πρώτες συγκρίσιμες λύσεις είναι οι E_3 και E_2 , με διαφαινόμενη μη συγκρισιμότητα (incomparability) μεταξύ των E_1-E_2 , E_1-E_3 και E_2-E_3 , ενώ σε επίπεδο υψηλής διακριτότητας, οι πρώτες συγκρίσιμες λύσεις είναι οι E_3 και E_1 , με διαφαινόμενη μη συγκρισιμότητα μεταξύ των E_1-E_3 και E_2-E_3 .
5. Με τη μέθοδο PROMETHEE-II, σε επίπεδο μεταβολής $\pm 50\%$ της μέσης απασαφοποιημένης τιμής κάθε κριτηρίου, προκύπτει (όπως φαίνεται και από τα σχήματα) ότι $S_1-S_3 > 0$ και $S_2-S_3 > 0$, γεγονός που αποδεικνύει ότι η εναλλακτική E_3 , σε κάθε περίπτωση ζεύγους τιμών q και p , είναι η πλέον εύρωστη (robust) μεταξύ των δύο πρώτων και κατά συνέπεια μεταξύ των υπολοίπων εναλλακτικών. Αυτό ενισχύει την πεποίθηση, ότι το μοντέλο της μεθόδου PROMETHEE-II παρουσιάζεται ως επαρκές για το συγκεκριμένο τύπο προβλήματος αξιολόγησης. Κατ' επέκταση παρόμοια προβλήματα πολυκριτηριακής αξιολόγησης μπορούν, από άποψη ΔΓ, να αντιμετωπίζονται με την ίδια μεθοδολογική αντιμετώπιση.

Φυσική ερμηνεία:

6. Η άποψη όλων των εμπειρογνομόνων συγκλίνει στην επιλογή χειρσαίας οδεύσης χωρίς, υποθαλάσσιες διελεύσεις ή εγκατάσταση μονάδας ΥΦΑ που συνεπάγεται μεγάλα κόστη υλοποίησης και κινδύνους ενδεχόμενης απόρριψης από άποψη περιβαλλοντικής και κοινωνικής αποδοχής.
7. Το κριτήριο της ασφάλειας (F_2) αναδεικνύεται ως πρωταρχικής σημασίας, τόσο σε σχέση με τα υπόλοιπα κριτήρια, όσο και σε σχέση με την επίδρασή τους στην επίδοση των εναλλακτικών. Επίσης, το κριτήριο της περιβαλλοντικής αποδοχής (F_3) προβάλλεται ως εξίσου ισχυρό και συναρτημένο, κατά κάποιο τρόπο, με αυτό της ασφάλειας (και τα δύο μαζί συγκεντρώνουν το 31,9% του συνολικού βάρους των κριτηρίων), αναδεικνύει το γεγονός ότι η διάσταση των επιπτώσεων στην ανθρώπινη ζωή και στο φυσικό περιβάλλον αποτελούν κυρίαρχες προϋποθέσεις αποδοχής έργων μεγάλης κλίμακας, όπως αυτά του ΦΑ.
8. Το κριτήριο των απαιτήσεων τεχνογνωσίας (F_5) παρουσιάζεται τελευταίο στη σειρά προτίμησης. Για τους εμπειρογνώμονες αυτό σημαίνει, ότι είτε η υπάρχουσα τεχνογνωσία είναι καταρχήν επαρκής για την αντιμετώπιση έργων και θα αξιοποιηθεί από το υπάρχον επιστημονικό δυναμικό, είτε θα αποκτηθεί, μέσω ΚΤΤ, άρα τα συναφή κενά γνώσης εκτιμάται, ότι θα είναι αντιμετωπίσιμα με την τρέχουσα φιλοσοφία ΔΓ των ΕΣΜ. Συνεπώς, η αποδοχή των κενών γνώσης εσωτερικοποιείται στην ανταπόκριση των εμπειρογνομόνων, στο βαθμό που υπάρχει η διαμορφωμένη αντίληψη, ότι οι προοπτικές μεταφοράς διάχυσης της τεχνογνωσίας που θα αναπτυχθεί δια μέσου, και λόγω, των έργων του ΦΑ, δεν αναμένονται ιδιαίτερα μεγάλες. Για το λόγο αυτό, το κριτήριο (F_6) παρουσιάζεται με το χαμηλότερο σχετικό βάρος (μόλις 8,4%). Από τη βαθμολόγηση των κριτηρίων αυτών είναι έμμεσα αναγνωρίσιμη η στάση των εμπειρογνομόνων στην ύπαρξη του προβλήματος της ΔΓ και της προοπτικής αντιμετώπισής του στο επίπεδο των εγχώριων ΕΣΜ.
9. Ιδιαίτερα σημαντικά παρουσιάζονται τα υπόλοιπα κριτήρια (F_1), (F_4) και (F_7) που συγκεντρώνουν το 43,4% του συνολικού βάρους όλων των κριτηρίων, δεδομένου ότι είναι εκείνα μέσω των οποίων διαμορφώνονται οι τεχνοοικονομικές προϋποθέσεις σχεδιασμού κατασκευής και λειτουργίας των έργων ΦΑ.

7.7 Αναπαράσταση γνώσης: λειτουργική οντολογία υποσυστήματος

Στο σχήμα Σ-7.12 παρουσιάζεται η λειτουργική οντολογία που αντιπροσωπεύει τις επί μέρους δραστηριότητες που εκτελούνται για την πολυκριτηριακή αξιολόγηση εναλλακτικών οδεύσεων μεταφοράς ΦΑ. Η οντολογία αυτή δομείται βάσει της τεχνικής IDEF3, η οποία διευκολύνει την κατανόηση του πώς επιλύεται με όρους ΔΓ ένα πολύπλοκο τεχνικό πρόβλημα από το προσωπικό των ΕΣΜ και με ποιες διακριτές δραστηριότητες ή units of behavior (UOB), όπως χαρακτηριστικά αναφέρονται στη βιβλιογραφία. Σκοπός της οντολογίας αυτής είναι να αναδείξει τα παρακάτω:



(α) την ιεράρχηση, την αλληλουχία και το χρονισμό διακριτών UOB που εξυπηρετούν την απόσπαση, ανάλυση και ενσωμάτωση της άρρητης γνώσης των εμπειρογνομώνων σε συνθήκες συγκεκριμένου προβλήματος προς επίλυση, εντός των ΕΣΜ

(β) την υπαγωγή της ΔΓ σε ένα καθαρώς τεχνικό πρόβλημα που αντιμετωπίζει μια ΕΣΜ και στην αντιστοίχιση της λογικής αυτής σε UOB που καθοδηγούν το προσωπικό και του διοικητές των έργων στη λήψη αποφάσεων.

Η περιγραφή, η λογική σύνδεση και η ιεραρχία των UOB της οντολογίας αυτής καταρτίστηκε, αφενός βάσει της πραγματοποιηθείσας απόσπασης και ανάλυσης της γνώσης, αφετέρου με χρήση των κανόνων σύνταξης των λειτουργικών οντολογιών που αναφέρονται στη βιβλιογραφία (Menzel και Mayer, 2004; Bal, 1998). Ωστόσο, περαιτέρω εξέταση της IDEF3 οντολογίας επιβάλλει συνυπολογισμό της δομής, της οργάνωσης και των λειτουργιών που ακολουθεί μια ΕΣΜ στην τρέχουσα παραγωγική της διαδικασία.

7.8 Σύνοψη και συμβολή στην επιστημονική έρευνα

Συνοψίζοντας, μπορεί να υποστηριχθεί ότι το υποσύστημα αναπτύχθηκε με σκοπό την απόδειξη της εφικτότητας και δυνατότητας υλοποίησης του ΣΔΓ, όσον αφορά την αξιολόγηση εναλλακτικών οδύσεων μεταφοράς ΦΑ με πολλαπλά κριτήρια. Αποδείχθηκε η δυνατότητα αντικειμενικοποίησης της άρρητης γνώσης των ειδικών και της μερικώς δομημένης ρητής που αφορά στα γεωπεριβαλλοντικά στοιχεία της περιοχής έρευνας (νομοί Θεσσαλονίκης και Χαλκιδικής), μέσω ερωτηματολογίων βαθμολόγησης των κριτηρίων και των εναλλακτικών οδύσεων. Η ποσοτικοποιημένη πλέον ρητή γνώση των ειδικών υπέστη επεξεργασία από την πολυκριτηριακή μέθοδο PROMETHEE-II. Τα αποτελέσματα ανέδειξαν την τελική ιεράρχηση των λύσεων και το πώς αυτή επηρεάζεται βάσει της ευαισθησίας κάθε κριτηρίου. Παράλληλα, συντάχθηκε η λειτουργική οντολογία της πολυκριτηριακής μεθόδου στο περιβάλλον μιας τυπικής εγχώριας ΕΣΜ.

Η συμβολή του υποσυστήματος στην επιστημονική έρευνα προσδιορίζεται από τις πρωτότυπες διαφοροποιήσεις που αναδεικνύει σε επίπεδο περιεχομένου και σε επίπεδο μεθοδολογίας, από αντίστοιχες εργασίες της βιβλιογραφίας. Παράλληλα, αναδεικνύονται και οι όποιες ομοιότητες με συναφείς εργασίες, επίσης ως προς το περιεχόμενο και ως προς τη μεθοδολογία, ώστε η όλη ερευνητική προσπάθεια να είναι συμβατή, αφενός με τα κρατούντα της επιστημονικής δεοντολογίας των πολυκριτηριακών συστημάτων και αφετέρου της ΔΓ. Συγκεκριμένα:

Συμβολή ως προς το περιεχόμενο

1. *Βιβλιογραφία:* η βιβλιογραφία αναφέρει μεθόδους πολυκριτηρίων συστημάτων αξιολόγησης αγωγών πετρελαιοειδών σε καθαρά τεχνικοοικονομική και περιβαλλοντική βάση, χωρίς εκτεταμένες αναφορές στη ΔΓ των έργων αυτών (Zuniga-Gutierrez et al., 2002; Dey, 2002; Zuniga-Gutierrez και Ortega-Rubio, 2004; Dey 2006). Το παρόν υποσύστημα διαφοροποιείται στο ότι αποσκοπεί να εμπλουτίσει τη σχετική βιβλιογραφία, για το πώς επιτυγχάνεται με πολυκριτηριακή μεθοδολογία η ΔΓ σε έργα μεγάλης γνωσιολογικής και τεχνολογικής πολυπλοκότητας.

2. *Περιεχόμενο κριτηρίων*: το παρόν υποσύστημα, ανταποκρίνεται στη φιλοσοφία των πολυκριτηριακών μεθόδων/προσεγγίσεων όπως αυτές των Dey, (2002 και 2006) και Zuniga-Gutierrez και Ortega-Rubio (2002), αλλά διαφοροποιείται σημαντικά στο περιεχόμενο και στη φύση των κριτηρίων, στα οποία ενσωματώθηκαν οι έννοιες της διαθεσιμότητας, διάχυσης και μεταφοράς τεχνογνωσίας.
3. *Κενά γνώσης*: με την εισαγωγή κριτηρίων σχετικών με την τεχνογνωσία, ενσωματώθηκαν επίσης έμμεσα οι έννοιες των κενών γνώσης στην πολυκριτηριακή έρευνα, τα οποία εντοπίστηκαν στις εγχώριες ΕΣΜ (Batziias και Spanidis, 2008a) και η γεφύρωση των οποίων, αποτελεί ερευνητικό στόχο του προτεινόμενου ΣΔΓ.
4. *Ασάφεια*: η βάση των περισσότερων πολυκριτηριακών συστημάτων της βιβλιογραφίας προσανατολίζεται κυρίως στη διαδικασία βαθμολόγησης με αξιοποίηση της άρρητης γνώσης συνεργαζόμενων ομάδων εμπειρογνομόνων, ενώ η έμφαση δίνεται κυρίως στο μεθοδολογικό και τεχνικό σκέλος (Bailey, 2003; Dey, 2002; Dey, 2006). Στο παρόν υποσύστημα, η ομάδα των εμπειρογνομόνων αξιοποιείται με τον ίδιο τρόπο, με τη διαφοροποίηση, ότι η άρρητη γνώση που αποσπάται και τελικώς αναλύεται ως ποσοτικοποιημένη οντότητα, υπάγεται σε συνθήκες ασάφειας, η οποία λειτουργεί ως παράγοντας καθορισμού της τελικής κατάταξης των λύσεων και επηρεασμού της λήψης αποφάσεων.
5. *Ευαισθησία μοντέλου*: σε πολλές πολυκριτηριακές εφαρμογές αναφέρονται αναλύσεις ευαισθησίας εξειδικευμένες σε διαφορετικές κάθε φορά παραμέτρους, στο βαθμό που αυτές επηρεάζουν το αποτέλεσμα της ταξινόμησης. Στο παρόν υποσύστημα, η ευαισθησία στην ταξινόμηση εισάγεται δια μέσου της ασάφειας, που χαρακτηρίζει το εύρος απόκλισης της προσωπικής άποψης των βαθμολογητών, όπως αυτό αποτυπώνεται στις απαντήσεις των εμπειρογνομόνων κατά τη βαθμολόγηση των κριτηρίων και των εναλλακτικών λύσεων-οδεύσεων.
6. *Διεπιστημονικότητα*: στη βιβλιογραφική επισκόπηση οι αξιολογούμενες λύσεις τεχνικών έργων αφορούν συνήθως όμοιες τεχνολογίες προσαρμοσμένες σε διαφορετικά δεδομένα της φυσικής και κοινωνικοοικονομικής πραγματικότητας, π.χ. εναλλακτικές οδεύσεις χερσαίων αγωγών (Dey, 2002; Dey, 2006), αυτοκινητοδρόμων (Bailey, 2003) διάθεσης αποβλήτων (Alidi, 1996), κλπ. Στο παρόν υποσύστημα αξιολογούνται τρεις διαφορετικές τεχνολογικές εκδοχές που καλύπτουν σημαντικό φάσμα των διεργασιών της εφοδιαστικής αλυσίδας του ΦΑ, όπως: (α) χερσαίοι αγωγοί, (β) συνδυασμός χερσαίων-υποθαλάσσιων αγωγών και (γ) μονάδες ΥΦΑ. Με τον τρόπο αυτό εισάγεται η διεπιστημονικότητα διακριτών τεχνολογιών του ΦΑ, ως πολυκριτηριακά αξιολογούμενος γνωσιολογικός παράγοντας.

Συμβολή ως προς τη μεθοδολογία

7. *Επιλογή μεθόδου*: η μέθοδος που κυριαρχεί στη βιβλιογραφία της πολυκριτηριακής αξιολόγησης μεγάλου αριθμού τεχνικών έργων είναι η AHP (Al-Harbi, 2001). Στο παρόν υποσύστημα εισάγεται η μέθοδος PROMETHEE-II, η ανάπτυξη και εξειδίκευση της οποίας στο χώρο των έργων των βιομηχανικών διεργασιών μέσω του Εργαστηρίου τεκμηριώνεται από δημοσιευμένες εργασίες (Fotilas και Batziias, 2007; Fotilas και Batziias, 2008; Batziias και Batziias, 2003) εστιασμένες στο βιομηχανικό περιβάλλον.

8. *Διαχείριση γνώσης*: το πολυκριτηριακό μοντέλο του υποσυστήματος επιχειρεί να αναδείξει τη μεθοδολογία διερεύνησης και επίλυση ενός τεχνοοικονομικού προβλήματος σε περιβάλλον έργων ΦΑ, μεγάλης γνωσιολογικής πολυπλοκότητας και υψηλού κόστους, μέσω της αντικειμενικοποίησης και του εξορθολογισμού της άρρητης γνώσης των εμπειρογνομόνων.
9. *Χρήση λογισμικού*: σε δημοσιευμένες εργασίες συχνά αναδεικνύεται περισσότερο το πολυκριτηριακό εργαλείο και κατ' επέκταση η εμπειριστατωμένη εφαρμογή του (Al-Harbi, 2001; Dey, 2002; Dey, 2006) όπως συμβαίνει και στο παρόν υποσύστημα. Ωστόσο, η διαφοροποίηση αναδεικνύεται με χρήση προγράμματος νευροασαφούς προγραμματισμού του Εργαστηρίου, ως εργαλείου ΔΓ προσαρμοσμένου σε πραγματικά δεδομένα έργων ΦΑ.
10. *Λειτουργική οντολογία*: οι πολυκριτηριακές μέθοδοι σχεδιάζονται και υλοποιούνται ως διαδικασίες υποστήριξης της λήψης διοικητικών αποφάσεων (Δούμπος, 2003). Στο παρόν υποσύστημα η πολυκριτηριακή διαδικασία ερμηνεύεται και ως λειτουργική οντολογία (task ontology) που οργανώνεται και διεξάγεται στο πλαίσιο μιας τυπικής εγχώριας ΕΣΜ, σε συνθήκες συνεργασίας ομάδων εμπειρογνομόνων που βρίσκονται όλοι εντός μιας ΕΣΜ ή/και σε περιβάλλον εγκατεστημένων συνεργασιών (KTT) για τις ανάγκες των έργων.
11. *Τεκμηρίωση αποτελεσμάτων*: είναι σύνηθες στην επιστημονική δεοντολογία τα αποτελέσματα μιας μεθόδου να διασταυρώνονται/επιβεβαιώνονται και με άλλη(ες) μέθοδο(ους). Στην προκειμένη περίπτωση, τα αποτελέσματα της μεθόδου PROMETHEE-II επιβεβαιώθηκαν με χρήση της μεθόδου SMART, γεγονός που λειτουργεί επιβεβαιωτικά για την αξιοπιστία της PROMETHEE-II και την ορθότητα της όλης πολυκριτηριακής διαδικασίας, ως εργαλείου απόσπασης και ανάλυσης της γνώσης.

8. ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑ ΤΡΙΤΟ: ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΑΓΩΓΩΝ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

Η διάβρωση εκδηλώνεται ως ηλεκτροχημικό φαινόμενο, το οποίο επιφέρει ριζικές αλλοιώσεις στην κρυσταλλική δομή των μετάλλων, προκαλεί σταδιακή απώλεια των μηχανικών τους ιδιοτήτων και τελικά, οδηγεί στην απαξίωσή τους (Ahammed και Melhers, 1997). Ο ρυθμός εξέλιξης του φαινομένου εξαρτάται από τις μηχανικές (μεταλλουργικές) αντοχές του κράματος, την ποιότητα του υλικού επένδυσης και τη φυσικοχημικές ιδιότητες του περιβάλλοντος (Avery et. al., 2001). Σοβαρά προβλήματα διάβρωσης παρουσιάζονται σε τμήματα του μηχανολογικού εξοπλισμού που δεν είναι ορατά, όπως οι υπόγειοι και υποθαλάσσιοι αγωγοί ΦΑ. Στις περιπτώσεις αυτές, η αναγνώριση και αντιμετώπιση της διάβρωσης καθίσταται πολύπλοκη και δυσχερής.

Για τους αγωγούς ΦΑ, η διάβρωση συνδυάζει χαμηλή πιθανότητα εμφάνισης, με υψηλή όμως σοβαρότητα συνεπειών (Wang και Atrens, 2003). Αιτίες της διάβρωσης είναι η οξειδωτική δράση του ατμοσφαιρικού αέρα (Panagopoulos et al., 1998; Avery et. al., 2001), η πίεση και θερμοκρασία του καυσίμου (Wolf, 2001), η υγρασία του εδάφους (Liang et. al., 2000) και η δράση των υπόγειων μικροοργανισμών (Axelsen και Rong, 1998). Στην επιτάχυνση του φαινομένου συμβάλλει επίσης η μηχανική καταπόνηση, τόσο κατά την κατασκευή, όσο και κατά τη λειτουργία των αγωγών (Ginzel και Kanters, 2002; Cerny και Linhart, 2003).

Οι μέθοδοι και τεχνολογίες αντιμετώπισης της διάβρωσης παρουσιάζουν ανάπτυξη στον χώρο της γνωσιολογικής έρευνας. Ωστόσο, ενώ η διάβρωση παρουσιάζει θεματική πολυμορφία, η γνωσιολογική διερεύνηση και χαρτογράφηση της στον τομέα των αγωγών ΦΑ, έτσι ώστε να αποτυπώνεται η εμπειρική γνώση, η διεπιστημονικότητα, η ταξινόμηση των θεωρητικών ερμηνειών του φαινομένου και η σύνδεσή του με τις μεθόδους επιθεώρησης και θεραπείας των αστοχιών που προκαλεί, επιδέχεται περαιτέρω εξειδίκευση.

Στο παρόν κεφάλαιο, αναπτύσσεται υποσύστημα εξειδικευμένο στη γνωσιολογία της διάβρωσης των αγωγών ΦΑ. Επιλέγεται προς διερεύνηση το φαινόμενο της διάβρωσης και της εξέλιξής του, από τη φάση παραγωγής των μεταλλικών αγωγών, τη διάθεσή τους στον εργολάβο κατασκευής μέχρι και τη φάση της λειτουργίας, όπου επικεντρώνεται και το ενδιαφέρον της παρακολούθησης και διαχείρισης του φαινομένου. Η διερεύνηση αποσκοπεί στην ανάδειξη του τρόπου αξιοποίησης της πρακτικής γνώσης σε συνδυασμό με την επιστημονική, αλλά και στην διεπιστημονικότητα του φαινομένου της διάβρωσης, μέσω της οντολογικής ανασύνθεσης-αναπαράστασής του με χρήση εργαλείων FTA. Επίσης, παρατίθεται λειτουργική οντολογία, η οποία αντιστοιχεί στις διαδικασίες απόκτησης γνώσης, μιας τυπικής εγχώριας ΕΣΜ.

Διευκρινίζεται, ότι επειδή οι επιστημονικοί και τεχνολογικοί όροι που συνδέονται με τη διάβρωση στη διεθνή βιβλιογραφία παρουσιάζονται με τις συντομογραφίες τους, οι αναφορές στο κείμενο του κεφαλαίου θα γίνονται βάσει των συντομογραφιών των όρων αυτών.

8.1 Το φαινόμενο της διάβρωσης

Η διάβρωση οφείλεται στην τάση που παρουσιάζουν τα σιδηρούχα υλικά να απελευθερώνουν στο ηλεκτρόνια τα οποία κινούνται ελεύθερα στα διάκενα του μεταλλικού πλέγματος (Kuhr και Van der Vulgt, 1934). Η τάση αυτή χαρακτηρίζει τη φυσική ροπή των

μετάλλων να αναζητούν διαδρομές επαναφοράς στη φυσική τους κατάσταση, δηλαδή ως οξείδια ή άλατα. Στην επιφάνεια των μετάλλων, τα μόρια του σιδήρου μετατρέπονται σε ιόντα $Fe^{(2+)}$ ή $Fe^{(3+)}$ με ανοδικές αντιδράσεις. Τα εκχωρούμενα ηλεκτρόνια δημιουργούν καθοδικές αντιδράσεις, που παράγουν μόρια ελεύθερου υδρογόνου, H_2O ή ιόντα $OH^{(-)}$, ενώ άλλου τύπου ιόντα που βρίσκονται στην περιοχή του μετάλλου, όπως τα $SO_4^{(2-)}$, μετατρέπονται σε ιόντα $S^{(2-)}$ (Pankhania et al, 1986; Axelsen και Rong, 2002). Αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης ανοδικών και καθοδικών αντιδράσεων είναι η δημιουργία διαφοράς δυναμικού σε τμήματα της επιφάνειας του μετάλλου, η αποσύνθεση της κρυσταλλικής του δομής και η δημιουργία νέων χημικών ενώσεων όπως για παράδειγμα τα FeS , $Fe(OH)_2$ ή $FeCl_2$ (Axelsen και Rong, 2002).

8.2 Διάβρωση και αγωγοί φυσικού αερίου

Οι αγωγοί ΦΑ αποτελούνται από χαλύβδινα κράματα υψηλής αντοχής που μεταφέρουν αέριους υδρογονάνθρακες σε συνθήκες υψηλών πιέσεων ($p \geq 31$ barg) σε μεγάλες χιλιομετρικές αποστάσεις. Ως μεταλλικά αντικείμενα, υπόκεινται σε ηλεκτροχημικές διεργασίες που προκαλούν διαβρωτικοί μηχανισμοί εντός του περιβάλλοντος στο οποίο εγκαθίστανται και λειτουργούν. Η δράση των μηχανισμών αυτών, οφείλεται στο συνεργισμό παραγόντων που επιδρούν στην εσωτερική και την εξωτερική επιφάνεια των αγωγών. Η επιστημονική έρευνα προσδιορίζει συγκεκριμένους παράγοντες που ενεργοποιούν τους μηχανισμούς αυτούς. Ένας από αυτούς είναι το υδρογόνο που περιέχεται στο μεταφερόμενο υδρογονάνθρακα και το οποίο εισβάλλει και καταστρέφει το μεταλλικό πλέγμα των αγωγών (Axelsen και Rong, 2002) προκαλώντας τη *Διάβρωση Υδρογόνου (Hydrogen Induced Corrosion, HIC)*. Στην εξωτερική επιφάνεια των αγωγών, διαβρωτικό παράγοντα αποτελούν οι μικροοργανισμοί (Beech et al. 2000; Geiser et al., 2002) η μεταβολική δραστηριότητα των οποίων προσβάλλει το μέταλλο (Mittelman, 2001) σε θέσεις μεταλλουργικών αστοχιών προκαλώντας *Διάβρωση Οφειλόμενη σε Μικροοργανισμούς (Microbiologically Induced Corrosion, MIC)*. Τα διαβρωτικά φαινόμενα ενισχύονται, από μηχανικές καταπονήσεις που οφείλονται σε μόνιμες ή/και περιοδικές τάσεις που αναπτύσσονται κατά τη μεταλλουργική διεργασία, τις συγκολλήσεις ή τις διακυμάνσεις της πίεσης που ασκείται στους αγωγούς κατά τη λειτουργία των έργων (Ginzel και Kanters, 2002). Έτσι, προκύπτουν εντοπισμένες αστοχίες που αναφέρονται ως *Δυναμοδιάβρωση (Stress Corrosion Cracking, SCC)*.

8.3 Συμπτωματολογία διάβρωσης

Τα συμπτώματα της διάβρωσης εντοπίζονται σε μακροσκοπική ή μικροσκοπική κλίμακα ως ασυνέχειες στην επιφάνεια η/και την κρυσταλλική δομή του μετάλλου. Τα συμπτώματα συνδέονται με την εμφάνιση προϊόντων διάβρωσης, όπως π.χ. τα οξείδια ή άλατα του σιδήρου. Η ερμηνεία των συμπτωμάτων προσδιορίζεται στη μείωση του ονομαστικού πάχους του τοιχώματος του αγωγού λόγω *απώλειας μετάλλου (metal loss)* (Ahammed, 1998). Η απώλεια μετάλλου είναι ακριβώς το μέγεθος που αναζητείται, αποτυπώνεται και διαστασιοποιείται με διάφορες μεθόδους και τεχνολογίες επιθεώρησης. Στο σχήμα Σ-8.1 απεικονίζεται η γεωμετρία των συνηθέστερων τύπων απώλειας μετάλλου που

παρατηρούνται κατά την έρευνα της διάβρωσης. Βάσει της βιβλιογραφίας, οι συνηθέστεροι τύποι συμπτωμάτων είναι οι ακόλουθοι:

1. Cracks: είναι αστοχίες που εμφανίζονται ως ασυνέχειες του τοιχώματος. Αφορούν θραύσεις, ρωγμές, διατρήσεις και διάκενα στα τοιχώματα αγωγών ή συγκολλήσεων. Στη βιβλιογραφία, ο επιθετικός προσδιορισμός των cracks χαρακτηρίζει συνήθως και το αίτιο εμφάνισής τους. Για παράδειγμα αναφέρονται οι όροι HIC (Krom, et al. 1997), SCC (Wang και Atrens, 2003) καθώς επίσης και ο όρος *Erosion Corrosion Cracks (ECC)* που αναφέρεται σε εσωτερικές φθορές των αγωγών, λόγω της τριβής με τα διακινούμενα αέρια ή ρευστά και κυρίως, το αργό πετρέλαιο (Ginzel και Kanters, 2002).
2. Blisters: είναι οιδήματα (φλύκταινες) που προκαλούνται κυρίως από την είσοδο του Υδρογόνου στο κρυσταλλικό πλέγμα, η οποία αναπτύσσει τοπικά μεγάλες τάσεις και διόγκωση στα πλεγματικά διάκενα (Wolf, 2001). Η ανάπτυξη οιδήματος μπορεί να οδηγήσει δευτερογενώς σε εμφάνιση cracks.
3. Embrittlements: χαρακτηρίζουν την ψαθυροποίηση που προκαλείται από επίθεση του ατομικού υδρογόνου στο μεταλλικό πλέγμα, από τα διάκενα των μεταλλουργικών ασυνεχειών. Η ανάπτυξη ψαθυροποιήσεων συναντάται στη βιβλιογραφία ως *Hydrogen Induced Embrittlement (HIE)* (Wang, 2001) ή *Hydrogen Environment Embrittlement (HEE)* που αναφέρεται από τον Symons (2001) για περιπτώσεις που το υδρογόνο εισέρχεται από το εξωτερικό ή το εσωτερικό περιβάλλον του αγωγού. Όταν το υδρογόνο εγκλείεται κατά τη μεταλλουργική διεργασία, χρησιμοποιείται η έκφραση *Internal Hydrogen Embrittlement (IHE)* ή απλώς *Hydrogen Embrittlement (HE)* (Erlings, et al., 1987).
4. Intergranular Cracks: είναι διαφόρων τύπων και αιτίων cracks που προκαλούνται στα όρια των κόκκων του μεταλλικού πλέγματος παρουσιάζοντας ασυνέχειες με περικρυσταλλική ανάπτυξη (Axelsen και Rong, 2002). Στους αγωγούς, παρουσιάζονται συνήθως ως διαμήκεις ρωγμές (*colonies*) οφειλόμενες σε SCC. Στη βιβλιογραφία συναντώνται και ως *Intergranular SCC* ή συντομογραφικά ως *IGSCC* (Cerny και Linhart, 2003; Wang και Atrens, 2003).
5. Transgranular Cracks: είναι διαφόρων τύπων και αιτίων cracks, που αναπτύσσονται διατρυπώντας το μεταλλικό πλέγμα και εκδηλώνονται ως ασυνέχειες με διακρυσταλλική ανάπτυξη (Axelsen και Rong, 2002). Στους αγωγούς, ο τύπος αυτός των αστοχιών παρουσιάζεται συνήθως με συνδυασμό ρωγμών διαμήκους και εγκάρσιας διάταξης, οφειλόμενες σε κόπωση λόγω SCC (Wolf, 2001) και συναντάται στη βιβλιογραφία ως *Transgranular SCC* ή συντομογραφικά ως *TGSCC* (Cerny και Linhart, 2003).
6. Pitting: Χαρακτηρίζονται οπές μικρής συνήθως διαμέτρου οι οποίες αναπτύσσονται μεμονωμένα ή σε συστάδες (*striations, channels*) κατά τη διεύθυνση της βαρύτητας, με φορά από προσβολής από την εξωτερική προς την εσωτερική επιφάνεια του τοιχώματος των αγωγών (Ginzel και Kanters, 2002). Τα συμπτώματα αυτού του τύπου εμφανίζονται λόγω της MIC και κυρίως σε θέσεις αποσύνθεσης της επένδυσης και σε αυτά αποδίδεται και ο συνήθης όρος *pitting corrosion* (Li et al., 2001).
7. Crevice: Χαρακτηρίζονται σχισμές που προκλήθηκαν από την πρωτογενή δράση διαβρωτικών ουσιών που παρέμειναν σε περιοχές της τάφρου υποδοχής των αγωγών (Roberge, 2000). Η ανάπτυξη σχισμών υποστηρίζεται δευτερογενώς από τη δράση

υδρογόνου και μικροοργανισμών. Στα συμπτώματα του τύπου αυτού αποδίδεται και ο συνήθης όρος *crevice corrosion*.

8. Heat Affected Zone (HAZ) Cracks: Χαρακτηρίζονται οι κακοτεχνίες στις ραφές συγκόλλησης (θερμές εργασίες) που προκαλούνται στις μεταλλουργικές διεργασίες ή στα εργοτάξια κατασκευής των αγωγών. Περιπτώσεις τέτοιων αστοχιών αναφέρονται στον κώδικα API 1104 με τους όρους *inclusions* (εγκλείσματα αερίων ή άλλων ουσιών), *cavities* (πορώσεις διαφόρων διαστάσεων), *crater cracks* (ασυνέχειες τύπου κρατήρα) και *toe cracks* (ασυνέχειες δακτυλικού τύπου)
9. Υβριδικοί χαρακτηρισμοί: Στη βιβλιογραφία παρουσιάζονται και υβριδικοί χαρακτηρισμοί που συνδέουν γνωσιολογικά το διαβρωτικό φαινόμενο με τον τύπο του συμπτώματος. Για παράδειγμα, αναφέρεται η περίπτωση του *Sulphide Stress Cracking (SSC)* από τους Erlings et al. (1987) και μεταγενέστερα από τους Chatteraj et al. (1995), η οποία εξηγεί την εμφάνιση του συμπτώματος, λόγω διαβρωτικής δράσης του H₂S, ενώ ο όρος αναφέρεται και στον κώδικα ASME-B31.8. Με ανάλογο τρόπο αναφέρονται και οι Tsai και Shih (1996) για την περίπτωση του *Sulphide Stress Corrosion Cracking (SSCC)*, με έμφαση στο συνδυασμό μηχανικής καταπόνησης και δράσης H₂S. Οι Axelsen και Rong (2002) αναφέρονται στο *Hydrogen Induced Blistering (HIB)*, μέσω του οποίου εξηγείται η κινητικότητα του υδρογόνου στην εκδήλωση blisters. Ο Scott (1990) διατυπώνει την έκφραση *Environmentally Induced Cracking (EIC)* αναλύοντας το φάσμα των αστοχιών σε σωληνώσεις και συναφείς εγκαταστάσεις στο περιβάλλον εγκατάστασης των αγωγών. Οι Ginzler και Kanters (2002) αναφέρονται στον όρο *Environmentally Assisted Cracking (EAC)*, υποσύνολο του οποίου θεωρούν το SCC. Οι Mao και Li (1998) αναφέρονται στο χαρακτηρισμό *Anodic Dissolution Cracking (ADC)* θεωρώντας την ανοδική δράση προϋπόθεση ανάπτυξης SCC. Επίσης, αναφέρεται η έκφραση *Microbially Initiated Pitting (MIP)* των Geiser et al. (2002) για τη εμφάνιση συμπτωμάτων pitting σε χάλυβες τύπου 316L. Τέλος, ο κώδικας ASME-B31.8 αναφέρει τον όρο *Stress Oriented Hydrogen Induced Cracking (SOHIC)* προσδίδοντας έμφαση στη διαρκή μηχανική καταπόνηση, αποτέλεσμα της οποίας είναι η πρόκληση ασυνέχειας στη δομή και την επιφάνειά του μετάλλου επιτρέποντας εντονότερη δράση του υδρογόνου.

8.4 Τεκμηρίωση ερευνητικού-γνωσιολογικού ενδιαφέροντος υποσυστήματος

Η επισκόπηση της βιβλιογραφίας αναδεικνύει περιοχές για τις οποίες η ερευνητική προσπάθεια χρήζει περαιτέρω εξειδίκευσης. Αυτό προκύπτει επαγωγικά από τα γενικότερα συμπεράσματα της επισκόπησης που είναι:

1. Παρατηρείται μια αυξημένη ερευνητική δραστηριότητα σε επίπεδο ολοκληρωμένων συστημάτων και προτάσεων σχεδιασμού ΣΔΓ για τη διάβρωση προς τα τέλη της δεκαετίας του 1980. Η δραστηριότητα αυτή κορυφώνεται μέχρι τα μέσα περίπου της δεκαετίας του 1990, όπου ο αριθμός των σχετικών δημοσιεύσεων παρουσιάζει κάμψη ή ενδεχομένως περιορισμό ενδιαφέροντος για λόγους που αξίζει να διερευνηθούν. Στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ παρουσιάζεται κατάλογος σχετικών εργασιών που εξετάστηκαν για την περίοδο 1990-2009.
2. Σε σύνολο 184 δημοσιεύσεων που εξετάστηκαν για τα βιομηχανικά συστήματα γνώσης, προκύπτει, ότι ένα ποσοστό του 17,5% περίπου πραγματεύονται τη διάβρωση ως γενικό

φαινόμενο ή ως φαινόμενο που αναπτύσσεται σε συγκεκριμένο τύπο υλικών και διεργασιών. Όμως, μόνο το σύστημα που προτείνεται από τον Emenike (1993) αναφέρεται αποκλειστικά στη διάβρωση αγωγών πετρελαίου, ενώ κοντά στην ίδια θεματική περιοχή βρίσκεται και η εργασία των Stirling et al. (1996) η οποία όμως εξειδικεύεται σε συστήματα άντλησης υποθαλάσσιων υδρογονανθράκων. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την έλλειψη προγενέστερων ή μεταγενέστερων ερευνών προσανατολισμένων στους αγωγούς ΦΑ, αναδεικνύει κενό προς περαιτέρω διερεύνηση.

3. Τα περισσότερα γνωσιολογικά συστήματα, αντιμετωπίζουν τη μεταλλική διάβρωση ως αντικείμενο έρευνας, που δεν είναι απόλυτα συμβατό με τη φαινομενολογία της διάβρωσης αγωγών ΦΑ. Για παράδειγμα, ο μηχανισμός του φαινομένου για τα συνθετικά υλικά στα οποία αναφέρονται οι Svan et al., 1978 και Vitanov, et al., (2001) και για τους ωστενιτικούς χάλυβες (Smets και Bogaerts, 1992), δεν είναι ταυτόσημος με τον τρόπο που εκδηλώνεται το φαινόμενο στους υπόγειους αγωγούς. Ανάλογος προβληματισμός υπάρχει και για τα συστήματα θεώρησης της διάβρωσης, που εξηγούν το φαινόμενο σε ευρεία κλίμακα (Hondros et. al., 1989; Bogaerts και Agema, 1992). Οι διαβρωτικοί μηχανισμοί που αναπτύσσονται σε υπόγειους αγωγούς επενδυμένους, με υλικά παθητικής αντιδιαβρωτικής προστασίας, συνδεδεμένους με διατάξεις καθοδικής προστασίας οι οποίοι λειτουργούν σε βάθη 1-3 m κάτω από το έδαφος, διαφέρει από τους μηχανισμούς διάβρωσης υπαίθριων δεξαμενών αργού πετρελαίου, πετρυγίων ατμολεβήτων ή αγωγών θαλάσσιου νερού. Οι περιβαλλοντικές συνθήκες κατασκευής, εγκατάστασης και λειτουργίας των αγωγών ΦΑ, είναι αυτές που διαφοροποιούν τη φαινομενολογία της διάβρωσης, για το συγκεκριμένο είδος εξοπλισμού, έναντι άλλων ειδών εξοπλισμού. Συνεπώς, συνιστούν παράγοντα πιο εξειδικευμένης και εμπειριστατωμένης γνωσιολογικής θεώρησης.

Στο γνωσιολογικό πεδίο, η διάβρωση παρουσιάζει ελκυστικότητα σε επίπεδο έρευνας και τεχνολογίας. Κλάδοι, όπως η μεταλλουργία, η γεωχημεία, η υδρογεωλογία, η μικροβιολογία, η υδροβιολογία και η περιβαλλοντική μηχανική, πραγματεύονται ενδιαφέρουσες περιοχές του φαινομένου. Το ερευνητικό βάθος εκτυλίσσεται από τη φασματοσκοπική μελέτη της δράσης των μικροοργανισμών σε δοκίμια ή προσβεβλημένα από διάβρωση τμήματα αγωγών (Dubiel et al., 2001; Geiser, et al., 2002) και την εργαστηριακή προσομοίωση των διαβρωτικών μηχανισμών (Pankhania et al., 1986; Raihna και Fonseca, 1997) μέχρι τις μικροκυματικές τεχνολογίες εσωτερικής επιθεώρησης των αγωγών (Okamoto, et al., 1999; Goedecke, 2003). Στο πλαίσιο αυτό, ενδιαφέρον παρουσιάζει η ανάπτυξη ΒΓ στις οποίες θα καταγράφεται ως προϊόν αντικειμενικοποίησης η άρρητη γνώση των εμπειρογνομώνων, καθώς επίσης των βιβλιογραφικών αναφορών και των τεχνολογικών αρχείων λειτουργίας έργων ΦΑ, ως ρητή πλέον γνώση.

Η διάσταση του γνωσιολογικού ενδιαφέροντος επεκτείνεται στην έλλειψη δυνατότητας άμεσης αναγνώρισης των συνεπειών της διάβρωσης σε εγκατεστημένους και υπό λειτουργία αγωγούς ΦΑ. Αυτό οφείλεται στο μεγάλο μήκος των οδεύσεων και στις τεχνικές, γεωγραφικές και γεωμορφολογικές συνθήκες των χαράξεων (υπογειοποίηση, απόκρημνες περιοχές, διασταυρώσεις με ποταμούς και συγκοινωνιακά δίκτυα, κλπ) που δυσχεραίνουν την επιθεώρηση των συστημάτων μεταφοράς. Η διάβρωση εμφανίζεται επιλεκτικά σε θέσεις εντοπισμένης φθοράς του πολυαιθυλενίου προστασίας, σε συνδυασμό με τις βιο-γεωχημικές διεργασίες του υπόγειου περιβάλλοντος. Οι αγωγοί αυτοί υπόκεινται σε

μεγαλύτερους κινδύνους αστοχίας και προς αυτή την κατεύθυνση, η γνωσιολογική έρευνα καλείται να συνεισφέρει στην αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση της διάβρωσης και των συνεπειών της.

8.5 Επιλογή μεθόδου οντολογικής αναπαράστασης

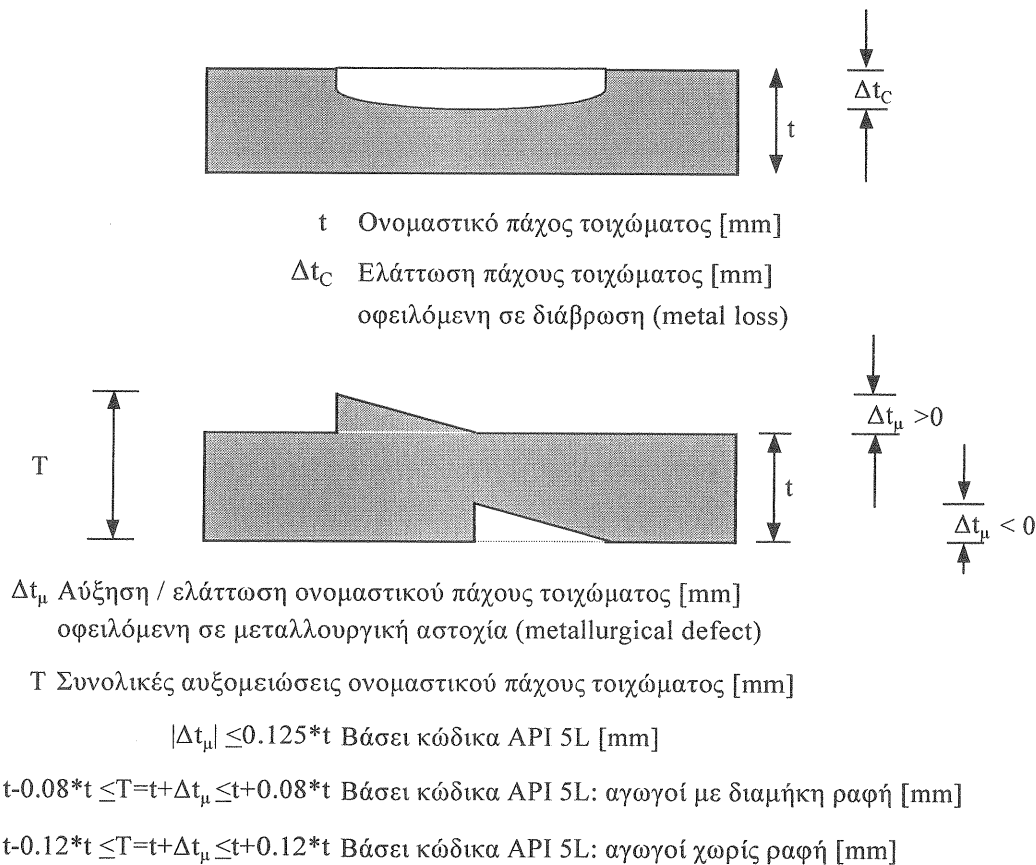
Όπως έχει τεκμηριωθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο, η μέθοδος διερεύνησης, σε ευρεία κλίμακα, της αξιοπιστίας των βιομηχανικών υποδομών και των παραγόντων που την επηρεάζουν, είναι η FTA (Wells, 1980; Knight και Nakano, 1997; Xie et al., 2000) Με τη μέθοδο αυτή επιτρέπεται η ανάλυση ενός φαινομένου, με την εκ των άνω προς τα κάτω (top-bottom) γνωσιολογική αποσύνθεσή του, από μια βασική αιτία (root cause) που τοποθετείται ως κόμβος έναρξης (top event) της οντολογικής αναπαράστασης, προς άλλες περισσότερο λεπτομερείς, που τοποθετούνται σε κατώτερη επίπεδα ανάλυσης με χρήση λογικών συνδέσμων (Taylor, 1994). Συνεπώς, για τους αγωγούς ΦΑ, η FTA εξυπηρετεί την αντικειμενικοποίηση της γνώσης του διαβρωτικού φαινομένου, με σαφή αναπαράσταση της σχέσης αιτίου-αιτιατού, μέσω ιεραρχικά δομημένης αναπαράστασης της γνώσης. Παράλληλα, επιτρέπει και την ανάστροφη διαδρομή, εκ των κάτω προς τα άνω (bottom up), όπου με χρήση ασαφών μεταβλητών όπως π.χ. *πολύ (high)*, *λίγο (low)* και *μετρίως (medium)*, μπορεί να προσδιοριστεί η σημαντικότητα κάποιου αιτίου, βάσει της ασάφειας αιτίων που βρίσκονται σε ιεραρχικά κατώτερα επίπεδα, με τρόπο που έχει αναδειχθεί σε προηγούμενα υποσυστήματα. Ως γνωστικό υπόβαθρο, έχουν χρησιμοποιηθεί σχετικές δημοσιευμένες εργασίες που συντάχθηκαν από το επιστημονικό προσωπικό του Εργαστηρίου Προσομοίωσης Βιομηχανικών Διεργασιών του Πανεπιστημίου Πειραιώς (Batzias και Batzias, 2003; Batzias και Siontorou, 2005; Batzias και Spanidis, 2008d).

8.6 Εξαγωγή και ανάλυση της γνώσης

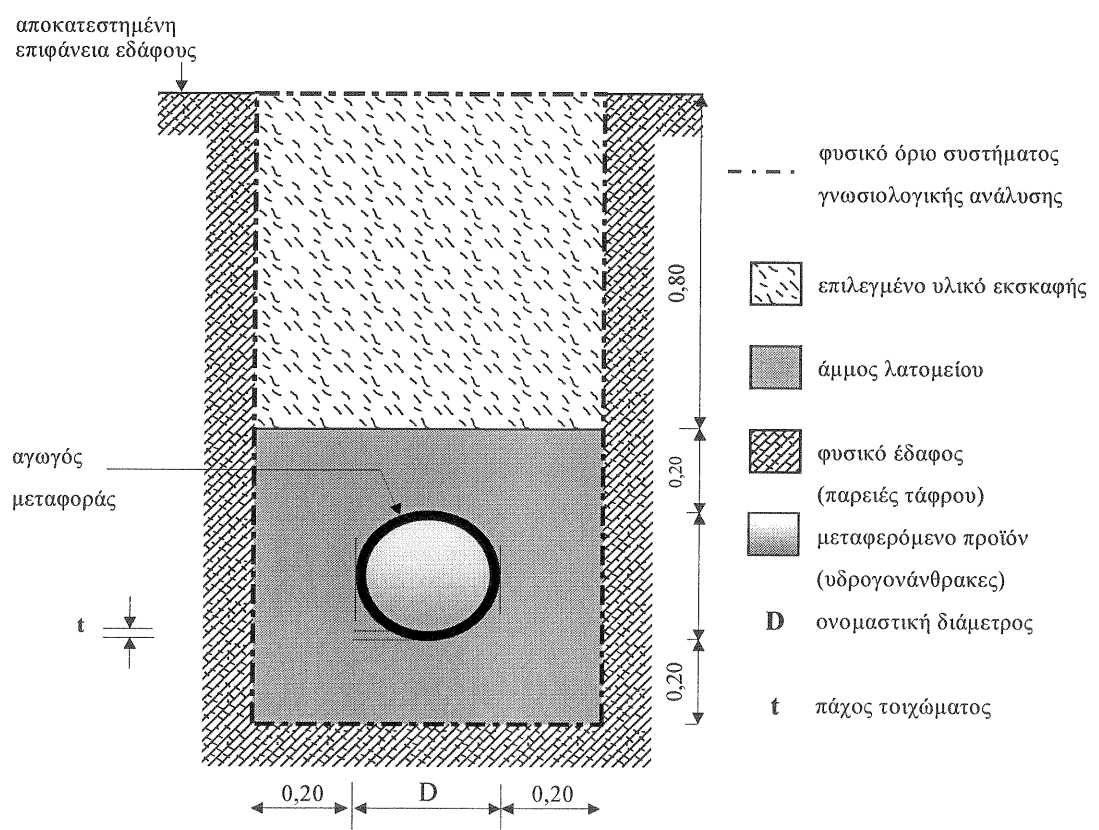
Η εξαγωγή και ανάλυση της γνώσης, αναφέρεται στη διαδικασία περαιτέρω διερεύνησης της διάβρωσης HIC, MIC και SCC, που αποτελούν αντιπροσωπευτικούς μηχανισμούς εκδήλωσης του φαινομένου. Η διερεύνηση καλύπτει την, καταρχήν, εμπειρική ανάλυση της γνώσης που προέρχεται από αναφορές λειτουργίας αγωγών ΦΑ και κώδικες σχεδιασμού και λειτουργίας. Ακολούθως, επεκτείνεται στις θεωρητικές προσεγγίσεις του φαινομένου που έχουν διατυπωθεί από την επιστημονική έρευνα για κάθε μηχανισμό. Στη συνέχεια, προσεγγίζεται η ανάδειξη της διεπιστημονικότητας, με προσδιορισμό του συνεργισμού των βιο-γεω-χημικών παραγόντων που δρουν στο υπέδαφος και που επεκτείνονται πέραν της τυπικής διάκρισης των μηχανισμών σε HIC, MIC και SCC.

Με σκοπό την καλύτερη κατανόηση της εκδήλωσης των διαβρωτικών μηχανισμών, παρατίθεται το σχήμα Σ-8.2 *υπόγειος αγωγός*, το οποίο αναπαριστά την τυπική τομή της τάφρου υποδοχής εγκατεστημένου αγωγού ΦΑ, στην οποία προσδιορίζονται επίσης, τα όρια της γνωσιολογικής ανάλυσης.

1. Διάβρωση οφειλόμενη στο υδρογόνο (HIC): Κάνοντας χρήση των φυσικών ορίων του συστήματος γνωσιολογικής ανάλυσης του σχήματος Σ-8.2, γίνεται η παραδοχή ότι η μεταλλική επιφάνεια δέχεται επιδράσεις διαβρωτικών παραγόντων ταυτόχρονα από το εσωτερικό και το εξωτερικό περιβάλλον του αγωγού.



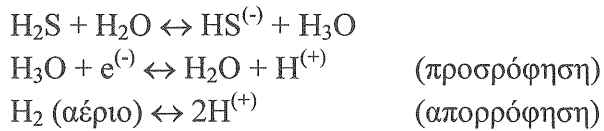
Σχήμα Σ-8.1 Γεωμετρία συνηθέστερων τύπων απώλειας μετάλλου κατά τη διάβρωση



Σχήμα Σ-8.2 Σύστημα γνωσιολογικής ανάλυσης υπόγειος αγωγός ΦΑ

Εξωτερικά, οι αγωγοί προσβάλλονται από το υδρογόνο, που αποτελεί συστατικό της ατμοσφαιρικής υγρασίας και προσροφάται από τους αποθηκευμένους-μεταφερόμενους αγωγούς, πριν από τη συγκόλληση και υπογειοποίησή τους. Εσωτερικά, οι αγωγοί προσβάλλονται από το υδρογόνο που απελευθερώνεται από το H₂S, την υγρασία, το ελεύθερο οξυγόνο και το CO₂ (Perdomo et al., 1999; Shrinivasan και Kane, 1999; Wolf, 2001). Το υδρογόνο, αλληλεπιδρά με τα συστατικά του μεταφερόμενου υδρογονάνθρακα, οπότε σε δεδομένες συνθήκες πίεσης, θερμοκρασίας και στοιχειομετρικής αναλογίας εισβάλλει στα διάκενα του μεταλλικού πλέγματος των αγωγών. Η δράση του υδρογόνου ενισχύεται από ρευστομηχανικούς παράγοντες, όπως η ταχύτητα ροής, το ιξώδες και η τραχύτητα, με αποτέλεσμα να υφίσταται απορρόφηση/προσρόφηση από το εσωτερικό των τοιχωμάτων των αγωγών (Krom et al., 1997). Η δράση του υδρογόνου εκλαμβάνεται ως ένα από τα βασικά αίτια προσβολής του εσωτερικού τοιχώματος των αγωγών, γεγονός που αναφέρεται στον κώδικα ASME B31.8 ως *εσωτερική διάβρωση (internal corrosion)*.

2. Διάβρωση οφειλόμενη σε μικροοργανισμούς (MIC): το υλικό επιχωμάτωσης αποτελείται από διάφορα συστατικά, κυριότερα των οποίων είναι η υγρασία, τα ανθρακικά και φωσφορικά άλατα και επίσης, οργανική ύλη δηλαδή τους μικροοργανισμούς. Οι μικροοργανισμοί αναπτύσσονται στις στιβάδες του εδάφους που περιβάλλουν τους εγκατεστημένους αγωγούς, δημιουργώντας τοπικές βιοκοινότητες η μεταβολική δράση των οποίων καταλήγει στη δημιουργία κολλοειδών βιομεμβρανών (Mittelman, 2001). Μέσω του μεταβολισμού απελευθερώνονται θειικά ή/και θειώδη συστατικά που προσβάλλουν το μέταλλο, στις θέσεις μεταλλουργικών ασυνεχειών ή δια μέσου των αστοχιών του υλικού επένδυσης (πόροι, ανοίγματα, τομές). Οι διεργασίες που συντελούνται στο υπέδαφος, με τη συνδρομή μεταφερόμενης ύλης και ενέργειας από τα πλευρικά τοιχώματα της τάφρου υποδοχής και από την επιφάνεια του εδάφους, συνεισφέρουν στη διάβρωση της εξωτερικής επιφάνειας του πάχους του τοιχώματος (Beech et al., 2000; Li et al., 2001).
3. Αναμοδιάβρωση (SCC): οι αστοχίες τύπου SCC οφείλονται σε αυξημένη μηχανική καταπόνηση των αγωγών. Η καταπόνηση οφείλεται σε μόνιμες ή περιοδικές τάσεις εφελκυσμού, που αναπτύσσονται κατά τη διεργασία μεταλλουργικής έλασης, τις συγκολλήσεις των αγωγών το εργοτάξιο και τις διακυμάνσεις της εσωτερικής πίεσης λειτουργίας των σωληνογραμμών (Ginzler και Kanters, 2002). Στο σύνολο αιτίων πρόκλησης SCC στους αγωγούς, μπορεί να προστίθενται μερικώς, και αίτια πρόκλησης αστοχιών HIC και MIC. Αποτέλεσμα του συνεργισμού των αιτίων, είναι η ώθηση του χάλυβα σε περιοχές πλαστικής μηχανικής παραμόρφωσης ή διαρροής, που εκδηλώνονται κατά μήκος ή εγκάρσιως του γεωμετρικού άξονα του αγωγού (Wolf, 2001; Manfredi και Otegui, 2002).
4. Θεωρητικές προσεγγίσεις HIC: Σύμφωνα με τους Krom et al., (1997) και Wolf (2001) η διαβρωτική δράση του υδρογόνου οφείλεται σε προσρόφηση και απορρόφηση του ατομικού υδρογόνου, που αναδομείται σε μοριακό (και αντίστροφα) και εισχωρεί στο κρυσταλλικό πλέγμα, σε θέσεις με μικρή στάθμη ελεύθερης ενέργειας. Οι προαναφερόμενοι συγγραφείς επισημαίνουν, ότι ο μηχανισμός δεν είναι απόλυτα εξακριβωμένος, ωστόσο υποστηρίζουν μια αντιπροσωπευτική εξήγηση του φαινομένου βάσει των ακόλουθων (αμφίδρομων) χημικών αντιδράσεων:



Η συνεχής και αμφίδρομη μεταβολή της χημικής κατάστασης του υδρογόνου λειτουργεί αποσταθεροποιητικά στη μεταλλουργική συνέχεια και συνοχή του τοιχώματος. Τα συμπτώματα που προκαλούνται είναι blisters και embrittlements. Επακόλουθο αυτών είναι αστοχίες τύπου crack με διάταξη intergranular ή transgranular (Avery et al., 2001). Ακόμη, ενδέχεται να συνυπάρχουν διάφορες περιπτώσεις αστοχιών και συμπτωμάτων, γεγονός που εξαρτάται από το ρυθμό ανάπτυξης του διαβρωτικού φαινομένου, τις φυσικοχημικές και καταστατικές συνθήκες διακίνησης του προϊόντος, καθώς επίσης και η ποιότητα του χάλυβα. Προς αυτή την κατεύθυνση έχουν διατυπωθεί οι ακόλουθες θεωρίες σχετικά με το μηχανισμό διάβρωσης:

(α) Διάσπαση Οφειλόμενη στο Υδρογόνο (Hydrogen Induced Decohesion, HID): θεωρείται ως ο μηχανισμός μείωσης της συνοχής του μεταλλικού πλέγματος (Wang, 2001), που οδηγεί το υλικό από κατάσταση ολκιμότητας σε κατάσταση ψαθυροποίησης και τελικώς ψαθυρής θραύσης (Liang και Sofronis, 2003). Κατά τους Panagoroulos et al., (1998) και Chattoraj et al., (1995) ο μηχανισμός διατυπώθηκε αρχικά από τους Troiano et al., (1960) και επιβεβαιώθηκε μεταγενέστερα από τους Oriani και Josephic (1974), καθώς επίσης και από τους Hirth και Rice (1980) και τους Rice και Wang (1989).

(β) Τοπική Πλαστικοποίηση Οφειλόμενη στο Υδρογόνο (Hydrogen Enhanced Localized Plasticity, HELP): το φαινόμενο της πλαστικής παραμόρφωσης αποτελεί αντικείμενο εμφάνισης embrittlements στους αγωγούς (Liang και Sofronis, 2003). Η θεωρία του μηχανισμού εισήχθη από τον Beachem (1972) και αναπτύχθηκε από τους Rajan και Hirth (1987), αλλά και από τον Brinbaum (1994). Παράγοντας εμφάνισης HELP θεωρείται σύμφωνα με τον Wang (2001) η εισχώρηση του υδρογόνου στο μεταλλικό πλέγμα που οδηγεί σε μείωση της μηχανικής αντίστασης του μετάλλου και εξαρθρώσεις της κρυσταλλικής του δομής, δημιουργώντας φαινόμενα τοπικής πλαστικής παραμόρφωσης.

(γ) Ψαθυρή Θραύση/Σουλφιδική Μηχανική Καταπόνηση-Διάβρωση (Hydrogen Induced Cracking/Sulfide Stress Corrosion Cracking, HIC/SSCC): αναφέρεται ως συνδυασμός της δράσης του υδρογόνου που εμπεριέχεται στη φυσική υγρασία και της αυξημένης ποσότητας θειούχων ή/και θειωδών ουσιών που συνυπάρχουν στο όξινο ΦΑ (sour gas). Η δράση αυτή, συνεπικουρούμενη από μηχανικές καταπονήσεις που αναπτύσσονται κατά την κατασκευή και λειτουργία των αγωγών, οδηγεί σε αστοχίες SCC. Η θεωρία αυτή, προτάθηκε αρχικά από τον Burns (1976) και διερευνήθηκε περαιτέρω από τους Turn et al., (1983) και τους Tong και Knott (1991). Αυτό επιβεβαιώνεται και από τους Chattoraj et al., (1995) που διερευνούν περαιτέρω το μηχανισμό σε συνθήκες εργαστηριακής προσομοίωσης, αλλά και από τους Tsai και Shih (1996) που αναλύουν στατιστικά το μηχανισμό.

5. Θεωρητικές προσεγγίσεις MIC: οι μικροοργανισμοί προκαλούν αστοχίες στους αγωγούς, που εκδηλώνονται κυρίως στην εξωτερική επιφάνεια του μετάλλου, σε θέσεις εντοπισμένης αστοχίας του πολυαιθυλενίου επένδυσης. Προϋπόθεση για αυτό είναι η ανάπτυξη βακτηριακών κοινοτήτων γνωστές ως Sulphate Reducing Bacteria (SRB). Τα

βακτήρια που συντελούν στην αναγωγή των θεικών ενώσεων, αναπτύσσοντας αναερόβια μεταβολική δράση (Beech et al., 2000; Videla, 2002). Οι ομάδες των SRB που σχετίζονται με τη διάβρωση σιδηρούχων υλικών είναι τα *Desulfovibrio desulfuricans* (Rainha και Fonseca, 1997), *Desulfovibrio vulgaris* και *Desulfotomaculum nigrificans* (Pankhania et al., 1986; Beech και Gaylarde, 1999). Αναφορές των Gessey et al., (1996) και των Axelsen και Rong (2002) υποδεικνύουν τις θέσεις των συγκολλήσεων ως περισσότερο ελκυστικές στην ανάπτυξη βακτηριακής δράσης. Προς αυτή την κατεύθυνση έχουν διατυπωθεί οι ακόλουθες θεωρίες σχετικά με το μηχανισμό διάβρωσης:

(α) Καθωδική Εκπόλωση (Cathodic Depolarization, CDEP): διατυπώθηκε αρχικά από τους Kuhr και Van de Vulgt (1934). Σύμφωνα με αυτήν, η δράση των SRB σε θέσεις αταξίας δομής του μετάλλου, δημιουργεί θύλακες οξειδοαναγωγής με πρόκληση εκπόλωσης της καθόδου, δηλαδή αντικατάσταση του ατομικού υδρογόνου και δημιουργία θειούχων ή/και θεικών ιόντων που δευτερογενώς παράγουν άλατα σιδήρου, συνιστώντας παράγοντα σταδιακής αποσύνθεσης του υλικού των αγωγών.

(β) Δημιουργία Έγκλειστης Περιοχής (Occluded Area Formation, OEF): ο μηχανισμός αυτός διατυπώθηκε από τους Pore και Morris (1995). Σύμφωνα με τους συγγραφείς, παράγοντας ανάπτυξης έγκλειστων περιοχών είναι η παρουσία διαβρωτικών θυλάκων (κυττάρων) που περικλείουν ιόντα και διαφορικούς όγκους οξυγόνου. Η δράση του οξυγόνου, το οποίο απελευθερώνεται από τους βακτηριακούς μεταβολισμούς, προκαλεί σταδιακή οξείδωση προσβάλλοντας την επιφάνεια των αγωγών.

(γ) Όξινη Υποϊζηματική Επίθεση (Underdeposit Acid Attack, UAA): διατυπώθηκε από τους Pore και Morris (1995), όπως επιβεβαιώνουν και οι Axelsen και Rong (2002). Παράγοντας ανάπτυξης όξινης υποϊζηματικής επίθεσης είναι επίσης η παρουσία οξικού οξέως που προκύπτει από τη μεταβολική δράση των βακτηριακών κοινοτήτων και προσβάλλει άμεσα το μέταλλο των αγωγών.

6. Θεωρητικές προσεγγίσεις SCC: Ανεξάρτητα ή σε συνεργισμό με τη δράση του υδρογόνου και των μικροοργανισμών, οι αγωγοί υπόκεινται σε τάσεις που ασκούνται στο υλικό των σωλήνων και ειδικότερα στις θέσεις των συγκολλήσεων (Bruno, 1997). Μέρος των τάσεων οφείλεται σε καταπονήσεις από τη μεταλλουργική διεργασία (έλαση, υδραυλική δοκιμή), στις εργοταξιακές συγκολλήσεις, στις καμπυλώσεις (bending) εντός της τάφρου υποδοχής και στα μόνιμα φορτία που παραλαμβάνει ο αγωγός από το υπερκείμενο έδαφος. Άλλη κατηγορία τάσεων είναι οι διακυμάνσεις της εσωτερικής πίεσης. Όταν η διακύμανση φθάνει συστηματικά σε τιμές μεγαλύτερες του 10% της Μέγιστης Επιτρεπόμενης Πίεσης Λειτουργίας (Maximum Allowable Operating Pressure, MAOP) το υλικό υπόκειται σε κόπωση (Wolf, 2001). Η μηχανική κόπωση σε συνδυασμό με τη δράση του υδρογόνου ή των μικροοργανισμών οδηγεί σε αστοχίες (cracks) που παρουσιάζουν συνήθως διάταξη intergranular ή transgranular (Wolf, 2001; Manfredi και Otegui, 2002). Προς αυτή την κατεύθυνση έχουν διατυπωθεί οι ακόλουθες θεωρίες σχετικά με το μηχανισμό διάβρωσης:

(α) Διακύμανση της πίεσης (Pressure Fluctuation, PF) : Η συνεχής διακύμανση της εσωτερικής πίεσης έχει ως αποτέλεσμα την καταστροφή των εποξεικών προστατευτικών βαφών ειδικότερα σε θέσεις αταξιών δομής που χαρακτηρίζονται και ως αιχμές έναρξης των θραύσεων (crack tips). Οι αιχμές διευκολύνουν τη διείσδυση υδρογόνου από την

επιφάνεια στο εσωτερικό του μεταλλικού πλέγματος (Might και Duquette, 1996; Cherny και Linhart 2003).

(β) Ηλεκτροχημική Αποσύνθεση της Ανόδου (Anodic Dissolution, ADS): Οι Mao και Li (1998) και οι Guo et al., (2003) αναφέρονται στη δημιουργία θέσεων ανόδων στους φερριτικούς χάλυβες, οπότε και εμφανίζονται ιόντα $Fe^{(2+)}$ και $Fe^{(3+)}$. Η παρουσία των ιόντων αυτών συνιστά προϋπόθεση μετατροπής τους σε άλατα σιδήρου, γεγονός που αποδιοργανώνει τη μεταλλική δομή του αγωγού.

(γ) Σουλφιδική Καταπόνηση και Διάβρωση (Sulfide Stress Cracking, SSC): προτείνεται ως εναλλακτικός παράγοντας εμφάνισης SCC σύμφωνα με συγκλίνουσες αναφορές των Margot-Marette et al., (1987), των Albaran et al., (1999), των Wang και Artens (2002) και των Guo et al., (2003). Σύμφωνα με τον μηχανισμό αυτό, το όξινο περιβάλλον λειτουργίας των αγωγών αποσταθεροποιεί τη δομή του μετάλλου, λόγω προσβολής της από κατιόντα υδρογόνου, η οποία σταδιακά καθίσταται περισσότερο ευάλωτη έναντι των συνολικά ασκούμενων τάσεων στο σώμα των μετάλλων.

7. Συνεργισμός βιο-γεω-χημικών παραγόντων: Εκτός των γνωσιολογικά διακριτών μηχανισμών εκδήλωσης της διάβρωσης HIC, MIC και SCC, το φαινόμενο διερευνάται και ως αποτέλεσμα συνδυασμένων γεωχημικών διεργασιών που διεξάγονται μέσα στα όρια του σχήματος Σ-8.2. Οι διεργασίες αυτές ενσωματώνουν οντότητες γνώσης που προέρχονται από διαφορετικά επιστημονικά και ερευνητικά πεδία, όπως η εδαφολογία, η υδρογεωλογία, η οικολογία, η βιολογία, κλπ. Συνεπώς, η γνωσιολογική προσέγγιση του διαβρωτικού φαινομένου μέσω της αποσύνθεσης και ανασύνθεσης των διεργασιών αυτών και η αντικειμενική αναπαράστασή του υπό μορφή οντολογίας FTA, εκπροσωπεί αναπαράσταση της διεπιστημονικότητας του φαινομένου. Κυριότεροι παράγοντες που συμμετέχουν στις βιο-γεω-χημικές δράσεις είναι οι καρβονικές ενώσεις, το υδρόθειο που απελευθερώνεται από το μεταβολισμό των SRB, η παρουσία θειούχων και θεικών ιόντων, οι αζωτούχες ενώσεις που εισρέουν στο υπέδαφος μέσω του φυσικού κύκλου του αζώτου, καθώς επίσης και τα οργανικά οξέα (Li et al., 2001; Ginzal και Kanters, 2002; Pope και Morris, 1995; Jung, 2002; Axelsen και Rong, 2002). Στο πλαίσιο της σύνθεσης των οντολογικών δικτύων με τη μέθοδο FTA, παρουσιάζονται με μεγαλύτερη λεπτομέρεια οι λογικές διασυνδέσεις-σχέσεις των επί μέρους αιτίων (κόμβων) που αναδεικνύουν το συνεργισμό των βιο-γεω-χημικών διεργασιών.

8.7 Αναπαράσταση γνώσης: σύνθεση οντολογιών διάβρωσης

Η σύνθεση των οντολογικών δικτύων μέσω FTA, αναπαριστά τη γνώση του φαινομένου της διάβρωσης που αντιστοιχεί στα εξαγόμενα της προηγηθείσας ανάλυσης. Οι κόμβοι κάθε οντολογικού δένδρου, προσδιορίζονται με λεπτομερέστερες αναφορές και επεξηγήσεις της σχέσης αιτίου-αιτιατού, βάσει βιβλιογραφίας και κωδίκων. Συγκεκριμένα, αναπτύσσεται το FTA διάγραμμα της εμπειρικής γνώσης, που απαρτίζεται από τους βασικούς κλάδους HIC, MIC και SCC. Ακολούθως, αναπτύσσονται η θεωρητικές προσεγγίσεις των HIC, MIC και SCC και στη συνέχεια ο συνεργισμός των βιο-γεω-χημικών παραγόντων., ενώ επισυνάπτεται και σχετικό απόσπασμα FTA για τις τεχνολογίες επιθεώρησης και ελέγχων του φαινομένου.

8.7.1 Σύνθεση οντολογίας εμπειρικής γνώσης

Επειδή η διερεύνηση της διάβρωσης αποσκοπεί στην πρόληψη αστοχιών, στο οντολογικό διάγραμμα της εμπειρικής γνώσης που περιγράφεται στη συνέχεια και αποδίδεται σχεδιαστικά στο σχήμα Σ-8.3, ο κόμβος έναρξης χαρακτηρίζεται ως *αστοχίες αγωγών οφειλόμενες σε διάβρωση και καταπόνηση* (κόμβος 1). Στο σχήμα αυτό απεικονίζεται η συνδεσμολογία των επί μέρους κλάδους, κόμβων και φύλλων, που αναπτύσσονται κάτω από τον κόμβο έναρξης και απεικονίζουν τη γνωσιολογική σχέση αιτίου-αιτιατού στην εξέλιξη του φαινομένου. Η συνοπτική περιγραφή του γνωσιολογικού περιεχομένου των κόμβων, φύλλων και πυλών της οντολογίας, παρουσιάζονται στη συνέχεια, μαζί με την κωδικοποίηση των πυλών που ακολουθούν κάθε περιγραφή.

Κόμβος 1: Αστοχίες αγωγών ΦΑ οφειλόμενες σε διάβρωση και καταπόνηση

Πύλη 1.0: OR

Κόμβος 1.1: Εμφάνιση αστοχιών πιθανώς οφειλόμενες σε HIC: η εσωτερική επιφάνεια των αγωγών προσβάλλεται από υδρογόνο που απελευθερώνεται από το H₂S, την υγρασία, το ελεύθερο οξυγόνο και το CO₂ που βρίσκεται στη σύσταση των υδρογονανθράκων (Perdomo et al., 1999; Shrinivasan και Kane, 1999; Wolf, 2001).

Πύλη 1.1.0: OR

Κόμβος 1.2: Εμφάνιση αστοχιών πιθανώς οφειλόμενες σε MIC: το υλικό επιχωμάτωσης αποτελείται συστατικά, κυριότερα των οποίων είναι η υγρασία, τα ανθρακικά και φωσφορικά άλατα και η οργανική ύλη. Οι διεργασίες μεταξύ των υλικών αυτών και οι μεταφορές ύλης/ενέργειας από τα τοιχώματα της τάφρου και από την επιφάνεια του εδάφους, συντελούν στην ανάπτυξη μικροβιακών κοινοτήτων, η μεταβολική δράση των οποίων προσβάλλει την εξωτερική επιφάνεια του αγωγού (Beech et al., 2000; Li et al., 2001). Συνήθεις τύποι συμπτωμάτων: pittings, crevices, stirations ή channel defects (Li et al., 2001; Ginzal και Kanters, 2002)

Πύλη 1.2.1: AND

Κόμβος 1.3: Εμφάνιση αστοχιών πιθανώς οφειλόμενες σε SCC: η περίπτωση SCC οφείλεται σε αυξημένη μηχανική καταπόνηση, λόγω εντατικής λειτουργίας των αγωγών σε μεγάλες πιέσεις και υψηλές θερμοκρασίες. Στο σύνολο αιτίων πρόκλησης SCC, συχνά δρουν σε συνεργισμό με τα αίτια πρόκλησης HIC ή/και MIC.

Πύλη 1.3.0: OR

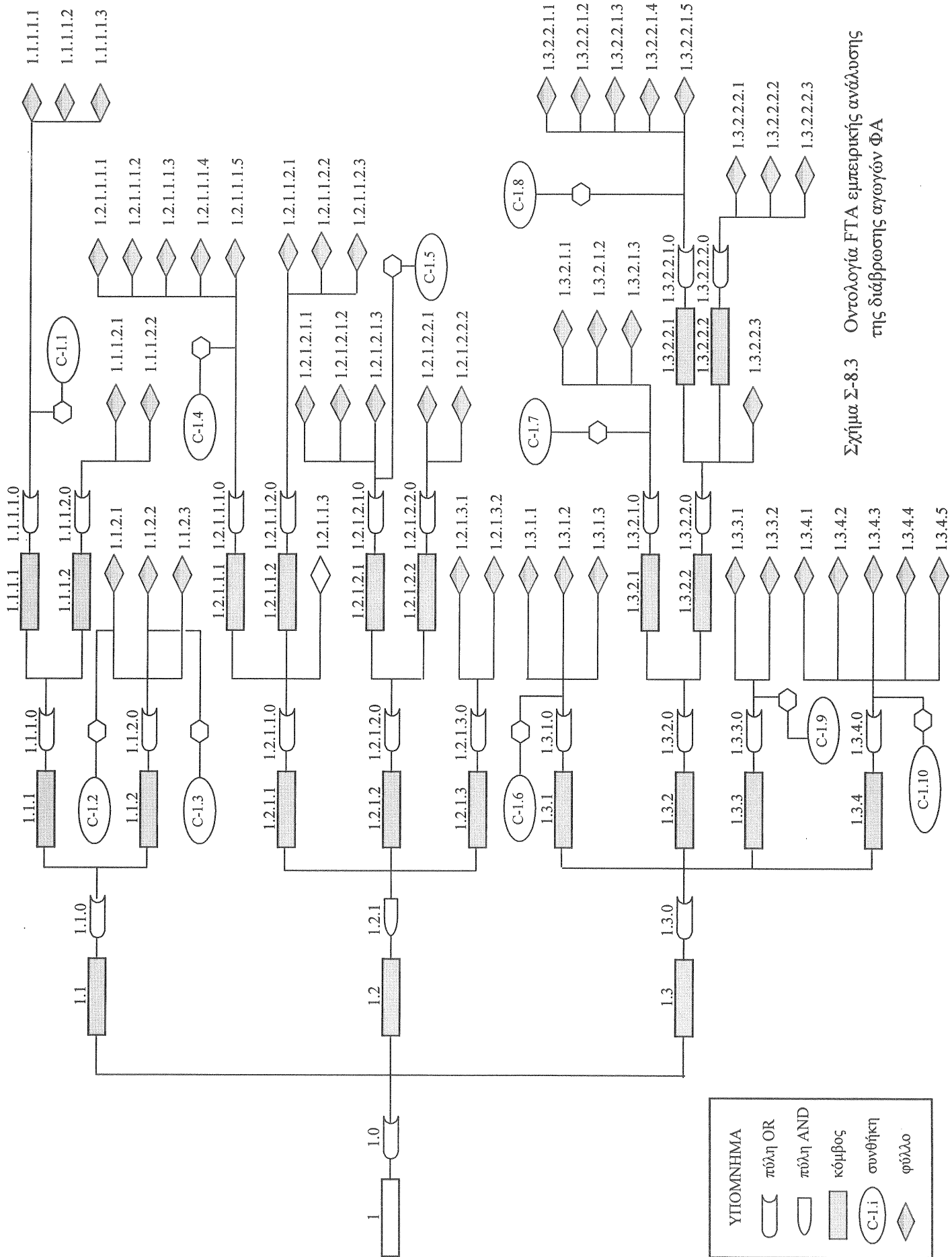
Κόμβος 1.1.1: Ασυνέχειες οφειλόμενες στη μεταλλουργική διεργασία: η διαβρωτική δράση του υδρογόνου οφείλεται μερικώς στην παρουσία αταξιών δομής ή ανομοιομορφιών στην επιφάνεια του μετάλλου που εκδηλώνεται με συμπτώματα blistering ή embrittlement (Symons, 2001)

Πύλη 1.1.1.0: OR

Κόμβος 1.1.1.2: Δράση όξινου αερίου: η διαβρωτική δράση του υδρογόνου οφείλεται στη διακίνηση όξινου αερίου (sour gas) στο εσωτερικό των αγωγών. Αυτό συμβαίνει όταν εμπεριέχεται H₂S σε συνθήκες πίεσης μεγαλύτερες των 4.5 bar, όπως αναφέρουν οι Chattoraj et al, (1995), Shrinivasan και Kane (1999) αλλά και ο κώδικας ASME B31.8.

Πύλη 1.1.2.0: OR

Κόμβος 1.1.1.1: Ανεπάρκεια πάχους τοιχώματος: οι αταξίες δομής προσδιορίζονται από τη μη ομοιόμορφη γεωμετρία του πάχους του τοιχώματος των αγωγών, λόγω φυσικής ατέλειας



Σχήμα Σ-8.3 Οντολογία FTA εμπειρικής ανάλυσης της διάβρωσης αγωγών ΦΑ

της μεταλλουργικής διεργασίας, όπως υποστηρίζουν οι Avery et al., (2002) και Symons (2000) και McMahon (2001). Ανατρέχοντας στον κώδικα API-5L, προκύπτει ότι οι αταξίες δομής μπορεί να οφείλονται σε ασυνέχειες όπως οι οδοντώσεις (dents), τα κοιλώματα (gouges) και οι διαστρωματώσεις (laminations).

Πύλη 1.1.1.0: OR

Φύλλο 1.1.1.1.1: Ανωμαλίες πάχους τοιχώματος-1: ανωμαλίες έξω από τα όρια ανοχής του $\pm 12.5\%$ του ονομαστικού πάχους τοιχώματος.

Φύλλο 1.1.1.1.2: Ανωμαλίες πάχους τοιχώματος-2: αυξήσεις ή ελαττώσεις του πάχους μεγαλύτερες των ορίων ανοχής του $\pm 8\%$ του ονομαστικού πάχους τοιχώματος (για αγωγούς με διαμήκη ραφή συγκόλλησης).

Φύλλο 1.1.1.1.3: Ανωμαλίες πάχους τοιχώματος-3: αυξήσεις ή ελαττώσεις του πάχους μεγαλύτερες των ορίων ανοχής του $\pm 10\%$ του ονομαστικού πάχους τοιχώματος (για αγωγούς χωρίς ραφή συγκόλλησης).

Κόμβος 1.1.1.2: Δράση ατομικού υδρογόνου: μέσω των αταξιών δομής, το $[H^+]$ της φυσικής ατμοσφαιρικής υγρασίας, εισβάλλει στα διάκενα της κρυσταλλικού πλέγματος καταστρέφοντας τη δομή του.

Πύλη 1.1.1.2.0: OR

Φύλλο 1.1.1.2.1: Προσρόφηση υδρογόνου-1: εκδηλώνεται στους χώρους εναπόθεσης και αποθήκευσης των αγωγών (pipe store yards).

Φύλλο 1.1.1.2.2: Προσρόφηση υδρογόνου-2: εκδηλώνεται κατά τις μεταλλουργικές διεργασίες έλασης ή συγκόλλησης των χαλύβδινων φύλλων (Averey et al., 2002).

Φύλλο 1.1.2.1: Δράση CO_2 : το CO_2 είναι διαβρωτικό, όταν η αναλογία βάρους είναι μεγαλύτερη των 2 mole %.

Φύλλο 1.1.2.2: Δράση H_2S : το H_2S είναι διαβρωτικό, όταν η περιεκτικότητα του είναι όχι μικρότερη των 4 ppm.

Φύλλο 1.1.2.3: Δράση O_2 : το ελεύθερο O_2 είναι διαβρωτικό, όταν η περιεκτικότητα του είναι μεγαλύτερη των 10 ppm (σύμφωνα με τους βρετανικούς κανονισμούς).

Κόμβος 1.2.1.1: Αποσύνθεση πολυαιθυλενίου επένδυσης αγωγών: η ανάπτυξη διαβρωτικής δράσης στο υλικό των αγωγών ευνοείται από την αποσύνθεση ή τις αστοχίες στα επιστρωμένα φύλλα του πολυαιθυλενίου επένδυσης των αγωγών, γεγονός που ευνοεί την είσοδο και αποίκηση μικροοργανισμών.

Πύλη 1.2.1.1.0: OR

Κόμβος 1.2.1.2: Αταξίες δομής: οι μεταλλουργικές αστοχίες εκδηλώνονται συχνά με αταξίες στη δομή και την επιφάνεια των αγωγών.

Πύλη 1.2.1.2.0: OR

Κόμβος 1.2.1.3: Βακτήρια: εντός της τάφρου υποδοχής ευνοείται ανάπτυξη υπόγειων βακτηριακών κοινοτήτων από τις βιο-γεω-χημικές διεργασίες του υπεδάφους.

Πύλη 1.2.1.3.0: OR

Κόμβος 1.2.1.1.1: Αστοχίες πολυαιθυλενίου: αιτία εμφάνισης αστοχιών στο υλικό επένδυσης, είναι η χρήση υλικών με πρόβλημα βιομηχανικής αστοχίας, λόγω του ότι οι μηχανικές τους ιδιότητες δεν ανταποκρίνονται στα όρια των προδιαγραφών που επιβάλλουν τα πρότυπα της τεχνολογίας των υλικών, όπως είναι π.χ. οι ASTM-D2117, ASTM-D1238 και ASTM-D1505. Η βιομηχανική αστοχία (θραύση, ρωγμή, θλάση ή ασυνέχεια) διευκολύνει μεταφορά διαβρωτικών ιόντων και οργανικής ύλης από το υλικό επιχωμάτωσης προς την εξωτερική επιφάνεια του μετάλλου.

Πύλη 1.2.1.1.1.0: OR

Φύλλο 1.2.1.1.1.1: Αίτιο αστοχίας-1: θερμοκρασία τήξης $\theta < 120^{\circ}\text{C}$ (κατά ASTM-D2117 απαιτείται $\theta \geq 120^{\circ}\text{C}$).

Φύλλο 1.2.1.1.1.2: Αίτιο αστοχίας-2: δείκτης ροής τήξης (melt flow index) $\text{mfi} > 0.35\text{ g/10 min}$ (κατά ASTM-D 1238 απαιτείται $\text{mfi} \leq 0.35\text{ g/10 min}$).

Φύλλο 1.2.1.1.1.3: Αίτιο αστοχίας-3: πυκνότητα υλικού $\rho \leq 0.94\text{ g/cm}^3$ (κατά ASTM-D1505 απαιτείται $\rho > 0.94\text{ g/cm}^3$).

Φύλλο 1.2.1.1.1.4: Αίτιο αστοχίας-4: αντοχή εφελκυσμού $\sigma_e < 15\text{MPa}$ στους 23°C (κατά ASTM-D 638 απαιτείται $\sigma_e \geq 15\text{ Mpa}$).

Φύλλο 1.2.1.1.1.5: Αίτιο αστοχίας-5: επιμήκυνση θραύσης $L_F \leq 600\%$ στους 23°C (κατά ASTM-D 638 απαιτείται $L_F > 600\%$).

Κόμβος 1.2.1.1.2: Αστοχίες εφαρμογής πολυαιθυλενίου: αίτιο αστοχίας του υλικού επένδυσης (σε μορφή φύλλου ή ταινίας) είναι η προσβολή ή/και καταστροφή του κατά τη διάρκεια της τοποθέτησής του στην εξωτερική επιφάνεια του αγωγού, στο χώρο ελικοειδούς περιτύλιξης των αγωγών (coating plant) ή στο εργοτάξιο κατασκευής των έργων του ΦΑ, όπου επενδύονται οι θέσεις των αρμών συγκόλλησης με φύλλα πολυαιθυλενίου (shrinkable sleeves).

Πύλη 1.2.1.1.2.0: OR

Φύλλο 1.2.1.1.2.1: Αίτιο-1: κακοτεχνίες που εκδηλώνονται με εγκατάλειψη υπολειμμάτων του εργοταξίου (ορυκτελαίων, τεμαχίων σκυροδέματος ή μετάλλων, σκόνης, σκωρίας) στην επιφάνεια του αγωγού.

Φύλλο 1.2.1.1.2.2: Αίτιο-2: παρουσία εγκλεισμάτων αέρος μεταξύ μετάλλου και φύλλων του πολυαιθυλενίου επένδυσης.

Φύλλο 1.2.1.1.2.3: Αίτιο-3: ανεπάρκεια επικάλυψης μεταξύ των φύλλων πολυαιθυλενίου στις θέσεις των συγκολλήσεων ($> 30\text{ mm}$, ενώ στην πράξη επιδιώκεται $< 30\text{ mm}$).

Φύλλο 1.2.1.1.3: Φθορές πολυαιθυλενίου: τραυματισμός της εξωτερικής επιφάνειας των φύλλων του πολυαιθυλενίου σε αγωγούς που διανέμονται στο εργοτάξιο επενδυμένοι.

Κόμβος 1.2.1.2.1: Ανεπάρκεια πάχους τοιχώματος: όπως ο κόμβος 1.1.1.1.

Πύλη 1.2.1.2.1.0: OR

Φύλλο 1.2.1.2.1.1: Ανωμαλίες πάχους τοιχώματος-1: όπως το φύλλο 1.1.1.1.1

Φύλλο 1.2.1.2.1.2: Ανωμαλίες πάχους τοιχώματος-2: όπως το φύλλο 1.1.1.1.2.

Φύλλο 1.2.1.2.1.3: Ανωμαλίες πάχους τοιχώματος-3: όπως το φύλλο 1.1.1.1.3.

Κόμβος 1.2.1.2.2: Δράση ατομικού υδρογόνου: όπως ο κόμβος 1.1.1.2.

Πύλη 1.2.1.2.2.0: OR

Φύλλο 1.2.1.2.2.1: Προσρόφηση υδρογόνου-1: όπως το φύλλο 1.1.1.2.1.

Φύλλο 1.2.1.2.2.2: Προσρόφηση υδρογόνου-2: όπως το φύλλο 1.1.1.2.2.

Φύλλο 1.2.1.3.1: Δράση APB: με την παρουσία των APB (τα οποία αποτελούν βιοκοινότητες που αναπτύσσονται στην εγγύτερη περιοχή του αγωγού) και των διεργασιών μεταβολισμού τους, παράγονται οργανικά οξέα, όπως το μυρμηκικό (H-COOH), το οξικό ($\text{CH}_3\text{-COOH}$) και το γαλακτικό ($\text{CH}_3\text{-CHOH-COOH}$) (Li et al., 2001). Τα οξέα αυτά προσβάλλουν άμεσα την εκτεθειμένη (λόγω αστοχίας στην επένδυση και στις αταξίες δομής) επιφάνεια του μετάλλου ή σε συνδυασμό με την οργανική ύλη που εισέρχεται από τα φυσικά όρια της τάφρου υποδοχής, λειτουργώντας ως θρεπτικό υπόστρωμα ανάπτυξης άλλου τύπου δραστικότερων βακτηρίων, των SRB (Li et al., 2001; Mittleman (2001); Freedman (2001).

Φύλλο 1.2.1.3.2: Δράση SRB: τα SRB, που είναι αναερόβια και δραστικότερα, προέρχονται από μεταβολισμό των APB, λόγω αποσύνθεσης της οργανικής ύλης, απελευθερώνοντας H_2S που δρα επιθετικά και αλλοιώνει την επιφάνεια του μετάλλου, δημιουργώντας στρώσεις αλάτων FeS (Mittleman, 2001; Li et al., 2001; Freedman, 2001; Axelsen και Rong, 2002) ή/και $FeCl_2$ όταν συνυπάρχουν ιόντα χλωρίου στο έδαφος (Freedman, 2001; Axelsen και Rong, 2002), ή/και υδροξείδια, όπως τα $Fe(OH)_2$ και $Fe(OH)_3$ (Rainha και Fonseca, 1997; Freedman, 2001; Axelsen και Rong, 2002).

Κόμβος 1.3.1: Μηχανική καταπόνηση αγωγού: άσκηση μόνιμων ή/και περιοδικών τάσεων που ασκούνται στο υλικό, από το σύστημα λειτουργίας των αγωγών. Οι τάσεις αυτές συνιστούν παράγοντα εμφάνισης συμπτωμάτων intergranular crack ή transgranular crack ή toe-crater crack, που συνεπάγονται αστοχίες SCC.

Πύλη 1.3.1.0: OR

Κόμβος 1.3.2: Αστοχίες συστήματος προστασίας αγωγών: αστοχίες των συστημάτων αντιδιαβρωτικής προστασίας

Πύλη 1.3.2.0: OR

Κόμβος 1.3.3: Γεωχημικά αίτια: υπόγειες γεω-χημικές διεργασίες εντός της τάφρου υποδοχής που οφείλονται στην ιοντική σύσταση του εδάφους, στις τιμές του pH και στην παρουσία οργανικής ύλης.

Πύλη 1.3.3.0: OR

Κόμβος 1.3.4: Αστοχίες συγκολλήσεων: αστοχίες που παρατηρούνται στις εγκάρσιες και διαμήκεις ζώνες εκτέλεσης συγκολλήσεων στο εργοτάξιο. Για την ανάπτυξη του οντολογικού δένδρου, έγινε η παραδοχή, ότι αστοχίες στις συγκολλήσεις προκύπτουν από μη τήρηση βασικών απαιτήσεων του κώδικα API-1104.

Πύλη 1.3.4.0: OR

Φύλλο 1.3.1.1: Μεταβολή εσωτερικής πίεσης: οι κυμαινόμενες εσωτερικές τάσεις, που εκδηλώνονται κατά τη λειτουργία και υπερβαίνουν συνήθως κατά 10% τη μέγιστη επιτρεπόμενη τάση λειτουργίας (*Maximum Allowable Operating Pressure, MAOP*) των αγωγών (Wolf, 2001).

Φύλλο 1.3.1.2: Υπέρβαση τάσης εφελκυσμού: συμβαίνει όταν οι τάσεις εφελκυσμού (*hoop stresses*) που εκδηλώνονται με φορά εν των έσω προς τα έξω και περιμετρικά της διαμέτρου, υπερβαίνουν το επιτρεπόμενο ποσοστό της επιλεγμένης ελάχιστης τάσης διάτμησης του υλικού (*specified minimum yield strength, SMYS*) των αγωγών. Η SMYS αποτελεί παράμετρο σχεδιασμού και καθορίζεται βάσει των κωδίκων ASME B31.8 και APL 5L. Βάσει αυτής, επιλέγεται το πάχος τοιχώματος των αγωγών. Το επιτρεπόμενο ποσοστό α συνήθως προσδιορίζεται σε τιμές που κυμαίνονται στο διάστημα $0,4.SMYS \leq \alpha \leq 0,8.SMYS$. Όταν οι τιμές $hoop\ stress > \alpha.SMYS$, τότε υπεισέρχεται ο παράγοντας δυνητικής εκδήλωσης αστοχίας.

Φύλλο 1.3.1.3: Παραμένουσες τάσεις: συνεχής καταπόνηση του υλικού από μόνιμες τάσεις που οφείλονται στην έλαση των αγωγών, στις συγκολλήσεις, στην κόπωση του μετάλλου, στην εκτέλεση της υδραυλικής δοκιμής και στις ολόσωμες μόνιμες παραμορφώσεις (κυρτώσεις, αντιστάσεις εδάφους/πρανών, κλπ.) που υφίστανται οι εγκατεστημένοι αγωγοί, θεωρούμενοι ως γραμμικοί ελαστικοί φορείς μεγάλου μήκους. Στον κώδικα ASME B 31.8 προσδιορίζεται ποιες είναι οι μόνιμες τάσεις, όπως επιβεβαιώνεται από τους Ahammed και Melhers (1997), Manfredi και Otegui (2002) και Cross et al., (2001).

Κόμβος 1.3.2.1: Ζημιές καθοδικής προστασίας: εκδήλωση ζημιών στο σύστημα καθοδικής προστασίας, μέσω των διατάξεων της οποίας ρυθμίζεται η απαιτούμενη τιμή του δυναμικού στο σύστημα *αγωγός προς έδαφος* (pipe to soil potential) (Osella και Favetto, 2000).

Πύλη 1.3.2.1.0: OR

Φύλλο 1.3.2.1.1: Ζημιές καθοδικής προστασίας αίτιο-1: διακοπή ή κακοτεχνία στη σύνδεση των καλωδιώσεων στις θέσεις θυσιαζομένων ανόδων.

Φύλλο 1.3.2.1.2: Ζημιές καθοδικής προστασίας αίτιο-2: ζημιές στους μετασχηματιστές ανόρθωσης (transformer rectifiers) από φαινόμενα επίθεσης κεραυνών.

Φύλλο 1.3.2.1.3: Ζημιές καθοδικής προστασίας αίτιο-3: κακοτεχνίες στις συνδεσμολογίες των οργάνων ελέγχου-ισχύος στους μετασχηματιστές ανόρθωσης κατά την εγκατάσταση και λειτουργία των μονάδων αυτών.

Κόμβος 1.3.2.2: Αποσύνθεση πολυαιθυλενίου επένδυσης αγωγών: όπως ο κόμβος 1.2.1.1.

Πύλη 1.3.2.2.0: Πύλη OR.

Κόμβος 1.3.2.2.1: Βιομηχανικές αστοχίες πολυαιθυλενίου: όπως ο κόμβος 1.2.1.1.1.

Πύλη 1.3.2.2.1.0: OR

Φύλλο 1.3.2.2.1.1: Αίτιο αστοχίας-1: όπως το φύλλο 1.2.1.1.1.1.

Φύλλο 1.3.2.2.1.2: Αίτιο αστοχίας-2: όπως το φύλλο 1.2.1.1.1.2.

Φύλλο 1.3.2.2.1.3: Αίτιο αστοχίας-3: όπως το φύλλο 1.2.1.1.1.3.

Φύλλο 1.3.2.2.1.4: Αίτιο αστοχίας-4: όπως το φύλλο 1.2.1.1.1.5.

Φύλλο 1.3.2.2.1.5: Αίτιο αστοχίας-5: όπως το φύλλο 1.2.1.1.1.5.

Κόμβος 1.3.2.2.2: Αστοχίες εφαρμογής πολυαιθυλενίου: όπως ο κόμβος 1.2.1.1.2.

Πύλη 1.3.2.2.2.0: OR

Φύλλο 1.3.2.2.2.1: Αστοχία-1: όπως το φύλλο 1.2.1.1.2.1.

Φύλλο 1.3.2.2.2.2: Αστοχία-2: όπως το φύλλο 1.2.1.1.2.2.

Φύλλο 1.3.2.2.2.3: Αστοχία-3: όπως το φύλλο 1.2.1.1.2.3.

Φύλλο 1.3.2.2.3: Φθορές πολυαιθυλενίου: όπως το φύλλο 1.2.1.1.3.

Φύλλο 1.3.3.1: Υψηλό pH: η υψηλή ($9 \leq \text{pH} \leq 13$) αλκαλικότητα (βασικό περιβάλλον) ενέχεται για εμφάνιση συμπτωμάτων intergranular crack, λόγω λειτουργίας των αγωγών σε υψηλές θερμοκρασίες σε περιοχές συμπιεστών ΦΑ (Mao και Li, 1998).

Φύλλο 1.3.3.2: Χαμηλό pH: η ουδέτερη αλκαλικότητα ($5 \leq \text{pH} \leq 7$) ενέχεται για εμφάνιση συμπτωμάτων transgranular crack, λόγω παρουσίας καρβονικών ή δικαρβονικών ενώσεων στο υπέδαφος, όπως αναφέρουν οι Manfredi και Otegui (2002) και Cerny και Linhart (2003) από εμπειρία αστοχίας αγωγών στην Αργεντινή και την Τσεχία, αντίστοιχα.

Φύλλο 1.3.4.1: Αίτιο αστοχίας-1: χρήση ακατάλληλων ηλεκτροδίων λόγω έκθεσής σε περιβάλλον σχετικής υγρασίας $> 50\%$.

Φύλλο 1.3.4.2: Αίτιο αστοχίας-2: εκτέλεση επανορθωτικών συγκολλήσεων (repairs) σε θέσεις που έχουν ήδη γίνει τέτοιες.

Φύλλο 1.3.4.3: Αίτιο αστοχίας-3: προθέρμανση των άκρων των σωλήνων θερμοκρασίες εκτός του προβλεπόμενου εύρους, δηλαδή $\theta > 175^{\circ} \text{C}$ ή $\theta < 80^{\circ} \text{C}$.

Φύλλο 1.3.4.4: Αίτιο αστοχίας-4: ανεπαρκής μηχανικός καθαρισμός των άκρων των σωλήνων και παρουσία υπολειμμάτων σκόνης, ορυκτελαίων και σκωρίας.

Φύλλο 1.3.4.5: Αίτιο αστοχίας-5: ανεπαρκής τροχισμός των άκρων των σωλήνων.

8.7.2 Συνθήκες

Στο σχήμα Σ-8.3, σε συγκεκριμένες θέσεις της οντολογίας παρεμβάλλονται ελλειψοειδή σχήματα που κωδικοποιούνται ως C-ijk, (i, j, k,...=1, 2,...). Τα σχήματα αυτά αναφέρονται σε συνθήκες που καθορίζουν προϋποθέσεις ισχύος της γνωσιολογικής σχέσης αιτίου-αιτιατού μεταξύ κόμβων και φύλλων. Οι συνθήκες αναφέρονται σε κώδικες, συνθήκες ή σχέσεις που προκύπτουν από γνώσεις σχεδιασμού/λειτουργίας αγωγών ή από εξαγόμενα της εμπειρίας. Στη συνέχεια, οι σχέσεις αυτές εξηγούνται και τεκμηριώνονται, ώστε να αποσαφηνιστεί η γνωσιολογική τους σημασία.

C-1: η ανεπάρκεια τοιχώματος των αγωγών αφορά χάλυβες υψηλής αντοχής τύπου X42, X46, X52, X56, X60, X65 και X70, των οποίων η SMYS κυμαίνεται από 42 psi (ή 241 MPa) μέχρι και 70 psi (ή 483 MPa) όπως προδιαγράφεται στον πίνακα 3A του κώδικα API 5L. Κύριος λόγος εισαγωγής της συνθήκης είναι το γεγονός, ότι οι κατηγορίες αυτές των υλικών χρησιμοποιούνται κατά κανόνα στους αγωγούς μεταφοράς υδρογονανθράκων.

C-2 και C-3: διευκρινίζουν τις προϋποθέσεις εμφάνισης όξινου περιβάλλοντος εντός των αγωγών. Όπως αναφέρουν οι Shrinivasan και Kane (1999) και Perdomo et al., (1999) που διερεύνησαν τη δράση των O₂, H₂S και CO₂, αλλά και οι Polasek και Inglesias-Silva (1992) και Esteban et al., (2000) που πραγματεύονται τη βελτιστοποίηση των διεργασιών γλύκανσης-αφύγρανσης του ΦΑ, η αναλογία των συστατικών αυτών και οι καταστατικές συνθήκες, επηρεάζουν το βαθμό διαβρωτικότητας του H₂S. Συγκεκριμένα, όταν ο λόγος των μερικών πιέσεων είναι $p(\text{CO}_2)/p(\text{H}_2\text{S}) > 200$ και $p(\text{CO}_2) > 30$ psi, η διαβρωτικότητα του H₂S είναι μικρότερη σε σχέση με αυτήν του CO₂. Τα αντίστροφα ισχύουν, όταν $p(\text{CO}_2)/p(\text{H}_2\text{S}) \leq 200$ και $p(\text{H}_2\text{S}) \geq 0,015$ psi. Οι Shrinivasan και Kane (1999) υποστηρίζουν ότι στην περίπτωση υπερισχύουσας διαβρωτικότητας του CO₂, σε θερμοκρασίες $\theta \leq 60^\circ\text{C}$ δημιουργούνται καθαλατώσεις FeCO₃, ενώ όταν $60^\circ\text{C} < \theta < 120^\circ\text{C}$, δημιουργούνται καθαλατώσεις FeS (ή FeS₄ κατά τους Perdomo et al., 1999) η παρουσία των οποίων επιβραδύνει το ρυθμό εξέλιξης του διαβρωτικού φαινομένου.

C-4: διευκρινίζει την προέλευση των κριτηρίων βάσει των οποίων ερμηνεύεται η βιομηχανική αστοχία του υλικού επένδυσης των αγωγών. Εισάγεται για να τεκμηριωθούν τα όρια των μηχανικών ιδιοτήτων τις οποίες πρέπει να διαθέτει το πολυαιθυλένιο, η υπέρβαση των οποίων συνιστά αίτιο αστοχίας, βάσει του κώδικα ASTM-D.

C-5: είναι ταυτόσημη με τη συνθήκη C-1 και εισάγεται για λόγους σχεδιαστικής συνέπειας. Αυτό επιβάλλεται, δεδομένου ότι ο κλάδος που αναπτύσσεται κάτω από τον κόμβο 1.2.1.2.1, αντιστοιχεί πλήρως στην γνωσιολογική σημασία και διάταξη του κλάδου που έπεται του κόμβου 1.1.1.1.1.

C-6: διευκρινίζει, ότι η στα αίτια αστοχίας από μηχανική καταπόνηση, έννοιες όπως η SMYS και η MAOP, χρησιμοποιούνται σύμφωνα με τους ορισμούς του κώδικα ASME-B31.8.

C-7: σχετίζεται με την απαίτηση το δυναμικού καθοδικής προστασίας να κυμαίνεται μεταξύ -850 mV και -1100 mV με χρήση ηλεκτροδίου αναφοράς Cu/CuSO₄, για χαλύβδινους αγωγούς υψηλής αντοχής. Η απαίτηση προβλέπεται από το DIN 30676 και επιβεβαιώνεται στη βιβλιογραφία (Ossella και Favetto, 2000; Li et al., 2001). Σκοπός της συνθήκης είναι να αποσαφηνίσει, ότι τα αίτια αστοχιών του συστήματος καθοδικής προστασίας, συνεπάγονται τιμές δυναμικού εκτός του προβλεπόμενου διαστήματος.

C-8: είναι ταυτόσημη με τη συνθήκη C-4 και εισάγεται για λόγους σχεδιαστικής συνέπειας της οντολογίας, δεδομένου ότι ο κλάδος που αναπτύσσεται κάτω από τον κόμβο 1.3.2.2.1, αντιστοιχεί πλήρως στη γνωσιολογική σημασία και διάταξη του κλάδου που έπεται του κόμβου 1.2.1.1.1.

C-9: διευκρινίζει τις συνθήκες κάτω από τις οποίες τα εδάφη υψηλού pH συνιστούν γεωχημικό αίτιο εμφάνισης SCC. Σύμφωνα με τους Roberge (2000) και Manferdi και Otegui (2002), υψηλό pH υφίσταται σε εδάφη με καρβονικές/δικαρβονικές ενώσεις. Ο Roberge (2000) υποστηρίζει, ότι σε αποστάσεις μικρότερες των 20 km από σταθμούς συμπιεστών, οι υδρογονάνθρακες διακινούνται σε θερμοκρασίες $80^{\circ}\text{C} < \theta < 120^{\circ}\text{C}$, γεγονός που ενέχεται για αύξηση του pH στην εγγύτερη περιοχή της τάφρου υποδοχής. Για τις περιπτώσεις αυτές, οι Manferdi και Otegui (2002) υποστηρίζουν, ότι οι τιμές του δυναμικού καθοδικής προστασίας συνήθως κυμαίνονται μεταξύ -600 mV και -750 mV με χρήση επίσης ηλεκτροδίου αναφοράς Cu/CuSO₄.

C-10: διευκρινίζει συνθήκες κάτω από τις οποίες εδάφη ουδέτερου pH συνιστούν γεωχημικό αίτιο εμφάνισης SCC. Σύμφωνα με τον Roberge (2000) το αραιωμένο υπόγειο νερό που περιέχει CO₂, προκαλεί αποσύνθεση της οργανικής ύλης εντός του εδάφους, με συνέπεια ανάπτυξη μικροοργανισμών τύπου SRB.

C-11: διευκρινίζει τα αίτια αστοχίας που οφείλονται σε κακοτεχνίες συγκολλήσεων σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κώδικα API 1104.

8.7.3 Σύνθεση οντολογίας θεωρητικής ανάλυσης μηχανισμού HIE

Συνηθέστερος τύπος διαβρωτικού συμπτώματος της δράσης του υδρογόνου είναι τα embrittlements (ψαθυροποιήσεις). Ο όρος HIE υιοθετείται σε εκτεταμένες βιβλιογραφικές αναφορές που πραγματεύονται τους μηχανισμούς ανάπτυξης και την τυπολογία του συμπτώματος (Avery et al., 2001; Wolf, 2001; Wang, 2001; Liang και Sofronis, 2003). Το HIE επιλέχθηκε ως κόμβος έναρξης που χαρακτηρίζεται ως *Συμπτώματα HIE* στο οντολογικό διάγραμμα του σχήματος Σ-8.4 και αναπτύσσεται ως φαινομενολογικό επίπεδο συνδεδεμένο γνωσιολογικά με τον κόμβο 1.1 του συστήματος της εμπειρικής γνώσης. Η συνοπτική περιγραφή της οντολογίας της δράσης του υδρογόνου, παρουσιάζεται στη συνέχεια μαζί με τις συνθήκες που ισχύουν κατά περίπτωση.

Κόμβος 2: Συμπτώματα HIE (ψαθυροποίηση λόγω υδρογόνου): οι μηχανισμοί πρόκλησης HIE επιμερίζεται σε τρεις βασικούς κλάδους. Στους δύο πρώτους, ο μηχανισμός ερμηνεύεται ως αποτέλεσμα τοπικής δράσης του υδρογόνου (ανεξαρτήτως της προέλευσης του) που προκαλεί ελαστοπλαστικές παραμορφώσεις στην κρυσταλλική δομή του μετάλλου. Στον τρίτο κλάδο, ο μηχανισμός ερμηνεύεται ως αποτέλεσμα της ενεργού ποσότητας του υδρογόνου σε συνθήκες όξινου περιβάλλοντος.

Πύλη 2.0: OR

Κόμβος 2.1: μηχανισμός HID: μείωση της συνοχής του μεταλλικού πλέγματος, που οδηγεί το υλικό από κατάσταση ολκιμότητας σε κατάσταση ψαθυροποίησης.

Πύλη 2.1.0: OR

Φύλλο 2.1.1: μηχανική καταπόνηση λόγω εισβολής υδρογόνου: διαφυγή μοριακού ή ατομικού υδρογόνου (σε συνθήκες υψηλής συγκέντρωσης υδρογόνου) και η εισχώρησή του σε στοιχειώδεις περιοχές του μεταλλικού πλέγματος υποβάλλοντάς τις σε τάσεις κατά την

έννοια των 3 διαστάσεων (σ_x , σ_y , σ_z) (Liang και Sofronis, 2003). Συνέπεια αυτού είναι η εξασθένηση των δυνάμεων συνοχής και τελικά η σταδιακή εκδήλωση embrittlements όπως υποστηρίζουν (Avery et al., 2001; Johnson και Lin, 1981).

Φύλλο 2.1.2: παρουσία εγκλεισμάτων: ύπαρξη εγκλεισμάτων αέρος ή στοιχειωδών πόρων (μεταλλουργικές ατέλειες) στο μεταλλικό πλέγμα, που υποβοηθούν τη διαφυγή υδρογόνου εντός του κρυσταλλικού πλέγματος του αγωγού. Αυτό υποστηρίζουν οι Liang και Sofronis (2003), οι οποίοι επιβεβαιώνουν τη συνδρομή αυτού του παράγοντα που επισημάνθηκε προγενέστερα από τους Johnson και Lin (1981).

Φύλλο 2.1.3: προσρόφηση υδρογόνου: η προσρόφηση μονοατομικού υδρογόνου σε μικρορηγματώσεις των μεταλλικών επιφανειών (σχηματιζόμενες λόγω κόπωσης), θεωρείται πιθανός παράγοντας εμφάνισης HID, σύμφωνα με τους Vehoff και Roth (1983), Tromans (1994) και Wang (2001).

Φύλλο 2.1.4: μείωση της ενέργειας συνοχής: η σταδιακή μείωση της ενέργειας συνοχής στην επιφάνεια του μετάλλου, λόγω της συνεχούς δράσης του υδρογόνου που είναι διαλυμένο και αποσπάται από το μίγμα του διακινούμενου υδρογονάνθρακα, εκλαμβάνεται ως παράγοντας εμφάνισης HID, ειδικότερα σε θέσεις αταξίας της μεταλλικής δομής (Andreson, et al., 1990; Avery et al., 2001; Wang, 2001; Symons, 2001).

Φύλλο 2.1.5: μείωση των δυνάμεων συνοχής: μειώσεις των δυνάμεων συνοχής που εκδηλώνονται σε μικρές περιοχές του κρυσταλλικού πλέγματος, όπου κατά τον McMahon (2001) εκδηλώνονται φαινόμενα πλαστικής ροής

Κόμβος 2.2: μηχανισμός HELP: ο μηχανισμός HELP σύμφωνα με τον Wang (2001) ευνοεί την εισχώρηση υδρογόνου στο μεταλλικό πλέγμα των αγωγών που οδηγεί σε φαινόμενα τοπικής πλαστικής παραμόρφωσης.

Πύλη 2.2.0: OR

Φύλλο 2.2.1: μείωση μηχανικής αντίστασης: σύμφωνα με τον Wang (2001) η εισχώρηση του υδρογόνου στο μεταλλικό πλέγμα οδηγεί σε μείωση της μηχανικής αντίστασης του μετάλλου και εξαρθρώσεις της κρυσταλλικής δομής, δημιουργώντας φαινόμενα τοπικής πλαστικής παραμόρφωσης.

Φύλλο 2.2.2: ολισθαίνουσα παραμόρφωση: Σύμφωνα με τους Beechem (1972) και Panagopoulos et al., (1998), η δημιουργία ολισθαίνουσας παραμόρφωσης αναπτύσσεται και εξελίσσεται σε διεργασία πλαστικοποίησης της ευρύτερης περιοχής του προσβαλλόμενου κρυσταλλικού στοιχείου.

Φύλλο 2.2.3: συγκέντρωση πλαστικής ροής: ανάπτυξη μηχανισμού τοπικών τάσεων εφελκυσμού, σε συνδυασμό με τη εμφάνιση πλαστικής ροής σε θέσεις του κρυσταλλικού πλέγματος (McMahon, 2001).

Κόμβος 2.3: συνδυασμός HIC/SSCC: δράσης του υδρογόνου σε συνεργισμό με την εμφάνιση σουλφιδικών ενώσεων στο μεταφερόμενο ΦΑ.

Πύλη 2.3.0: OR

Φύλλο 2.3.1: εισβολή ατόμων υδρογόνου: κατά τους Petelot et al., (1986) και Tsai και Shih (1996) η διάχυση και διαπερατότητα ατόμων υδρογόνου στο μεταλλικό πλέγμα, εκδηλώνεται ως αποτέλεσμα αποκλειστικά του όξινου (λόγω H_2S) περιβάλλοντος.

Φύλλο 2.3.2: παρουσία σουλφιδικών μεμβρανών: εναλλακτικά, ο Schmitt (1991) και οι Tsai και Shih (1996) υποστηρίζουν, ότι ο σχηματισμός σουλφιδικών μεμβρανών (αλάτων FeS , FeS_4) συνιστούν προϋπόθεση ανάπτυξης τοπικά συνδυασμένης δράσης HIC/SSCC.

Φύλλο 2.3.3: παγίδευση υδρογόνου: οι Chatteraj et al., (1995) υποστηρίζουν, ότι στο μηχανισμό συνδυασμένης δράσης HIC/SSCC, αυτό που εκλαμβάνεται ως παράγοντας εμφάνισης embrittlement ή cracking είναι η ποσότητα του υδρογόνου που παγιδεύεται στο μεταλλικό πλέγμα.

Φύλλο 2.3.4: δράση υδρογόνου: ίσως αναφέρεται από τους Chatteraj et al., (1995) οι Moore και Varga (1976) υποστηρίζουν, ότι δεν τεκμηριώνεται επαρκώς ο συσχετισμός μεταξύ ποσότητας παγιδευμένου υδρογόνου (προερχόμενο από υγρασία ή διάσπαση του H₂S) και μεγέθους εκδήλωσης cracking, αλλά αυτό που βαρύνει το φαινόμενο είναι η δραστηριότητα του υδρογόνου που διακινείται στο (όξινο) περιβάλλον του αγωγού.

Οι συνθήκες που ισχύουν είναι:

C-2: συνθήκες θερμοκρασίες εμφάνισης $\leq 100^{\circ}$ C (Krom et al., 1997; Avery et al., 2001)

C-2.3: συνθήκες όξινου περιβάλλοντος (παρουσία H₂S, υγρασίας, κλπ).

C-2.1.5: η σποσύνθεση μπορεί να εμφανιστεί ακόμη και σε πολύ χαμηλές τιμές των τάσεων καταπόνησης με πρόκληση intergranular cracks.

C-2.3.2: το φαινόμενο εξαρτάται από τη διαπερατότητα και το πάχος του σουλφιδικού φιλμ (Petelot et al., 1986).

C-2.3.3.3: το φαινόμενο εμφανίζεται συχνότερα σε θέσεις συγκολλήσεων παρά στο μητρικό υλικό (Chatteraj et al., 1995).

8.7.4 Σύνθεση οντολογίας θεωρητικής ανάλυσης μηχανισμού MIC

Για την ανάπτυξη οντολογίας για τη δράση των μικροοργανισμών, η MIC εκλαμβάνεται ως κόμβος έναρξης με (κόμβος 3) στο οντολογικό διάγραμμα του σχήματος Σ-8.5 και αναπτύσσεται ως φαινομενολογικό επίπεδο συνδεδεμένο γνωσιολογικά με τον κόμβο 1.2 του συστήματος εμπειρικής γνώσης. Η περιγραφή του περιεχομένου κόμβων, φύλλων και πυλών του υποσυστήματος παρουσιάζονται στη συνέχεια.

Κόμβος 3: MIC: Διάβρωση οφειλόμενη στους μικροοργανισμούς

Πύλη 3.0: OR.

Κόμβος 3.1: Καθοδική εκπόλωση (CDEP): η αναερόβια δράση των SRB σε θέσεις αταξίας δομής του μετάλλου δημιουργεί θύλακες οξειδοαναγωγής με πρόκληση εκπόλωσης της καθόδου.

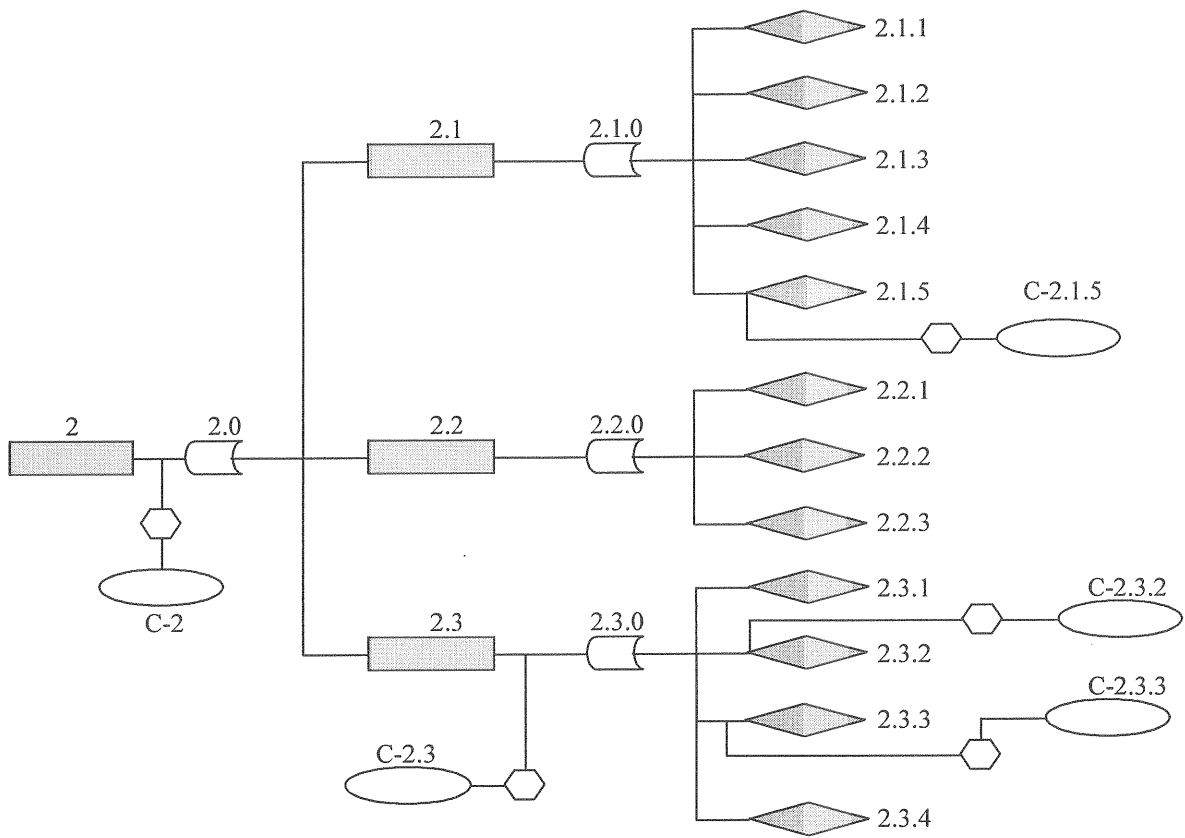
Πύλη 3.1.0: OR.

Κόμβος 3.1.1: Υδρογόνωση: υδρογόνωση που προκαλούν τα SRB (Booth και Tiller, 1960; Hardy, 1983).

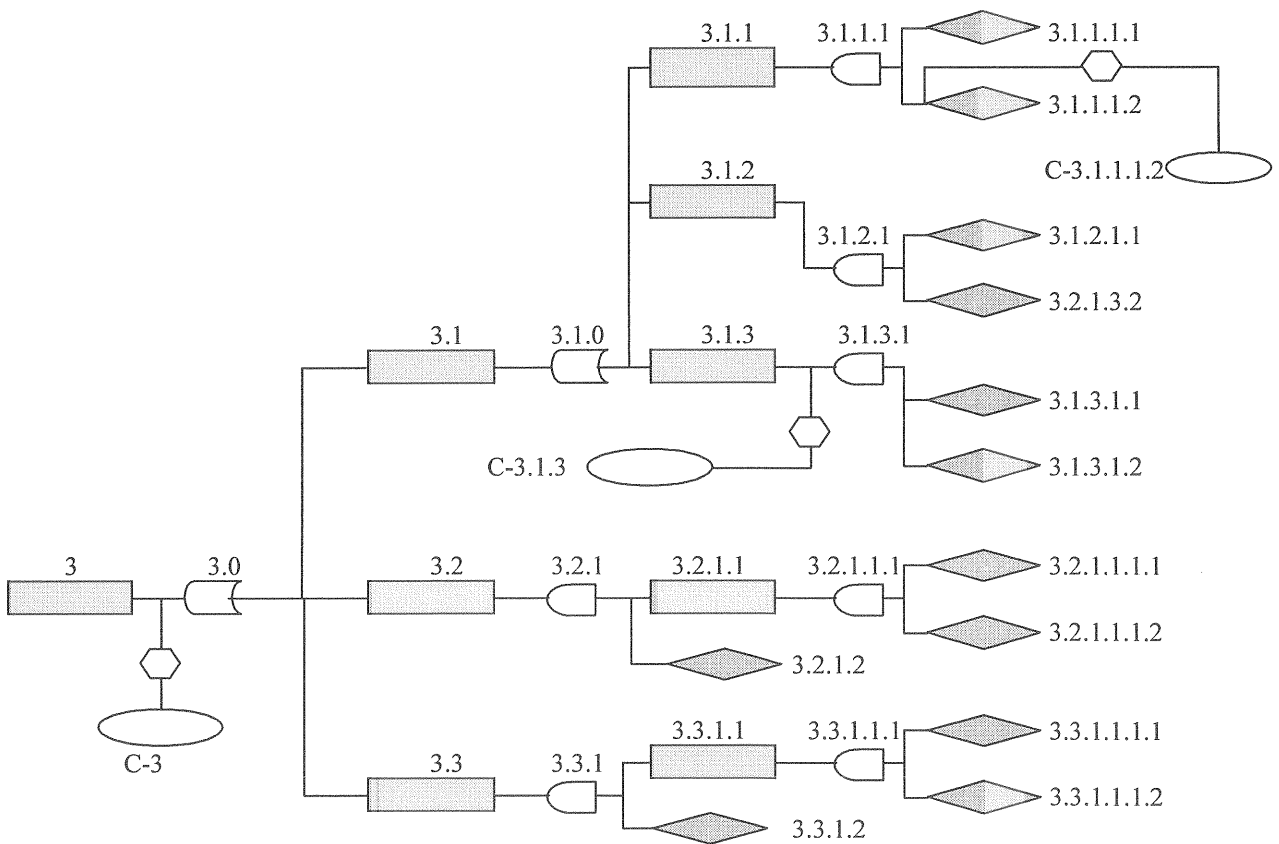
Πύλη 3.1.1.1: AND.

Φύλλο 3.1.1.1.1: Αίτιο υδρογόνωσης-1: συγκλίνουσες αναφορές των Pope και Morris (1995) και Pankhania et al. (1986), αναδεικνύουν ότι τα SRB μεταβολιζόμενα απελευθερώνουν υδρογόνο από την κάθοδο (αφεταιρισμός υδρογόνου).

Φύλλο 3.1.1.1.2: Αίτιο υδρογόνωσης-2: τα ελεύθερα ιόντα OH⁽⁻⁾ δημιουργούν μόρια Fe(OH)₂, ενώ ταυτόχρονα τα ελεύθερα ιόντα SO₄⁽²⁻⁾ ανάγονται σε S⁽²⁻⁾ και τελικώς παράγουν FeS σύμφωνα με την παρακάτω αντίδραση (Rainha και Fonseca, 1997; Axelsen και Rong, 2002):



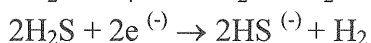
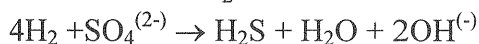
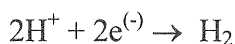
Σχήμα Σ-8.4 Οντολογία FTA μηχανισμού Hydrogen Induced Embrittlement (HIE)



Σχήμα Σ-8.5 Οντολογία FTA μηχανισμού Microbiologically Induced Corrosion (MIC)



Κόμβος 3.1.2: Δράση H₂S: κατά τον Costello (1974) η παρουσία H₂S που προκαλείται από μεταβολισμό των SRB και δευτερευόντως η απελευθέρωση του υδρογόνου. Αυτό επιβεβαιώνεται και από τους Pankhania et al., (1986) και τους Rainha και Fonseca (1997). Οι ίδιοι συγγραφείς επεξηγούν την CDEP μέσω των ακόλουθων αντιδράσεων:



Πύλη 3.1.2.1: AND

Φύλλο 3.1.2.1.1: Αίτιο δράσης H₂S-1: απορρόφηση υδρογόνου μέσω μεταβολισμού των SRB (Costello, 1974; Hill et al., 1987).

Φύλλο 3.1.2.1.2: Αίτιο δράσης H₂S-2: παρουσία γαλακτωματικού μέσου (Pope και Morris, 1995).

Κόμβος 3.1.3: Εργαστηριακές συνθήκες: από τους Booth et al., (1968) προτείνεται μια εργαστηριακή μέθοδος χωρίς παρουσία θεικών ή θειούχων ιόντων (sulfate free medium), αλλά με την παρουσία αιθαλώδους μέσου ως δέκτη ηλεκτρονίων, ως μηχανισμός MIC.

Πύλη 3.1.3.1: AND.

Φύλλο 3.1.3.1.1: Εργαστηριακό αίτιο-1: απελευθέρωση υδρογόνου μέσω βακτηριακής δράσης.

Φύλλο 3.1.3.1.2: Εργαστηριακό αίτιο-2: σχηματισμός FeS.

Κόμβος 3.2: Έγκλειστη περιοχή (OEF): δημιουργία έγκλειστης περιοχής.

Πύλη 3.2.1: AND.

Κόμβος 3.2.1.1: Σχηματισμός θυλάκων: παρουσία διαβρωτικών θυλάκων (κυττάρων) που περικλείουν ιόντα και διαφορικούς όγκους οξυγόνου.

Πύλη 3.2.1.1.1: AND.

Φύλλο 3.2.1.1.1.1: Αίτιο σχηματισμού θυλάκων-1: παρουσία βιοφίλμς που ελκύουν τις βακτηριακές κοινότητες (Freedman, 1999; Dubiel et al., 2002).

Φύλλο 3.2.1.1.1.2: Αίτιο σχηματισμού θυλάκων-2: ύπαρξη εδαφικών ιόντων όπως τα H⁽⁺⁾, Cl⁽⁻⁾, OH⁽⁻⁾ και SO₄⁽²⁻⁾ (Kuhr Van και der Vulgt, 1934; Pankhania et al., 1986; Axelsen και Rong, 2002).

Φύλλο 3.2.1.2: Αταξίες δομής: παρουσία αταξιών δομής που οφείλονται στις ατέλειες της μεταλλουργικής διεργασίας (εγκλείσματα, τραχύνσεις, κλπ.).

Κόμβος 3.3: Όξινη επίθεση (UAA): όξινη υπο-ιζηματική επίθεση.

Πύλη 3.3.1: AND.

Κόμβος 3.3.1.1: Δράση οξικού οξέως: παρουσία οξικού οξέως που προσβάλλει άμεσα το μέταλλο των αγωγών.

Πύλη 3.3.1.1.1: AND.

Φύλλο 3.3.1.1.1.1: Αίτιο δράσης οξικού οξέως-1: φυσικός μεταβολισμός μικροβιακών κοινοτήτων APB (Li et al., 2001).

Φύλλο 3.3.1.1.1.2: Αίτιο δράσης οξικού οξέως-2: ύπαρξη εδαφικών ιόντων H⁽⁺⁾, Cl⁽⁻⁾, OH⁽⁻⁾ και SO₄⁽²⁻⁾ (Kuhr Van και der Vulgt, 1934; Pankhania et al., 1986).

Φύλλο 3.3.1.2: Βιοφίλμς: παρουσία βιοφίλμς τύπου exo-polysaccharides που παρουσιάζουν ισχυρή δράση στα φερριτικά υλικά (Beech et al., 2000; Mittleman, 2001; Videla, 2002).

Οι συνθήκες που ισχύουν είναι:

C-3: η δράση των SRB είναι επιλεκτική σε θέσεις συγκολλήσεων (Gessey et al., 1996; Axelsen και Rong, 2002).

C-3.1.3: χρήση αιθαλώδους μέσου ως δείκτη ηλεκτρονίων (Hardy, 1983).

C-3.1.1.1.2: παραγωγή FeS.

8.7.5 Σύνθεση οντολογίας θεωρητικής ανάλυσης μηχανισμών SCC

Η οντολογία των μηχανισμών SCC αποδίδεται στο σχήμα Σ-8.6 και αναπτύσσεται ως φαινομενολογικό επίπεδο συνδεδεμένο γνωσιολογικά με τον κόμβο 1.3 του συστήματος εμπειρικής γνώσης. Η περιγραφή του περιεχομένου κόμβων, φύλλων και πυλών του υποσυστήματος παρουσιάζονται στη συνέχεια.

Κόμβος 4: Cracks προκαλούμενα από SCC

Πύλη 4.0: OR.

Φύλλο 4.1 Εσωτερική πίεση: η συνεχής διακύμανση της εσωτερικής πίεσης έχει ως αποτέλεσμα την καταστροφή των εποξεικών προστατευτικών, βαφών ειδικότερα σε θέσεις αταξιών δομής που χαρακτηρίζονται και ως *αιχμές έναρξης* των θραύσεων.

Φύλλο 4.2 Τάσεις εφελκυσμού: οι διαχρονικά ασκούμενες τάσεις εφελκυσμού (hoop stresses) στο κέλυφος του αγωγού αποτελούν τον κύριο παράγοντα αποσταθεροποίησης της κρυσταλλικής δομής και της σκληρότητας του μετάλλου (Ahammed και Melhers, 1997; Manfredi και Otegui, 2002).

Κόμβος 4.3: Αποσύνδεση ανόδου DAS: αποσύνθεση ανόδου με αποτέλεσμα την εμφάνιση κατιόντων σιδήρου.

Πύλη 4.3.0: OR.

Φύλλο 4.3.1: Υψηλό pH: παρουσία καρβονικών και δικαρβονικών ενώσεων υψηλού pH (Parkins et al., 1988; Manfredi και Otegui, 2002) στο περιβάλλον του εγκατεστημένου αγωγού.

Φύλλο 4.3.2: Χαμηλό pH: παρουσία καρβονικών και δικαρβονικών ενώσεων χαμηλού pH (Roberge, 2000; Manfredi και Otegui, 2002).

Κόμβος 4.3.3: Πρόκληση HIC: δράση υδρογόνου (Mao και Li, 1998; Margot-Marette et al., 1987).

Πύλη 4.3.3.1: AND.

Φύλλο 4.3.3.1.1: Αίτιο HIC-1: συγκεντρώσεις υδρογόνου: συγκέντρωση υδρογόνου σε περιοχές έναρξης θραύσεων (Mao και Li, 1998; Avery et al., 2002).

Φύλλο 4.3.3.1.2 Αίτιο HIC-2: μείωση της ελεύθερης ενέργειας του μετάλλου (Mao και Li, 1998; Avery et al., 2002; Anderson et al., 1990).

Κόμβος 4.4: Σουλφιδική δράση: όξινο περιβάλλον λειτουργίας των αγωγών που αποσταθεροποιεί τη δομή του μετάλλου και την καθιστά ευάλωτη έναντι των ασκούμενων τάσεων.

Πύλη 4.4.0: OR.

Φύλλο 4.4.1: Σύσταση ΦΑ: δράση αερίων συστατικών $H_2S/CO_2/HCO_3^{(-)}$ που διακινούνται στο μεταφερόμενο κάυσιμο (Albaran et al., 1999; Shrinivasan και Kane, 1999; Wolf, 2001).

Κόμβος 4.4.2: μεταλλουργικές αστοχίες: αταξίες μεταλλουργικής δομής (Margot-Marette et al., 1987).

Πύλη 4.4.2.0: OR.

Φύλλο 4.4.2.1: Αιτία μεταλλουργικής αστοχίας-1: παρουσία εγκλεισμάτων ή/και κατακρημνισμάτων στο κράμα των σωλήνων.

Φύλλο 4.4.2.2: Αιτία μεταλλουργικής αστοχίας-2: διαχωρισμός ή ασυνέχειες των κρυσταλλικών ζωνών.

Φύλλο 4.4.2.3: Αιτία μεταλλουργικής αστοχίας-3: δημιουργία ζωνών σκλήρυνσης κατά την εξέλαση (καμπύλωση) των μεταλλικών φύλλων.

8.7.6 Σύνθεση οντολογίας συνεργισμού βιο-γεω-χημικών παραγόντων

Η οντολογία του συνεργισμού και της αλληλεπίδρασης μεταξύ παραγόντων που συνδράμουν στο φαινόμενο της διάβρωσης (άλατα των αλκαλικών γαιών, η οργανική ύλη, τα ασθενή οξέα, η υπόγεια υδροφορία, κλπ) αποσκοπεί στην ανάδειξη της διεπιστημονικότητας και γνωσιολογικής ευρύτητας του φαινομένου. Στο οντολογικό διάγραμμα του σχήματος Σ-8.7, ο κόμβος έναρξης χαρακτηρίζεται ως *Συνεργισμός βιο-γεω-χημικών παραγόντων* (κόμβος 5). Με το οντολογικό διάγραμμα της εμπειρικής γνώσης συνδέεται μέσω του (κόμβου 1.3.3). Η περιγραφή του περιεχομένου κόμβων, φύλλων και πυλών του υποσυστήματος, παρουσιάζονται στη συνέχεια.

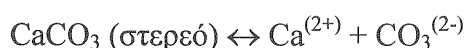
Κόμβος 5: Συνεργισμός βιο-γεω-χημικών παραγόντων

Πύλη 5.0: OR

Κόμβος 5.1: Δράση καρβονικών ενώσεων: Σύμφωνα με τους Li et al., (2001), Roberge (2000) και Cerny και Linhart (2003) σημαντικός παράγοντας διάβρωσης των αγωγών είναι η παρουσία καρβονικών και δικαρβονικών ενώσεων και κυρίως ανθρακικών αλάτων, όπως τα $NaHCO_3$, $(NH_4)_2CO_3$, $MgCO_3$ και $Ca(HCO_3)_2$.

Πύλη 5.1.0: OR.

Φύλλο 5.1.1: Αίτιο δημιουργίας καρβονικών ενώσεων: δράση ιόντων $CO_3^{(2-)}$ που προκύπτουν με φυσικομηχανική αποσάθρωση των ασβεστιτικών πετρωμάτων (Δεμίρης, 1978), σύμφωνα με τη θεμελιώδη αντίδραση της εδαφογένεσης (Butcher et al., 1994):

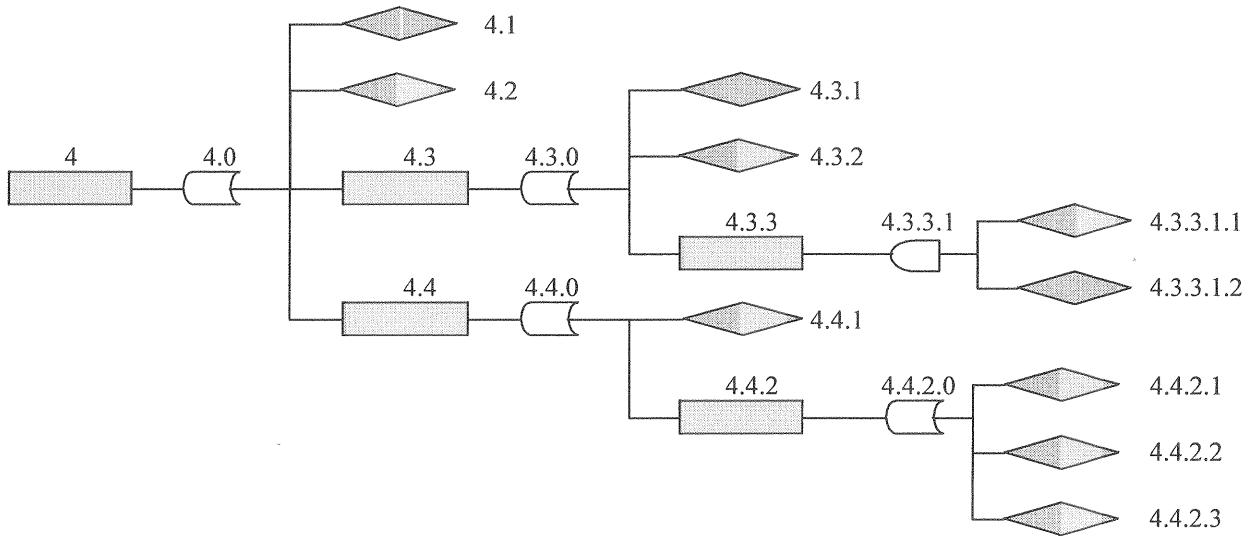


Κόμβος 5.1.2: Παρουσία όξινων ανθρακικών ιόντων: η παρουσία ιόντων $HCO_3^{(-)}$ τα οποία οφείλονται στην αποσύνθεση συνεκτικών σχηματισμών της λιθόσφαιρας, λόγω επίδρασης του H_2CO_3 στο $CaCO_3$ και δευτερευόντως σε άλλες ανθρακικές ενώσεις, όπως το $MgCO_3$.

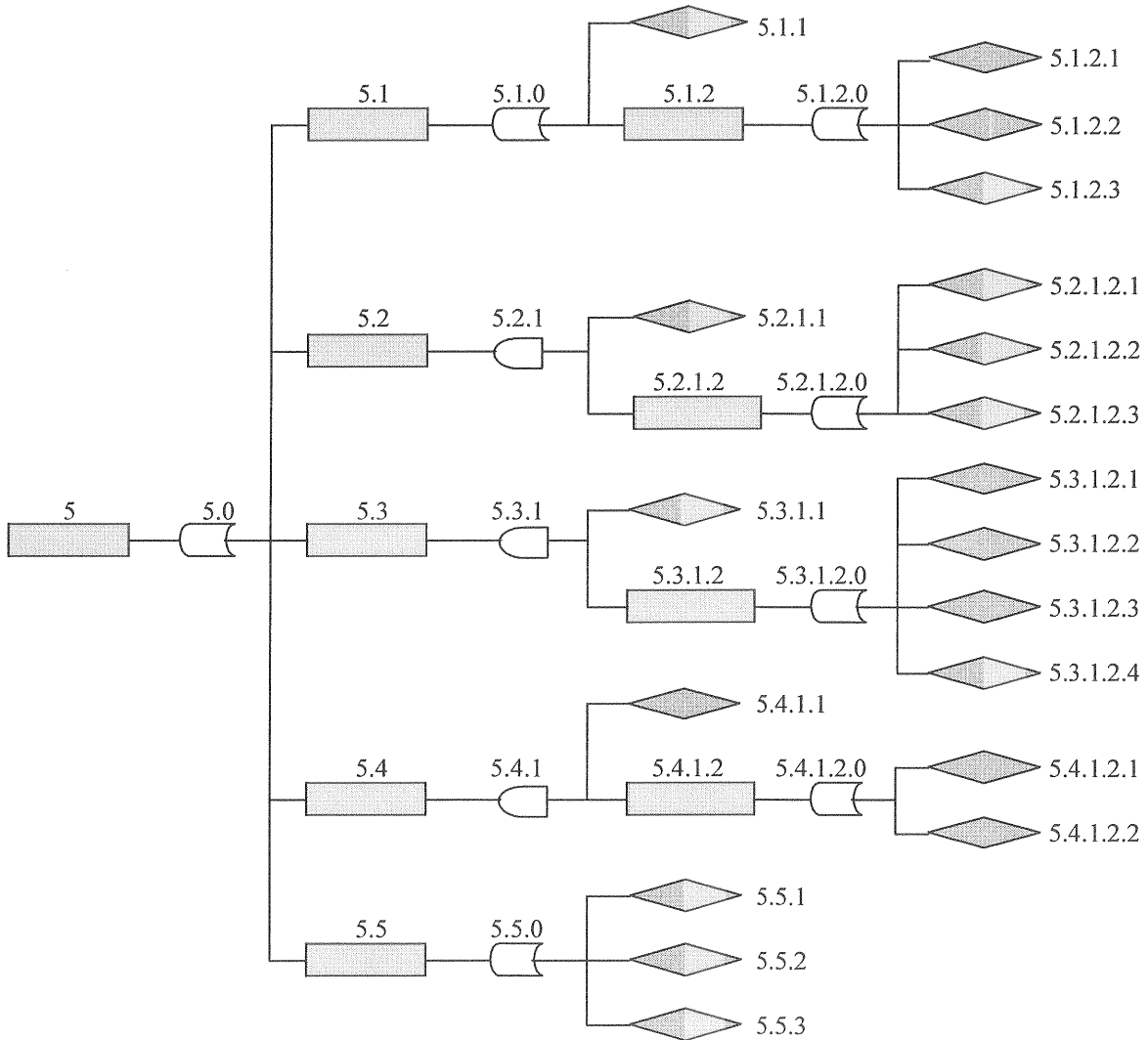
Πύλη 5.1.2.0: OR.

Φύλλο 5.1.2.1: Αίτιο-1 σχηματισμού όξινων ανθρακικών ιόντων: τα ιόντα $HCO_3^{(-)}$ προκύπτουν από την φυσική δράση του H_2CO_3 στο έδαφος και το υπέδαφος Butcher et al., (1994).

Φύλλο 5.1.2.2: Αίτιο-2 σχηματισμού όξινων ανθρακικών ιόντων: τα ιόντα $HCO_3^{(-)}$ προκύπτουν κατά την εκδήλωση του βασικού μετασχηματισμού της ύλης των βακτηρίων,



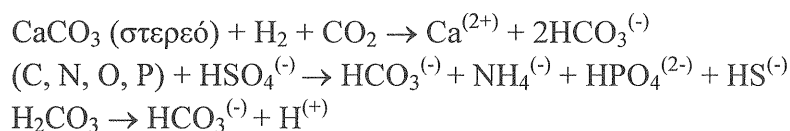
Σχήμα Σ-8.6 Οντολογία FTA μηχανισμού Stress Corrosion Cracking (SCC)



Σχήμα Σ-8.7 Οντολογία FTA συνεργισμού Βιο-γεω-χημικών παραγόντων

που συντελείται στο έδαφος και το υπέδαφος, όπως υποστηρίζεται από τους Butcher et al., (1994).

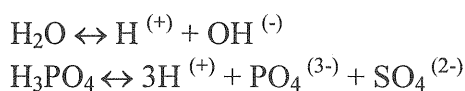
Φύλλο 5.1.2.3: Αίτιο-3 σχηματισμού όξινων ανθρακικών ιόντων: τα ιόντα $\text{HCO}_3^{(-)}$ προκύπτουν κατά τη διάσπαση του H_2CO_3 μέσω επίγειας ή υπόγειας υδροφορίας, βάσει των ακόλουθων χημικών αντιδράσεων (Δεμίρης, 1978; Butcher et al., 1994):



Κόμβος 5.2: Δράση H_2S : το H_2S υποβοηθά την απελευθέρωση υδρογόνου, το οποίο στη συνέχεια, επιτίθεται εξωτερικά στο τοίχωμα των αγωγών (Li et al., 2001; Ginzler και Kanters, 2002).

Πύλη 5.2.1: AND.

Φύλλο 5.2.1.1: Απελευθερωμένο υδρογόνο: δράση ατομικού υδρογόνου που απελευθερώνεται αμφίδρομα ως αρχικό/τελικό προϊόν στις διεργασίες εδαφογένεσης με τη διάλυση μορίων νερού και χουμικών οξέων (Butcher et al., 1994):



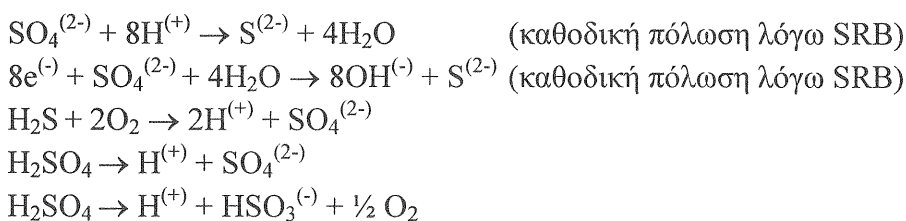
Κόμβος 5.2.1.2: Δράση θεικών/θειούχων ιόντων: θειικά και θειούχα ιόντα που προέρχονται από τη φυσικά ή βιοχημικά αίτια.

Πύλη 5.2.1.2.0: OR.

Φύλλο 5.2.1.2.1 Αίτιο-1 δράσης θεικών/θειούχων ιόντων: αναερόβια δράση υπόγειων βακτηρίων τύπου SRB που ανάγουν προηγουμένως ιόντα οργανικής ύλης $\text{SO}_4^{(2-)}$ σε $\text{S}^{(2-)}$ και διασπούν το παραγόμενο από μεταβολισμό H_2S (Costello, 1974; Hill, 1987; Pore και Morris, 1995; Axelsen και Rong, 2002).

Φύλλο 5.2.1.2.2: Αίτιο-2 δράσης θεικών/θειούχων ιόντων: διήθηση ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων SO_2 μέσω όξινης βροχής (Butcher et al., 1994) από το έδαφος.

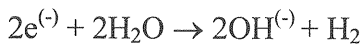
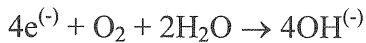
Φύλλο 5.2.1.2.3: Αίτιο-3 δράσης θεικών/θειούχων ιόντων: χημικο-μηχανική αποσάθρωση θειούχων ή/και θεικών αλάτων, όπως CaSO_4 και MgSO_4 , εντός του εδάφους (Pankhania et al., 1986):



Κόμβος 5.3: Δράση καυστικού νατρίου: Η παρουσία του NaOH στο έδαφος συνιστά παράγοντα γεωχημικής διαβρωτικής δράσης, που ανιχνεύεται με συστηματικές μετρήσεις του δυναμικού καθοδικής προστασίας, σε αγωγούς που παρουσιάζουν τιμές μεγαλύτερες του διαστήματος αποδοχής [-1.1 mV, -0.7 mV] (Jung, 2002).

Πύλη 5.3.1: AND.

Φύλλο 5.3.1.1: Ιοντική δράση: δράση ιόντων $\text{OH}^{(-)}$ που απελευθερώνονται λόγω της ηλεκτρολυτικής διάσπασης μορίων του νερού εντός του υπεδάφους, της αναγωγικής δράσης των SRB κατά τη μετατροπή των $\text{SO}_4^{(2-)}$ σε $\text{S}^{(2-)}$ και της εισροής οξυγόνου (αερίωση) από το επιφανειακό έδαφος (Butcher at al., 1994; Jung, 2002):



Κόμβος 5.3.1.2: Ιόντα αλκαλικών γαιών: παρουσία στο έδαφος ιόντων αλκαλικών γαιών $\text{Na}^{(+)}$ και $\text{Ca}^{(++)}$ τα οποία προέρχονται από διάσπαση (διάβρωση, διαγένεση, μεταφορά) ενώσεων (συμπλόκων αλάτων) Na και Ca του εδάφους (Butcher et al., 1994; Δεμίρης, 1978).

Πύλη 5.3.1.2.0: OR.

Φύλλο 5.3.1.2.1: Αίτιο-1 εμφάνισης ιόντων αλκαλικών γαιών: διάσπαση κεροστίλβης [(Ca, Mg, Fe, Na)₃.Al₄H(SiO₃)₄] (Πανάγος, 1976; Δεμίρης, 1978; Καββαδάς, 1998).

Φύλλο 5.3.1.2.2: Αίτιο-2 εμφάνισης ιόντων αλκαλικών γαιών: διάσπαση γλαυκονιτών [(K, Na, Ca)₂(Fe, Al, Mg)₄[Si₇AlO₂₀].(OH)₄.nH₂O] (Πανάγος, 1976; Δεμίρης, 1978; Καββαδάς, 1998).

Φύλλο 5.3.1.2.3: Αίτιο-3 εμφάνισης ιόντων αλκαλικών γαιών: διάσπαση αστρίων (αλβίτες) (NaAlSiO₃O₈) (Πανάγος, 1976; Δεμίρης, 1978; Καββαδάς, 1998).

Φύλλο 5.3.1.2.4: Αίτιο-4 εμφάνισης ιόντων αλκαλικών γαιών: διάσπαση αστριοειδών αλάτων (NaAlSiO₄) (Πανάγος, 1976; Δεμίρης, 1978; Καββαδάς, 1998).

Κόμβος 5.4: Δράση αζωτούχων ενώσεων: δράση των αζωτούχων ενώσεων που μεταφέρονται στο έδαφος από την ατμόσφαιρα, αλλά και τις φυσικές/ανθρωπογενείς διεργασίες. Ο Jung (2002) αναφέρει τιμές δυναμικού καθοδικής προστασίας συστηματικά μεγαλύτερες των -0.45 mV στο δυναμικό της καθοδικής προστασίας (ripe to soil potential) των αγωγών, σε καλλιεργούμενα εδάφη που υπάρχουν αζωτούχες ενώσεις.

Πύλη 5.4.1: AND.

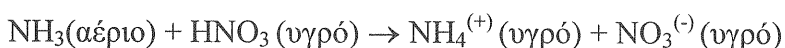
Φύλλο 5.4.1.1: Απελευθερωμένο υδρογόνο: όπως το φύλλο 5.2.1.1

Κόμβος 5.4.1.2: Δράση οξειδίων αζώτου: βιογενώς δημιουργούμενα οξείδια αζώτου.

Πύλη 5.4.1.2.0: OR.

Φύλλο 5.4.1.2.1: : Αίτιο-1 δράσης οξειδίων αζώτου: δράση αναερόβιων βακτηρίων τύπου Nitrosomonas και Nitrobacter που προκαλούν από-αμμωνιοποίηση NH_3 και απελευθέρωση ιόντων $\text{NH}_4^{(-)}$ (Delwiche, 1981).

Φύλλο 5.4.1.2.2: Αίτιο-2 δράσης οξειδίων αζώτου: τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα όξινης βροχής με προσρόφηση, μεταφορά αζωτούχων ενώσεων (λιπασμάτων) και ανταλλαγές ιόντων, δημιουργούν ιόντα $\text{NO}_3^{(-)}$ σε υγρή φάση εντός του εδάφους (Lawson, 1988):



Κόμβος 5.5: Δράση οργανικών οξέων: σύνθεση οργανικών οξέων (που λειτουργούν αποσταθεροποιητικά, τόσο στο υλικό επένδυσης των αγωγών, όσο και στη μεταλλική τους επιφάνεια) εντός του υπεδάφους από βιογενείς διεργασίες (Li et al., 2001; Mittleman, 2001; Axelsen και Rong, 2002).

Πύλη 5.5.0: OR.

Φύλλο 5.5.1: Αίτιο-1 δράσης οργανικών οξέων: σύνθεση μυρμηκικού οξέως (H-COOH) που προέρχεται από εκκρίσεις και μεταβολισμό της εντομοπανίδας,

Φύλλο 5.5.2: Αίτιο-2 δράσης οργανικών οξέων: σύνθεση γαλακτικού οξέως (CH₃-COOH) που προέρχεται από εκκρίματα της χερσαίας πανίδας ή των ριζικών υποσυστημάτων λόγω μεταβολισμού της φυτικής μάζας.

Φύλλο 5.5.3: Αίτιο-3 δράσης οργανικών οξέων: γαλακτικό οξύ (CH₃-CH(OH)-COOH) που προέρχεται από δράση βακτηρίων σε υπόγειες γαλακτικές ζυμώσεις.

8.8 Επιθεωρήσεις, έλεγχοι και αποκατάσταση αστοχιών

Για την αντιμετώπιση της διάβρωσης και των επιπτώσεών της, είναι σημαντική η συμβολή των επιθεωρήσεων και ελέγχων που πραγματοποιούνται στη φάσεις της κατασκευής και λειτουργίας των αγωγών ΦΑ. Κατά την κατασκευή, οι έλεγχοι γίνονται στη βιομηχανική μονάδα παραγωγής των σωλήνων και στο εργοτάξιο (*shop inspection*), πριν την συγκόλληση και κατάβαση των σωληνογραμμών στην τάφρο υποδοχής. Κατά τη λειτουργία, οι έλεγχοι εκτελούνται σε τακτή βάση, με εισαγωγή και διακίνηση εξαρτημάτων ευφυών διατάξεων (*intelligent pigs*) στο εσωτερικό και σε όλο το μήκος των εγκατεστημένων σωληνογραμμών (Okamoto et al., 1999). Σε κάθε περίπτωση, σκοπός είναι η εξασφάλιση της *ακεραιότητας* (*integrity*) των αγωγών, δηλαδή της μείωσης της επίδρασης του φαινομένου της διάβρωσης, σε συνάρτηση με τα όρια και τις προδιαγραφές των κωδικών λειτουργίας όπως π.χ. οι κώδικες ASME B31.G και RSTRENG (Nestleroth και Bubenik, 1999).

Από τις μεθόδους και τεχνολογίες επιθεώρησης που εφαρμόζονται, πολλές παρέχουν μακροσκοπική διάγνωση των συμπτωμάτων της διάβρωσης μέσω *μη καταστροφικών ελέγχων* (ΜΚΕ). Άλλες αφορούν *καταστροφικούς ελέγχους* (ΚΕ) ή εργαστηριακές δοκιμές που εστιάζονται στη φασματοσκοπική/διαγνωστική έρευνα συμπτωμάτων, στο επίπεδο του κρυσταλλικού πλέγματος μεταλλικών δοκιμίων ή τμημάτων αγωγών προσβεβλημένων από διάβρωση. Μεταξύ πολλών μεθόδων επιθεώρησης που αναφέρονται στη βιβλιογραφία, οι περισσότερες χαρακτηριστικές, που εφαρμόζονται σε ευρεία κλίμακα και εκτελούνται από διαπιστευμένο προσωπικό για αγωγούς ΦΑ, είναι:

1. *Οπτικός επιθεώρηση* (*Visual Inspection, VI*): εκτελείται σε ορατά τμήματα των αγωγών, ως πρωτογενής ΜΚΕ αναγνώρισης χονδροειδών αστοχιών (σκωρία, θλάσεις, θραύσεις, κλπ) σε παρτίδες αγωγών που πρόκειται να διανεμηθούν ή πρόκειται να προωθηθούν στα συνεργεία συγκολλήσεων του εργοταξίου.
2. *Ραδιογραφίες ακτίνων X ή γ* (*Radiography Testing, RT*): είναι ΜΚΕ που εκτελούνται κατά κανόνα στο εργοτάξιο σε όλες τις συγκολλήσεις για αγωγούς διαμέτρου ≥ 2 ιντσών. Εντοπίζουν, αναγνώριση ασυνεχειών, θραύσεων, εγκλεισμάτων αέρος ή άλλων ανεπιθύμητων προσμίξεων που συνιστούν παράγοντα δυνητικής διείδυσης μικροοργανισμών ή υγρασίας στο τοίχωμα του αγωγού. Σε σπανιότερες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται μηχανήματα ακτίνων-γ, λόγω της επικινδυνότητας της διαγνωστικής διαδικασίας. Η μέθοδος εφαρμόζεται και ως εργαστηριακή με πολλές παραλλαγές (X-ray spectroscopy-XRS, Energy Dispersive X-ray spectroscopy-EDS, X-ray Fluorescence spectroscopy-XRF, X-ray Power Diffraction-XPD, X-Ray, όπως

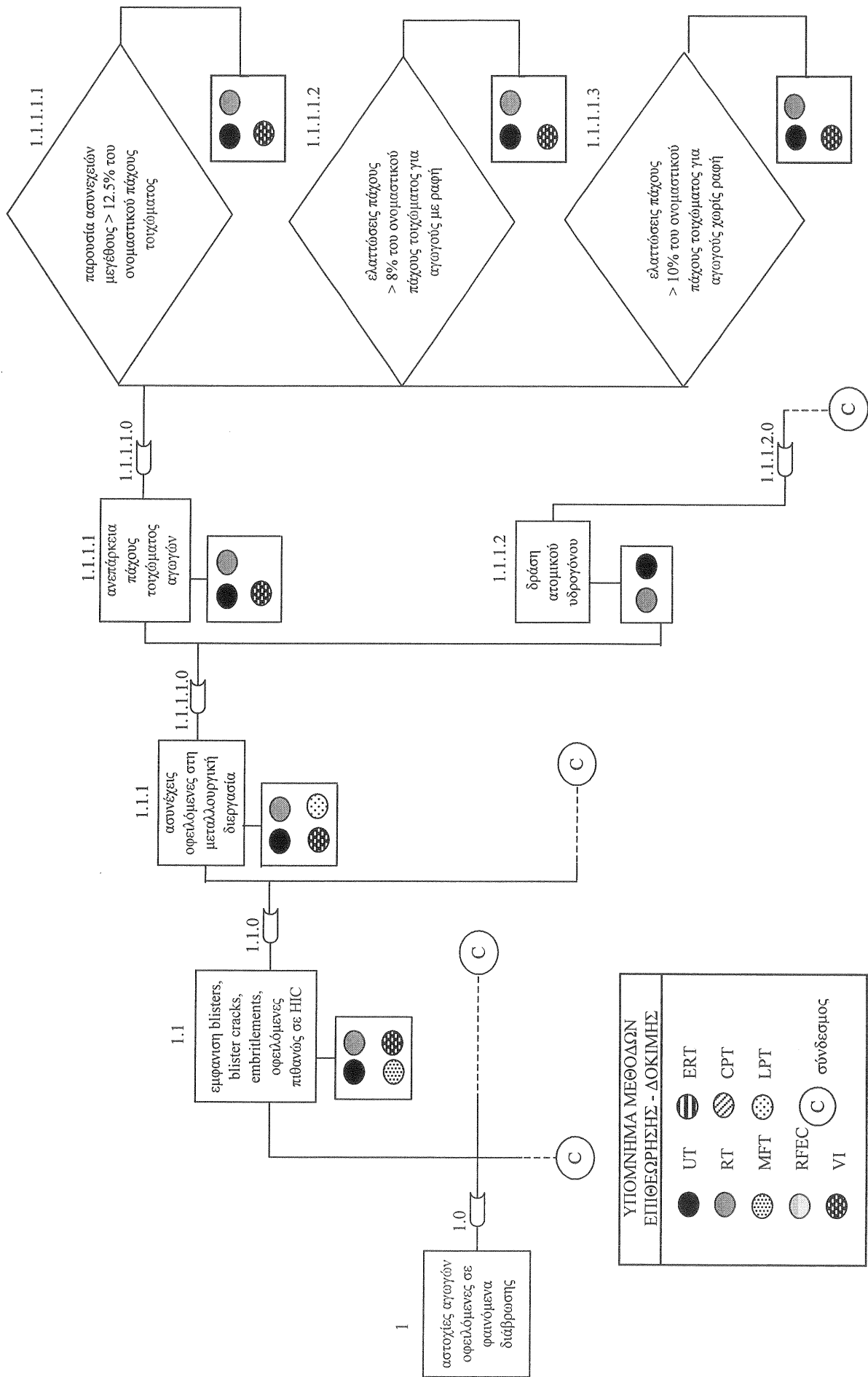
ταξινομούνται κατά Gessey et al., 1996) σε δοκίμια αγωγών που αστόχησαν για να διερευνηθεί σε βάθος η διάσταση του φαινομένου για συγκεκριμένα τμήματα σωληνογραμμών (Wolf, 2001; Okamoto et al., 1999).

3. *Υπερηχογραφήσεις (Ultrasonic Testing, UT)*: είναι ΜΚΕ που εκτελείται συμπληρωματικά των ραδιογραφιών σε δειγματοληπτική βάση για αναγνώριση/επιβεβαίωση του ίδιου τύπου αστοχιών. Αντί ακτίνων Χ ή γ χρησιμοποιεί δέσμες υπερήχων. Ευρύτερη χρήση της τεχνολογίας γίνεται σε εσωτερικές επιθεωρήσεις, όπου σε συνδυασμό με τεχνολογίες GPS επιτυγχάνεται η χαρτογράφηση του πάχους τοιχώματος των αγωγών με απόδοση των αστοχιών (απώλεια μετάλλου) υπό μορφή χαρτών ισο-διαβρωτικών καμπύλων (Kruger et al., 1999; Wolf, 2001).
4. *Μετρήσεις Μαγνητικής Δέσμης (Magnetic Flux Testig, MFT)*: είναι ΜΚΕ που χρησιμοποιείται κυρίως σε εσωτερικές επιθεωρήσεις. Παρέχει διάγνωση των ίδιων αστοχιών που εντοπίζουν και τα υπερηχογραφήματα. Ως τεχνολογία, αντί υπερήχων αξιοποιεί τις διαφοροποιήσεις που εισάγουν οι αστοχίες στις εκπεμπόμενες ηλεκτρομαγνητικές δέσμες (Nestleroth και Bubenik, 1999; Goedecke, 2003)
5. *Τεχνική Ηλεκτρικής Αντίστασης (Electrical Resistance Technique, ERT)*: είναι εργαστηριακή μέθοδος διερεύνησης της ταχύτητας εξέλιξης της διάβρωσης σε μεταλλικά δοκίμια με χρήση ηλεκτροδίων αναφοράς που χρησιμοποιούνται ως αισθητήρες (Tan et al., 1996).
6. *Επιθεώρηση με Αποστελλόμενα Δινορένματα (Remote Field Eddy Current Inspection-RFECI)*: είναι ΜΚΕ που χρησιμοποιείται κυρίως σε εσωτερικές επιθεωρήσεις. Παρέχει διάγνωση των ίδιων αστοχιών που εντοπίζουν τα υπερηχογραφήματα και οι μετρήσεις μαγνητικής δέσμης (Teitsma, 2002).
7. *Μετρήσεις Καθodikής Προστασίας (Cathodic Protection, CPT)*: πρόκειται για διαδικασία λήψης μετρήσεων διαφοράς δυναμικού μεταξύ αγωγού και εδάφους με ηλεκτρόδιο Cu/CuSO_4 . Δεν αποτελεί μέθοδο άμεσης διάγνωσης της διάβρωσης. Ωστόσο συστηματικές μετρήσεις δυναμικού εκτός ή επιλεκτικά στα όρια του διαστήματος -850 mV και 1100 mV , συνιστούν ένδειξη πιθανής διάβρωσης στη θέση λήψης των μετρήσεων (Batis και Philopoulos, 1995; Kouloumbi et al., 2002).
8. *Δοκιμές διεισδυτικών υγρών (Liquid Penetrant Testing, LPT)*: πρόκειται για διαδικασία χρήσης διεισδυτικών υγρών σε συγκεκριμένες θέσεις όπου είναι επιρρεπείς σε εμφάνιση αστοχιών. Ανάλογα με την συμπεριφορά του μετάλλου στη δραστηριότητα των διεισδυτικών υγρών εξάγονται συμπεράσματα για την ποιότητα και αντοχή του σε διαβρωτικά και άλλα φαινόμενα.

Στο σχήμα Σ-8.8 απεικονίζεται ενδεικτικό απόσπασμα FTA οντολογίας, το οποίο αναπαριστά τις μεθόδους επιθεώρησης που αντιστοιχούν πλήρως σε κόβους/φύλλα της FTA οντολογίας για την εμπειρική γνώση της HIC διάβρωσης.

Σχετικά με την αποκατάσταση, οι μέθοδοι που προτείνονται (Palmer-Jones και Paisley, 2000) σε περιπτώσεις εντοπισμού συμπτωμάτων απώλειας μετάλλου, κατά κύριο λόγο, είναι:

- (α) Απώλεια μετάλλου εντός των ορίων κωδίκων: τοπική εξυγίανση του υλικού επίχωμάτωσης, καθαρισμός της επιφάνειας του σωλήνα, επικόλληση μεταλλικών χιτωνίων



Σχήμα Σ-8.8

Σύνδεση Οντολογίας εμπερικής ανάλυσης με μεθόδους Επιθεώρησης/Ελέγχου (Απόσπασμα Οντολογίας εμπερικής γνώσης-κλάδος HIC)

προστασίας, αποκατάσταση του πολυαιθυλενίου μόνωσης και συχνότερες εσωτερικές επιθεωρήσεις).

(β) Απώλεια μετάλλου εκτός των ορίων κωδίκων: απομόνωση και αντικατάσταση του προσβεβλημένου(ων) σωλήνων με νέους, τοποθέτηση νέου πολυαιθυλενίου μόνωσης και εξυγείανση του υλικού επίχωσης.

(γ) Απώλεια μετάλλου εκτός των ορίων κωδίκων σε μεγάλο μήκος: εγκατάλειψη της προσβεβλημένης σωληνογραμμής, χάραξη νέας όδευσης, κατασκευή και τοποθέτηση νέας σωληνογραμμής. Σε περίπτωση που είναι εφικτό, διατηρείται η ίδια όδευση, παρακάμπτεται προσωρινά το προσβεβλημένο μήκος (by-pass) το οποίο και απομακρύνεται και τέλος, τοποθετείται νέα σωληνογραμμή στην ίδια τάφρο.

Στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ επισυνάπτεται (ξενόγλωσσος) πίνακας με αναλυτική παρουσίαση των μεθόδων επιθεώρησης των αγωγών ΦΑ, στο εργοτάξιο και στο εργαστήριο, σε σχέση με το φαινόμενο της διάβρωσης, με αναφορά σε διεθνείς κώδικες και πρότυπα ελέγχου (ανά κόμβο/φύλλο της FTA οντολογίας της εμπειρικής γνώσης) καθώς και στις ενδεδειγμένες μεθόδους αποκατάστασης και θεραπείας των αστοχιών. Επίσης, στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ παρουσιάζονται εικόνες τυπικής συμπτωματολογίας αγωγών προσβεβλημένων από HIC, MIC και SCC οι οποίες μπορούν να αντιστοιχηθούν σε μια ΒΓ σχετικής με την φαινομενολογία της διάβρωσης, ώστε να συνδεθούν νοηματικά οι περιγραφές των αστοχιών με την φυσική τους μορφή, όπως αυτή καταγράφεται από την εμπειρία.

8.9 Η απόκτηση γνώσης ως λειτουργική οντολογία

Όπως και στην περίπτωση του πρώτου υποσυστήματος, η απόκτηση γνώσης στο παρόν υποσύστημα μπορεί επίσης να αναπαρασταθεί με εφαρμογή της μεθόδου IDEF0. Με τη μέθοδο αυτή, αναπαρίστανται οι επί μέρους δραστηριότητες, τα στοιχεία εισόδου-εξόδου, οι περιορισμοί και οι πόροι κάθε διακριτής γνωσιολογικής λειτουργίας. Οι δραστηριότητες που εμπεριέχονται στις λειτουργίες απόκτησης γνώσης για το χειρισμό της διάβρωσης αγωγών ΦΑ (σε περιβάλλον ΕΣΜ) προσδιορίζονται ως εξής:

(1) *Απόσπαση γνώσης (KEL)*: αντιπροσωπεύεται από τις δραστηριότητες: T-KEL(1): επισκόπηση επιστημονικής βιβλιογραφίας, T-KEL(2): συνεντεύξεις με εμπειρογνώμονες τεχνολογίας αγωγών ΦΑ, T-KEL(3):διερεύνηση τεχνικών αρχείων έργων (ΕΣΜ) και T-KEL(4):διερεύνηση εκπαιδευτικού υλικού (ΕΣΜ).

(2) *Ανάλυση γνώσης (KEL)*: αντιπροσωπεύεται από τις δραστηριότητες: T-KAN(1): διεπιστημονική ανάλυση (αποσύνθεση) φαινομένου σε περιοχές περιορισμένης διερεύνησης, T-KAN(2): γνωσιολογική αποσύνθεση και ιεράρχηση του φαινομένου (ταξινόμηση και τμημονόμηση) και T-KAN(3): καθορισμός οντολογικών σχέσεων.

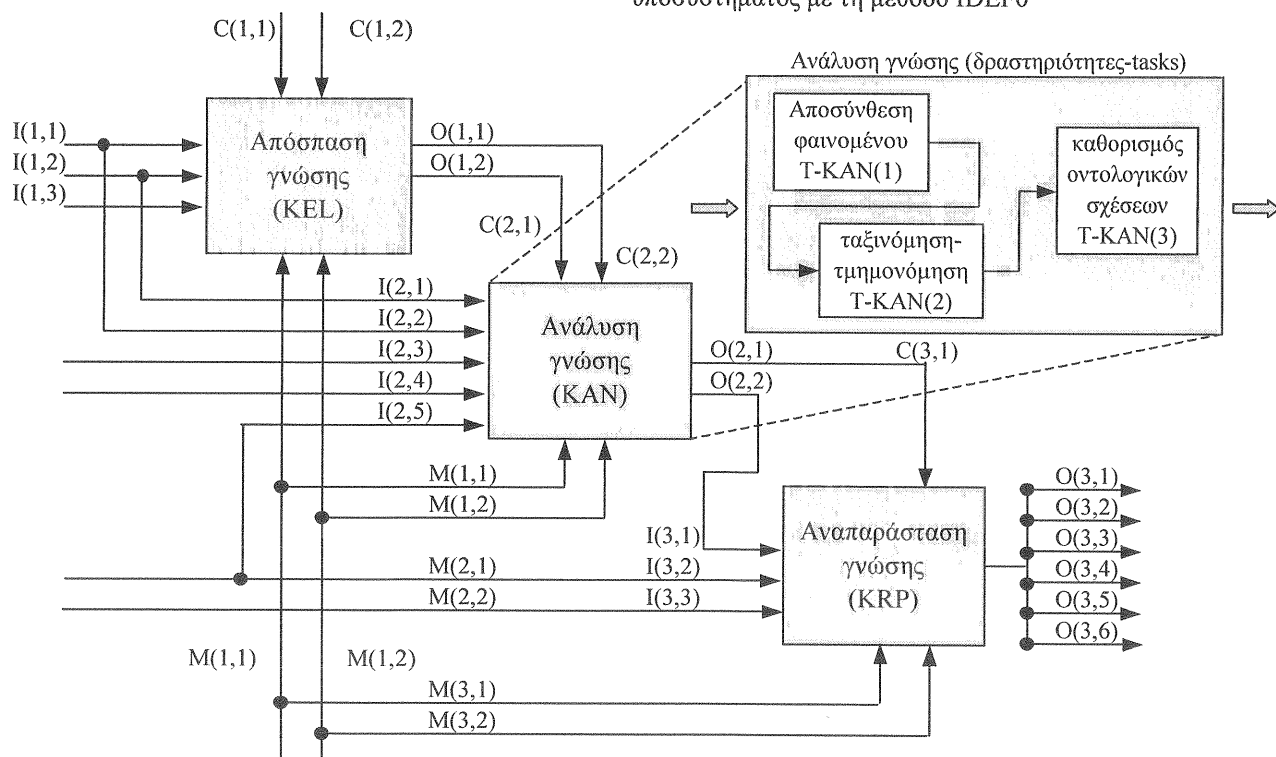
(3) *Αναπαράσταση γνώσης (KRP)*: αντιπροσωπεύεται από τις δραστηριότητες: T-KRP(1): λογική ανασύνθεση φαινομένου (βάσει ερμηνείας αιτίου/αιτιατού), σχηματισμός οντολογίας FTA και T-KRP(2): σύνθεση συμπερασματικών κανόνων (inference rules) οντολογίας.

Στον πίνακα Π-8.1 και στο σχήμα Σ-8.9 παρουσιάζονται η περιγραφή της λειτουργικής οντολογίας και των παραγόντων ΔΓ (ως ICOM οντότητες) μέσω της οποίας πραγματοποιήθηκε η υλοποίηση του υποσυστήματος που αφορά τη διάβρωση υπόγειων

Πίνακας 8.1 : ICOM οντότητες γνωσιολογικών λειτουργιών υποσυστήματος

Λειτουργία (process): Απόσπαση γνώσης, P(1)	
<i>Inputs</i>	I(1,1) : Ευρήματα βιβλιογραφικής επισκόπησης I(1,2) : Τεχνικές αναφορές/προδιαγραφές ελέγχων-επιθεωρήσεων αγωγών I(1,3) : Πρακτικά συνεντεύξεων με εμπειρογνώμονες
<i>Outputs</i>	O(1,1) : Απαιτήσεις μεθόδου IMT O(1,2) : Κατανόηση μηχανισμών διάβρωσης
<i>Controllers</i>	C(1,1) : Τεχνικά αρχεία ΕΣΜ C(1,2) : Δυνατότητα πρόσβασης ΕΣΜ σε βιβλιοθήκες, web libraries
<i>Mechanisms</i>	M(1,1) : Τμήμα Διαχείρισης Γνώσης / ΕΣΜ M(1,2) : Τμήμα Πληροφορικής / ΕΣΜ
Λειτουργία (process): Ανάλυση γνώσης, P(2)	
<i>Inputs</i>	I(2,1) : Ευρήματα βιβλιογραφικής επισκόπησης I(2,2) : Τεχνικές αναφορές/προδιαγραφές ελέγχων-επιθεωρήσεων αγωγών I(2,3) : Μέθοδοι απόκτησης γνώσης I(2,4) : Αρχές σύνταξης οντολογιών αναπαράστασης της γνώσης (FTA) I(2,5) : Αρχές δόμησης ασαφών συνόλων και κανόνων εξαγωγής συμπερασμάτων
<i>Outputs</i>	O(2,1) : Κατανόηση φαινομενολογίας μηχανισμών HIC / MIC / SCC O(2,2) : Διακριτοποίηση γνώσης (granularity) μηχανισμών HIC / MIC / SCC
<i>Controllers</i>	C(2,1) : Απαιτήσεις μεθόδου IMT C(2,2) : Κατανόηση μηχανισμών διάβρωσης
<i>Mechanisms</i>	M(2,1) : Τμήμα Διαχείρισης Γνώσης / ΕΣΜ M(2,2) : Τμήμα Πληροφορικής / ΕΣΜ
Λειτουργία (process): Αναπαράσταση γνώσης, P(2)	
<i>Inputs</i>	I(3,1) : Κατανόηση φαινομενολογίας μηχανισμών HIC / MIC / SCC I(3,2) : Αρχές σύνταξης οντολογιών αναπαράστασης της γνώσης (FTA) I(3,3) : Αρχές δόμησης ασαφών συνόλων και κανόνων εξαγωγής συμπερασμάτων
<i>Outputs</i>	O(3,1) : Οντολογία εμπειρικής γνώσης διάβρωσης O(3,2) : Οντολογία θεωρητικής ανάλυσης μηχανισμών HIE O(3,3) : Οντολογία θεωρητικής ανάλυσης μηχανισμών MIC O(3,4) : Οντολογία θεωρητικής ανάλυσης μηχανισμών SCC O(3,5) : Οντολογία συνεργισμού βιο-γεω-χημικών παραγόντων O(3,6) : Υλοποίηση bottom-up διαδρομής FTA οντολογιών
<i>Controllers</i>	C(3,1) : Διακριτοποίηση γνώσης (granularity) μηχανισμών HIC / MIC / SCC
<i>Mechanisms</i>	M(3,1) : Τμήμα Διαχείρισης Γνώσης / ΕΣΜ M(3,2) : Τμήμα Πληροφορικής / ΕΣΜ

Σχήμα Σ-8.9 Αναπαράσταση οντολογίας γνωσιολογικών λειτουργιών υποσυστήματος με τη μέθοδο IDEF0



αγωγών ΦΑ. Στο ίδιο σχήμα, παρουσιάζεται η συσχέτιση των ICOM οντοτήτων σε κάθε γνωσιολογική λειτουργία.

8.10 Σύνοψη και συμβολή στην επιστημονική έρευνα

Συνοψίζοντας, μπορεί να υποστηριχθεί ότι το υποσύστημα αναπτύχθηκε με σκοπό την απόδειξη της εφικτότητας και της δυνατότητας υλοποίησης του ΣΔΓ, όσον αφορά τη διερεύνηση του φαινομένου της διάβρωσης υπόγειων αγωγών ΦΑ. Αποδείχθηκε ότι το φαινόμενο εκδηλώνεται από δράση του υδρογόνου, των υπόγειων μικροβιακών κοινοτήτων και της δυναμοδιάβρωσης, ενώ υπεισέρχονται και άλλοι βιο-γεω-χημικοί παράγοντες που δρουν συνεργιστικά. Η γνωσιολογική διάσταση του φαινομένου αναπαραστάθηκε σε οντολογικές δομές FTA ξεχωριστές για κάθε παράγοντα, ενώ απεικονίζονται σε ξεχωριστές οντολογίες οι θεωρίες ερμηνείας των μηχανισμών του φαινομένου. Παράλληλα, αναδεικνύεται η σχέση των οντολογιών του φαινομένου με τις τεχνικές επιθεώρησης και ελέγχων της διάβρωσης. Τέλος, συντάχθηκε η λειτουργική οντολογία γνωσιολογική διαχείρισης του φαινομένου στο περιβάλλον μιας τυπικής εγχώριας ΕΣΜ.

Η συμβολή του υποσυστήματος στην επιστημονική έρευνα προσδιορίζεται από τις πρωτότυπες διαφοροποιήσεις που αναδεικνύει σε επίπεδο περιεχομένου και σε επίπεδο μεθοδολογίας. Παράλληλα, ενσωματώνει ομοιότητες ως προς το περιεχόμενο και ως προς τη μεθοδολογία με αντίστοιχες εργασίες της βιβλιογραφίας. Με τον τρόπο αυτό, τεκμηριώνεται, αφενός η συμβατότητά του με τα κρατούμενα της επιστημονικής δεοντολογίας, αφετέρου η έμφαση που δίνεται στον τομέα της ΔΓ. Συγκεκριμένα:

Συμβολή ως προς το περιεχόμενο

1. *Φαινομενολογία διάβρωσης:* Στη βιβλιογραφία, υπάρχουν εργασίες που εστιάζονται στις αστοχίες των αγωγών περιλαμβάνοντας ως αιτία και τη διάβρωση, Ωστόσο, μεταξύ των πλέον συναφών με τη διάβρωση, αναφέρονται οι εργασίες των Emenike (1993) και Roberge (2000). Ο πρώτος εστιάζεται σε πρωτογενή δένδροειδή top-bottom ανάλυση, στοχεύοντας στη σύνταξη κανόνων ελέγχου του φαινομένου. Ο δεύτερος εστιάζεται στην (δένδροειδή top-bottom) ανάλυση SCC, αναλύοντας το φαινόμενο σε βάθος 3 επίπεδων και σε συνάρτηση με τις συνθήκες λειτουργίας των αγωγών. Το παρόν υποσύστημα διαφοροποιείται, στο ότι η διάβρωση διερευνάται (μέσω FTA οντολογιών) σε *διαφορετικά φαινομενολογικά επίπεδα:* το *εμπειρικό* με μεγάλο (μακροσκοπικό) εύρος ανάλυσης, το *γνωσιοθεωρητικό* με (μικροσκοπική) διείσδυση στις θεωρίες οριακής ανάλυσης του φαινομένου και το *διεπιστημονικό*, με αναφορά στο συνεργισμό παραγόντων που επιδρούν στο φαινόμενο.
2. *Ολοκλήρωση:* μέσω του υποσυστήματος αυτού, η διερεύνηση της διάβρωσης αναδεικνύει ένα βαθμό επιστημονικής ολοκλήρωσης, δεδομένου ότι οι FTA οντολογίες, πραγματεύονται το φαινόμενο από πολλές διαφορετικές περιοχές έρευνας, όπως η μεταλλουργία, η μηχανική ρευστών, η γεωχημεία, η μικροβιολογία, οι τεχνολογίες επιθεωρήσεων, κλπ.
3. *Ασάφεια:* η ασάφεια εισάγεται μέσω αλγορίθμου εφαρμογής γνωσιολογικών κανόνων IF-THEN με χρήση ασαφών μεταβλητών. Αυτό εισάγει μια ποιοτική διαφοροποίηση για την

bottom-up ανάλυση των οντολογιών, επειδή δίνει τη δυνατότητα λήψης απόφασης σε πολλά ενδεχόμενα σενάρια, όπου το περιεχόμενο κόμβων-φύλλων αντιπροσωπεύει διαφορετικές τιμές των ασαφών μεταβλητών, όπως έχει ήδη παρουσιαστεί σε προηγούμενο κεφάλαιο.

Συμβολή ως προς τη μεθοδολογία

4. *Υποδομή ΒΓ*: η αρχιτεκτονική των FTA οντολογιών, συνιστά υποδομή ανάπτυξης μιας ΒΓ υπό τύπον έμπειρου συστήματος στο περιβάλλον μιας ΕΣΜ για το φαινόμενο της διάβρωσης, παρέχοντας πληροφορίες (όπως π.χ. οι φυσική εικόνα των συμπτωμάτων της διάβρωσης που επισυνάπτεται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ επεξηγηματικά των HIC, MIC και SCC) σε χρήστες διαφορετικής επιστημονικής κατάρτισης και γνωσιολογικών απαιτήσεων.
5. *Διαχείριση γνώσης*: μέσω της λειτουργικής οντολογίας απόκτησης γνώσης, αναδεικνύονται οι διαδικασίες ΔΓ για το φαινόμενο της διάβρωσης αγωγών ΦΑ, σε επίπεδο τυπικής εγχώριας ΕΣΜ.
6. *Εκπαιδευτική προοπτική*: λόγω της διεπιστημονικής ανάλυσης του φαινομένου, η μεθοδολογία σύνταξης των FTA οντολογιών της διάβρωσης σε συνδυασμό με η χρήση κανόνων ασαφούς λογικής, μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη βάση μιας ευρύτερης ερευνητικής και εκπαιδευτικής προοπτικής.

9. ΔΙΕΥΚΡΙΝΙΣΕΙΣ-ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται διευκρινίσεις σε επί μέρους θέματα της διατριβής. Τεκμηριώνεται η τήρηση της συνέπειας των υποσυστημάτων, ως προς τις γενικές αρχές του ΣΔΓ. Εξηγείται η εκπόνηση της βιβλιογραφικής έρευνας, όπως και η έμφαση που δόθηκε σε κάθε υποσύστημα ως προς τις βασικές γνωσιολογικές λειτουργίες που υιοθετήθηκαν από το μοντέλο IMT των Chan (1992), Geng et al., (2001) και Chan (2005). Διατυπώνονται σχόλια σχετικά με τη ΒΓ, ενώ επισημαίνονται θέματα οργανωτικής και τεχνοοικονομικής φύσης που συναρτώνται με την ανάπτυξη ΣΔΓ σε μια τυπική εγχώρια ΕΣΜ.

9.1 Συνέπεια υποσυστημάτων

Η συνέπεια των υποσυστημάτων διευκρινίζεται με την τεκμηρίωση του κατά πόσον κάθε υποσύστημα τηρεί τις αρχές που τέθηκαν στο κεφάλαιο της γενικής πρότασης του ΣΔΓ. Συνεπώς, με ανασκόπηση των αρχών που τέθηκαν προκύπτουν τα ακόλουθα:

(A1) Αρχή δομικής διάρθρωσης

Το κύριο χαρακτηριστικό της διερεύνησης των υποσυστημάτων είναι οι οντολογίες που αφορούν τους τομείς γνώσης και τις συναφείς γνωσιολογικές λειτουργίες εντός των ΕΣΜ. Οι οντολογίες απεικονίζουν τη λογική διάρθρωση μεταξύ εννοιών και δραστηριοτήτων, καθορίζουν επίπεδα ιεραρχίας, σχέσεις (Chan, 1992; Chan, 2005) εμπλέκοντας διακριτούς παράγοντες ΔΓ. Συνεπώς, διαθέτουν δομή που είναι το κύριο χαρακτηριστικό των συστημάτων (Ackoff και Sengupta, 1965; Pidwirny, 2006) ικανοποιώντας την αρχή της δομικής διάρθρωσης.

(A2) Αρχή γνωσιολογικής συνάφειας

Στη θεώρηση των υποσυστημάτων γίνεται χρήση διακριτών χαρακτηριστικών παραγόντων της ΔΓ, όπως οι εμπειρογνώμονες, οι γνωσιολογικές λειτουργίες και η ΒΓ που αποτελεί εκσυγχρονισμένη εκδοχή των τεχνικών αρχείων. Επίσης, συνεκτιμάται το περιβάλλον των εγχώριων ΕΣΜ, ως πεδίο διερεύνησης των υποσυστημάτων. Οι παράγοντες αυτοί ενσωματώνονται, τόσο στις επί μέρους λειτουργικές οντολογίες, όσο και στην ανάπτυξη και εφαρμογή των μεθόδων, εργαλείων και θεωρίες ΔΓ που υιοθετούνται (ως οι πλέον συναφείς σύμφωνα με τα αποτελέσματα της βιβλιογραφικής επισκόπησης) για τη σύσταση του ΣΔΓ (Davenport και Prusak, 1998; Duncham, 2002). Συνεπώς, τηρείται η αρχή της γνωσιολογικής συνάφειας.

(A3) Αρχή αντικειμενικοποίησης

Όπως θα τεκμηριωθεί σε επόμενη παράγραφο, σε όλα τα υποσυστήματα, δόθηκε έμφαση στην αναζήτηση και ανάδειξη αποτελεσματικών τρόπων μετατροπής της άρρητης γνώσης των εμπειρογνομόνων, τη ρητής αδόμητης ή μερικώς δομημένης γνώσης της βιβλιογραφίας και των τεχνικών εγγράφων των έργων, σε δομημένη ρητή. Οι μέθοδοι και

τα μαθηματικά εργαλεία των οποίων έγινε χρήση, υποδεικνύουν τρόπους επίτευξης της μετατροπής αυτής (Βλαχάβας et al., 2006; Uelphenich και Bodendorf, 1999). Η συνεπώς η αρχή της αντικειμενικοποίησης εκπληρούται, στο βαθμό που τα ποιοτικά και ποσοτικά αποτελέσματα της γνωσιολογικής έρευνας εξάγονται από (πλήρως ή μερικώς) αυτοματοποιημένες υπολογιστικές μεθόδους και σαν τέτοια, μπορούν να υπαχθούν ως πληροφοριακές οντότητες σε δομές ΒΓ.

(A4) Αρχή λειτουργικής υπαγωγής

Η αξιολόγηση των λειτουργικών οντολογιών, αναδεικνύει με όρους μεθοδολογίας κυρίως, τον τρόπο που ο μετασχηματισμός της γνώσης επιτυγχάνεται εντός των ΕΣΜ. Παράλληλα, αντικατοπτρίζεται η συμμετοχή των παραγόντων ΔΓ στις διακριτές γνωσιολογικές λειτουργίες. Τα προαναφερόμενα συνιστούν παράγοντες υπαγωγής των λειτουργιών του ΣΔΓ στο περιβάλλον των παραγωγικών λειτουργιών των ΕΣΜ (Garvin, 1995 και 1998; Davenport και Prusak, 1998; Kalpic και Bernus, 2006).

(A5) Αρχή επεκτασιμότητας

Τα υποσυστήματα που διερευνήθηκαν είναι αντιπροσωπευτικά των γνωσιολογικών ιδιαιτεροτήτων των έργων του ΦΑ. Η χρήση των μεθόδων και οντολογιών που υιοθετήθηκαν, επιτρέπουν την επέκταση της θεώρησης του ΣΔΓ σε συναφή αντικείμενα, όπως τεκμηριώνεται από τις εργασίες των Batzias και Spanidis (2008b) και Batzias και Spanidis (2009). Στο σχήμα Σ-9.1 απεικονίζεται η οντολογία της επιλογής υλικού αγωγών ΦΑ, η σύνθεση και αναπαράσταση της οποίας γίνεται μέσω των κανόνων *part_of* και *kind_of*. Συνεπώς, η αρχή της επεκτασιμότητας σε περαιτέρω γνωσιολογικά σημαντικές περιοχές, ικανοποιείται.

9.2 Μεθοδολογία βιβλιογραφικής επισκόπησης

Η βιβλιογραφική επισκόπηση εκπονήθηκε σε τρεις κύκλους. Πρώτον, διερευνήθηκαν έννοιες σχετικές με τη ΔΓ και τα συναφή συστήματα στο χώρο της βιομηχανίας και ειδικότερα των διεργασιών και έργων του ΦΑ. Σκοπός της πρώτης επισκόπησης ήταν να αποσαφηνιστεί η εξειδίκευση της υπό διερεύνηση επιστημονικής περιοχής σε σχέση με τις αναγνωρισμένες θεωρίες και κατευθύνσεις της ΔΓ στο περιβάλλον της σύγχρονης βιομηχανίας. Επίσης, αναζητήθηκε η διάσταση της γνωσιολογικής έρευνας στην βιομηχανία του ΦΑ και οι συναφείς θεματικές περιοχές που παρουσιάζουν ελκυστικότητα, ενδιαφέρον και προοπτική αξιοποίησης.

Τα πρώτα αποτελέσματα, ανέδειξαν το περιορισμένο των ερευνητικών ευρημάτων στον τομέα της ΔΓ για τον τομέα του ΦΑ. Αυτό οδήγησε στη δεύτερο κύκλο βιβλιογραφικής επισκόπησης, όπου διαπιστώθηκε ότι η γνωσιολογική έρευνα στο χώρο των τεχνικών έργων παρουσιάζει αδυναμίες, αβεβαιότητες, πολυπλοκότητα και προσεγγίσεις που δεν έχουν επαρκώς διερευνηθεί με όρους τυπικής επιστημονικής μεθοδολογίας. Αντίθετα, διαπιστώθηκε, ότι η ΔΓ αντιμετωπίζεται κυρίως μέσα από αποφάσεις διοικητών έργων, που εμπλέκουν εμπειρογνώμονες και προσωπικό των ΕΣΜ σε περιβάλλον επιβεβλημένων (εκ των πραγμάτων) τεχνικών συνεργασιών. Αποτέλεσμα

του δεύτερου κύκλου ήταν η τεκμηρίωση, αφενός της σχέσης αιτίου-αιτιατού μεταξύ τεχνικών και αφετέρου των διοικητικών/τεχνικών προβλημάτων των έργων σε συνάρτηση με τα κενά γνώσης.

Σε τρίτη φάση αναζητήθηκαν και εξετάστηκαν οι μέθοδοι και τα εργαλεία ΔΓ που υιοθετούνται στο περιβάλλον των βιομηχανικών διεργασιών και που σαν τέτοια θα μπορούσαν να εφαρμοστούν, με κατάλληλη τεκμηρίωση, σε περιβάλλον έργων ΦΑ. Η γενική μεθοδολογία αναζήτησης που ακολουθήθηκε κατά τη βιβλιογραφική επισκόπηση, προσδιορίστηκε από τα ακόλουθα βήματα:

1. *Γενικός καθορισμός πεδίου αναζήτησης* ερευνητικών στοιχείων: το πεδίο αυτό ορίστηκε ως ΔΓ ή/και ΣΔΓ στα έργα και τις συναφείς τεχνολογίες της βιομηχανίας του ΦΑ.
2. *Εξειδίκευση της αναζήτησης* στη θεματική περιοχή των έργων κατασκευής των υποδομών ΦΑ. Υπό την έννοια αυτή αναζητήθηκαν βιβλιογραφικά στοιχεία για τη ΔΓ σε διακριτές φάσεις των έργων, όπως π.χ. για τις προκαταρκτικές φάσεις, το σχεδιασμό, την κατασκευή, τη λειτουργία των έργων. Για λόγους καθαρά μεθοδολογικής διευκόλυνσης και χωρίς να αλλοιώνεται ποιοτικά η φιλοσοφία οργάνωσης των έργων θεωρήθηκε ότι τα έργα μπορούν να διακριθούν σε τρεις φάσεις: (α) την *τεχνικοοικονομική αξιολόγηση*, που περιλαμβάνει τις μελέτες σκοπιμότητας και την γενικευμένη πρόταση σχεδιασμού και ανάπτυξης ενός συστήματος διακίνησης-προμήθειας ΦΑ (gas supply chain), (β) την *υλοποίηση*, που περιλαμβάνει τους βασικό και λεπτομερή σχεδιασμό, την προμήθεια υλικών και την κατασκευή των υποδομών και (γ) τη *λειτουργία* των υποδομών ΦΑ.
3. *Διεύρυνση της αναζήτησης* σε θεματικές περιοχές που σχετίζονται με τεχνολογίες, φαινόμενα και ερευνητικά αντικείμενα που έμμεσα ή/και εν δυνάμει υπεισέρχονται στις τεχνικές και οργανωτικο-διοικητικές διαδικασίες που εκτελούνται στις προαναφερόμενες φάσεις των έργων του ΦΑ. Παραδείγματα των περιοχών αυτών είναι: οι τεχνολογίες ΔΓ στη διοίκηση και λειτουργία των έργων (έμπειρα συστήματα, συστήματα υποστήριξης λήψης αποφάσεων, κλπ), η διάβρωση, η τεχνολογία υλικών χαλύβδινων αγωγών και εξοπλισμού (σωλήνες, βαλβίδες, σύνδεσμοι), οι συγκολλήσεις, τα συστήματα ΣΗΘ, κλπ.
4. *Επιλογή ηλεκτρονικών βιβλιοθηκών αναζήτησης*: Οι επιλεγθείσες (on-line) βιβλιοθήκες ήταν οι εξής: ELSEVIER, Emerald Library, IEEE transactions, Kluwer Academic και SpringerLink. Σε κάποιες περιπτώσεις, χρησιμοποιήθηκαν και εργασίες καταχωρημένες στο διαδίκτυο, αφού προηγουμένως επιβεβαιώθηκε η επιστημονική αξιοπιστία και η εμπέλεια των συγγραφέων.
5. *Καθορισμός χρονικού εύρους αναζήτησης*: αναζητήθηκαν δημοσιεύσεις της περιόδου 1987-2007.
6. *Καθορισμός φράσεων* μέσω των οποίων διεξάχθηκαν οι βιβλιογραφικές αναζητήσεις. Για παράδειγμα, φράσεις που χρησιμοποιήθηκαν ήταν: knowledge-based systems for gas projects/pipelines, expert systems in gas projects/pipelines/industry, expert systems in project management, κλπ.
7. *Σύνοψη αποτελεσμάτων* που αποσκοπεί να αναδείξει τάσεις που αναπτύσσονται στο χώρο της έρευνας και περιοχές που δεν έχουν επαρκώς διερευνηθεί ή αποτελούν εν δυνάμει πεδία νέας αναζήτησης.

Τα αποτελέσματα της επισκόπησης, ενσωματώθηκαν κατά περίπτωση στα κεφάλαια της διατριβής σύμφωνα με τη δομή των κεφαλαίων. Διευκρινίζεται, ότι υπάρχουν εργασίες που λόγω της διεπιστημονικότητάς τους, σχολιάστηκαν σε περισσότερα του ενός κεφάλαια της διατριβής.

9.3 Έμφαση υποσυστημάτων

Από άποψη ΔΓ, Η έμφαση που δίνεται σε κάθε υποσύστημα, αξιολογείται ως προς τρία επίπεδα: ως προς το σκοπό, ως προς τον τρόπο μετασχηματισμού της γνώσης και ως προς τις οντολογικές λειτουργίες που αναδεικνύονται. Συνεπώς, διευκρινίζονται τα ακόλουθα:

1. Ως προς το σκοπό

Πρώτο υποσύστημα: δίνεται έμφαση στην ανάδειξη μαθηματικών εργαλείων-συναρτήσεων εξόρυξης και επεξεργασίας της γνώσης και στην προσέγγιση της ασάφειας και των γνωσιολογικών σημαντικά παραμέτρων του πλαισίου επένδυσης με εργαλεία μαθηματικής ανάλυσης (DM, τεχνικές ΒΔ, fuzzy sets, λογισμός παραγώγων, κλπ) καθώς επίσης και στον τρόπο εισαγωγής των παραμέτρων αυτών, στον υπολογισμό των βασικών χρηματοοικονομικών δεικτών.

Δεύτερο υποσύστημα: δίνεται έμφαση στην ανάδειξη της πολυκριτηριακής ανάλυσης, ως εργαλείου ταυτόχρονης γνωσιολογικής ανάλυσης και επίλυσης πολύπλοκων τεχνικών προβλημάτων, με σκοπό τη λήψη αποφάσεων τεχνοοικονομικής κρισιμότητας.

Τρίτο υποσύστημα: δίνεται έμφαση στον τρόπο γνωσιολογικής αποσύνθεσης και ανασύνθεσης ενός πολύπλοκου φαινομένου, με εργαλεία οντολογικής ανάλυσης και αναπαράστασης όπως είναι η FTA, με σκοπό την υποστήριξη λήψης αποφάσεων με τεχνική (συντήρηση και λειτουργία υπόγειων αγωγών ΦΑ) και ερευνητική-εκπαιδευτική διάσταση (φαινομενολογική ανάλυση).

2. Ως προς το μετασχηματισμό της γνώσης

Πρώτο υποσύστημα: δίνεται έμφαση στο μετασχηματισμό της *αδόμητης ρητής* γνώσης (τεχνοοικονομικά στοιχεία αγωγών-μονάδων ΥΦΑ πρωτογενή στοιχεία κόστους που εμπεριέχονται στη νομοθεσία και βιβλιογραφικές αναφορές) σε *δομημένη ρητή* που εξάγεται μέσω μαθηματικών εργαλείων (κόστος υποδομών ΦΑ, πρόβλεψη ενεργειακής ζήτησης, τιμές ΦΑ, κλπ) και επιδέχεται ένταξη/τήρηση σε υποδομές ΒΓ. Δεν αξιοποιείται η γνώση των εμπειρογνομώνων.

Δεύτερο υποσύστημα: δίνεται έμφαση στο μετασχηματισμό της *άρρητης* γνώσης των εμπειρογνομώνων και της *αδόμητης ρητής* γνώσης (γεωπεριβαλλοντικά στοιχεία έργων και βιβλιογραφικές αναφορές) σε ρητή, επεξεργάσιμη από υπολογιστικά εργαλεία πολυκριτηριακής ανάλυσης.

Τρίτο υποσύστημα: δίνεται έμφαση μερικώς στο μετασχηματισμό της *άρρητης* γνώσης των εμπειρογνομώνων και της *αδόμητης* και *μερικώς δομημένης ρητής* που καταγράφεται στην αμιγώς επιστημονική βιβλιογραφία, σε *δομημένη ρητή* επεξεργάσιμη από οντολογικά εργαλεία γνωσιολογικής ανάλυσης (π.χ. FTA).

3. Ως προς τις οντολογικές λειτουργίες

Πρώτο υποσύστημα: δίνεται έμφαση κυρίως στις λειτουργίες εξαγωγής και ανάλυσης της γνώσης. Η λειτουργία αναπαράστασης της δομημένης ρητής γνώσης προκύπτει ως *a-posteriori* εργασία για την σύνταξη της οντολογίας των βασικών οντοτήτων-εννοιών του πλαισίου επένδυσης και της σύνταξης της τυπικής λειτουργικής οντολογίας (εντός των ΕΣΜ).

Δεύτερο υποσύστημα: δίνεται επίσης έμφαση στις λειτουργίες εξαγωγής και ανάλυσης της γνώσης. Η λειτουργία αναπαράστασης της δομημένης ρητής γνώσης, αντιμετωπίζεται όπως και στο δεύτερο υποσύστημα.

Τρίτο υποσύστημα: δίνεται έμφαση εξίσου και στις τρεις λειτουργίες εξαγωγής γνώσης. Με τυπικούς όρους, το σύστημα αυτό είναι το περισσότερο αντιπροσωπευτικό της IMT μεθόδου.

9.4 Οργανωτικές επιπτώσεις και συμπεριφορά προσωπικού

Στο κεφάλαιο που διατυπώθηκε η γενική πρόταση του ΣΔΓ, αναδείχθηκε η ανάγκη εισαγωγής της ειδικότητας του *μηχανικού γνώσης* όπως προβλέπεται σε χαρακτηριστικές αναφορές της βιβλιογραφίας (Ulpenich και Bodendorf, 1999; Chan, 2005). Όταν τα εκπονούμενα έργα είναι μικρού μεγέθους, η ειδικότητα του μηχανικού γνώσης μπορεί να καλύπτεται από εμπειρογνώμονες των ΕΣΜ, που επιμελούνται διάφορους γνωσιολογικούς τομείς υπαγόμενους στο ευρύτερο γνωστικό αντικείμενο της επιστημονικής τους ειδικότητας. Για παράδειγμα, θέματα διάβρωσης, καθοδικής προστασίας και μελέτης διεργασιών αγωγών και συναφών εγκαταστάσεων, είναι εφικτό να υπόκεινται σε ΔΓ από ειδικότητες χημικού μηχανικού. Αντίστοιχα οι τοπογραφικές, γεωτεχνικές και κτιριακές μελέτες από ειδικότητες πολιτικού μηχανικού ή αγρονόμου τοπογράφου μηχανικού, ενώ οι μελέτες τεχνολογίας υλικών, σωληνώσεων και σιδηρών κατασκευών από ειδικότητα μηχανολόγου μηχανικού.

Σε πολύπλοκα έργα όμως, όπου υπάρχουν εμπλοκές επιστημονικών ειδικοτήτων, προβάλλονται απαιτήσεις εξειδικευμένων γνώσεων διοίκησης έργων, συνεργασίες με υπεργολάβους, ινστιτούτα έρευνας ή/και συμβούλους μεταφοράς τεχνογνωσίας (ΚΤΤ), προκύπτει η ανάγκη ΔΓ από ομάδες μηχανικών γνώσης που θα αναλαμβάνουν διαχείριση των τομέων γνώσης, εντός των ΕΣΜ. Οι ομάδες αυτές είναι λογικό να υπάγονται στο οργανόγραμμα των ΕΣΜ, στην προοπτική εγκατάστασης ολοκληρωμένων γνωσιολογικών λειτουργιών, μέσω ενός συγκροτημένου ΣΔΓ. Στις περιπτώσεις αυτές, το *οργανόγραμμα* των ΕΣΜ είναι αναμενόμενο να υποστεί αλλαγές. Συνέπεια των αλλαγών είναι να προκύπτουν θέματα αρμοδιοτήτων, περιγραφής στελεχιακού ρόλου (job description) και ρύθμισης τεχνικών και γνωσιολογικών λειτουργιών.

Οι όποιες επιπτώσεις εισαγωγής ΣΔΓ, εμπίπτουν στον επιχειρησιακό σχεδιασμό των ΕΣΜ, ο οποίος (όπως τεκμηριώθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο) συνιστά παράγοντα ΔΓ. Οι μηχανικοί γνώσης, που οφείλουν να διαθέτουν μακροχρόνια εμπειρία και εκπαίδευση (άρρητη γνώση) στα έργα που εκπονούνται. Ενδείκνυται να συσταθούν, είτε ως ομάδα υποστήριξης της διοίκησης έργων, είτε ως τμήμα με διευρυμένο ρόλο στη ΔΓ της ΕΣΜ. Σε κάθε περίπτωση ο ρόλος της ομάδας/τμήματος είναι να *αξιολογούν* και να *διυλίζουν* την

εισερχόμενη γνώση και να οδηγούν στην εταιρική μνήμη μόνο το μέρος της εισερχόμενης γνώσης που δυνητικά προσθέτει αξία στις δραστηριότητες της ΕΣΜ. Στο σχήμα Σ-9.3 παρουσιάζεται ο βρόγχος αξιολόγησης της γνώσης (ως λειτουργίας του τμήματος ΔΓ) που εισρέει στην ΕΣΜ, από την ομάδα μηχανικών γνώσης.

Τέλος, επισημαίνεται ότι η συμπεριφορά του προσωπικού των ΕΣΜ παίζει σημαντικό ρόλο στην επιτυχία της εισαγωγής και ανάπτυξης του ΣΔΓ. Είναι σύνηθες, οι αλλαγές στη δομή και οργάνωση των επιχειρήσεων, στην προκειμένη περίπτωση των ΕΣΜ, να συνοδεύεται από απροθυμία ή δυσκολία προσαρμογής από μέρος του προσωπικού. Συνέπεια αυτού, είναι αλλαγές στη συμπεριφορά, κωλυσιεργίες ή ακόμη και αντιδράσεις που ενδέχεται να δημιουργήσουν προβλήματα σε ευρύτερη κλίμακα (Cross, R., 2000). Η αντιμετώπιση τέτοιων καταστάσεων οφείλει να προέρχεται από χειρισμούς της ομάδας διοίκησης των ΕΣΜ. Προς αυτή την κατεύθυνση, είναι χρήσιμο στην προκαταρκτική φάση ανάπτυξης του ΣΔΓ να προηγούνται προπαρασκευαστικές συζητήσεις και επεξεργασίες προτάσεων με συμμετοχή εμπειρογνομόνων και στελεχών διαφόρων βαθμίδων. Με τέτοιου είδους εταιρικές πολιτικές μπορεί να αναδειχθεί η βέλτιστη δομή και σχεδίαση των γνωσιολογικών λειτουργιών, η σύνδεσή τους με τις καθαρώς παραγωγικές λειτουργίες και σε τελική ανάλυση, η εξασφάλιση των απαραίτητων (για τη ΔΓ) συναινέσεων, από την ίδια την κοινωνία της παραγωγής των ΕΣΜ.

9.5 Η βάση γνώσης των ΕΣΜ

Η ΒΓ που πρόκειται να δομηθεί ενός των ΕΣΜ είναι το επιθυμητό αποτέλεσμα του προτεινόμενου ΣΔΓ. Αν και έχει προηγηθεί μια γενική προσέγγιση του επιθυμητού περιεχομένου της ΒΓ, δεδομένου ότι αυτό το αντικείμενο δεν αποτελεί μέρος της παρούσας διατριβής, ως εμπύπτον στις ICT τεχνολογίες που υιοθετούνται στα ΣΔΓ, κρίνεται σκόπιμο να αποσαφηνιστούν τα ακόλουθα:

1. Η ΒΓ δεν πρέπει να αποτελεί το (ψηφιακής τεχνολογίας) υποκατάστατο του τυπικού τεχνικού αρχείου μιας ΕΣΜ. Μια προοπτική προς την αντίθετη κατεύθυνση, δεν λειτουργεί στην εγκατάσταση μιας ολοκληρωμένης ΒΓ, αλλά σε ένα είδος αποθήκης δεδομένων (data warehouse), η οποία, περισσότερο ή λιγότερο σύντομα, θα δημιουργήσει ανάγκες αναδιοργάνωσης, με ότι αυτό θα συνεπάγεται σε κόστος και επιπτώσεις στη δομή και τις όποιες (τεχνικές ή/και γνωσιολογικές) λειτουργίες μιας ΕΣΜ.
2. Σε συνάρτηση με τα προαναφερόμενα, προσδιορίζεται ως σημαντική, η οικονομία της γνώσης, δηλαδή του προσδιορισμού του επιπέδου διακριτοποίησης της γνώσης (granularity of knowledge). Η διακριτοποίηση καθορίζει το όριο του όγκου δεδομένων/πληροφοριών που είναι γνωσιολογικά σημαντικός όπως αποκτώνται από τα έργα, δηλαδή την ποιότητα και το μέγεθος της αντικειμενικοποιημένης γνώσης. Αν και η διακριτοποίηση παρουσιάζει ενδιαφέρον από επιστημονική άποψη, ωστόσο υπάγεται σε χρονικούς και τεχνικούς περιορισμούς, που έχουν σχέση με το μέγεθος των ψηφιακών αρχείων της ΒΓ, τους απαιτούμενους χρόνους επεξεργασίας, τη συντήρηση των δεδομένων, την ανάγκη λειτουργίας σε πραγματικό χρόνο, κλπ. Από κάποιο όγκο πληροφοριών και άνω, η αύξηση της διακριτοποίησης δυσχεραίνει τη ΔΓ. Το πρόβλημα αυτό έχει επισημανθεί από τους Batzias και Spanidis (2008a), οι οποίοι προσεγγίζουν

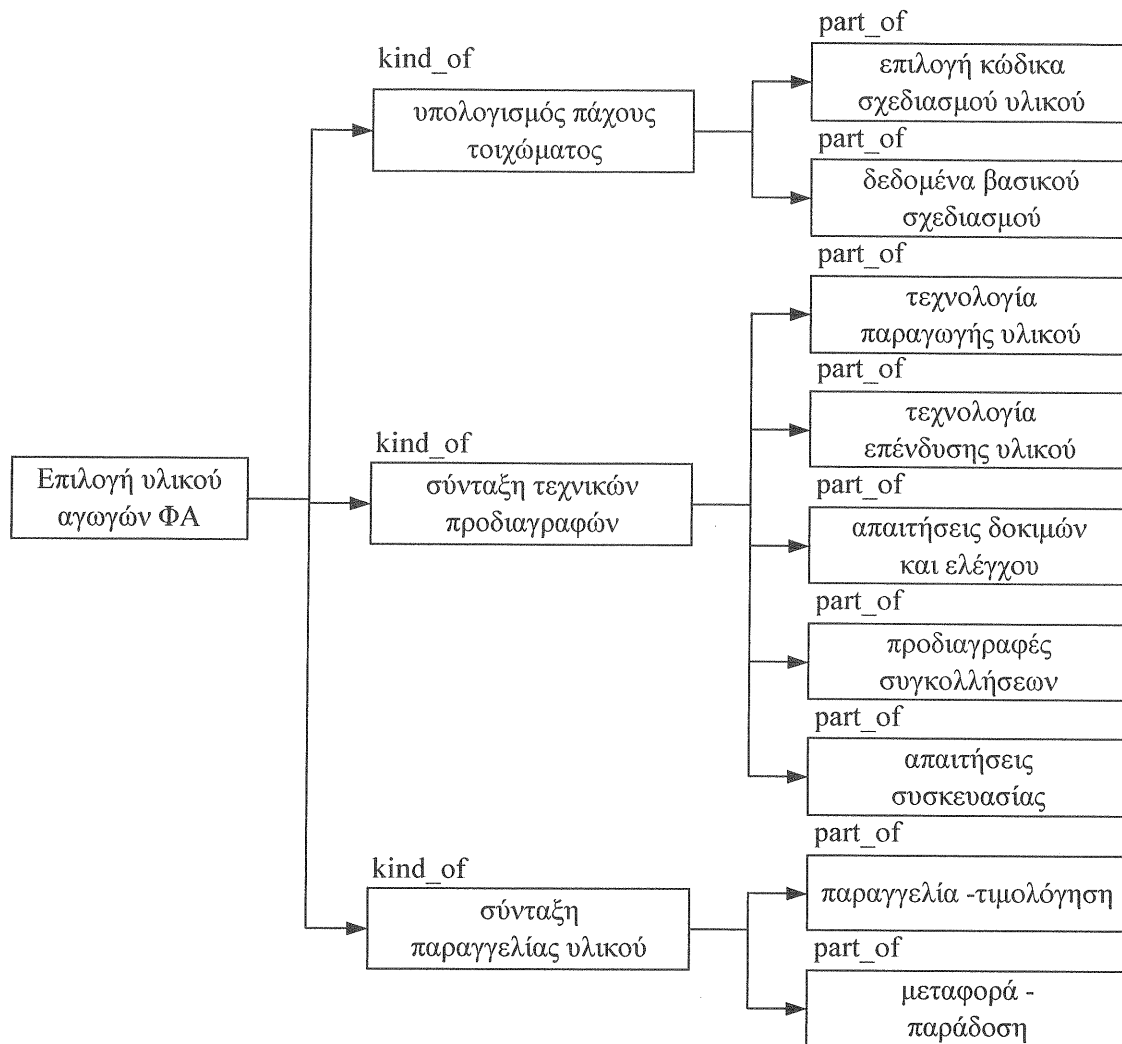
τη διακριτοποίησης της γνώσης στον τομέα της καθοδικής προστασίας αγωγών ΦΑ. Σε πρώτο επίπεδο, αναδεικνύουν τον αλληλοσυσχετισμό μεταξύ των απαιτούμενων μελετών και των τομέων γνώσης ενός τυπικού έργου αγωγού ΦΑ. Σε δεύτερο επίπεδο, εξειδικεύουν τους γνωσιολογικά σημαντικούς τομείς γνώσης για την καθοδική προστασία και σε τρίτο, τις μαθηματικές εξισώσεις και οι βιβλιογραφικές αναφορές που σχετίζονται με το φαινόμενο (πίνακες Π-9.1, Π-9.2 και Π-9.3). Όπως υπογραμμίζουν οι συγγραφείς, η διακριτοποίηση δεν μπορεί να επεκτείνεται *ad-infinitum* επειδή μια τέτοια θεώρηση συνεπάγεται αύξηση της δαπάνης εγκατάστασης, χρήσης και ανάπτυξης του ΣΔΓ, γεγονός επίσης υπογραμμίζεται από τους Laudon και Laudon (2002) όπως φαίνεται και στο σχήμα Σ-9.2.

3. Η ΒΓ μπορεί να λειτουργήσει σε ανταποδοτική βάση για την ΕΣΜ. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να αξιοποιηθεί μέσω συνεργασιών με ερευνητικά ινστιτούτα, πανεπιστήμια και οργανισμούς δημοσίου ή ιδιωτικού δικαίου της χώρας (π.χ. εταιρίες έντασης γνώσης-τεχνολογικοί ή spin off companies, όπως χαρακτηριστικά προβλέπονται από το ΠΔ 17/2001 και το νόμο 2741/1999), ώστε μέρος της αντικειμενικοποιημένης ρητής γνώσης, δηλαδή της επικαιροποιημένης τεχνογνωσίας, να καταστεί επωφελές για την πανεπιστημιακή κοινότητα και των διαπιστευμένων ομάδων που δραστηριοποιούνται στο χώρο της έρευνας των βιομηχανικών διεργασιών και ενεργειακών τεχνολογιών.
4. Η διατήρηση ρόλου της ΒΓ, εναπόκειται στην ευθύνη και τις ικανότητες των μηχανικών γνώσης, έτσι ώστε οι πληροφορίες που αξιολογούνται και αποθηκεύονται ως γνωσιολογικά σημαντικές, να ανταποκρίνονται στις διευρυμένες ανάγκες τεχνογνωσίας του προσωπικού των ΕΣΜ, αλλά και των εκτός ΕΣΜ ομάδων, που γίνονται αποδέκτες μεταφοράς της συγκεκριμένης τεχνογνωσίας.

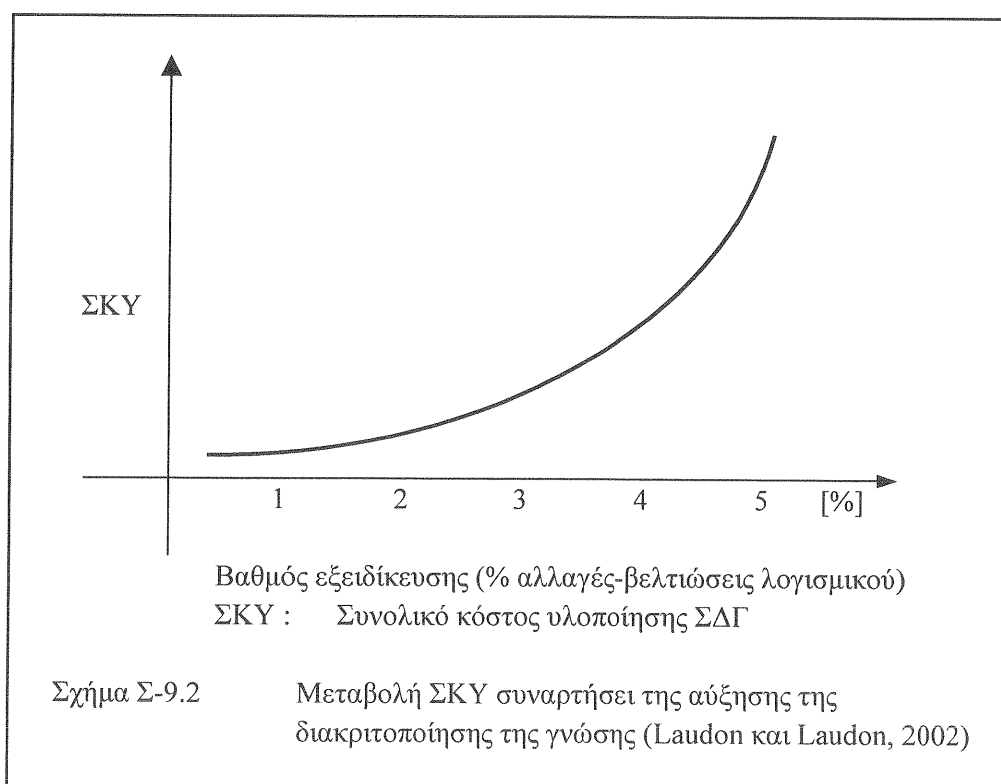
Επιγραμματικά (και μόνο για λόγους πληροφόρησης) μπορεί να θεωρηθεί, ότι η αρχιτεκτονική των τριών επιπέδων του προτύπου ANSI/SPARC-3 θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τη σχεδίαση και ανάπτυξη μιας σχεσιακής ΒΓ (Laudon και Laudon, 2002). Η πρόταση αυτή κατατίθεται ως καταρχήν εφικτή, δεδομένου ότι η συγκεκριμένη αρχιτεκτονική μπορεί να υποστηρίξει οντολογικά σχήματα, όπως αυτά που αναπτύχθηκαν στα υποσυστήματα της διατριβής, μέσω δομών δεδομένων που επιτρέπουν λειτουργίες σε δικτυακά περιβάλλοντα πολλών χρηστών και συνθήκες πραγματικού χρόνου (Πάγκαλος, 1988). Στο σχήμα Σ-9.4 αναπαρίσταται, ως ενδεικτικό παράδειγμα, ένα σχέδιο χρήσης της ΒΓ από χρήστες με διαφορετικές γνωσιολογικές απαιτήσεις, σχετικά με το φαινόμενο της διάβρωσης αγωγών ΦΑ.

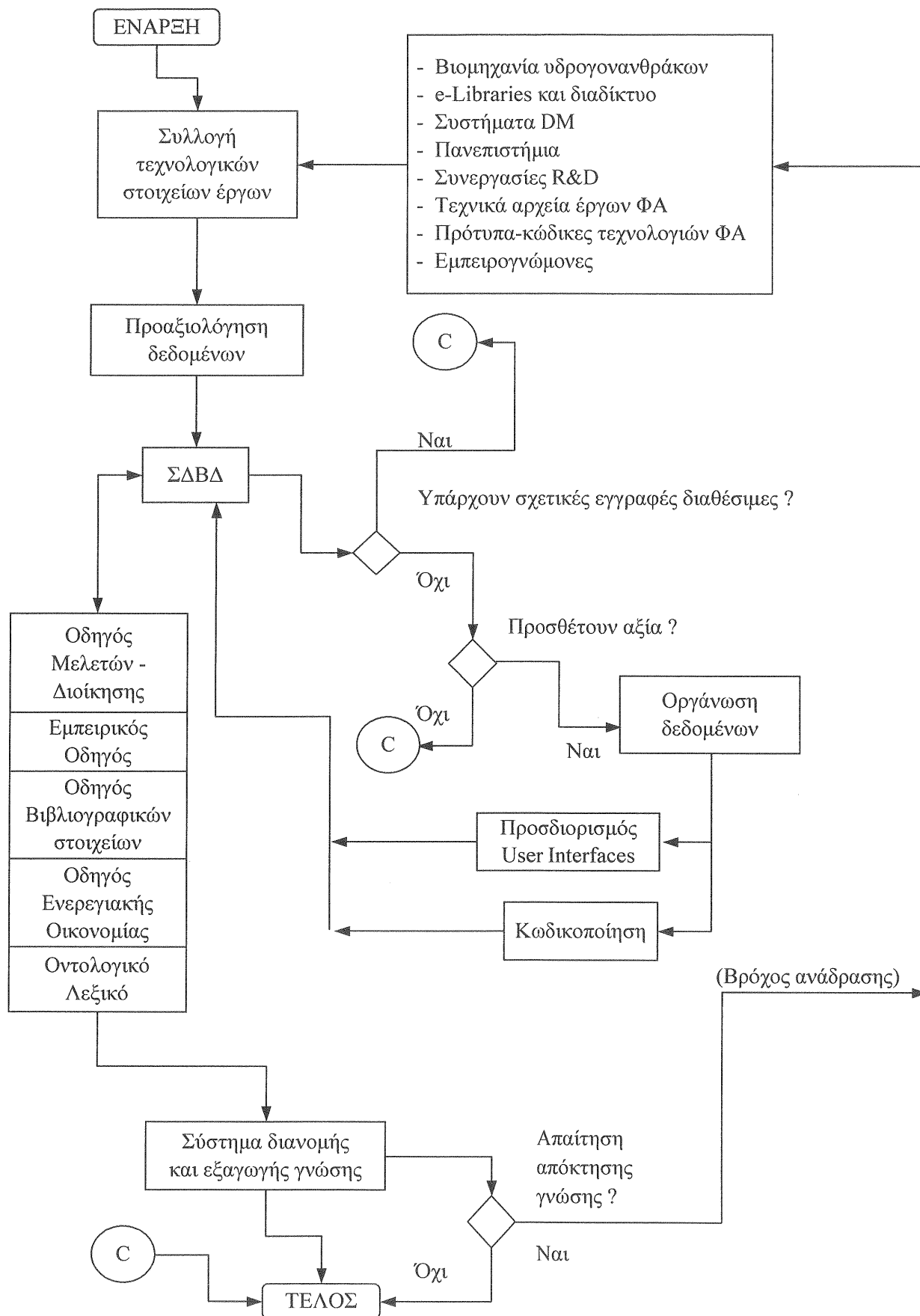
9.6 Τεχνοοικονομικά ζητήματα

Η απόφαση για εισαγωγή και ανάπτυξη ΣΔΓ αποτελεί στρατηγική απόφαση της διοίκησης των ΕΣΜ, όπως προαναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο. Η απόφαση αυτή οδηγεί στην εκπόνηση εσωτερικού έργου που θα απαιτήσει οργάνωση, πόρους και χρονοδιάγραμμα εκτέλεσης. Το ΣΔΓ θα ολοκληρωθεί με την υλοποίηση της ΒΓ για την καταχώρηση της εισερχόμενης γνώσης στο *επιθυμητό* επίπεδο διακριτοποίησης. Με την επίτευξη ενός επιθυμητού επιπέδου διακριτοποίησης της γνώσης L , προβλέπεται η γεφύρωση των κενών



Σχήμα Σ-9.1 Οντολογία επιλογής υλικού αγωγών ΦΑ





Σχήμα Σ-9.3

Λειτουργία αξιολόγησης της γνώσης από την ομάδα μηχανικών γνώσης (knowledge engineers)

Πίνακας ΠΙ-9.1: Διακριτοποίηση γνώσης έργων ΦΑ (Batziias and Spanidis, 2008a)												
1ο επίπεδο : συσχετισμός εγγράφων 'αντιδιαβρωτικής προστασίας' και τομέων γνώσης έργου (*)												
Classification of Project Studies / Documents	Project Knowledge Domains											
	Process Design	Pipeline Routing Design	Project Management	Environmental Compliance	Anti-Seismic Design	Electrical Design	Instrumentation Design	Mechanical & Piping Design	Safety & HAZOP	Material Procurement	Construction Supervision	Inspection & Testing
<i>Technical</i>												
Process & Instrumentation Diagrams	A	B	B	B	C	B	A	A	A	C	C	B
Routing Maps (1:50.000 / 1:5.000)	C	A	B	A	C	-	-	B	C	-	B	-
Geological / Geotechnical Studies	-	A	C	B	B	-	-	C	-	-	B	-
Gas Station Civil & Mechanical Layouts	C	-	C	-	B	B	-	B	C	B	B	C
Crossings Design	-	B	B	B	A	C	-	A	-	-	A	-
Pump Station Layouts (if any)	B	-	C	C	B	B	B	A	B	B	A	-
Area Classification & Grounding Layouts	-	-	C	-	-	A	A	C	A	-	C	-
Corrosion Protection	A	C	A	-	A	A	C	A	B	B	B	B
Structural Analysis for Gas Stations	-	-	C	-	A	-	-	B	-	-	C	-
Pipeline & Gas Stations Stress Analyses	-	-	C	-	B	-	-	A	-	-	C	-
Standard (typical) Drawings	-	B	B	C	B	B	B	C	C	C	A	-
Material Requisitions	C	-	B	-	-	B	B	B	B	C	B	B
Erection Requisitions	-	-	B	-	B	B	B	B	-	-	A	C
Technical (Job) Specifications	C	B	B	C	A	A	A	C	B	C	A	A
<i>Administrative</i>												
Project Execution Plans	B	C	A	B	B	B	B	B	B	B	A	B
Time Scheduling & Resource Planning	B	B	A	B	B	B	B	B	-	C	A	-
Scope of Works (Subcontracting)	-	C	A	-	B	B	B	B	B	B	B	-
Contract Agreements	-	C	A	C	B	-	-	-	-	-	A	-
Quality & Inspection Records / Reports	C	C	B	-	B	B	B	B	C	C	A	A
<i>Other</i>												
Correspondence	C	B	A	B	C	C	C	C	C	C	B	A
Authorities Technical Recommendations	-	A	A	A	B	C	C	-	-	-	A	-
Legislation	-	A	A	A	B	C	C	-	-	B	A	B

Πίνακας ΠΙ-9.2: Διακριτοποίηση γνώσης έργων ΦΑ (Batziias and Spanidis, 2008a)													
2ο επίπεδο : συσχετισμός γνωστικού αντικείμενου 'αντιδιαβρωτική προστασία' και τομέων γνώσης (*)													
Normative and Positive / Analytic Relations to be used for Quatifying the 'Corrosion Protection; entity	Project Knowledge Domains												Applicable Formulas
	Process Design	Pipeline Routing Design	Project Management	Environmental Compliance	Anti-Seismic Design	Electrical Design	Instrumentation Design	Piping and Mechanical	Safety & HAZOP	Material Procurement	Construction Supervision	Inspection & Testing	
Calculation of pipeline diameter [D]	A	C	A	-	A	A	C	A	B	A	B	A	E-1, E-1.1, E-1.2
Calculation of pipe wall thickness [t]	-	-	B	-	A	-	-	A	B	A	B	B	E-2
Calculation of pipe hoop stresses [S _H]	-	-	-	-	B	-	-	A	-	-	-	-	E-3
Seismic analysis inplying influences in remaining strains [ε _p , ε _g]	-	-	C	-	A	-	-	B	-	-	-	-	E-4.1, E-4.2
Chemical composition of pipe material [CE]	-	-	B	-	-	-	-	A	-	-	-	B	E-5.1, E-5.2
Investigation of soil resistivity [ρ]	-	-	-	-	-	A	-	-	-	-	-	-	E-6
Corrosion portential testing for various cathodic protection electrodes [J]	-	-	-	-	-	A	-	-	-	-	-	-	E-7, E-7.1, E-7.2

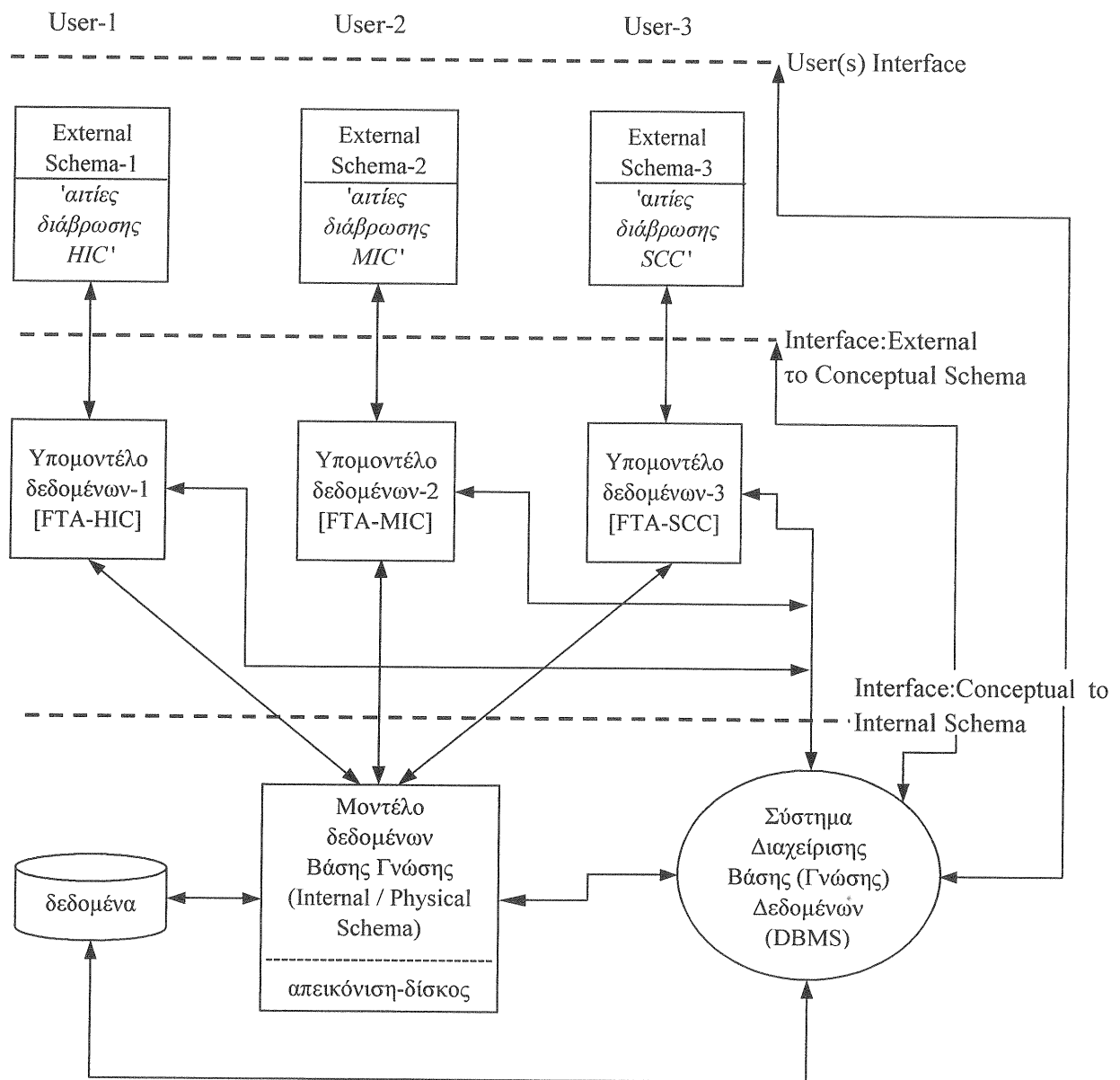
(*) Correlation levels: '-'=None, 'C'=Low, 'B'=Medium, 'A'=High

Πίνακας Π-9.3: Εξιιώσεις παραμέτρων που σχετίζονται με τον τομέα γνώσης
'αντιδιαβρωτική προστασία' (Batzias και Spanidis, 2008a)

Variables/Parameters	Mathematical expressions, nomenclature and units	Associated literature
Pipeline Diameter [D]	<p>Calculation according to Darcy-Weisbach equation:</p> $\Delta P = (f L \rho V^2) / (2 D) \quad [E-1]$ <p>where:</p> <p>ΔP = pressure loss (Pa) L = pipeline length (ft) f = Darcy-Weisbach friction factor (dimensionless, see below) ρ = fluid density (lb/ft³) V = velocity of fluid in the pipe (ft/min) D = pipe hydraulic (internal) diameter (ft)</p> <p>Darcy-Weisbach friction factor is expressed as:</p> $1 / f^{0.5} = -2 \log_{10} [e / (3.72 D) + 2.51 / (N_R f^{0.5})] \quad [E-1.1]$ <p>(Von Karman - Colebrook equation)</p> <p>where:</p> $N_R = 0.25 [\log_{10} (0.30 D) / e]]^{-2} \text{Reynolds' number} \quad [E-1.2]$ <p>(N_R: dimensionless, $N_R \sim 2000$, considered for laminar flow) e = height of protuberances of inside pipe wall (ft)</p>	<ol style="list-style-type: none"> Mohitpur et al (2003) Szilas (1986) Marks (1978)
Wall Thickness [t]	$t = (P D) / (2 S F E T) \text{ (in)} \quad [E-2]$ <p>where:</p> <p>P = design pressure (psi) D = nominal (outside) diameter (in) S = specified minimum yield strength (psi) F = design factor (dimensionless: $0.4 < F < 0.8$) E = longitudinal joint factor (dimensionless: $0.6 < E < 1.0$) T = temperature derating factor (dimensionless: $0.867 < T < 1.0$)</p>	<ol style="list-style-type: none"> ASME B 31.8 (2003) Mohitpour et al (2003) EN 1594 (2000) API 5L (2000) Mohitpour and McManus (1995) Szilas (1986) Marks (1978) ASCE (1975)
Hoop Stresses [S_H]	$S_H = (P_{int} - P_{ext}) D / 2 t \text{ (psi)} \quad [E-3]$ <p>where:</p> <p>P_{int} = internal design pressure (psi) P_{ext} = external design pressure (psi) D = the nominal pipe diameter (in) t = nominal pipe wall thickness (in)</p> <p>Limitation:</p> $S_H \leq F_1 S T$ <p>where:</p> <p>S = specified minimum yield strength (psi) F_1 = hoop stress design factor (dimensionless: $0.50 \leq F_1 \leq 0.72$) T = temperature derating factor (dimensionless: $0.867 \leq T \leq 1.0$)</p>	<ol style="list-style-type: none"> BS EN 14161 (2003) ISO 13623 (2000) ASME B 31.8 (2003) Mohitpur et al (2003) Marks (1978)
Seismic wave effects on straight pipeline segments: - Pipe axial strain [ϵ_p] - Free field strain [ϵ_g]	<p>Methodology of Ogawa and Koike (2001):</p> <p>(a) <i>Elastic Region:</i></p> $\epsilon_p = q \alpha_0 \epsilon_g \quad [E-4.1]$ <p>where:</p> $\alpha_0 = 1 / [1 + (2 \pi / \lambda_1 L_a)^2]$ $\lambda_1 = (K_1 / E A)^{0.5} \text{ (m}^{-1}\text{)}$ $\epsilon_g = (V_{max} / C)$	<ol style="list-style-type: none"> Ogawa and Koike (2001) O' Rourke and Liu (1999) ASCE (1984) Trautmann and O' Rourke (1983)

<p>(continued)</p> <p>Seismic wave effects on straight pipeline segments:</p> <p>- Pipe axial strain [ϵ_p]</p> <p>- Free field strain [ϵ_g]</p>	$\tau_g = (2 \pi E t \alpha_0 \epsilon_g / L_a)$ $\tau_{cr} = t_u / (\pi D)$ <p>if $\tau_g < \tau_{cr}$ (no slippage) then $q=1$ if $\tau_g > \tau_{cr}$ (slippage) then: $q = 1 - \cos \xi + \Omega (\pi / 2 - \xi) \sin \xi$ $1 < \Omega < 1.5$, $q < 1$ and $\xi = \arcsin (\tau_{cr} / \tau_g)$</p> <p>(b) <i>Plastic Region:</i></p> $\epsilon_p = \epsilon_g \quad [E-4.2]$ <p>where:</p> <p>ϵ_p = pipe axial strain (% , $0 < \epsilon_p < 1$) ϵ_g = free field strain (% , $0 < \epsilon_g < 1$) V_{max} = max horizontal ground velocity (m/s) C = shear velocity of the surface ground (m/s) τ_{cr} = the critical shear stress (kN/m²) τ_g = the max shear stress acting on pipe surface (kN/m²) E = Young's modulus of the pipe material (210×10^6 kPa) D = pipe outside diameter (mm) t = pipe wall thickness (mm) A = the cross sectional area of the pipe section (m²) L_a = apparent traveling wave length along the pipe axis (m) K_1 = the equivalent spring modulus (Mpa) q = slippage factor for pipe axial strain (dimensionless) Ω = parameter for analytical simplification of slippage effect (dimensionless) t_u = max resistance in the horizontal axial direction (kN/m)</p>	<p>5. Goodling (1983)</p> <p>6. Shinozuka and Koike (1979)</p>
<p>Chemical Composition of steel pipe material [CE]</p>	<p>For ferritic steel materials, the Boniszewski formula (IIW) for Carbon Equivalent value is applied:</p> <p>- if carbon content $> 0.12\%$:</p> $CE (IIW) = \%C + (\%Mn / 6) + (\%Cr + \%Mo + \%V) / 5 + (\%Ni + \%Cu) / 15 \text{ (dimensionless)} \quad [E-5.1]$ <p>- if carbon content $\leq 0.12\%$, the formula applied is:</p> $CE = \%C + (\%Si / 30) + (\%Mn / 20) + (\%Cu / 20) + (\%Ni / 60) + (\%Cr / 20) + (\%Mo / 15) + \% (V / 10) + (\%5B) \text{ (dimensionless)} \quad [E-5.2]$ <p>where: % denotes the percentages of the metals in the chemical composition of the steel alloy</p>	<p>1. EN 14161 (2003)</p> <p>2. API 5L (2000)</p> <p>3. ISO 13623 (2000)</p> <p>4. Mohitpur et al. (2003)</p>
<p>Soil Resistivity [ρ]</p>	<p>Application of Wenner method:</p> $\rho = 2 \pi \alpha (\Delta V / I) \quad [E-6]$ <p>where:</p> <p>ρ = specific soil resistivity (Ohm.m) α = distance between two successive electrodes (m) ΔV = potential difference (V) I = current passing into the ground through two electrodes (A)</p>	<p>1. Revetta and Das (2002)</p> <p>2. Cardimona (2002)</p> <p>3. Burger (1992)</p> <p>4. Kearey and Brooks (1991)</p>
<p>Current Density between cathode and anode elements [J]</p>	<p>Butler-Volmer equation:</p> $J = J_o [\exp [(1-\alpha) f n] - \exp (-\alpha f n)] \quad [E-7]$ <p>where :</p> <p>J = net current density (mA/cm²)</p>	<p>1. Wrobel and Miltiadou (2004)</p> <p>2. Sun (2002)</p> <p>3. Carson and</p>

(continued)	<p> J_0 = exchange current density (mA/cm^2) α = transfer coefficient (dimensionless, $0 < \alpha < 1$) $f = F / (R T)$ (mV^{-1}) η = overpotential (mV) T = temperature on the thermodynamic (or Kelvin) scale, K F = Faraday constant : 96.485 ($\text{kC}\cdot\text{mol}^{-1}$) R = gas constant : 8.31451 ($\text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$) for very low overpotential, $J = J_0 f \eta$ [E-7.1] for very high overpotential, $J = J_0 \exp [(1-\alpha) \cdot f \cdot \eta]$ [E-7.2] </p>	<p> Orazem (1999) 4. Aoki and Amaya (1997) 5. Orazem et al. (1997) 6. Hon and Sun (1996) 7. Atkins (1990) </p>
-------------	---	--



Σχήμα Σ-9.4

Αντιπροσωπευτικός σχεδιασμός ΒΓ σύμφωνα με την αρχιτεκτονική ANSI/SPARC 3-επιπέδων

γνώσης του οργανισμού. Όμως, όπως αναφέρουν οι Batzias και Spanidis (2008a), η διακριτοποίηση συνδέεται με: (α) το C_1 , που είναι το κόστος των δραστηριοτήτων της ομάδας μηχανικών γνώσης, για την εξαγωγή, επεξεργασία, διύλιση και αποθήκευση γνωσιολογικά σημαντικών πληροφοριών των έργων στη ΒΓ των ΕΣΜ και (β) το C_2 , που είναι το κόστος της αξιοπιστίας του ΣΔΓ, όταν αυξάνεται η διακριτοποίηση της γνώσης. Το C_1 , είναι αύξουσα συνάρτηση του L , επειδή ισχύει ο νόμος της φθίνουσας απόδοσης, που στην προκειμένη περίπτωση, σχετίζεται με την αύξηση της συσσώρευσης πληροφορίας στην ομάδα των μηχανικών γνώσης. Με μαθηματικούς όρους αυτό σημαίνει ότι:

$$\frac{dC_1}{dL} > 0 \wedge \frac{d}{dL} \left(\frac{dC_1}{dL} \right) = \frac{d^2 C_1}{dL^2} > 0 \quad [\text{E-9.1}]$$

Επίσης, βάσει του ίδιου νόμου το C_2 , είναι φθίνουσα συνάρτηση του L , που σημαίνει ότι:

$$\frac{dC_2}{dL} < 0 \wedge \frac{d}{dL} \left(\frac{dC_2}{dL} \right) = \frac{d^2 C_2}{dL^2} < 0 \quad [\text{E-9.2}]$$

Όπως φαίνεται και στα σχήματα Σ-9.5.α έως Σ-9.5.δ, το βέλτιστο επίπεδο διακριτοποίησης L_{opt} , προκύπτει από την τετμημένη που αντιστοιχεί στο συνολικό ελάχιστο κόστος, δηλαδή $C_{min} = \min(C_1 + C_2)$. Η τελευταία συνθήκη προκύπτει όταν ικανοποιείται η ακόλουθη εξίσωση:

$$\frac{dC}{dL} = 0 \Leftrightarrow \frac{d(C_1 + C_2)}{dL} = 0 \Leftrightarrow \frac{dC_1}{dL} = \left| \frac{dC_2}{dL} \right| \Leftrightarrow MC_1 = MC_2 \quad [\text{E-9.3}]$$

όπου MC_1 και MC_2 τα αντίστοιχα οριακά κόστη, δεδομένου ότι η τιμή της δεύτερης παραγώγου $\frac{d^2 C_2}{dL^2} > 0$ για την προσδιορισμένη τιμή L_{opt} .

Με εισαγωγή βελτιώσεων στη διαχείριση των γνωσιολογικά σημαντικών πληροφοριών από την ομάδα μηχανικών γνώσης, η καμπύλη του κόστους C_1 , μετατίθεται σε χαμηλότερο επίπεδο C_1' , που σημαίνει μικρότερο ρυθμό αύξησης του κόστους C_1 . Αποτέλεσμα αυτού είναι η μετατόπιση του συνολικού κόστους $C_{min} = \min(C_1 + C_2)$ προς επίτευξη ευνοϊκότερου επιπέδου διακριτοποίησης L_{poi}' , δηλαδή $L_{poi}' > L_{opt}$. Αντίστοιχα, με εισαγωγή βελτιώσεων στην αξιοπιστία του συστήματος, δηλαδή μετατόπιση της καμπύλης το κόστους C_2 σε χαμηλότερο επίπεδο, επιτυγχάνεται μετατόπιση του συνολικού κόστους $C_{min} = \min(C_1 + C_2)$ προς επίτευξη ευνοϊκότερου επιπέδου διακριτοποίησης L_{poi}' , δηλαδή $L_{poi}' > L_{opt}$.

Από τα προαναφερόμενα προκύπτει η κρισιμότητα του ρόλου της ομάδας μηχανικών έργων, όσον αφορά την εσωτερική επένδυση σχετικά με την εισαγωγή και ανάπτυξη του ΣΔΓ. Η φιλοσοφία που πρέπει να κυριαρχεί, είναι η στόχευση στη ΔΓ που προσθέτει αξία στις υπηρεσίες των ΕΣΜ. Αυτό είναι ζήτημα χειρισμών και προσωπικών ικανοτήτων, που αντανάκλαται από την ποιότητα των υπηρεσιών και δραστηριοτήτων της ομάδας μηχανικών γνώσης. Με τον τρόπο αυτό, αναμένεται εξισορρόπηση μεταξύ των μεγεθών

της άρρητης και της ρητής γνώσης που είναι συμπληρωματικά. Επίσης, αναμένεται και βελτιστοποίηση του κόστους μεταξύ των δύο ειδών γνώσης, C_a και C_p [περιοχή $C_{min}=\min(C_a+C_p)$] σύμφωνα με τα επεξηγηματικά γραφήματα των σχημάτων Σ-9.6.α και Σ-9.6.β.

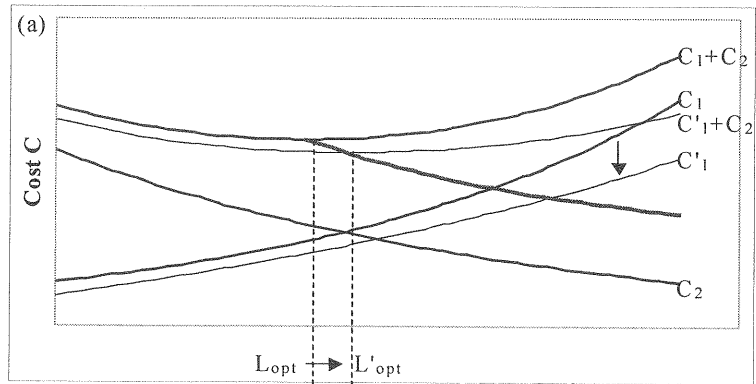
9.10 Συσχετισμός με θεωρητικά μοντέλα διαχείρισης γνώσης

Η γενικότερη θεώρηση του προτεινόμενου ΣΔΓ εντάσσεται στη φιλοσοφία των θεωρητικών μοντέλων ΔΓ, που αναπτύχθηκαν στο δεύτερο κεφάλαιο της διατριβής. Το προτεινόμενο σύστημα επιδέχεται συσχετισμό με το μοντέλο SECI των Nonaka και Takeuchi (1995), καθώς επίσης με το μοντέλο GENF των Probst, Raub και Romhardt (2000). Ο συσχετισμός αυτός, επικεντρώνεται στο πως διακριτοί παράγοντες του ΣΔΓ που προτείνεται (λειτουργίες, υπολογιστικά εργαλεία, συνεργασίες, κλπ) συσχετίζονται ή/και αντιστοιχούν με όρους ποιοτικής ανάλυσης, σε διακριτούς παράγοντες ΔΓ των SECI και GENF.

Η αποτύπωση του συσχετισμού, εξειδικεύεται ανάλογα με το θεωρητικό μοντέλο, ως προς το οποίο διερευνάται ο συσχετισμός αυτός. Για παράδειγμα, για το μοντέλο SECI αντιστοιχούνται χαρακτηριστικές δραστηριότητες των βασικών λειτουργιών KEL, KAN και KRP που εκφράζουν την απόκτηση γνώσης μέσω της μεθοδολογίας IMT του προτεινόμενου συστήματος, με τις λειτουργίες του μοντέλου SECI: κοινωνικοποίηση, συνδυασμός, εξωτερίκευση και εσωτερίκευση. Στην περίπτωση αυτή το κριτήριο του συσχετισμού είναι η αντιστοίχιση του τρόπου μετασχηματισμού της άρρητης γνώσης σε ρητή και αντίστροφα. Αντίστοιχα, για το μοντέλο GENF, επιχειρείται η συσχέτιση μεταξύ λειτουργιών και παραγόντων γνώσης του προτεινόμενου συστήματος, με τις λειτουργίες ως προς τις οποίες δομείται εννοιολογικά το προτεινόμενο ΣΔΓ. Στους πίνακες Π-9.4 και Π-9.5 αποδίδονται με λεπτομέρεια οι προαναφερόμενοι συσχετισμοί.

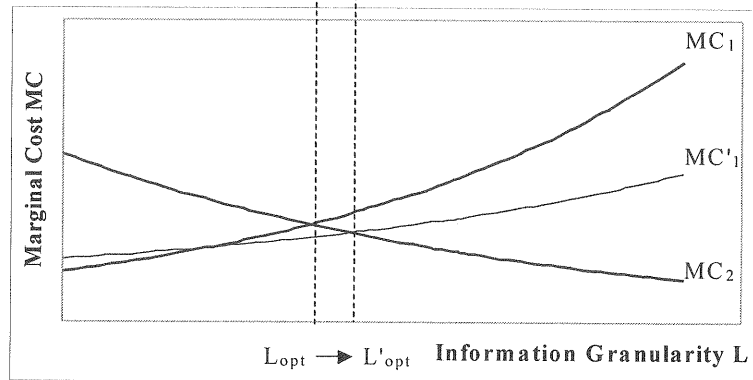
Σχήμα Σ-9.5.α

Μεταβολή συνολικού
κόστους C_1+C_2
προς $C_1'+C_2$



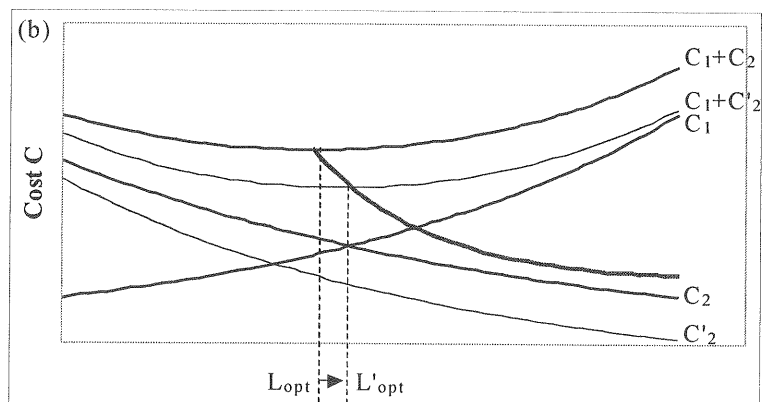
Σχήμα Σ-9.5.β

Μεταβολή οριακού
κόστους MC_1 προς MC_1'



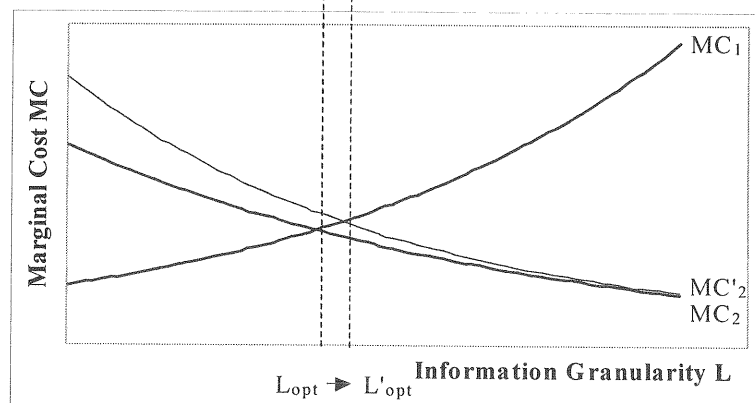
Σχήμα Σ-9.5.γ

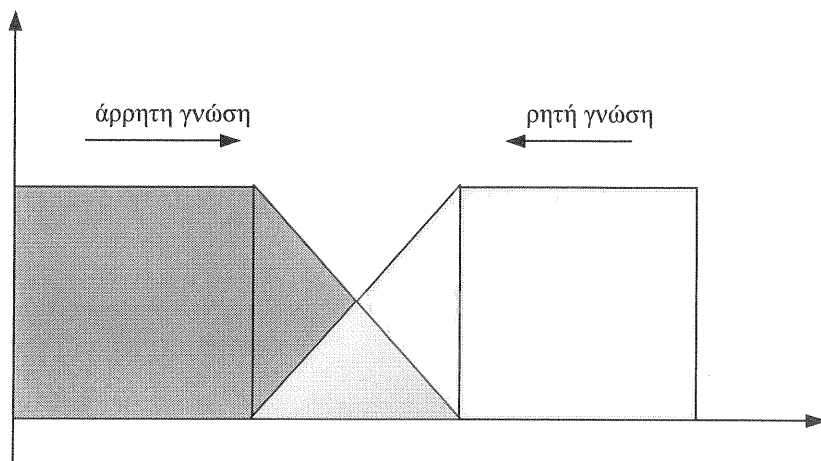
Μεταβολή συνολικού
κόστους C_1+C_2
προς C_1+C_2'



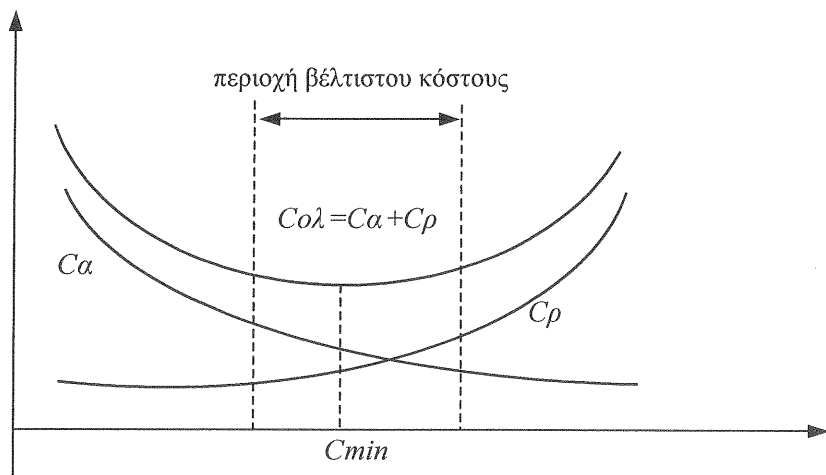
Σχήμα Σ-9.5.δ

Μεταβολή οριακού
κόστους MC_2 προς MC_2'





Σχήμα Σ-9.6.α Επικαλύψεις μεταξύ άρρητης και ρητής γνώσης εντός των ΕΣΜ



Σχήμα Σ-9.6.β Κόστος διαχείρισης άρρητης C_a και ρητής γνώσης C_p και ολικό κόστος $C_{ολ} = C_a + C_p$ ΔΓ εντός των ΕΣΜ (μέριμνα τμήματος ΔΓ)

Πίνακας Π-9.4 : Συσχετισμός προτεινόμενου ΣΔΓ με το μοντέλο SECI

Χαρακτηριστικές δραστηριότητες που υπάγονται στο προτεινόμενο ΣΔΓ	Λειτουργίες θεωρητικού μοντέλου ΔΓ SECI (Nonaka και Takeuchi, 1995)			
	Κοινωνικοποίηση (άρρητη σε άρρητη)	Συνδυασμός (ρητή σε ρητή)	Εξωτερίκευση (άρρητη σε ρητή)	Εξωτερίκευση (ρητή σε άρρητη)
Βιβλιογραφική επισκόπηση				*
Συλλογή γνωσιολογικών σημαντικά πληροφοριών		*		
Διαμόρφωση κριτηρίων MCDA		*		*
Σύνταξη οντολογιών FTA		*	*	
Σύνταξη οντολογιών FOL		*	*	
Σύνταξη οντολογιών IDEF0/IDEF3		*	*	
Ανάπτυξη μεθόδων τύπου DM (παλινδρόμηση, ARIMA, Fuzzy sets)		*	*	
Συνεντεύξεις με εμπειρογνώμονες	*		*	

Πίνακας Π-9.5 : Συσχετισμός προτεινόμενου ΣΔΓ με το μοντέλο GENF

Λειτουργίες μοντέλου GENF	Λειτουργίες ΣΔΓ					
	KEL	KAN	KRP	Βάση Γνώσης	Συνεργασίες KTT	Τμήμα ΔΓ (ΕΣΜ)
Καθορισμός στόχων						*
Ταυτοποίηση γνώσης			*			*
Απόκτηση γνώσης	*	*	*			*
Ανάπτυξη γνώσης				*	*	*
Διανομή γνώσης				*		*
Χρησιμοποίηση γνώσης				*		*
Τήρηση γνώσης			*	*		*

10. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ, ΠΡΩΤΟΤΥΠΗ ΣΥΜΒΟΛΗ ΚΑΙ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

Στο τελευταίο αυτό κεφάλαιο παρουσιάζονται τα γενικότερα και ειδικότερα συμπεράσματα που προκύπτουν από την ολοκλήρωση του ερευνητικού έργου της παρούσας διατριβής. Στη συνέχεια, αναδεικνύεται η επί μέρους πρωτότυπη συμβολή της διατριβής, σε αντικείμενα μεθοδολογίας και περιεχομένου. Τέλος, καταγράφονται περιοχές με προοπτικές περαιτέρω έρευνας, σε σχέση με τα αντικείμενα της διατριβής.

10.1 Συμπεράσματα

Η διατριβή πραγματεύθηκε το αντικείμενο της ΔΓ στο χώρο των τεχνικών έργων των βιομηχανικών διεργασιών, με έμφαση στην κατασκευή και λειτουργία των υποδομών ΦΑ. Το επιχειρησιακό περιβάλλον αναφοράς για τη διερεύνηση του αντικειμένου της ΔΓ, ήταν οι εγχώριες ΕΣΜ. Τις τελευταίες δεκαετίες, οι επιχειρήσεις αυτές αποτελούν οχήματα, μέσω των οποίων η τεχνογνωσία και η εμπειρία των έργων, διαχέεται στην επιστημονική κοινότητα αλλά και γενικότερα, στην εγχώρια ενεργειακή βιομηχανία. Βάσει των επί μέρους διαπιστώσεων της διατριβής, έχουν προκύψει τα ακόλουθα γενικά και ειδικά συμπεράσματα:

Γενικά συμπεράσματα:

1. *Έλλειψη βιβλιογραφίας:* ή έρευνα σχετικά με τη ΔΓ στους σύγχρονους οργανισμούς αναγνωρίζεται ως πεδίο με εντυπωσιακή εξέλιξη, στο βαθμό που η γνώση αναγνωρίζεται, διεθνώς πλέον, ως ο τέταρτος, και ίσως πιο σημαντικός, συντελεστής της παραγωγής, σε συνθήκες ανταγωνισμού και αλματώδους τεχνολογικής εξέλιξης. Ωστόσο, η συστηματική επισκόπηση της βιβλιογραφίας κατέδειξε, ότι τα υπάρχοντα ΣΔΓ που αφορούν περιοχές γνωσιολογικά συναφείς με το ΦΑ, εστιάζονται κυρίως σε θέματα βελτιστοποίησης λειτουργίας συστημάτων αγωγών και σε ειδικές περιπτώσεις διάβρωσης εξοπλισμού. Επίσης, δεν εντοπίστηκαν εξειδικευμένες αναφορές σε αντικείμενα όπως η επενδυτική διάσταση, η διοίκηση και ο σχεδιασμός-κατασκευή των έργων. Οι διαπιστώσεις αυτές τεκμηριώνουν την άποψη, ότι το αντικείμενο της ΔΓ στον τομέα των τεχνικών έργων και ειδικότερα στα έργα της βιομηχανίας του ΦΑ, δεν έχει επαρκώς διερευνηθεί.
2. *Κενά γνώσης:* σε συνάρτηση με το κενό βιβλιογραφίας, διαπιστώθηκε ότι στο χώρο των τεχνικών έργων, και συγκεκριμένα στις εγχώριες ΕΣΜ, παρουσιάζονται σημαντικά κενά γνώσης. Τα κενά αυτά, που εμφανίζονται, ως έλλειψη γνώσης ή ως απώλεια γνώσης ή ως δυσλειτουργία υπάρχουσας γνώσης, συνιστούν γενεσιουργό αιτία πολλών και δυσεπίλυτων τεχνικών και διοικητικών προβλημάτων, οι επιπτώσεις των οποίων μεγεθύνονται, σε συνθήκες πολυπλοκότητας αναφορικά με τη διαχείριση της τεχνογνωσίας των έργων. Επίσης διαπιστώθηκε, ότι η αντιμετώπιση του ζητήματος της ΔΓ στο χώρο των έργων γίνεται σε *ad-hoc* συνθήκες, μέσω συνεργασιών ή μέσω αξιοποίησης της όποιας άρρητης γνώσης των ειδικών, ενώ συχνά γίνεται χρήση διοικητικών και τεχνικών δεδομένων/πληροφοριών από έγγραφα αρχειοθετημένα στα (όποιας μορφής) τεχνικά αρχεία των έργων. Η δεσπόζουσα άποψη των ερευνητών του χώρου, συγκλίνει στο γεγονός, ότι με το πέρας των έργων

ενισχύεται η παρουσία και μεγέθυνση των κενών γνώσης, που χαρακτηρίζονται ως *αμνησία των έργων, επιλήσμονες επιπτώσεις, κλπ.*

3. *Ελλιπής κατανόηση ΔΓ:* από εξέταση των θεωρητικών προσεγγίσεων των ερευνητών του χώρου της διοικητικής και της τεχνογνωσίας των έργων, αναδύθηκαν ως κρίσιμοι παράγοντες ΔΓ για τις ΕΣΜ, οι εξής: εμπειρογνώμονες, παραγωγικές λειτουργίες, τεχνολογικές υποδομές, επιχειρησιακή στρατηγική και συνεργασίες που συνάπτονται για τη μεταφορά και διάχυση τεχνογνωσίας (ΚΤΤ). Επίσης διαπιστώθηκε, ότι η αλληλεπίδραση και ολοκλήρωση των παραγόντων αυτών, εντός της επιχειρησιακής δομής των ΕΣΜ, δεν έχουν γίνει απόλυτα κατανοητές, ενώ παράλληλα, δεν έχει αναδειχθεί επαρκώς ένας πειστικός τρόπος του διαρκούς μετασχηματισμού μεταξύ άρρητης και ρητής γνώσης που κυκλοφορεί, διαχέεται και αναμοχλεύεται στο ευρύτερο επιχειρησιακό περιβάλλον των ΕΣΜ και που συνυφαίνεται αναπόδραστα με τη δράση των παραγόντων της ΔΓ στους οργανισμούς αυτούς.
4. *Το προτεινόμενο σύστημα:* οι προαναφερόμενες διαπιστώσεις ανέδειξαν την ανάγκη πρότασης ενός γενικού ΣΔΓ, με κύριο σκοπό (μεταξύ άλλων) τη γεφύρωση των κενών και την κατανόηση της αποτελεσματικής καταχώρησης και λειτουργίας της γνώσης που εισρέει/εκρέει από/προς τις ΕΣΜ, δια μέσου των έργων. Η πρόταση βασίστηκε στις αρχές της συστημικής και γνωσιολογικής ανάλυσης, ώστε να ανταποκρίνεται στις σύγχρονες θεωρίες ΔΓ και παράλληλα, να εξυπηρετεί γνωσιολογικά σημαντικές ανάγκες των ΕΣΜ, και περαιτέρω, την υλοποίηση, τήρηση και ενημέρωση μιας ολοκληρωμένης ΒΓ εντός των οργανισμών αυτών. Για το προτεινόμενο σύστημα, οι ΕΣΜ αξιολογήθηκαν ως οι πλέον κατάλληλοι οργανισμοί, επειδή: (α) είναι οργανισμοί έντασης γνώσης, (β) το προσωπικό τους είναι εξοικειωμένο με δομημένους τρόπους της παραγωγικής διαδικασίας (πολύπλοκες τεχνικές μελέτες, έλεγχοι ποιότητας, επιθεωρήσεις, διαχείριση συμβάσεων και χρονοδιαγραμμάτων, κλπ), (γ) η γνώση που διαχέεται στους οργανισμούς αυτούς, λόγω και δια μέσου των έργων, είναι υψηλής επιστημονικής στάθμης και ανταποκρίνεται σε διεθνή τεχνολογικά πρότυπα και (δ) στα τεχνικά αρχεία των ΕΣΜ καταχωρείται σημαντικής ποιότητας και ποσότητας διεπιστημονική γνώση, που είναι αξιοποιήσιμη ως πρωτογενές υλικό ερευνητικής βάσης. Βάσει τεχνικών και εργαλείων ΔΓ που προτείνονται στη βιβλιογραφία, συντάχθηκαν η γενική οντολογία τομέων έργων του ΦΑ (domain ontology) και οι διακριτές γνωσιολογικές λειτουργίες (task ontologies), στις οποίες αποσαφηνίστηκε η συμμετοχή των παραγόντων ΔΓ. Μέσω των οντολογιών, επιτεύχθηκε η ανάδειξη της ΔΓ εντός των ΕΣΜ, ως προς το περιεχόμενο και ως προς τη λειτουργία.
5. *Αντικειμενικοποίηση της γνώσης:* μέσω του προτεινόμενου συστήματος, προέκυψε η εξειδίκευση της ΔΓ εντός των ΕΣΜ, σε πραγματικές συνθήκες έργων, αξιοποιώντας: (α) φυσικά δεδομένα που αντλήθηκαν από έργα του ΔΕΣΦΑ που κατασκευάστηκαν στην Ελλάδα και (β) τεχνοοικονομικά στοιχεία της διεθνούς κατασκευαστικής βιομηχανίας, με έμφαση στο τομέα των αγωγών μεταφοράς υδρογονανθράκων. Η ερευνητική προσπάθεια εξειδίκευσε μεθόδους και μαθηματικά εργαλεία, όπως η πολλαπλή παλινδρόμηση, η οικονομετρική ανάλυση χρονοσειρών, η MCDA, η FTA, τα ασαφή σύνολα και οι μαθηματικές σχέσεις FOL, σε τρόπο ώστε η ρητή, άρρητη ή μερικώς δομημένη ρητή γνώση (προερχόμενη από εμπειρογνώμονες, βιβλιογραφία ή τεχνικά αρχεία των έργων) να καταστεί επεξεργασμένη ρητή, δυνάμενη να

καταχωρηθεί σε δομές ΒΓ και συνεπώς, επαναχρησιμοποίησιμη, σε ανάγκες μελλοντικών έργων. Έτσι, αναδείχθηκε η αντικειμενικοποίηση της γνώσης, που είναι το ευρείας κλίμακας ζητούμενο της συγκλίνουσας άποψης της επιστημονικής κοινότητας, σε ότι αφορά της σύγχρονη ΔΓ.

6. *Επενδυτικό περιβάλλον*: στη διατριβή συνεκτιμήθηκε η σύνδεση της ΔΓ με τη διάσταση του επενδυτικού πλαισίου των έργων του ΦΑ. Στις συνθήκες απελευθέρωσης των ενεργειακών αγορών που επικρατούν σήμερα στο διεθνές περιβάλλον, ο ανταγωνισμός μεταξύ επενδυτών, κατασκευαστών, οργανισμών χρηματοδότησης και κυβερνήσεων για την προώθηση των ενεργειακών έργων, καθιστά απαραίτητη την αποτελεσματική ΔΓ στον τομέα της τεχνολογίας των έργων, γεγονός που επηρεάζει άμεσα τη βιωσιμότητα και αξιοπιστία των ΕΣΜ. Συνεπώς, η ενσωμάτωση μεθόδων και τεχνικών ΔΓ προς την κατεύθυνση του πλαισίου επένδυσης των έργων, αναδείχθηκε ως εργαλείο υποστήριξης των επενδυτικών αποφάσεων των ιδιωτών επενδυτών.

Ειδικά συμπεράσματα:

1. *Οι στατιστικές συναρτήσεις*: από τη στατιστική ανάλυση υποσυνόλου των παραμέτρων αγωγών ΦΑ, δηλαδή του κόστους, του μήκους και της ετήσιας παροχής, προέκυψε, ότι η πολλαπλή παλινδρόμηση, ως εργαλείο συνδεδεμένο με μέθοδο τύπου DM, παρέχει στατιστικώς σημαντικά αποτελέσματα πρόβλεψης της κοστολόγησης των έργων, που συνεισφέρουν στην αξιοπιστία του υπολογισμού των χρηματοοικονομικών παραμέτρων του πλαισίου επένδυσης των έργων, ειδικότερα στα πρώιμα στάδια προ της κατασκευής, όπου λαμβάνονται κρίσιμες διοικητικές και οικονομικές αποφάσεις.
2. *Οικονομετρική ανάλυση*: η χρήση μοντέλων ARIMA(p,d,q) ανέδειξε αξιόπιστη πρόβλεψη των μεγεθών της ενεργειακής ζήτησης και των τιμών του ΦΑ σε προκαθορισμένους χρονικούς ορίζοντες. Οι προβλέψεις αυτές επιτρέπουν τη διατύπωση, στατιστικά αξιόπιστων σεναρίων ενεργειακής ζήτησης και διείσδυσης του καυσίμου σε περιοχές που συγκεντρώνουν το ενδιαφέρον ιδιωτών επενδυτών στον τομέα της ενέργειας. Επίσης, επιτρέπουν επεξεργασία της αβεβαιότητας των σεναρίων αυτών, μέσω κανόνων των ασαφών συνόλων. Η χρήση των κανόνων αυτών, επιτρέπει το μαθηματικό έλεγχο της ασάφειας, με όρους που υπερβαίνουν την τετριμμένη χρηματοοικονομική ανάλυση επενδύσεων των έργων.
3. *Η πολυκριτηριακή ανάλυση*: η εφαρμογή της MCDA μεθοδολογίας και των εργαλείων της, επιτρέπουν συνδυασμένη αντιμετώπιση της γεφύρωσης των κενών γνώσης των ΕΣΜ και λήψη αποφάσεων για κρίσιμα τεχνικά ζητήματα. Η ευαισθησία της MCDA συνιστά παράγοντα που καθορίζει τη λήψη απόφασης για την επιλογή βέλτιστης λύσης, στο βαθμό που η ευαισθησία αυτή, όταν μεταβάλλεται, διαφοροποιεί την κατάταξη των αξιολογούμενων εναλλακτικών λύσεων. Επίσης, αναδείχθηκε και η επιτυχής χρήση της μεθόδου PROMETHEE μέσω νευροασαφούς αλγορίθμου στον χώρο των τεχνικών έργων, στον οποίο χρησιμοποιείται κατεξοχήν η μέθοδος AHP.
4. *Οντολογίες*: η χρήση οντολογιών, κατέστησε δυνατή την αντικειμενικοποίηση της γνώσης, με τρόπο συστηματικό, ιεραρχικό και μαθηματικά συνεπή. Οι οντολογίες τομέων γνώσης, οι οποίες αποτελούν στη βιβλιογραφία *sine-qua non* προϋπόθεση υποδομής ΔΓ, ανέδειξαν το εφικτό της έκφρασης της ρητής/άρρητης γνώσης των

ΕΣΜ με σαφείς και μαθηματικά ελέγξιμους όρους, σε δομές πληροφοριών που είναι δυνατό να καταχωρηθούν στη ΒΓ των ΕΣΜ . Επίσης, οι λειτουργικές οντολογίες, ανέδειξαν τρόπους, με τους οποίους η γνώση μπορεί να αποτελέσει αντικείμενο επιχειρησιακής λειτουργίας εφαρμόσιμη στο περιβάλλον των ΕΣΜ.

5. *Διοικητικά-Τεχνοοικονομικά*: Η εισαγωγή ΣΔΓ στις ΕΣΜ δεν αποτελεί προϋπόθεση *ipso-facto* αντιμετώπισης, όλων των υπαρκτών και εν δυνάμει κενών γνώσης των ΕΣΜ. Αντίθετα αποδεικνύεται, ότι πρέπει να υπάγεται στο στρατηγικό σχεδιασμό των οργανισμών αυτών, να συνδέεται με ρόλους και ειδικότητες μηχανικών γνώσης σε επίπεδο οργανογράμματος και να συνεκτιμά την ευρύτερη συναίνεση της κοινωνίας της παραγωγής των ΕΣΜ. Επίσης, η εξέταση του βαθμού διακριτοποίησης της γνώσης, ανέδειξε σημαντική τεχνοοικονομική διάσταση της ανάπτυξης του προτεινόμενου ΣΔΓ. Οι μέθοδοι και τα εργαλεία αντικειμενικοποίησης της γνώσης, δεν εξαντλούνται στην τάση απεριόριστης πολυσυλλεκτικής και μηχανιστικά αθροιστικής συλλογής κάθε είδους πληροφορίας που διέρχεται τα όρια της οργάνωσης των ΕΣΜ. Ο νόμος της φθίνουσας απόδοσης των πληροφοριών, που συνδέεται άμεσα με το βαθμό διακριτοποίησης της γνώσης, αναδεικνύεται ως κρίσιμη παράμετρος, τόσο για την ομάδα των μηχανικών γνώσης, (που προτείνεται να υπαχθεί στην οργάνωση των ΕΣΜ), όσο και για τους σχεδιαστές της ΒΓ των ΕΣΜ και συνεπώς, του συνολικού κόστους σχεδίασης, υλοποίησης και εφαρμογής του όποιου ΣΔΓ.
6. *Αντιστοιχία με γνωσιολογικά μοντέλα*: η διατυπωθείσα πρόταση, πέραν της ερευνητικής διάστασης και υπαγωγής της σε μεθόδους και τεχνικές ΔΓ, προτείνεται ως μέσο ερμηνείας του μετασχηματισμού της γνώσης σε αντιστοιχία με τα γνωσιολογικά μοντέλα SECI και GENF. Αν και η ερμηνεία των λειτουργιών του SECI με φυσικούς όρους παρουσιάζει δυσκολία, η μεθοδολογία απόκτησης γνώσης και της μετατροπής της εντός των ΕΣΜ, όπως αναδεικνύεται στο προτεινόμενο ΣΔΓ, παρουσιάζει διακριτά στοιχεία ποιοτικής αντιστοίχισης με το μοντέλο SECI. Αντίστοιχη είναι και η διαπίστωση και για την αντιστοίχιση με το μοντέλο GENF. Το γεγονός αυτό, καθιστά την πρόταση γνωσιολογικά σημαντική, στο βαθμό που μέσω αυτής επιτρέπεται η καταρχήν κατανόηση της γενικής φιλοσοφίας ενός θεωρητικού μοντέλου της γνωσιολογικής ανάλυσης για τις ΕΣΜ.
7. *Χρηστικότητα πρότασης*: το προτεινόμενο ΣΔΓ, εξηγεί πως με συγκεκριμένες μεθόδους και εργαλεία η γνώση των ΕΣΜ μπορεί να υπαχθεί σε κάποιο είδος διαχείρισης. Σε περίπτωση αποδοχής της πρότασης, οι ΕΣΜ μπορούν να επιτύχουν σε σημαντικό βαθμό κάλυψη των κενών γνώσης που παρουσιάζουν και περιορισμό διοικητικών και τεχνικών προβλημάτων τους, που σχετίζονται με τη διαχείριση τεχνογνωσίας των έργων, συνεργασιών και αξιοποίησης των εμπειρογνομόνων τους. Στην περίπτωση αυτή, αναμένεται αύξηση της ποιότητας των παρεχομένων υπηρεσιών των ΕΣΜ και ανάδειξή τους, είτε ως σοβαρού ανταγωνιστή σε έργα μεταφοράς ΦΑ και πετρελαίου (π.χ. αγωγοί Nabucco, South Stream, Transadriatica Pipeline, AMBO Pipeline, κλπ.) που εκτελούνται ή προγραμματίζονται για την ευρύτερη περιοχή της νοτιοανατολικής Ευρώπης, είτε ως αξιόπιστου συνεταιίρου στο πλαίσιο εν δυνάμει συνεργασιών που διαφαίνεται ότι θα συναφθούν για τα έργα αυτά.

10.2 Πρωτότυπη συμβολή της διατριβής

Η πρωτότυπη συμβολή της διατριβής προκύπτει από την συνεκτίμηση και εξειδίκευση των γενικότερων/ειδικότερων συμπερασμάτων που προαναφέρθηκαν. Συγκεκριμένα, η πρωτοτυπία, στοιχειοθετείται από τα ακόλουθα:

1. *Εισαγωγή-εξειδίκευση πρότασης:* πέραν των αξιολογικών όρων της βιβλιογραφίας για τη ΔΓ (δηλαδή ότι καθιστά τις επιχειρήσεις βιώσιμες, ανταγωνιστικές, εκσυγχρονισμένες, κλπ), η προτεινόμενη (γενικότερη/ειδικότερη) φιλοσοφία του ΣΔΓ, εισάγει και εξειδικεύει τις βάσεις για το ζήτημα της αντιμετώπισης της ΔΓ στις ΕΣΜ, που είναι κατεξοχήν οργανισμοί έντασης γνώσης και για τους οποίους δεν υπάρχουν χαρακτηριστικές αναφορές στη διεθνή βιβλιογραφία, πολύ δε περισσότερο στην ελληνική, με εισήγηση συγκεκριμένων (ποιοτικών και ποσοτικών) μεθόδων και εργαλείων γνωσιολογικής επεξεργασίας. Η εξειδίκευση της πρότασης στο περιβάλλον τυπικών εγχώριων ΕΣΜ αποτελεί επιβεβαίωση της πρωτότυπης συμβολής, δεδομένου ότι δεν υπάρχει καταγεγραμμένη σχετική γνωσιολογική έρευνα, σε επίπεδο ελληνικής, αλλά και διεθνούς βιβλιογραφίας. Συνεπώς, μπορεί να υποστηριχθεί, ότι η διατριβή συνιστά υλικό βάσης, όσον αφορά το ερευνητικό πεδίο το οποίο εισάγει και πραγματεύεται.
2. *Πολλαπλότητα πεδίων εφαρμογής:* η τεκμηρίωση του προτεινόμενου ΣΔΓ μέσω των υποσυστημάτων του, αποδεικνύει το εφικτό της υιοθέτησης εναλλακτικών μεθόδων και εργαλείων εξαγωγής, ανάλυσης και αναπαράστασης της γνώσης (ρητής ή/και άρρητης) σε πολλές και διαφορετικές ανάγκες των έργων του ΦΑ. Με τον τρόπο αυτό και για το συγκεκριμένο τύπο και φάσεις έργων, αναδεικνύονται διακριτά γνωσιολογικά πεδία εφαρμογής της ΔΓ (π.χ. επενδυτική διάσταση έργων, αξιολόγηση οδεύσεων, διάβρωση) που δεν έχουν μέχρι στιγμής ταυτοποιηθεί επαρκώς στη βιβλιογραφία.
3. *Οντολογικά δίκτυα:* η χρήση οντολογιών αναδεικνύει με συστηματικό τρόπο τις οντολογίες των έργων ΦΑ, που σαν τέτοιες δεν έχουν αναγνωριστεί στη βιβλιογραφία, η οποία κυρίως εστιάζεται σε τομείς της καθεαυτής βιομηχανικής παραγωγής (π.χ. διάβρωση εξοπλισμού, λειτουργία συμπιεστών, συστήματα παραγωγής) που είναι μεν συναφείς, αλλά όχι εστιασμένοι στο περιβάλλον εκπόνησης των έργων αυτών. Το δίκτυο της γενικής οντολογίας αντικατοπτρίζει το περιεχόμενο της γνώσης βασικών τομέων των έργων του ΦΑ, ενώ οι λειτουργικές οντολογίες (που παρουσιάζονται υποστηρικτικά στη διατριβή) απεικονίζουν την ροή της ΔΓ εντός των ΕΣΜ. Μέσω των οντολογικών δικτύων, κατέστη δυνατή η λογική αποσύνθεση τομέων γνώσης των έργων σε διακριτά υποσύνολα και στη συνέχεια, η ανασύνθεσή τους, με μεθόδους και τεχνικές που είναι ενδεδειγμένες στη βιβλιογραφία όπως είναι τα σημασιολογικά δίκτυα και η FTA. Με τη χρήση των λειτουργικών οντολογιών (IDEF0 και IDEF3) κατέστη σαφής η ταυτοποίηση παραγόντων ΔΓ και η αλληλεπίδρασή τους με τις οντολογίες τομέων γνώσης των έργων του ΦΑ. Οι οντολογίες και οι σχετικοί αλγόριθμοι-γνωσιολογικοί κανόνες που τις υποστηρίζουν, εκπροσωπούν αντικειμενικό στοιχείο καθοδήγησης των σχεδιαστών, που θα κληθούν να υλοποιήσουν ένα συναφές ΣΔΓ στις ΕΣΜ, μέσω τεχνολογιών ICT.
4. *Ανάδειξη μετασχηματισμού της γνώσης:* στο προτεινόμενο ΣΔΓ, αναδεικνύεται με όρους μεθοδολογίας και χρήσης υπολογιστικών τεχνικών ο μετασχηματισμός της γνώσης, σε

συγκεκριμένα τεχνικά προβλήματα, με τρόπο που δεν έχει εντοπιστεί στη βιβλιογραφία. Η μετατροπή της άρρητης γνώσης των εμπειρογνομώνων ή της ρητής (αδόμητης ή ημιδομημένης) σε δομημένη ρητή, αποδεικνύεται μέσα από τη χρήση ερωτηματολογίων, οντολογικών δομών και μοντέλων επιχειρησιακών λειτουργιών, η αξία και χρησιμότητα των οποίων τεκμηριώνεται στη βιβλιογραφία. Αποτέλεσμα αυτού είναι η ταυτοποίηση της γνώσης και της διαχείρισής της, μέσα από πραγματικές συνθήκες έργων και βάσει φυσικών δεδομένων από έργα του ΔΕΣΦΑ αλλά και από τα έργα του διεθνούς περιβάλλοντος.

5. *Εισαγωγή στατιστικών συναρτήσεων*: η εισαγωγή στατιστικών συναρτήσεων αναδεικνύει ότι: (α) το κόστος των έργων του ΦΑ μπορεί να εκτιμηθεί και προβλεφθεί με όρους αυξημένης/ελεγχόμενης μαθηματικής αξιοπιστίας και (β) η δομή του δειγματικού χώρου των πρωτογενών τεχνικοοικονομικών παραμέτρων των έργων, βάσει των οποίων εξάγονται οι στατιστικές συναρτήσεις, μπορεί να αποτελέσει μέρος του υπόβαθρου της ΒΓ των ΕΣΜ. Στην προκειμένη περίπτωση, η συμβολή έγκειται στο ότι μέσω των στατιστικών συναρτήσεων και των πληροφοριακών βάσεων εξαγωγής τους, επιχειρείται βελτίωση της τυπικής διαδικασίας υπολογισμού των χρηματοοικονομικών δεικτών των επενδύσεων των έργων, που συνήθως βασίζεται σε αναλογιστικές, συγκριτικές ή καθαρά εμπειρικές τεχνικές.
6. *Εισαγωγή κριτηρίων ΔΓ*: η εισαγωγή κριτηρίων ως παραμέτρων που σχετίζονται με τα κενά γνώσης που παρουσιάζονται στο περιβάλλον των έργων, αποτελεί μέρος της πρωτότυπης συμβολής. Η εισαγωγή των κριτηρίων (α) απαιτήσεις τεχνογνωσίας και (β) μεταφορά-διάχυση τεχνογνωσίας, δεν έχει επισημανθεί στη βιβλιογραφία με τον τρόπο που παρουσιάζεται στο δεύτερο υποσύστημα της διατριβής. Η εισαγωγή των κριτηρίων αυτών στη μέθοδο MCDA, αποτελεί μέρος της ΔΓ των ΕΣΜ και επίσης, επιτρέπει λήψη αποφάσεων στις οποίες συνυπάρχουν ο τεχνικός και γνωσιολογικός παράγοντας.
7. *Εισαγωγή της ασάφειας*: στη συμβολή της διατριβής συμπεριλαμβάνεται η εισαγωγή της έννοιας της ασάφειας (*fuzziness*) ως γνωσιολογικά σημαντικής παραμέτρου στην αντιμετώπιση των τεχνικών και διοικητικών προβλημάτων των έργων. Η χρήση συνόλων ασαφών αριθμών (α) στη διαμόρφωση επενδυτικών σεναρίων, (β) στην βαθμολόγηση εναλλακτικών οδύσεων ΦΑ και (γ) στον προσδιορισμό των επιπτώσεων των αιτίων της διάβρωσης των αγωγών ΦΑ, επιτρέπει την ενσωμάτωση της αβεβαιότητας της γνώσης στη διατύπωση ολοκληρωμένων σεναρίων με μαθηματικά δομημένους κανόνες αιτίου-αιτιατού (*modus ropens*) και στην υποστήριξη της λήψης τεχνικών αποφάσεων με περισσότερο αντικειμενικούς όρους.
8. *Φαινομενολογική ανάλυση*: μέσω του τρίτου υποσυστήματος που πραγματεύεται τη διάβρωση, αναδεικνύεται η αιτιοκρατικά καθετοποιημένη ανάλυση ενός φαινομένου, το οποίο επεκτείνεται σε διαφορετικά φαινομενολογικά επίπεδα και παρουσιάζει σημαντικές επικαλύψεις πολλών τομέων γνώσης. Η πρωτότυπη συμβολή συνίσταται στην εξέταση του φαινομένου κάτω συνθήκες εξειδίκευσης του τρόπου, με τον οποίο η εμπειρική γνώση που εστιάζεται στη διάβρωση υπόγειων αγωγών ΦΑ, συναρτάται γνωσιολογικά με: (α) τις επιστημονικές θεωρίες που έχουν διατυπωθεί για την ερμηνεία των θεωρητικών μηχανισμών της διάβρωσης (HIC, MIC, SCC), (β) τη διεπιστημονικότητα του φαινομένου (συνεργισμός) και (γ) την ολοκληρωμένη θεώρηση της διαμόρφωσης των διαβρωτικών συνθηκών στο (μικρο)περιβάλλον της τάφρου υποδοχής. Εξειδικεύεται δηλαδή η συμβολή, στην αλληλεπίδραση των γνωσιολογικά

σημαντικών τομέων γνώσης, στο περιβάλλον των ΕΣΜ, για το συγκεκριμένο φαινόμενο και στο συγκεκριμένο τύπο έργων, με τρόπο που δεν έχει αναπτυχθεί στη βιβλιογραφία. Επίσης, διατυπώνεται το πλαίσιο γνωσιολογικού συσχετισμού του φαινομένου, με τεχνολογίες επιθεώρησης και αποκατάστασης των αστοχιών που προκαλεί.

10.3 Προτεινόμενες κατευθύνσεις και υλοποίηση περαιτέρω έρευνας

Το ζήτημα της ΔΓ στις εγχώριες ΕΣΜ, πέρα από τα σημεία που παρουσιάστηκαν και αναπτύχθηκαν στην παρούσα διατριβή, επιδέχεται περαιτέρω διερεύνηση σε πολλούς τομείς της θεωρητικής και εφαρμοσμένης έρευνας, προκειμένου να διασφαλιστεί η κατά το δυνατόν καλύτερη αξιοποίησή της. Συγκεκριμένα, θα μπορούσαν να στοιχειοθετηθούν οι ακόλουθες προτάσεις:

1. *Εξειδίκευση οντολογιών*: οι οντολογίες μπορούν να εξειδικευτούν σε γνωσιολογικούς τομείς, όπως η τεχνολογία και οι κώδικες σχεδιασμού των υλικών της βιομηχανίας του ΦΑ. Ως παράδειγμα αναφέρονται οι εργασίες των Batzias (1987) και Batzias et al., (2008) που πραγματεύονται οντολογίες βιομηχανικών προτύπων σε περιβάλλοντα εργαστηριακής έρευνας. Παράλληλα, θα μπορούσαν να συνταχθούν αντιπροσωπευτικές οντολογίες για ανάγκες διαφορετικών έργων, όπως για παράδειγμα FTA οντολογία για τον έλεγχο π.χ. αστοχιών της οριζόντιας κατευθυνόμενης διάτρησης (κατά Batzias και Spanidis, 2008b) ή για την αξιοπιστία του γεωτεχνικού και γεωπεριβαλλοντικού σχεδιασμού οδεύσεων αγωγών ή για την αξιοπιστία των συνθετικών αντιδιαβρωτικών υλικών (π.χ. Syan et al., 1987; Vitanov et al., 2001).
2. *Επέκταση της εξόρυξης γνώσης*: η εξαγωγή της συνάρτησης κόστους των έργων του ΦΑ μπορεί να επεκταθεί με την και άλλων παραμέτρων. Για παράδειγμα θα μπορούσαν σε πρώτο επίπεδο να ενσωματωθούν (α) ο κίνδυνος του γεωπολιτικού διαδρόμου, (β) η γεωγραφική δυσκολία κατασκευής των έργων, (γ) το μέσο ΑΠΕ των περιοχών διέλευσης της χάραξης, η πρόβλεψη σταθμών συμπίεστων, κλπ. Σε δεύτερο επίπεδο, θα μπορούσαν να εισαχθούν πιο σύνθετοι κανόνες γνωσιολογικής ανάλυσης $R_1, R_2, \dots, R_n \mid n \in \mathbb{N}$ τύπου IF-THEN με χρήση διακριτών/σαφών (*crisp*) ή/και ασαφών (*fuzzy*) αριθμών, όπως για παράδειγμα:

3.

<i>IF</i> $R_1: \text{geopolitical_risk}=\text{Medium}$	<u><i>AND</i></u>	}	<u><i>THEN</i></u> $\text{pipeline_cost}=\text{Medium}$
$R_2: \text{number_of_crossings}=\text{High}$	<u><i>AND</i></u>		
$R_3: \text{mean_GNP_pk}=\text{Low}$	<u><i>AND</i></u>		
$R_4: \text{pipeline_length}=\text{Medium}$	<u><i>AND</i></u>		
$R_5: \text{annual_capacity}=\text{Medium}$	<u><i>AND</i></u>		
.....			
$R_n: \dots\dots\dots$			

ή με χρήση διαστημάτων τιμών, όπως:

$R_1: geopolitical_risk \in [0.15, 0.25]$	<u>AND</u>	} <u>THEN</u> pipeline cost $\in [10 \cdot 10^6 (\text{€}), 15 \cdot 10^6 (\text{€})]$
$R_2: number_of_crossings \in [10, 20]$	<u>AND</u>	
$R_3: mean_GNP_pk \in [15000 (\text{€}), 20000 (\text{€})]$	<u>AND</u>	
$R_4: pipeline_length \in [150 (\text{km}), 200 (\text{km})]$	<u>AND</u>	
$R_5: annual_capacity \in [0.5 (\text{bcm}y^{-1}), 1.0 (\text{bcm}y^{-1})]$	<u>AND</u>	
.....		
$R_n: \dots\dots\dots$		

Στην περίπτωση αυτή, η ΔΓ πέρα από την αξιοποίηση των υποσυνόλων των τεχνοοικονομικών στοιχείων, θα πρέπει να ενσωματώνει αλγορίθμους μεγαλύτερης πολυπλοκότητας για περαιτέρω ταξινόμηση, ομαδοποίηση και ιεράρχηση των τεχνοοικονομικών δεδομένων, γεγονός που προϋποθέτει περισσότερο σύνθετες οντολογίες ανάλυσης και αναπαράστασης της γνώσης, όπως αυτές που αναπτύσσονται από την Chan (2005) και τους Grimin et al., (2007). Εναλλακτική, θα μπορούσε να αντιμετωπιστεί και η πιθανολογική υπό συνθήκες αξιολόγηση των ασαφών εννοιών High, Medium, Low βάσει μοντέλων και αλγορίθμων Bayes, όπως προτείνεται από τον Lewandofski (2002). Ακόμη, η εξόρυξη γνώσης θα μπορούσε να επεκταθεί στον υπολογισμό των χρηματοοικονομικών δεικτών, όπου με διάφορους συνδυασμούς κόστους κατασκευής, επιτοκίου προεξόφλησης, τιμής πώλησης ΦΑ, κλπ, θα μπορούσαν να εξαχθούν πιο αντιπροσωπευτικές τιμές για το πλαίσιο επένδυσης των έργων.

4. *Επέκταση χρήσης στατιστικών μεθόδων:* η γνωσιολογική ανάλυση θα μπορούσε να εξειδικευθεί, σε τρόπο ώστε η κατάρτιση σεναρίων διείσδυσης του ΦΑ να διερευνηθεί βάσει πιθανοτήτων σύμφωνα με τις αρχές της Bayesian ανάλυσης. Για παράδειγμα, το ενεργειακό φορτίο $Q_{αφα}$ που καλύπτεται από ΦΑ σε μια περιφέρεια, εξαρτάται από τα φορτία Q_1, Q_2, \dots, Q_n , που καλύπτονται από άλλα ανταγωνιστικά καύσιμα. Αντίστοιχα, η πιθανότητα διάχυσης $P(Q_{αφα})$ της ποσότητας $Q_{αφα}$, είναι δεσμευμένη πιθανότητα των $P(Q_1), P(Q_2), \dots, P(Q_k) \mid 1 \leq k \leq n, n \in \mathbb{N}$, που αναφέρονται στις πιθανότητες διείσδυσης των ανταγωνιστικών καυσίμων. Συνεπώς:

$$P(Q_{αφα}) = \sum_{k=1}^n P(Q_{αφα} \cap Q_k) \quad [E-10.1]$$

Σύμφωνα με τον ορισμό της πιθανότητας υπό συνθήκη ισχύει ότι:

$$P(Q_{αφα} \cap Q_k) = P(Q_{αφα} \mid Q_k) \cdot P(Q_k) \quad [E-10.2]$$

Συνεπώς, η [E-10.1] γίνεται:

$$P(Q_{αφα}) = \sum_{k=1}^n P(Q_{αφα} \mid Q_k) \cdot P(Q_k) \quad (\text{θεώρημα ολικής πιθανότητας}) \quad [E-10.3]$$

Η ποσοτικοποίηση των πιθανοτήτων $P(Q_1), P(Q_2), \dots, P(Q_k)$ μπορεί να επιτευχθεί μέσω απόσπασης γνώσης από εμπειρογνώμονες του ενεργειακού χώρου, με τρόπο αντίστοιχο της μεθόδου Delphi που προτείνεται στο δεύτερο υποσύστημα της διατριβής.

5. *Εισαγωγή γραμμικού προγραμματισμού:* ο γραμμικός προγραμματισμός μπορεί να εισαχθεί στο πλαίσιο μιας γενικότερης βελτιστοποίησης του περιβαλλοντικού κόστους

σε σχέση με το κόστος κατασκευής των ενεργειακών υποδομών. Για παράδειγμα, αν $\rho_i(\text{CO}_2)$, $\rho_i(\text{CO})$, $\rho_i(\text{NO}_x)$, $\rho_i(\text{SO}_x)$, $\rho_i(\text{part})$ είναι οι συντελεστές εκπομπής ρύπων ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας (π.χ. mg/GWh) από το καύσιμο- i (π.χ. άνθρακας, φυτική βιομάζα, ζωική βιομάζα, γεωθερμία) και $Q_{\alpha\phi\alpha}$, Q_1 , Q_2, \dots, Q_n , οι ποσότητες παραγόμενης ενέργειας από το ΦΑ και τα υπόλοιπα καύσιμα αντιστοίχως, τότε θα μπορούσε να αναζητηθεί η ικανοποίηση μιας γραμμικής σχέσης της μορφής:

$$Q_{\alpha\phi\alpha} [\rho_{\alpha\phi\alpha}(\text{CO}_2) + \rho_{\alpha\phi\alpha}(\text{CO}) + \rho_{\alpha\phi\alpha}(\text{NO}_x) + \rho_{\alpha\phi\alpha}(\text{SO}_x) + \rho_{\alpha\phi\alpha}(\text{part})] + \sum_{i=1}^n Q_i [\rho_i(\text{CO}_2) + \rho_i(\text{CO}) + \rho_i(\text{NO}_x) + \rho_i(\text{SO}_x) + \rho_i(\text{part})] \leq P_{max} \quad [\text{E-10.4}]$$

όπου $Q_{\alpha\phi\alpha}$, Q_1 , $Q_2, \dots, Q_n > 0$ και P_{max} , το μέγιστο αποδεκτό επίπεδο ρύπανσης για το έτος στόχο που διερευνάται το πλαίσιο επένδυσης των ενεργειακών έργων. Η παραπάνω γραμμική σχέση υποστηρίζεται και από επί πλέον περιορισμούς που σχετίζονται με την αναμενόμενη αύξηση της πρωτογενούς ενεργειακής ζήτησης, την υποκατάσταση του άνθρακα από τις ΑΠΕ, τη διεύθυνση του ΦΑ και του στόχους της ενεργειακής πολιτικής. Όσον αφορά τη βελτιστοποίηση ως προς το κόστος, θα μπορούσαν να ληφθούν υπόψη τα μοναδιαία κόστη κατασκευής έργων ενεργειακών υποδομών (σε €/GWh) ως $c_{\alpha\phi\alpha}$, c_1 , c_2, \dots, c_n και να ενσωματωθούν σε μια γραμμική σχέση ελαχιστοποίησης όπως:

$$c_{\alpha\phi\alpha} \cdot Q_{\alpha\phi\alpha} + \sum_{i=1}^n (c_i \cdot Q_i + c_2 \cdot Q_2 + \dots + c_n \cdot Q_n) = C_{min} \quad [\text{E-10.5}]$$

Επίσης, μπορεί να διερευνηθεί και ένας max-min συνδυασμός των παραπάνω σχέσεων [E-10.4] και [E-10.5]. Στις περιπτώσεις αυτές, το πλαίσιο επένδυσης υπόκειται σε μια πιο ντετερμινιστική θεώρηση. Ωστόσο, πολλά από τα μεγέθη των γραμμικών σχέσεων και περιορισμών μπορούν να ποσοτικοποιηθούν με απόσπαση άρρητης γνώσης από εμπειρογνώμονες, με τις μεθόδους που προαναφέρθηκαν.

6. *Διερεύνηση επενδυτικού κινδύνου:* η διερεύνηση του επενδυτικού κινδύνου αποτελεί προϋπόθεση για τη λήψη αποφάσεων κατασκευής έργων μεγάλης κλίμακας και διάρκειας. Για τους αγωγούς ΦΑ συνιστάται διερεύνηση της κατανομής των τιμών της καθαρής παρούσας αξίας, NPV_i , βάσει των πιθανοτήτων $p(NPV_i)$ που αντιστοιχούν στις τιμές αυτές. Οι πιθανότητες μπορούν να προσδιοριστούν με ποσοτικοποίηση της άρρητης γνώσης των εμπειρογνομώνων, είτε ως αυτοτελείς, είτε ως πιθανότητες υπό συνθήκη σε συνάρτηση με τα εξεταζόμενα σενάρια διεύθυνσης του ΦΑ. Για την αξιολόγηση μπορεί να επιλεχθεί η μέθοδος κατάρτισης συναρτήσεων χρησιμότητας (*utility functions*) $U(NPV_i)$ που αντιστοιχεί για κάθε τιμή NPV_i . Στην περίπτωση αυτή το κριτήριο επιλογής για κάθε αξιολογούμενο διάνυμα επενδύσεων NPV_i , προκύπτει ως ο μέσος των χρησιμότητων των NPV_i σταθμισμένος με τις τιμές $p(NPV_i) \mid (i \in N)$:

$$\overline{NPV} = \sum_{i=1}^n U(NPV_i) \cdot p(NPV_i) \quad [\text{E-10.6}]$$

Εναλλακτικά, θα μπορούσε να εφαρμοστεί και η ανάλυση κατά Markowitz, όπου διερευνάται η διασπορά της μαθηματικής ελπίδας $E(NPV_i)$ ενός διανύσματος τιμών

NVP_i , σε σχέση με την τιμή της διακύμανσής της, $\sigma^2(NVP_i) \mid i \in N$. Στην περίπτωση αυτή, η επιλογή της επένδυσης γίνεται με επιλογή μεταξύ κριτηρίων της μέγιστης NVP ή της ελάχιστης διακύμανσης σ^2 σύμφωνα με τις παρακάτω σχέσεις:

$$E(\overline{NVP}) = \max \{E(NVP_1), E(NVP_2), \dots, E(NVP_n)\} \quad [E-10.7]$$

$$\sigma^2(\overline{NVP}) = \min \{\sigma^2(NVP_1), \sigma^2(NVP_2), \dots, \sigma^2(NVP_n)\} \quad [E-10.8]$$

Βάσει της ανάλυσης κατά Markowitz, μπορούν να καταρτιστούν καμπύλες αδιαφορίας από τις οποίες μπορούν να αξιολογηθούν οι χρησιμότητες των διαφόρων επενδυτικών πλαισίων, ανάλογα με τον κίνδυνο που είναι διατεθειμένοι να επωμιστούν οι επενδυτές του έργου.

7. *Επέκταση χρήσης κριτηρίων*: η εξαγωγή και αντικειμενικοποίηση της γνώσης των εμπειρογνομόνων βάση κριτηρίων, και περαιτέρω, η αξιολόγηση εναλλακτικών τεχνικών λύσεων μπορεί να επεκταθεί σε διοικητικά και οργανωτικά ζητήματα που αφορούν τις ΕΣΜ. Για παράδειγμα, η επιλογή του είδους ΣΔΓ, των συμβούλων που θα απαιτηθούν για την υλοποίησή του και η ιεράρχηση των αναγκών του ΣΔΓ, το είδος των κενών γνώσης που είναι περισσότερο σημαντικά, κλπ. είναι πολυκριτηριακά ζητήματα, η αντιμετώπιση των οποίων μπορεί να επιτευχθεί μέσω μεθόδων και εργαλείων MCDA.
8. *Επέκταση της βασικής μεθοδολογίας*: η βασική μεθοδολογία στην οποία θεμελιώθηκε το ΣΔΓ (εξαγωγή, ανάλυση και αναπαράσταση γνώσης) μπορεί να αποτελέσει αντικείμενο επέκτασης σε ευρύτερους γνωσιολογικούς τομείς της βιομηχανίας διεργασιών ΦΑ. Ως παράδειγμα αναφέρονται οι εξής τομείς: διάβρωση υποθαλάσσιων αγωγών και δεξαμενών ΥΦΑ, διάνοιξη και συντήρηση υπόγειων δεξαμενών αποθήκευσης ΦΑ, μονάδες αφύγρανσης και αποθείωσης του ΦΑ, αξιοπιστία των μετρητικών συστημάτων και των συστημάτων τηλεμετρίας και τηλεχειρισμού, επιπτώσεις των σεισμικών φαινομένων στις υποδομές ΦΑ, κλπ.
9. *Συνδυασμός μεθόδων και εργαλείων*: Η πολυκριτηριακή ανάλυση μπορεί να συνδυαστεί με τεχνολογίες ανάλυσης δεδομένων του χώρου. Ο συνδυασμός αυτός μπορεί να δώσει ακόμη πιο προηγμένης αξιοπιστίας αποτελέσματα σε προβλήματα επιλογής οδύσεων μεταφοράς ΦΑ. Για παράδειγμα, η εργασία του Bailey (2003), όπου προτείνεται συνδυασμός AHP και GIS για τα έργα της υπεραστικής οδοποιίας στις ΗΠΑ, θα μπορούσε να αντιμετωπιστεί και σε επίπεδο έργων αγωγών ΦΑ και συναφών εγκαταστάσεων, με συναξιοποίηση γνώσης των εμπειρογνομόνων και των πληροφοριακών υποδομών των ΕΣΜ. Αντίστοιχα, θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν περαιτέρω οι δυνατότητες της μεθόδου PROMETHEE-II σε εφαρμογές για την ολοκληρωμένη γεωπεριβαλλοντική διάσταση των έργων του ΦΑ στα πρότυπα των εργασιών των Feldman et al., (1995), Zuniga-Gutierrez et al., (2002) και Zuniga-Gutierrez et al., (2004).
10. *Διακριτοποίηση της γνώσης*: όπως προαναφέρθηκε, η διακριτοποίηση της γνώσης αποτελεί ζήτημα κρίσιμης τεχνοοικονομικής σημασίας για τις ΕΣΜ που επιθυμούν να εγκαταστήσουν στο περιβάλλον τους ένα σύγχρονο ΣΔΓ. Υπό την έννοια αυτή, η ανάδειξη παραμέτρων που εμπλέκονται με τη διακριτοποίηση της γνώσης, η ταυτοποίηση και ποσοτικοποίησή τους και η διερεύνηση των μαθηματικών σχέσεων που διέπουν/συνδέουν τις παραμέτρους αυτές, παρουσιάζει ενδιαφέρον, στο βαθμό

που επηρεάζουν λήψη κρίσιμων αποφάσεων για τη βιωσιμότητα και ανάπτυξη των ΕΣΜ (Batziias και Spanidis, 2008a; Laudon και Laudon, 2002).

11. *Διασφάλιση ποιότητας-Ανταποδοτικότητα*: η ΔΓ μπορεί επίσης να αποτελέσει αντικείμενο διεπαφής με τα συστήματα διασφάλισης ποιότητας. Πιο συγκεκριμένα, οι εσωτερικές διαδικασίες ποιοτικού ελέγχου μπορούν να συνδυαστούν με την καταγραφή, διερεύνηση και καταμέτρηση του βαθμού επίτευξης απόκτησης γνώσης στο εσωτερικό περιβάλλον μιας ΕΣΜ. Με τον τρόπο αυτό μπορούν να επισημανθούν τυχόν παραλείψεις, αδυναμίες ή ελλείψεις και να προταθούν περαιτέρω βελτιώσεις στις οντολογίες του ΣΔΓ και στις λειτουργίες ΔΓ με τις οποίες αυτές συνυφαίνονται εντός των ΕΣΜ. Παράλληλα, η λειτουργία μιας ολοκληρωμένης ΒΓ μπορεί να αποτελέσει αντικείμενο ανταποδοτικότητας για τις ΕΣΜ. Υπό την έννοια αυτή, η ΒΓ μπορεί να αξιοποιηθεί παράλληλα από φορείς (ινστιτούτα, πανεπιστήμια, κλπ) εμπλεκόμενους με ερευνητικά αντικείμενα της βιομηχανίας του ΦΑ. Συνεπώς, αξίζει η διερεύνηση των τεχνολογικών χαρακτηριστικών, βάσει των οποίων μπορεί να επιτευχθεί αφενός μια ολοκληρωμένη διαχείριση/εκμετάλλευση της ΒΓ και αφετέρου, η ανταποδοτικότητά της για μια ΕΣΜ (σε συνεκτίμηση με το σύστημα διασφάλισης ποιότητας μιας ΕΣΜ). Σχετικές κατευθύνσεις δίνονται, για παράδειγμα, στις εργασίες των Batziias (1987), Wiig (1994), Smith (1998), Zack (1999), Liao (2003) και Chong (2007).
12. Η ΔΓ για την επίτευξη περισσότερο αξιόπιστων προβλέψεων σε μακροοικονομικό επίπεδο, μπορεί να συμβάλλει στην εξισορρόπηση συμφερόντων μεταξύ χώρας-προμηθευτή (supplier) και χώρας διέλευσης αγωγού ΦΑ που αποτελεί ταυτόχρονα μικρότερο, αλλά στρατηγικής σημασίας, πελάτη (intermediate customer). Λαμβάνοντας υπόψη, ότι το μερίδιο της αγοράς που απορροφάται από τον ενδιάμεσο/δευτερεύοντα πελάτη εκπίπτει από το μερίδιο που κατανέμεται από τον προμηθευτή στους τελικούς/κύριους πελάτες, η εξισορρόπηση είναι δυνατόν να προσδιοριστεί μέσω ενός παιγνίου μηδενικού αθροίσματος (zero sum game), όπου τα στοιχεία της μήτρας πληρωμών (pay off matrix) εκτιμώνται από τους εμπειρογνώμονες υπό μορφή ασαφών αριθμών (σύμφωνα με την τροποποιημένη μέθοδο Delphi, όπως αυτή περιγράφεται στο κεφάλαιο 7), προκειμένου να λαμβάνεται υπόψη η αβεβαιότητα (D. Batziias και Pollalis, 2009a; 2009b). Ήδη, ένα βήμα προς αυτή την κατεύθυνση έχει υλοποιηθεί με αντίστοιχη έρευνα από τους Δ. Μπατζιά και Ι. Πολλάλη (οι οποίοι διαθέτουν ειδική εμπειρία σε στρατηγικά παίγνια) και τον γράφοντα, της οποίας τα αποτελέσματα περιλαμβάνονται σε επιστημονική εργασία που έχει γίνει δεκτή για δημοσίευση (D. Batziias et al., 2010).
13. Η ΔΓ για την επίτευξη περισσότερο αξιόπιστων προβλέψεων σε μακροοικονομικό και επιχειρηματικό επίπεδο, μπορεί να συμβάλλει στον εμπλουτισμό των κριτηρίων, βάσει των οποίων επιλέγεται ένα πρόγραμμα Έρευνας και Ανάπτυξης (R&D) από το αντίστοιχο τμήμα μιας βιομηχανικής επιχείρησης ή μιας ΕΣΜ που ενεργεί ως υπεργολάβος μελετητικού έργου για λογαριασμό της πρώτης (outsourcing). Το συγκεκριμένο συμπληρωματικό κριτήριο είναι η αναμενόμενη απόσβεση (expected depreciation) άυλου επενδυμένου ή νεοδημιουργούμενου κεφαλαίου, που έχει προκύψει από τη συσσώρευση γνώσης μέσω έργων της ίδιας της ΕΣΜ, χωρίς όμως η γνώση αυτή να έχει κοστολογηθεί και αποσβεστεί με ενσωμάτωσή της σε εκπονούμενο, κατασκευαζόμενο ή περατωθέν έργο. Ήδη, ένα βήμα προς αυτή την κατεύθυνση έχει υλοποιηθεί με αντίστοιχη έρευνα από τους Δ. Μπατζιά, Ι. Σώρρο

(που διαθέτουν σχετική εμπειρία, όπως τεκμηριώνεται από δημοσιευμένη μελέτη τους: D. Batzias και Sorros, 2008) και τον γράφοντα, της οποίας τα αποτελέσματα περιλαμβάνονται σε επιστημονική εργασία που έχει γίνει δεκτή για δημοσίευση (D. Batzias et al., 2010).

10.4 Σύνοψη διατριβής

Βάσει των προαναφερόμενων, η πρωτοτυπία της διατριβής στο ερευνητικό πεδίο της ΔΓ και η συμβολή της στην επιστημονική έρευνα, συνοψίζονται στα ακόλουθα:

[α] Η *πρωτοτυπία* έγκειται, αφενός στην ανάδειξη κενού βιβλιογραφίας στον τομέα της γνώσης έργων της βιομηχανίας ΦΑ και αφετέρου, στην εξειδικευμένη πρόταση μεθόδων και εργαλείων, με τη συμβολή των οποίων η γνώση αυτή μπορεί να αποσπαστεί, αξιολογηθεί, δομηθεί και υπαχθεί σε σύστημα διαχείρισης

[β] Η *επιστημονική συμβολή* έγκειται στην ανάδειξη φιλοσοφίας συστηματοποίησης της απόκτησης γνώσης έργων μεγάλης πολυπλοκότητας και διεπιστημονικότητας, δια μέσου της αντικειμενικοποίησής της, με προοπτική επωφελούς αξιοποίησής της για τους εγχώριους τεχνικούς οργανισμούς και δυνητικά, για ευρύτερες ερευνητικές ανάγκες της επιστημονικής κοινότητας, στους τομείς της ενέργειας και του περιβάλλοντος.

10.5 Αντί Επιλόγου

Η εγκατάσταση και ανάπτυξη ΣΔΓ στις εγχώριες ΕΣΜ, αποτελεί μια αναγκαιότητα ιδιαίτερα κρίσιμη, όπως αποδείχθηκε από το περιεχόμενο της παρούσας διατριβής. Τα έργα του ΦΑ συνεισέφεραν σημαντικά στην ανάπτυξη και αναβάθμιση της άρρητης γνώσης των ελλήνων μηχανικών και εμπειρογνομόνων. Όμως, σε ότι αφορά τις ΕΣΜ που εκπροσωπούν οργανισμούς έντασης γνώσης που ενεπλάκησαν εκτεταμένα με θέματα απόκτησης και διαχείρισης τεχνογνωσίας στον τομέα της ενέργειας, η σημασία της ΔΓ δεν έχει εκτιμηθεί μέχρι στιγμής επαρκώς, ως παράγοντας εκσυγχρονισμού και βιωσιμότητας των οργανισμών αυτών.

Οι επενδύσεις και τα έργα ενεργειακής υποδομής που έχουν προγραμματιστεί ή/και κατασκευάζονται στην περιοχή της Βαλκανικής (και όχι μόνο), είναι μεγάλης έντασης κεφαλαίου και σημαντικότητας για τις γεωπολιτικές ισορροπίες και τις αναπτυξιακές προοπτικές των χωρών της περιοχής αυτής. Παράλληλα, οι σύγχρονες απαιτήσεις διαθεσιμότητας γνώσης και υποδομών υψηλής τεχνολογίας στον τομέα των τεχνικών έργων και οι ανάγκες σύναψης αξιόπιστων και ισόρροπων συνεργασιών μεταξύ ελληνικών και ξένων τεχνικών οργανισμών, επιβάλλουν την αντιμετώπιση του ζητήματος της ΔΓ ως προϋπόθεση επιβίωσης των ΕΣΜ, σε ένα περιβάλλον ιδιαίτερα ανταγωνιστικό. Προς αυτή την κατεύθυνση, κινήθηκε η παρούσα διατριβή, επιχειρώντας να αναδείξει με πρωτότυπο τρόπο και στο βαθμό του εφικτού, τις θεμελιώδεις προϋποθέσεις, από άποψη μεθοδολογίας, συστημάτων και εργαλείων, υλοποίησης ενός βιώσιμου ΣΔΓ για τις ελληνικές ΕΣΜ. Η προοπτική μετουσίωσης της ερευνητικής προσέγγισης της ΔΓ σε επιχειρησιακή πραγματικότητα, εναπόκειται πλέον στις στρατηγικές επιλογές και αποφάσεις των διοικήσεων οργανισμών αυτών.

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΩΝ ΚΑΙ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ

Κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διδακτορικής διατριβής, δημοσιεύθηκαν ή ευρίσκονται υπό δημοσίευση οι παρακάτω επιστημονικές εργασίες, αναφερόμενες κατά αντίστροφη σειρά ως προς τη χρονολογία δημοσίευσης, οι οποίες είτε αποτελούν αυτούσιες τον πυρήνα κεφαλαίων της διατριβής, είτε βασίζονται σε εργαλεία και μεθόδους που αναπτύχθηκαν σε αυτήν. Οι συγκεκριμένες μέθοδοι, μαζί με ορισμένες άλλες που αναπτύχθηκαν για την εξυπηρέτηση των αναγκών του Εργαστηρίου Προσομοίωσης Βιομηχανικών Διεργασιών, όπου εκπονήθηκε το υπολογιστικό μέρος κατά σημαντικό ποσοστό, αποτέλεσαν το πληροφοριακό υπόβαθρο πάνω στο οποίο βασίστηκαν αρκετά άλλα έργα εκπαιδευτικού/ερευνητικού χαρακτήρα σε προπτυχιακό και μεταπτυχιακό επίπεδο.

1. F. A. Batzias, C.G. Siontorou, P.-M. P. Spanidis *Designing a reliable leak bio-detection system for natural gas pipelines*, υπό δημοσίευση στο περιοδικό *Journal of Hazardous Materials*, ELSEVIER, 2010.
2. F. Batzias, P.-M. Spanidis *Evaluation of natural gas supply routes: A multi-criteria decision making methodology based on experts' knowledge elicitation*, υπό δημοσίευση στο περιοδικό *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, ELSEVIER, 2010.
3. F. Batzias, P.-M. Spanidis *The Routing of the Gas Pipelines in Greece: Managing Environmental Constraints and Knowledge Acquisition by means of Enterprise Modelling*, υπό έκδοση για το 19th International Congress of Chemical and Process Engineering, 28 August-1 September 2010, Prague, Czech Republic.
4. F. Batzias, P.-M. Spanidis *Undersea electrochemical corrosion of hydrocarbons transporting pipelines: A knowledge based approach*, υπό έκδοση για το 19th International Congress of Chemical and Process Engineering, 28 August-1 September 2010, Prague, Czech Republic.
5. D.F. Batzias, Y.A. Pollalis, P.-M. Spanidis. Strategic decision making on pipeline routing as a fuzzy game between an oil/gas supplier and an intermediate customer, *AIP Conference Proceedings of the 8th International Conference of Computational Methods in Sciences and Engineering (ICCMSE 2010)*, Kos, Greece, 3-8 Oct. 2010.
6. D.F. Batzias, J.N. Sorros, F.-M. Spanidis. Forecasting of non-utilized knowledge depreciation as a supplementary means for R&D policy making by an industrial enterprise, *AIP Conference Proceedings of the 8th International Conference of Computational Methods in Sciences and Engineering (ICCMSE 2010)*, Kos, Greece, 3-8 Oct. 2010.
7. F. Batzias, P.-M. Spanidis *Developing Knowledge Management methods in Engineering Companies: The Case of the Natural Gas Project in Greece*, υπό έκδοση στον τόμο πρακτικών για την συμβολή του κ. Ρήγα, 2008.
8. F. Batzias, P.-M. Spanidis *Identifying Knowledge Gaps in Engineering Companies: The Case of the Natural Gas Project in Greece*, 18th International Congress of Chemical and Process Engineering, 24-28 August 2008, Prague, Czech Republic.
9. F. Batzias, P.-M. Spanidis *Balancing Engineering and Environmental Costs in Hydrocarbons Transporting, Storing and Processing systems - A Knowledge based Approach*, 18th International Congress of Chemical and Process Engineering, 24-28 August 2008, Prague, Czech Republic.

10. F. Batzias, P.-M. Spanidis *Biosensor Design for Detection of Natural Gas Leakage during Transporting, Storing and Processing*, 18th International Congress of Chemical and Process Engineering, 24-28 August 2008, Prague, Czech Republic.
11. F. Batzias, P.-M. Spanidis *Bridging Knowledge Gaps in Engineering Companies: The Case of Pipeline River Crossings in Greece*, 8th Joint Conference on Knowledge Based Software Engineering, 25-28 August 2008, Piraeus, Greece.
12. F. Batzias, P.-M. Spanidis *A Model for Oil and Gas Pipeline Cost Prediction based on a Data Mining Process*, 6th International Conference of Computational Methods in Sciences and Engineering, 25-30 September 2008, Crete, Greece.
13. F. Batzias, P.-M. Spanidis *An Ontological approach of knowledge management in Engineering Companies of the Energy Sector*, 11th International Conference on Computational Methods & Experimental Measurements, Wessex Institute of Technology UK, University of Naples Italy and University of Thessaloniki Greece, 12-14 May, 2003, Halkidiki, Greece.
14. Φ. Σπανίδη, Ε. Πρωτοπαππά *Η Οριζόντια Κατευθυνόμενη Διάτρηση και η Εφαρμογή της στον Ποταμό Νέστο*, 4η Διεθνής Έκθεση και Συνέδριο για την Τεχνολογία Περιβάλλοντος, HELECO, 30 Ιανουαρίου-2 Φεβρουαρίου 2003.

Πέραν των προαναφερόμενων εργασιών, συμμετείχα στις υπόλοιπες εκπαιδευτικές δραστηριότητες του Τμήματος και του Εργαστηρίου, όπως:

1. Συμμετοχή στο ερευνητικό έργο *Περιβαλλοντικός Έλεγχος με Βιοαισθητήρες-Κατηγοριοποίηση και Επίλυση Προβλημάτων με Πειραματική και Υπολογιστική Προσομοίωση* που εκπονήθηκε από το Εργαστήριο Προσομοίωσης Βιομηχανικών Διεργασιών του Πανεπιστημίου Πειραιώς, στα πλαίσια του προγράμματος ΠΥΘΑΓΟΡΑΣ του ΥΠΕΠΘ.
2. Παρουσίαση ειδικών θεμάτων στο πλαίσιο των μεταπτυχιακών μαθημάτων στις γνωστικές εξής περιοχές: φυσικό αέριο, γεωθερμία, διοίκηση έργων, περιβαλλοντικός σχεδιασμός στη διαχείριση βιομηχανικών και ενεργειακών έργων, μεθοδολογία εκπόνησης επιστημονικών εργασιών-μελετών.
3. Επιτηρήσεις εξετάσεων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Διεθνής Βιβλιογραφία

1. Ackoff, R.L., Sengupta, S.S., (1965) Systems Theory from an Operational Research Point of View, *General Systems*, **10**, 43-48
2. Adenfelt, M., Lagerstrom, K., (2006) Knowledge development and sharing in multinational corporations: The case of a centre of excellence and a trans-national team, *International Business Review*, **15**(4), 381-400
3. Ahammed, M., (1998) Probabilistic Estimation of Remaining Life of a Pipeline in the Presence of Active Corrosion Models, *Pressure Vessels and Piping*, **75**, 321-329
4. Ahammed, M., Melchers, R.E., (1997) Probabilistic Analysis of Underground Pipelines subject to Combined Stress and Corrosion, *Engineering Structures*, **19**(12), 988-994
5. Albarran, J.L., Martinez, L., Lopez, H.F., (1999) Effect of Heat Treatment on the Stress Corrosion Resistance of a microalloyed Pipeline steel, *Corrosion Science*, **41**, 1037, 1049.
6. Al-Harbi, Al-Subhi, K.M., (2001) Application of the AHP in project management, *International Journal of Project Management*, **19**, 19-27
7. Alidi, A.Z., (1996) A multi-objective optimization model for the waste management of the petrochemical industry, *Applied Mathematical Modeling*, **20**(12), 925-933
8. Altrock, C., (1995) Fuzzy logic and Neurofuzzy applications explained, Prentice Hall, N.J.
9. Anderson, P.M., Wang, J-S., Rice, J.R., (1990) in: Olson GB, Azrin M., Wright, E.S. Editors. Innovation in ultrahigh strength steel technology, 619-649
10. Angus, J., Patel, J., (1998) Knowledge Management Cosmology, Information Week (διαθέσιμο στο διαδίκτυο)
11. Ansoff, I., (1984) *Implanting Strategic Management*, Engelwood Cliffs, NJ: Prentice Hall
12. Antoine, J., Fischer, G., Makowski, M., (1997) Multiple-criteria land use analysis, *Applied Mathematics and Computation*, **83**, 195-215
13. Avery, M., Chui, B., Kariya, Y.G., Larson, K., (2001) Hydrogen Induced Corrosion, *Material Science*, **112** Group Research Paper.
14. Avison, D.E., Fitzgerald, D., (1998) *Information Systems Development*, Blackwell Scientific Publications, Oxford
15. Axelsen, S.B., Rong, T., (1998) Do Microorganisms “eat” the metal? Microbiologically Influenced Corrosion of Industrial Materials, *BRRT-CT98-5084*.
16. Ayas, K., (1996) Professional project management: a shift towards learning and a knowledge creating structure, *International Journal of Project Management*, **14**(3), 131-136
17. Baik, H-S., Abraham, D.M., Gokhale, S., (2003) A decision support system for horizontal directional drilling, *Tunneling and Underground space Technology*, **18**(1), 99-109
18. Bailey, K., (2003) AMIS: Development of a GIS/Multicriteria Corridor Planning Methodology, Map Asia Conference, 13-15 October, Kuala Lumpur, Malaysia
19. Bal, J., (1998) Process analysis tools for process improvement, *The TQM Magazine*, **10**(5), 342-354
20. Bamkin, R. J., Pearcey, B. J., (1990) Knowledge-based material selection in design, *Materials and Design*, **11**(1), 25-29

21. Batis, G., Philopoulos, S., (1995) Soil Investigation Studies and the Design of Anti-Corrosion Systems for Gas Transmission Pipelines, 4th International Conference on Corrosion Revention of the European Gas Grid System, Amsterdam, 3-4/5/1995, the Netherlands
22. Batzias, A.F, Batzias, F.A, (2003) Multicriteria Choice of Industrial Management System for a Typical Greek Tunnery Operating in a Changing Environment, *4th European Congress of Chemical Engineers (ECCE-4)*, Granada, Spain, Sept 2003, included also in *Journal of Chemical Engineering and Technology* (J. Wiley), Jan 2004, O-2-003
23. Batzias A. F., Batzias F.A., (2003) Fuzzy fault tree analysis as a mechanism for technical support to small/medium electroplaters on a quasi-online/real time basis, *Proceedings IEEE ICIT*, Maribor, Slovenia, 36-41
24. Batzias, D.F., Pollalis, Y.A., (2009a) Strategies for Increasing the Market Share of Recycled Products—A Games Theory Approach, *AIP Conference Proceedings of the 6th International Conference of Computational Methods in Sciences and Engineering (ICCMSE 2009)*, August 13, **1148**, 633-639
25. Batzias, D.F., Pollalis, Y.A., (2009b) Tracing the transition path between optimal strategies combinations within a competitive market of innovative industrial products, *AIP Conference Proceedings of the 7th International Conference of Computational Methods in Sciences and Engineering (ICCMSE 2009)*, Rhodes, Greece, 29 September-4 October
26. Batzias, D.F., Pollalis, Y.A., Spanidis, P-M, (2010) Strategic decision making on pipeline routing as a fuzzy game between an oil/gas supplier and an intermediate customer, *AIP Conference Proceedings of the 8th International Conference of Computational Methods in Sciences and Engineering (ICCMSE 2010)*, Kos, Greece, 3-8 October
27. Batzias, D.F., Sorros, J.N., Spanidis, P-M., (2010) Forecasting of non-utilized knowledge depreciation as a supplementary means for R&D policy making by an industrial enterprise, *AIP Conference Proceedings of the 8th International Conference of Computational Methods in Sciences and Engineering (ICCMSE 2010)*, Kos, Greece, 3-8 October
28. Batzias, D.F., Sorros, J.N., (2008) On the depreciation of intellectual capital accumulated within a R&D department of an industrial enterprise, *Proc. of International Conference on Management and Marketing Sciences (ICMMS 2008)*, Athens, Greece, May
29. Batzias, F.A., (1987) Design of an Interlaboratory Network for Fault Detection in Industrial Production Processes, *System Fault Diagnostics, Reliability and Related Knowledge-Based Approaches*, 2, 239-252
30. Batzias, F., Arnaoutis, S. (1989) Design of an Expert System for Corrosion Diagnosis in an Industrial Environment, *Dechema-Monographs*, **16**, Verlagsgesellschaft
31. Batzias, F., Kakos, A.S., Nikolaou, N.P. (2005) Computer–Aided Dimensional Analysis for Knowledge Management in Chemical Engineering Processes, *Journal of Computational Methods in Science and Engineering*, **5**, 47-59
32. Batzias, F., Markoulaki, E., (2002) Restructuring the Keywords Interface to enhance ComputerAided Process Engineering, *Computer Aided Chemical Engineering*, **10**, 829-834
33. Batzias F., Res, Z., (2005) Advanced Quantitative Methods for Managers, *Hellenic Open Uniersity*, **3**, 255-266
34. Batzias, F., Siontorou, C., (2005) Investigating the Causes of Biosensor SNR Decrease by Means of Fault Tree Analysis, *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, **54**(4), 1395-1406
35. Batzias F., Spanidis, P., (2003) An Ontological approach to Knowledge Management in Engineering Companies of the Energy Sector, *Sustainable World, International Series Energy and Environment*, WIT Press Computational Mechanics Inc. Boston Massachusetts, USA, **7**, 349-359

36. Batzias F., Spanidis, P.-M., (2008a) Identifying Knowledge Gaps in Engineering Companies: The Case of the Natural Gas Project in Greece, 18th International Congress of Chemical and Process Engineering, 24-28 August, Prague, Czech Republic
37. Batzias F., Spanidis, P.-M., (2008b) Bridging Knowledge Gaps in Engineering Companies: The Case of Pipeline River Crossings in Greece, 8th JCKBSE, 23-28 August, Piraeus, Greece
38. Batzias F., Spanidis, P., (2008c) A Model for Oil/Gas Pipelines Cost Prediction based on a Data Mining Process, International Conference of Computational Methods in Sciences and Engineering (ICCMSE), Crete, 25-30 September
39. Batzias, F., Spanidis, P.-M., (2008d) Balancing economic and environmental cost in hydrocarbons transporting/storing/processing systems—A knowledge based approach, 18th International Congress of Chemical and Process Engineering, 24-28 August, Prague, Czech Republic
40. Batzias F., Spanidis, P.-M., Siontorou, C., (2008) Biosensor design for detection of natural gas leakage during transporting/storing/processing, 18th International Congress of Chemical and Process Engineering, 24-28 August, Prague, Czech Republic
41. Batzias F., Spanidis, P.-M., (2009) Developing Knowledge Management in Engineering Companies: the case of the Natural Gas Project in Greece, paper in press.
42. Beech, I.B., Gaylarde, C.C., (1999) Recent advances in the study of Bio-corrosion: An overview, *Revista de Microbiologia*, **30**(3)
43. Beech, I., Bergel, A., Mollica, A., Flemming H-K., Scotto, V., Sand, W., (2000) Microbiologically Influenced Corrosion of Industrial Materials, Brite-Euram III Thematic Network No ERB BRRT-CT98-5084, Biocorrosion 00-02.
44. Beechem, C.D. (1972) *Metallurgical Transactions*, **34**, 37
45. Bellos, V., Leopoulos, V., Sfantsikopoulos, (2003) On the state of the art of cost estimation and cost uncertainty analysis, *Transactions of Computers*, **4**(2), 1188-1195
46. Bogaerts, W.F., Agema, K., (1992) Active Library on Corrosion, Elsevier Science Publishers, Amsterdam, The Netherlands
47. Booth, G.H., Tiller, A.K. (1960) Polarization studies of mild steel in cultures of Sulfate-Reducing Bacteria, *Transactions of the Faraday Society*, **58**, 2510-2516.
48. Botsis, C., Anagnostidis, G., Sariyiannis, A., Kokavesis, N., (2004) An overview of the Seismic Verification Analyses performed for Natural Gas Pipeline Networks, *Seismic Engineering, PVP*, **486**, 7
49. Brans, J.P., Vincke, Ph., (1985) A preference ranking organization method, *Management Science*, **31**, 647-656.
50. Brans, J.P., Vincke, Ph., Marechal, B., (1986) How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method, *European Journal of Operational Research*, **24**, 228-238
51. Brenner, C., Kurdoglou, C., (1988) Maturing Technology: Engineering Services Firms in Developing Countries, OECD Development Centre, Paris
52. Bresnen, M., Edelman, L., Newell, S., Scarborough, H., Swan, J. (2003) Social Practices and the Management of Knowledge in project environments, *International Journal of Project Management* **21**, 157-166
53. Brinbaum, H.K., (1994) Hydrogen effects on deformation relation between dislocation behaviour and the macroscopic stress-strain behaviour, *Scr. Metallurg.*, **31**, 149-153
54. Brinkley, I., Lee, N., (2006) The knowledge economy in Europe, A report prepared for the 2007 EU Spring Council, The Work Foundation
55. Brooks, N. J., Morton, S. C., Dainty, A. R. J., Burns, N. D., (2006) Social processes, patterns and practices and project knowledge management: A theoretical framework and an empirical investigation, *International Journal of Project Management*, **24**, 474-482
56. Brown, J.S., (1999) Sustaining the Ecology of Knowledge, *Leader to Leader*, 12, Spring

57. Bruno, T.V., (1997) SCC Resistance of Pipeline Welds, Task Group T-IF-23 on Sulfide Stress Cracking, Resistance of Pipeline welds, Metallurgical Consultants, Inc. Houston Texas.
58. Bullinger, H.-J., Worner, K., Prieto, J., (1998) Wissenmanagement-Modelle und Strategien für die Praxis, *Wissenmanagement Schritte zum intelligenten Unternehmen*, Springer, 21-30
59. Burns, D.S. (1976) *Material Performance* **15**, 21
60. Butcher, S., Charlson, R., Orians, G., Wolfe, G., (1994) *Global Biogeochemical Cycles*, Academic Press Limited
61. Caloghirou, Y., Mourelatos, A. Roboli, A. (1996) Macroeconomic impacts of natural gas introduction in Greece, *Energy Policy*, **10**, 899-909
62. Caloghirou, Y., Vonortas, N., Kastelli, I., (1999) Research Joint Ventures: A Theoretical Approach, NTUA, Programme TSER of EC.
63. Carayannis, E., (1999) Fostering Synergies between information technology and managerial and organizational cognition: the role of knowledge management, *Technovation*, **19**, 219-231
64. Carayannis, E., Alexander, J., Ioannidis, A., (2000) Leveraging knowledge, learning and innovation in forming strategic government-university-industry (GUI) R&D partnerships in the US, Germany and France, *Technovation*, **20**, 477-488
65. Cerny, I., Linhart, V., (2004) An evaluation of the Resistance of Pipeline Steels to initiation and early growth of Stress Corrosion Cracks, *Engineering Fracture Mechanics*, **71**(4-6), 913-921
66. Chamberlain, G.A., (2006) Management of large LNG hazards, *23rd World Gas Conference*, Amsterdam
67. Chan, C. W., (1992) Knowledge acquisition by conceptual modeling, *Appl. Math. Letters* **5**(3), 7-12
68. Chan, C., (2004) Towards Ontology Construction for an Industrial Domain, *Proceedings of the 3rd IEEE International Conference on Cognitive Informatics (ICCI' 04)*
69. Chan, C., (2005) An expert decision support system for monitoring and diagnosis of petroleum production and separation processes, *Expert Systems with Applications*, **29**, 131-143
70. Chandler, A.D., (1977) *Strategy and Structure: chapters in history of Industrial Enterprise*, Cambridge MA: The MIT Press
71. Chang, A.S., Lew, S.S., (2006) Data mining model for identifying project profitability variables, *International Journal of Project Management*, **24**, 199-206
72. Chattoraj, I., Tiwari, S. B., Ray, A.K., Mitra, A., Das S.K. (1995) Investigation of the Mechanical Degradation of a steel line pipe due to Hydrogen Ingress during exposure to a Simulated Sour Environment, *Corrosion Science*, **37**(6), 885-896
73. Choi, B., Lee., H., (2003) An empirical investigation of KM styles and their effect on corporate performance, *Information and Management*, **40**, 403-417
74. Chong, N.B., Uden, L., Naaranoja, M., (2007) Knowledge Management System for Construction Projects in Finland, *International Journal of Project Management Studies*, **1**(3/4)
75. Cooke, R.M., Jager, E., (1998) A Probabilistic Model for the Failure Frequency of Underground Gas Pipelines, *Risk Analysis* **18**(4), 511-527
76. Conroy, G., Soltan, H. (1997) ConSERV, a Methodology for Managing Multi-disciplinary Engineering Design Projects, *International Journal of Project Management*, **15**(2), 121-132

77. Corbett, K.T., Bowen, R.R., Petersen, C.W., (2003) High Strength Steel Pipeline Economics, *Proceedings of the 13th International Offshore and Polar Engineering Conference*, Honolulu, Hawaii, US, May 25-30 2003.
78. Cordesman, A.H., (2002) Geopolitics and Energy, Key Trends, Center for Strategic and International Studies, Washington DC, US
79. Costello, J.A. (1974) Cathodic Depolarization by Sulphate-Reducing Bacteria, *South African Journal of Science*, **70**, 202-204
80. Cross, R., (2000) Technology is not enough: Improving Performance by Building Organizational Memory. *Sloan Management Review*, **41**(3), 41-54
81. Cross, J., Huang, J., Lin, K., Woo, R., (2001) Stress Corrosion Cracking, *Materials Science Engineering* **112**, Prof. Doyle, March 5
82. Cushman, M., Franco, L. A., Rosenhead, J. (2001) Learning from Partners in the Construction Industry: A feedback approach to Cross-Organization Learning, Department of Information Systems, London School of Economics and Political Science, Working Paper Series
83. Davenport, T.H. (1993) *Process Innovation: Reengineering Work through Information Technology*, Harvard Business School Press, Boston, MA
84. Davenport, T.H., (1998) Successful knowledge management projects, *Sloan Management Review*, Winter
85. Davenport, T.H., Prusak, L., (1998) *Working knowledge. How organizations manage what they know*, Cambridge, MA: Harvard Business School Press
86. Day, N.B., (1998) Pipeline Route Selection for Rural and Cross-Country Pipelines, *ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice*, No. **46**
87. Delwiche, C.C. (1981) The nitrogen cycle and nitrous oxide, in *Denitrification, Nitrification and Atmospheric Nitrous Oxide*, 1-15, John Wiley NY
88. De-Miranda Mota, C. M., De Almeida, A. T., Alencar, L.H., (2009) A multiple criteria decision model for assigning priorities to activities in project management, *International Journal of Project Management*, **27**, 175-181
89. Dey, P.K., Tabucanon, M., Ogunlana, S., (1996) Petroleum pipeline construction planning: a conceptual framework, *International Journal of Project Management*, **14**(4), 231-240.
90. Dey, P.K., (1999) Process Re-Engineering for Effective Implementation of Projects, *International Journal of Project Management*, **17**(3), 147-159
91. Dey, P.K., Gupta, S.S., (2000) Analytical Hierarchy Process boosts risk analysis objectivity, *Pipeline and Gas Industry*, September, 69-72
92. Dey, P.K., (2001) A risk-based model for inspection and maintenance of cross-country petroleum pipeline, *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, **7**, 25-41
93. Dey, P.K., Gupta, S.S., (2001) Feasibility analysis of cross-country pipeline projects: A quantitative approach, *Project Management Journal*, **32**(4), 50-58
94. Dey, P.K., (2002) An integrated assessment model for cross-country pipelines, *Environmental Impact Assessment Review*, **22**, 703-712
95. Dey, P.K. (2006) Integrated project evaluation and selection using multiple-attribute decision making technique, *International Journal of Production Economics*, **103**, 90-103
96. Drucker, P.F., (1992) *Managing for the Future: The 1990's and Beyond*, Truman Talley Books, Dutton, NY
97. Dubiel, M., Hsu, C., Chien, C.C., Mansfield, F., Newman, D.K., (2001) Microbial Iron Respiration can protect steel from Corrosion, *Applied and Environmental Microbiology*, 1440-1445

98. Dubois, D., Prade, H., (1978) Operations on Fuzzy Numbers, *International Journal of Systems Science*, **9**(6), 613-626
99. Dunham, M.H. (2002) *Data Mining*, Pearson Education Ltd
100. Dyer, J., Lund, R., Larsen, J., Kumar, V., Leone, R., (1990) A Decision Support system for prioritizing oil and gas exploration activities, *Operations Research*, **38**(3), 386-396
101. Eden, C., (1988) Cognitive mapping, *European Journal of Operational Research*, **36**, 1-13
102. Edwards, W., (1977) How to use multiattribute utility measurement for social decision making, *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, SMC-7, 326-340
103. Edwards, W., Barron, F.H., (1994) SARMTS and SMARTER: Improved simple methods for multiattribute utility measurements, *Organizational Behavior and Decision Processes*, **60**, 306-325
104. El-Diraby, T.E., Zhang, J., (2006) A semantic framework to support corporate memory management in building construction, *Automation in Construction*, **15**(4), 504-521
105. Emenike, C.O., (1993) The application of Knowledge-based Systems to corrosion management, *Materials and Design*, **14**(6), 331-337
106. Erlings, J.G., Groot, H.W., Nauta, J., (1987) The Effect of Slow Plastic and Elastic Straining on Sulfide Stress Cracking and Hydrogen Embrittlement of 3.5% Ni Steel and API 5L X60 Pipeline Steel, *Corrosion Science*, **27**(10-11), 1153-1167
107. Esteban, A., Hernandez, V., Lunsford, K., (2000) Exploit the Benefits of Methanol, Proceedings of 79th GPA Annual Convention, Atlanta, GA.
108. Evers, H.-D., (2002) Knowledge society and the knowledge gap, International Conference Globalization, Culture and Inequalities, University Kebansaan, Malaysia, 19-21 August
109. Fahay, L., Srivastava, R., Sharon, J.S., Smith, D.E., (2001) Linking e-business and operating processes: The role of knowledge management, *IBM Systems Journal*, **40**(4), 889-907
110. Fayyad, U., Piatetsky-Shapiro, G., Smyth, P., (1996) From Data Mining to Knowledge Discovery in Databases, *AI Magazine*, Fall, 37-54
111. Fayyad, U., Stolorz, P. (1997) Data Mining and KDD: Promise and challenges, *Future Generation Computer Systems*, **13**, 99-115
112. Feelders, A., Daniels, H., Holsheimer, M., (2000) Methodological and practical aspects of data mining, *Information and Management*, **37**, 271-281
113. Feldman, S., Pelletier, R., Walser, E., Smoot, J., Ahl, D., (1995) A prototype for pipeline routing using remotely sensed data and geographic information system analysis, *Remote Sensing and Environment*, **53**, 123-131
114. Foss, M. M., (2004) Introduction to LNG, Center of Energy Economics, Jackson School of Geosciences, The University of Texas, Austin, www.beg.utexas.edu/energyecon/lng
115. Fotilas, P., Batzias, F. (2008) A Modelling Procedure by Means of Multicriteria Analysis-Application in the Case of Specific Surface Estimation of Anodized Aluminium, *American Institute of Physics (AIP) Conference Proceedings*, forthcoming.
116. Fotilas, P., Batzias, F. (2007) Synthesizing Equivalence Indices for the Comparative Evaluation of Technoeconomic Efficiency of Industrial Processes at the Design-Reengineering Level, *American Institute of Physics (AIP) Conference Proceedings*, **963**, 884-889
117. Freedman, A., (1999) MIC: Putting the Problem in Perspective, *Analyst*, Summer
118. Gallupe, B., (2001) Knowledge management systems: surveying the landscape, *International Journal of Management Review*, **3**(1), 61-77
119. Garvin, D.A. (1995) Leveraging Processes for Strategic Advantage, *Harvard Business Review*, September-October, **73**, 76-90
120. Garvin, D.A. (1998) The processes of organization and management, *Sloan Management Review*, Summer

121. Geiser, M., Avci, R., Lewandowski, Z., (2002) Microbially initiated pitting on 316L stainless steel, *International Biodeterioration and Biodegradation*, **49**, 235-243
122. Geng, L., Chen, Z., Chan, C., Huang, G., (2001) An intelligent decision support system for management of petroleum-contaminated sites, *Expert Systems with Applications*, **20**, 251-260
123. Gerlach, R., Baumewerd-Schmidt, H., van de Borg, K., Eckmeier, E., Schmidt, M., (2006) Prehistoric alteration of soil in the Lower Rhine Basin, Northwest Germany-archaeological, ^{14}C and geochemical evidence, *Geoderma*, **136**(1-2), 38-50
124. Gessey, G.G., Gillis, R.J., Avci, R., Daly, D., Hamilton, M., Shope, P., Harkin, G. (1996) The influence of surface features on Bacterial Colonization and subsequent substratum Chemical Changes of 316L stainless steel, *Corrosion Science*, **38**(1), 73-95.
125. Gilmore, N., Pace, R. (2006) GIS-Based Growth Projections Guide Network Capacity Adjustments, 37th Annual Meeting for Pipeline Simulation Interest Group's (PSIG), Nov. 7-9, San Antonio, US.
126. Ginzel, R.K., Kanters, W.A. (2002) Pipeline Corrosion and Cracking and the Associated Calibration Considerations for Same Side Sizing Applications, *NDT.net* 7, July
127. Globerson, S., Korman, A., (2001) The use of just-in time training in a project environment, *International Journal of Project Management*, **19**(5), 279-285
128. Goedecke, H. (2003) Ultrasonic or MFL Inspection: Which Technology is better for you? *Pipeline and Gas Journal*, October, 34-41
129. Gordon, J.L., (2000) Creating knowledge maps by exploiting dependent relationships, *Knowledge-Based Systems*, **13**, 71-79
130. Graham-Jones, P.J., Mellor, B.G. (1995) Expert and Knowledge-Based Systems Failure Analysis, *Engineering Failure Analysis*, **2**, 137-149
131. Grant, R.M., (1996) Toward a knowledge-based theory of the firm, *Strategic Management Journal*, **17**, 109-122
132. Grimmin, S., Hitzler, P., Abecker, A., (2007) Knowledge Representation and Ontologies, *Technology and Applications*, Springer, Berlin, 51-106
133. Groszof, B., Volz, R., Horrocks, I., Decker, S., (2003) Description Logic Programs: Combining Logic Programs with Description Logic, *WWW2003*, May 20-24, Budapest, Hungary
134. Gualtieri, A., Ruffolo, M., (2005) An Ontology-Based Framework for Representing Organizational Knowledge, *Proceedings of I-KNOW' 05*, Graz, Austria, June 29-July 1
135. Guo, J.X., Li, J.X., Qiao, L.J., Gao, K.W., Chu, W.Y., (2003) Stress Corrosion Cracking and Hydrogen Induced Cracking of amorphous $\text{Fe}_{74.5}\text{Ni}_{10}\text{Si}_{3.5}\text{B}_9\text{C}_2$, *Corrosion Science*, **45**, 735-745
136. Hall, R., Andriani, P. (2003) Managing Knowledge associated with Innovation, *Journal of Business Research*, **56**(2), 145-152
137. Hardy, J.A., (1983) Utilization of Cathodic Hydrogen by Sulphate Reducing Bacteria, *British Corrosion Journal*, **18**(4), 190-193
138. Hengesh, J.V., Angell, M., Lettis, W.R., Bachhuber, J.L., (2004) A systematic approach for mitigating geo-hazards in pipeline design and construction, *Proceedings of Biennial International Pipeline Conference, IPC*
139. Heren, P., (1999) Removing the Government from European Gas, *Energy Policy*, **27**, 3-8
140. Hildreth P.M., Kimble, C., (2002) The duality of knowledge, *Information Research*, **8**(1), October (<http://information.net/ir/8-1/paper142.html>)
141. Hill, D.E., Remus, B.J., Undesser, M.J. (1987) Control of Microbiological Related problems in the Kuparuk River Unit water flood, *Corrosion* **87**(378), NACE San Francisco

142. Hirth, J.P., Rice, J.R., (1980) On the thermodynamics of adsorption at interfaces as it influences decohesion, *Metallurgical Transactions*, **11A**, 1501-1511
143. Hondros, E.D., Krockel, H., Streiff, R., (1989) Computerized representation of data and knowledge on high temperature corrosion and corrosion control, *Materials Science and Engineering*, **120-121(2)**, 685-691
144. Horiuchi, S., Suzuki, Y., Inoue, T., Matsuyuki, Y., Yamamura, T., (2004) A study for application of ontology for OSS development, *Proceedings of the 2004 IEICE Society Conference*
145. Jackson, P., Klobas, J., (2008) Building knowledge in projects: A practical application of social constructivism to information systems development, *International Journal of Project Management*, **26(4)**, 329-337
146. Jeffrey, S., Harding, P.E., (1995) A crash course in project engineering, *Chemical Engineering*, July, 118-126
147. Johnson, H.H., Lin, R.W., (1981) Hydrogen and Deuterium trapping in iron. In: Bernstein, I.M., Thompson, A.W., (Eds), *Hydrogen Effects in Metals*, *Metallurgical Society of AIME*, NY, 3-23.
148. Jung, M., (2002) *Corrosion and Corrosion Protection of Underground Steel Pipelines*, Revision 2, SSS Korrosionsschutztechnik GmbH, Essen, Germany
149. Jung, J., Choi, I., Song, M., (2007) An Integration Architecture for Knowledge Management Systems and Business Process Management, *Computers in Industry*, **58(1)**, 21-34
150. Kalpic, B., Bernus, P., (2006) Business Process Modeling in Industry –The powerful tool in Enterprise Management, *Computers in Industry*, **47(3)**, 299-318
151. Kamara, J.M., Anumba, C.J., Carrillo, P., (2002) A CLEVER approach to selecting a Knowledge Management Strategy, *International Journal of Project Management*, **20**, 205-211
152. Kasvi, J., Vartiainen, M., Hilikari, M., (2003) Managing knowledge and knowledge competences in projects and project organizations, *International Journal of Project Management*, **21(8)**, 571-582
153. Kent, R.E., (2000) *The Information Flow of Foundation for Conceptual Knowledge Organization*, *ISKO 6*.
154. Kerkhof, J., Williams, L., Mah, K., Kmet, J., (2002) Transcanada pipelines: An expert advisory system for pipeline operations, *Proceedings of 4th International Pipeline Conference*, September 29-October 3, Calgary, Alberta, Canada
155. Kim, I. S., Jeong, Y. J., Lee, C. W., Yarlagadda, K. D. V., (2003) Prediction of welding parameters for pipeline welding using an intelligent system, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, **22(9-10)**, 713-719
156. Kim, C-H., Weston, R.H., Hodgson, A., Lee, K-H., (2003) The complementary use of IDEF and UML modelling approaches, *Computers in Industry*, **50**, 35-56
157. Klaasen, G., McDonald, A., Zhao, J., (2001) The future of gas infrastructures in Eurasia, *Energy Policy*, **29**, 399-413
158. Koop, G., (2006) *Analysis of Financial Data*, John Wiley and Sons, Ltd
159. Koskinen, K.U., Pihlanto, P., Vanharanta, H., (2003) Tacit knowledge acquisition and sharing in a project work context, *International Journal of Project Management*, **21(4)**, 281-290
160. Kouloumbi, N., Batis, G., Kioupiis, N., Asteridis, P., (2002) Study of the effect of AC-interference on the cathodic protection of a gas pipeline, *Anti-Corrosion Methods and Materials*, **49(5)**, 335-345

161. Knight, J.C., Nakano, L.G., (1997) Software Test Techniques for System Fault Tree Analysis, *16th International Conf. on Computer Safety, Reliability and Security*, University of York, UK
162. Krom, A.H.M., Bakker, A., Koers, R.W.J., (1997) Modeling Hydrogen Induced Cracking in steel using a Coupled Diffusion Stress Finite Element Analysis, *International Journal of Pressure Vessels & Piping*, **72**, 139-147
163. Kruger, S.E., Rebello, J.M.A., Camargo, P.C., (1999) Hydrogen Damage Detection by Ultrasonic Spectral Analysis, *NDT&E*, **32**, 275-281
164. Kucza, T., (2001) Knowledge Management Process Model, Technical Research Center of Finland, Espoo
165. Kuhn, O., Abecker, A., (1997) Corporate memories for knowledge management in industrial practice: prospects and challenges, *Journal of Universal Computer Science*, **3**, 929-954
166. Kuhr, Von Wolzogen, C.A.H., Van der Vlugt, L.S., (1934) Graphication of cast iron as an Electro-Bio-Chemical Process in Anaerobic Soils, *Water*, **18**, 147-165
167. Kusiak, A., Larson, T.N., Juite, W., (1994) Reengineering of Design and Manufacturing Processes, *Computers and Industrial Engineering*, **26**, 521-536
168. Lahti, K. R., (2000) Knowledge Transfer and Management Consulting: A look at the firm, *Business Horizons*, **43**(1), 65-74
169. Lam, A., (2000) Tacit and Organizational Learning and Social Institutions: An Integrated Framework, *Organization Studies*, **21**(3), 487-513
170. Laudon, K.C., Laudon, J.P., (2002) Essential of management information systems (5th ed.) N.J.: Prentice Hall
171. Lawson, D.R., (1988) The Nitrogen Species Methods Comparison Study: An Overview, *Atmospheric Environment*, **22**, 1517
172. Leonard-Barton, D., (1995) Wellsprings of Knowledge: Building and Sustaining the Sources of Innovation, Harvard Business School Press
173. Lewandowski, D., (2002) Gas Pipelines Corrosion Data Analysis and Related Topics, A thesis submitted to the Delft University of Technology in conformity with the requirements of the degree of Master of Science
174. Li, S.Y., Kim, Y.G., Kho, Y.T., (2001) Microbiologically Influenced Corrosion of Underground pipelines under Disbonded Coatings, Technical report, R&D Center, Korea Gas Corporation
175. Liang, L., Korte, N., Gu, B., Puls, R., Reeter, C., (2000) Geochemical and Microbial Reactions affecting the Long-Term Performance of In-Situ "Iron-Barriers", *Advances in Environmental Research*, **4**, 273-286
176. Liang, Y., Sofronis, P., (2003) Toward a Phenomenological description of Hydrogen Induced Decohesion at Particle/matrix interfaces, *Journal of Mechanics & Physics of Solids*, **51**, 1509-1531.
177. Liao, S-H., (2003) Knowledge Management Technologies and Applications-Literature Review from 1995 to 2002, *Expert Systems with Applications*, **25**, 155-164
178. Liao, W., Zhan, Z-H., Mount, C.R., (1999) An integrated Database and Expert System for Failure mechanism identification: Part I-Automated Knowledge Acquisition, *Engineering Failure Analysis*, **6**, 387-406
179. Liebowitz, J., (2001) Knowledge management and its link to artificial intelligence, *Experts Systems With Applications*, **20**, 1-6
180. Liebowitz, J., Megbolougbe, I., (2003) A Set of Frameworks to aid the Project Manager in Conceptualizing and Implementing Knowledge Management Initiatives, *International Journal of Project Management*, **2**, 189-198

181. Lin, C., Yeh, J.-M., Tseng, S.-M., (2005) Case study on knowledge management gaps, *Journal of Knowledge Management*, 9(3), 36-50
182. Linstone, H.A., Turoff, M., Helmer, O., (2002) The Delphi Method-Techniques and Applications
183. Lang, J.C., (2001) Managerial concerns in Knowledge Management, *Journal of Knowledge Management*, 5(1), 43-57
184. Lorrach, N. P., Pierce, J. C., John, P. C., (1984) Knowledge gap phenomena: effect of situation-specific and trans-situational factors, *Communication Research*, 11, 415-435
185. Malczewski, J., (1999) GIS and Multiple Criteria Decision Analysis, Wiley Publications
186. Manfredi, C., Otegui, J.L., (2002) Failures by SCC in buried Pipelines, *Engineering Failure Analysis*, 9, 495-509.
187. Manning, R.A., (2000) The Myth of the Caspian Great Game and the 'New Persian Gulf', *The Brown Journal of World Affairs*, VIII (2), 15-33
188. Mao, S.X., Li, M., (1998) Mechanics and Thermodynamics on the Stress and Hydrogen Interaction in Crack Tip Stress Corrosion: experiment and Theory, *Journal of Mechanics and Physics of Soils*, 46(6), 1125-1137
189. Margot-Marette, H., Bardou, G., Charbonnier, J.C., (1987) The Application of the Slow Rate Test Method for the development of Linepipe Steels Resistant to Sulfide Stress Cracking, *Corrosion Science*, 27(10-11), 1009-1026
190. Matelli, J.A., Bazzo, E., da Silva, J.C., (2009) An expert system prototype for designing natural gas cogeneration plants, *Expert Systems with Applications*, 36, 8375-8384
191. Maturana, H., Varela, F., (1984) The tree of knowledge, εκδόσεις Κάτοπτρο
192. McBriar, I., Smith, C., Bain, G., Unsworth, P., Magraw, S., Gordon, J.L., (2003) Risk, gap and strength: Key concepts in knowledge management, *Knowledge-Based Systems*, 16, 29-36
193. McMahon, C.J., (2001) Hydrogen Induced Intergranular Fracture of steels, *Engineering Fracture Mechanics*, 68, 773-788
194. Menzel, C., Mayer, R., (2004) The IDEF family of Languages (διαθέσιμη στο διαδίκτυο)
195. Michaels, J., Wood, W., (1989) Design to Cost (New Dimensions in Engineering), Wiley and Sons, Canada
196. Might, J., Duquette, D.J., (1996) *Corrosion Science*, (NACE), 52(6), 428-434
197. Mittleman, M.W., (2001) Microbiologically Influenced Corrosion of Sprinkler Piping, *PM Engineer*, May
198. Mohitpour, M., Golshan, H., Murray, A., (2003) Pipeline Design and Construction: A Practical Approach, ASME Press, 2nd edition, NY
199. Moore, E.M., Varga, J.J., (1976) *Materials Performance*, 15, 17
200. Munasighe, M., (1993) Environmental issues and economic decisions in developing countries, *World Development*, 21(11), 1729-1748
201. Nataraj, S., (2005) Analytic Hierarchy Process as a decision-support system in the petroleum pipeline industry, *Issues in Information Systems*, VI(2), 16-21
202. Nestelroth, J.B., Bubenik, T.A., (1999) Magnetic Flux Leakage Technology for Natural Gas Pipeline Inspection, US National Technical Information Center, Optional Form 74-77
203. Ndlela, L. T., du Toit A. S. A., (2001) Establishing a knowledge management programme for competitive advantage in an enterprise, *International Journal of Project Management* 21, 151-165
204. Nickols, F., (2004) Knowledge Management and Process Performance: Implications for Action, Distance Consulting
205. Nonaka, I., (1994) A dynamic theory of organizational knowledge creating, *Organization Science*, 5, 14-37

206. Nonaka, I., Takeuchi, H. (1995) *The Knowledge-Creating Company*, Oxford University Press
207. Novak, J. D., Canas, A., (2008) *The Theory of Underlying Concept Maps and How to Construct and Use Them*, Technical Report IHMC, CmapTools, 2006-01, Rev-01-2008, Florida Institute for Human and Machine Cognition
208. Nurmi, R., (1998) Knowledge-intensive firms, *Business Horizons*, **41**(3), 26-32
209. Neuroth, M., Mac Connell, P., Stronach, F., Vamplew, P., (2000) Improved modeling and control of oil and gas transport facility operations using artificial intelligence, *Knowledge-Based Systems*, **13**(2-3), 81-92
210. Okamoto, J.Jr., Adamowski, J.C., Tsuzuki, S.G., Buiochi, F., Camerini, C.S., (1999) Autonomous System for Oil Pipelines Inspection, *Mechatronics*, **9**, 731-743
211. Olcott, M.B., (1999) Pipelines and Pipe Dreams: Energy Development and Caspian Society, *Journal of International Affairs*, **53**(1), 305-323
212. O'Leary, D.E., (1998) Enterprise knowledge management, *IEEE Computer*, **31**(3), 37-43
213. Ogutcu, M., (1995) Eurasian Energy Prospects and Politics, *Futures*, **27**(1), 37-63
214. Oriani, R.A., Josephic, P.H., (1974) Equilibrium Aspects of Hydrogen Induced Cracking of steels, *Acta Metallurgica*, **22**, 1065-1074
215. Ossela, A., Favetto, A., (2000) Effects of Soil Resistivity on currents induced on Pipelines, *Journal of Applied Geophysics*, **44**, 303-312
216. Palmer-Jones, R., Paisley, D., (2000) Repairing Internal Corrosion Defects in Pipelines, *4th International Pipeline Rehabilitation and Maintenance Conference*, Prague, September
217. Panagopoulos, C.N., El-Amoush, A.S., Agathocleous, P.E., (1998) Hydrogen Induced Cracking and Blistering in α -brass, *Corrosion Science*, **40**(11), 1837-1844.
218. Pandian, S., (2005) The political economy of trans-Pakistan gas pipeline project: assessing the political and economic risks for India, *Energy Policy*, **33**(5), 659-670
219. Pankhania, I.P., Moosavi, A.N., Hamilton, W.A., (1986) Utilization of Cathodic Hydrogen Desulfovibrio Vulgaris, *Journal of General Microbiology*, **132**, 3357-3365
220. Pappavassiliou, G., Ntioudis, S., Abecker, A., Mentzas, G., (2002) Managing knowledge in weakly structured administrative processes, *OKLC-2002*, Athens 5-6 April
221. Parkins, R.N., O'Dell, C.S., Fessler, R.R., (1984) Factors affecting the Potential of Galvanostatically Polarised Pipeline Steel in relation to SCC in CO₂ – HCO₃ Solution, *Corrosion Science*, **24**(4), 343-374
222. Percebois, J., (1999) The gas deregulation process in Europe: economic and political approach, *Energy Policy*, **27**, 9-15
223. Perdomo, J.L., Morales, J.L., Vilorio, A., (1999) Three Models used to predict Internal Corrosion in Gas Lines, *Pipeline and Gas Industry*, **82**(8)
224. Petelot, D., Galis, M.G., Sulmont, A., (1986) Corrosive H₂S Environments Study by Hydrogen Permeation Measurements-Correlation with HIC and SSC Test Results, *Corrosion*/**86**(165), Houston, Texas, NACE
225. Pidwirny, M., (2006) *Introduction to Geographical Information Systems, Fundamentals of Physical Geography*, 2nd edition
226. Polanyi, M., (1966) *The Tacit Dimension*; Editor: Rutledge and Keegan Paul, London
227. Polasek, J., Inglesias-Silva, G., (1992) Using Mixed Amine Solutions for Gas Sweetening, *Proceedings of the 71st GPA Annual Convention*, Tulsa, OK, 58-63.
228. Pope, D.H., Morris, E.A., (1995) Some experiences with Microbiologically Influenced Corrosion of Pipelines, *Materials Performance*, May, 23-28
229. Price, A. D. F., (1995) *Financing International Projects*, International Labor Office, Geneva
230. Probst, G., Raub, S., Romhardt, K., (2000) *Wissen managen. Wie Unternehmen ihre wertvollste Resource optimal nutzen*. Wiesbaden: Gabler

231. Radetzki, M., (1999) European natural gas: market forces will bring about competition in any way, *Energy Policy*, **27**, 17-24
232. Rahman, S., Khan, F., Veitch, B., Amyotte, P., (2009) ExpHAZOP⁺: Knowledge-based expert system to conduct automated HAZOP analysis, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, **22**, 373-380
233. Rainha, V.L., Fonseca, T.E., (1997) Kinetic studies on the SRB Influenced Corrosion of steel: a first approach, *Corrosion Science*, **39**(4), 807-813
234. Rajan, V.B., Hirth, J.P., (1987) Effect of hydrogen on four point bend tests of U-notched AISI 1090 steel, *Metallurgical Transactions*, **18A**, 335-340
235. Ramaprasad, A., Prakash, A.N., (2003) Emergent project management: how foreign managers can leverage local knowledge, *International Journal of Project Management*, **21**(3), 199-205
236. Regev, S., A. Shtub, A., B.H. Yakov, B.H., (2006) Managing project risks as knowledge gaps, *Project Management Journal*, **37**, 17-25
237. Reinmann-Rothmeier, G., Mandl, H., (2000) Individuelles Wissenmanagement. Strategien für den persönlichen Umgang mit Information und Wissen am Arbeitsplatz, Göttingen: Hogrefe
238. Rice, J.R., Wang J-S., (1989) Embrittlements of interfaces solute segregation, *Material Science and Engineering*, **A**(107), 23-40
239. Rigs, W., (1983) The Delphi Technique-An Experimental Evaluation, *Technological Forecasting and Social Change*, **23**, 89-94
240. Riis, J.O., Mikkelsen, H., (1997) Capturing the nature of a project in the initial phase: Early identification of focal areas, *Project Management*, **3**, 18-22
241. Roberge, P., (2000) Handbook of Corrosion Engineering, McGraw-Hill, 283-284
242. Roberts, J., (1973) Engineering Consultancy, Industrialization and Development, in science, Technology and Development, Cooper Ch.(ed), Frank Cass, London, p.39
243. Robinson, P., (1989) Role of the Expert System in Project Management, *International Journal of Project Management*, **7**(1), 25-28
244. Ross, D.T., (1977) Structured Analysis (SA): a language for communicating ideas, *IEEE Transactions Software Engineering*, **SE-3**, 16-24
245. Ross, T., (1995) Fuzzy logic with engineering applications, McGraw Hill, N.Y.
246. Saniere, A., Henaut, I., Argillier, J.F., (2004) Pipeline Transportation of Heavy Oils, A Strategic, Economic and Technological Challenge, *Oil and Gas Science and Technology*, **59**, 455-466
247. Schindler, M., Eppler, M.J. (2003) Harvesting Project Knowledge: A Review of Project Learning Methods and Success Factors *International Journal of Project Management* **21**, 219-228
248. Scott, P.M., (1990) Environmentally Induced Cracking, *Construction and Building Materials*, **4**(2), 98-106
249. Seiler, R.K., (1990) Reasoning about uncertainty in certain expert systems: implications for project management applications, *International Journal of Project Management*, **8**(1), 51-59
250. Shafeek, H. I., Gadelmawla, A. A., Abdel-Shafy, Elewa, I. M., (2004) Automatic Inspection of gas pipeline welding defects using an expert vision system, *NDT and E International*, **37**(4), 301-307
251. Shankar, R., Singh, M.D., Amol, G., Rakesh, N., (2003) Strategic Planning for Knowledge Management implementation in engineering firms, *Work Study* **51**, 190-200
252. Shrinivasan, S., Kane, R.D., (1999) Corrosion prediction models need to include field, lab data, *Pipe Line and Gas Industry*, June

253. Shtub, A., Bard, J. F., Globerson, S., (2005) Project Management-Processes, Methodologies, and Economics, Pearson Prentice Hall, N.J., 502-503
254. Sklavounos, S., Rigas, F., (2006) Estimation of safety distances in the vicinity of fuel gas pipelines, *Journal of Loss Prevention in the Process Industry*, **19**(1), 24-31
255. Smart, N. R., Holmes, D. R., Poulson, B., (1993) The Achilles expert system on corrosion and protection: Consultations on aspect of stress corrosion cracking, *Corrosion Science*, **35**(1-4), 403-410
256. Smets, H., Bogaerts, W., (1992) Deriving corrosion knowledge from case histories: the neural network approach, *Materials and Design*, **13**(3), 149-153
257. Smets, H., Bogaerts, W., (1995) SCC Susceptibility Analysis of Stainless Steels in Nuclear Reactor Water: a neural network and Expert System approach, *Fuzzy Sets and Systems*, **74**(1), 153-162
258. Smith, P., (1998) Systemic Knowledge Management: Managing Organizational Assets for Competitive Advantage, *Journal of Systematic Knowledge Management*, April
259. Schmitt, G., (1991) Present Day Knowledge of the Effect of Elemental Sulfur on Corrosion in Sour Gas System, *Corrosion*, **47**, 285-308.
260. Sowa, J.F., (1984) Conceptual Structures: Information Processing in Mind and Machine, Addison Wesley, Reading, MA
261. Spanidis, P., Protopappa, E., (2003) The horizontal directional drilling and its application at Nestos River wetland (in Greek), *Proceedings of International Symposium HELECO 2003, Greece*, **3**, 309-316
262. Stewart, R., Wyskida, R., Johannes, J., Cost Estimator's Reference Manual, Wiley and Sons, Canada
263. Stirling, D.G., Hayward, G., Pearson, J., (1996) A novel ultrasonic inspection system for flooded member detection offshore, *Insight*, **38**(6), 419-423
264. Strubegger, M., Messner, S., (1986) The Influence of Technological Changes on the Cost of Gas Supply, Working paper WP-86-38, IIASA, Luxemburg
265. Studenmund, A. H., (1992) Using Econometrics-A Practical Guide/Book and Disk, Harpecollins College Division
266. Sveiby, K.E., (1996) Transfer of Knowledge and the Information Processing Professions, *European Management Journal*, **14**(4), 379-388
267. Syan, C.S., Mathews, A., Swift, K.G., (1987) Knowledge-based expert systems in surface coating and treatment selection for wear reduction, *Surface and Coatings Technology*, **33**, 105-115
268. Symons, D., (2001) A comparison of internal Hydrogen Embrittlement and Hydrogen Environment Embrittlement, *Engineering Fracture Mechanics*, **68**, 751-771
269. Tan, Y.J., Bailey, S., Kinsella, B., (1996) An investigation of the information and destruction of corrosion inhibitor films using electrochemical impedance spectroscopy, *Corrosion Science*, **38**(9), 1545-1561
270. Taylor, J.R., (1994) Risk Analysis for Process Plant, Pipelines and Transport, E & FN Spon
271. Taylor, W. A., Weimann, D. H., Martin, P. J., (1995) Knowledge Acquisition and Synthesis in a Multiple Domain Process Context, *Expert Systems with Applications*, **8**(2), 295-302
272. Teitsma, A., (2002) Remote Field Eddy Current Inspection of Unpiggable Pipelines, Natural Gas Delivery Reliability Kickoff Meeting, National Energy Technology Laboratory Morgantown, WV, 3, December
273. Tidd, J., Bessant, J., Pavitt, K., (1997) Managing Innovation, John Wiley and Sons, Ltd
274. Tong, Y., Knott, J.F. (1991) Evidence for the Discontinuity of Hydrogen-Assisted Fracture in Mild Steel, *Scripta Metallurgica et Materiala*, **25**(7), 1651-1656

275. Trimble, G., (1989) Expert systems for project management: an introduction, *International Journal of Project Management*, 7(3), 133-136
276. Troiano, A.R., (1960) *Transactions of ASM*, 52, 54,
277. Tromans, D., (1994) On Surface Energy and the Hydrogen Embrittlement of Iron and Steel, *Acta Metallurgica et Materialia*, 42(6), 2043-2049.
278. Tsai, S.Y., Shih, H.C., (1996) A Statistical Failure distribution and lifetime assessment of a HSLA plates in H₂S containing environments, *Corrosion Science*, 38(5), 705-719
279. Tsang, E. F., Ngai, W. T., (1996) EXSGACM: An expert system for gas crisis management, *Expert Systems with Applications*, 10(1), 75-90
280. Tseng, T.Y., Klein, C.M., (1989) New Algorithm for the Ranking Procedure in Fuzzy Decision making, *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 19(5), 1289-1296
281. Tserng, H.P., Lin, Y.-C., (2004) Developing an activity based knowledge management system for contractors, *Automation in Construction*, 13(6), 781-802
282. Turn, J.C., Wilde, Jr.B.E., Troiano, C.A., (1983) *Corrosion*, 39, 364.
283. Van de Ven, A.H., Huber, G. (1990) Longitudinal Field Research Methods for Studying Processes of Organizational Change, *Organization Science*, 1(3), 213-219.
284. Van der Aalst, W.M.P., Van Hee, K.M., (1996) Business Process Redesign: a Petri-net based approach, *Computers in Industry*, 29, 15-26
285. Van Zolingen, S.J., Streumer, J.N., Stoker, M., (2001) Problems in Knowledge Management: a Case Study of a Knowledge-intensive company, *International Journal of Training and Development*, 5(3), 168-184
286. Vehoff, H., Rothe, W., (1983) Gaseous Hydrogen Embrittlement in FeSi and Ni-siglnle Crystal, *Acta Metallurgica*, 31(11), 1781-1793
287. Videla, H.A., (2002) Microbial Inhibition of Corrosion, Bio-corrosion Summer School, Portsmouth, UK, July 8-13
288. Vitanov, V.I., Voutchkof, I.I., Bedford, G.M., (2001) Neurofuzzy approach to process parameter selection for friction surfacing applications, *Surface and Coatings Technology*, 140(3), 256-262
289. Von Hirschhausen, C., (2003) Changing LNG Markets-A European perspective, MIT Energy and Environmental Policy Workshop, 4-5/12/03
290. Uelpenich, S., Bodendorf, F., (1999) Management of Explicit and Implicit Knowledge in Consulting Companies. Department of Information Systems II, University of Erlangen-Nuremburg, American Association of Artificial Intelligence
291. Uher, T.E., Toakley, A.R., (1999) Risk management in the conceptual phase of a project, *International Journal of Project Management*, 17(3), 161-169
292. Uraikul, V., Chan, C. W., Tontiwachwuthikul, P., (2000) Development of an expert system for optimizing natural gas pipeline operations, *Expert Systems with Applications*, 18(4), 271-282
293. Walshman, G., (2001) Knowledge Management: The Benefits and Limitations of Computer Systems, *European Management Journal*, 19(6), 599-608
294. Wang, I.S., (2001) The Thermodynamics aspects of Hydrogen Induced Embrittlement, *Engineering Fracture Mechanics*, 68, 647-669
295. Wang, J.Q., Artens, A., (2003) SCC initiation for X65 Pipeline steel in the "high" pH Carbonate / Bicarbonate solution, *Corrosion Science*, Article in Press.
296. Wiig, K.M., (1994) Knowledge Management-The central Management focus for intelligent-acting organization, Arlington: Schema Press
297. Wiig, K.M., (1995) Knowledge Management Methods, Schema Press
298. Winkler, K., Mandl, H., (2004) Knowledge Management (διαθέσιμο στο διαδίκτυο)
299. Witten, I. H., Frank, E., (2005) Data Mining, ELSEVIER

300. Weber, B., Weber, C., (2007) Corporate Venture Capital as a means of Radical Innovation: Relational Fit, Social Capital and Knowledge Transfer, *Journal of Engineering and Technology Management*, **24**, 11-35
301. Wells, G.L., (1980) Safety in Process Plant Design, John Wiley, N.Y.
302. Wenger, E., (1998) Communities of Practice. Learning, meaning and identity, Cambridge: The Cambridge University Press
303. Wolf, T. (2001) Ultrasonic Inspection is used most to detect and size cracks, *Pipe Line and Gas Industry*, September, 37-40
304. Xie, M., Tan, K.C., Goh, K.H., (2000) Optimum prioritization and resource allocation based on fault tree analysis, *International Journal of Quality and Reliability Management*, **17**(2), 189-199
305. Xu, D.-L., Liu, J., Yang, J.-B., Liu, G.-P., Wang, J., Jenkinson, I., Ren, J., (2007) Inference and learning methodology of belief-rule-based expert system for pipeline leak detection, *Expert Systems with Applications*, **32**(1), 103-113
306. Yusuf, K.O., Smith, N.J., (1996) Modeling Business Processes in Steel Fabrication, *International Journal of Project Management*, **14**(6), 367-371
307. Zack, M.H., (1999) Managing Codified Knowledge, *Sloan Management Review*, **40**(4), 45-58
308. Zhao, J., (2000) Diffusion, Costs and Learning in the Development of International Gas Transmission Lines, I.I.A.S.A., Interim Report, IR-00-054
309. Zuniga-Gutierrez, G., Arroyo-Cabrales, J., Lechuga, C., Ortega-Rubio, A., (2002) Environmental quantitative assessment of two alternative routes for gas pipeline in Campeche, Mexico, *Landscape and Urban Planning*, **59**, 181-186
310. Zuniga-Gutierrez, G., Ortega-Rubio, A., (2004) Quantitative Assessment for selecting the route for a Gas Pipeline in Yucatan, Mexico, *Human and Ecological Risk Assessment*, **10**, 451-460.

Ελληνική Βιβλιογραφία

1. Αποστολίδης, Ν., (1994) Αξιολόγηση Μεταλλευτικών Επενδύσεων-Γενικά Στοιχεία, Σεμινάριο COMETT-II, ΕΜΠ, Τομέας Μεταλλευτικής, Αθήνα, 12-16 Δεκεμβρίου
2. Αποστόλου, Δ., (2002) Διοίκηση γνωστικού ενεργητικού σε οργανισμούς έντασης γνώσης, Διδακτορική Διατριβή, ΕΜΠ
3. Βασάλος, Ι.Α., (2003) Ενεργειακές πρώτες ύλες-Φυσικό Αέριο: Διεργασίες, Τομέας Τεχνολογιών, Τμήμα Χημικών Μηχανικών ΑΠΘ (διαθέσιμο στο διαδίκτυο)
4. Βλαχάβας, Ι., Κεφάλας, Π., Βασιλειάδης, Ν., Κόκκορας, Φ., Σακελλαρίου, Η., (2006) Τεχνητή Νοημοσύνη, Εκδόσεις Γκιούρδας
5. Βουγάς, Γ., (1997) Τεχνική Διοίκηση Έργων Πετρελαιοαγωγών, Safety and Environment Protection in Onshore Oil Pipelines and Sea Fed Terminals, THERMIE, Αλεξανδρούπολη, 7-9 Απριλίου, 117-125
6. Γεράκης, Π. Α., Τσιούρης, Σ., Τσιαούση, Β., (2006) Υδατικό καθεστώς και βιωτή υγρότοπων, Μουσείο Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας, Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων-Υγροτόπων, Θέρμη, σ. 256
7. Γκρός, Γ., (1997) Ο ενεργειακός δρόμος προς τον 21ο αιώνα, διήμερο ΤΕΕ *Λιγνίτης και λοιπά στερεά καύσιμα της χώρας μας: παρούσα κατάσταση και προοπτικές*, 5/97, σ. 23-25
8. Γιασόγλου, Ν., Κοσμόπουλος, Π., (2004) Χάρτης Εδαφικών Ενώσεων Ελλάδας, Εθνική Επιτροπή κατά της Ερημοποίησης, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
9. Δελής, Κ., (1983) Προγραμματισμός Επιχειρήσεων, Εκδόσεις Σάκκουλα, Αθήνα.

10. Δεμίρης, Κ., (1978) Σημειώσεις Τεχνικής Γεωλογίας, Πολυτεχνική Σχολή ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη
11. Δούμπος, Μ., (2003) Πολυκριτήρια Συστήματα Αποφάσεων, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, Χανιά
12. Δρακάτος, Κ., (1984) Στατιστική, Δεύτερη Έκδοση, Εκδόσεις Παπαζήση
13. Θωμαδάκης, Μ., (1999) Εισαγωγή στο ΦΑ: Τεχνολογία, Χρήσεις, Προοπτικές, Σημειώσεις ΔΠΜΣ Συστήματα Διαχείρισης της Ενέργειας και Προστασίας του Περιβάλλοντος, Πειραιάς, Ιανουάριος
14. Ελευθερίου, Κ., (1997) Περαιτέρω προοπτικές του λιγνίτη στην ηλεκτροπαραγωγή της Ελλάδας, *δήμερο ΤΕΕ Λιγνίτης και λοιπά στερεά καύσιμα της χώρας μας: παρούσα κατάσταση και προοπτικές*, 6/97, σ. 68-72
15. Καββαδάς, Μ., (1998) Στοιχεία Περιβαλλοντικής Γεωτεχνικής, ΕΜΠ, Σεπτέμβριος
16. Καλογήρου, Ι., Παπαγιαννάκης, Λ., (1991) Η ανάπτυξη των εταιριών engineering (ESFs) ως φορέων ελέγχου και μεταφοράς τεχνολογίας-Η ελληνική περίπτωση, *Τεχνικά Χρονικά*, Έκτακτη Έκδοση, 56-68
17. ΚΑΠΕ (1996) Οδηγός ΑΠΕ-Δυνατότητες, αξιοποίησης στην Τοπική Αυτοδιοίκηση (διαθέσιμη στο διαδίκτυο)
18. Κάπρος, Π., (2002) Επενδύσεις και η αγορά ενέργειας στην Ελλάδα, Ελληνογερμανικό Επιμελητήριο, Αθήνα, 24.04.02 (διαθέσιμη στο διαδίκτυο)
19. Κωτούλας, Δ., (1995) Φυσική Γεωγραφία, Γεωμορφολογία, Ωκεανογραφία, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.
20. Μουρελάτος, Α., Κανελλόπουλος, Π., (1995) Φυσικό Αέριο και Συμπαράγωγή: Επιπτώσεις στο περιβάλλον και στην οικονομία, Δ/ση Μελετών και Προγραμματισμού ΔΕΠΑ
21. Μπουλαξής, Ν. (2004) Ελληνική πολιτική για τους ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή, ΡΑΕ (διαθέσιμη στο διαδίκτυο)
22. Πάγκαλος, Γ. (1988) Τράπεζες Πληροφοριών-Βάσεις Δεδομένων, Έκδοση Γ, Αθήνα
23. Πανάγος, Α., (1976) Τεχνική Γεωλογία-Ειδικά Κεφάλαια (Σημειώσεις), Πάτρα
24. Παπαδόπουλος, Α., Παπαχρήστου, Δ., (2004) Ενεργειακή πολιτική και ΑΠΕ, Θεσσαλονίκη (18/11/04) (διαθέσιμη στο διαδίκτυο)
25. Παπανικολάου, Δ., (1986) Γεωλογία της Ελλάδος, Εκδόσεις Επτάλοφος, Αθήνα
26. Πελοποννήσιος Β., (1992) Μοντέλο ολοκλήρωσης Συστήματος Μεταφοράς, Συνέδριο ΤΕΕ *Το έργο του φυσικού αερίου: οι μέχρι τώρα εξελίξεις και προοπτικές*, 14-16/9/92.
27. Ρόκος, Δ., (1981) Φυσικά διαθέσιμα, Κτηματολόγιο και Ολοκληρωμένες Αποδόσεις, Εκδόσεις Παρατηρητής, Θεσσαλονίκη
28. Ρόκος, Δ., (2000) Τεχνολογία, Πολιτισμός και Αποκέντρωση - Μια απόπειρα ολοκληρωμένης θεώρησης, προσέγγισης και ανάλυσης των πολυδιάστατων σχέσεων, αλληλεξαρτήσεων και αλληλεπιδράσεών τους στα επίπεδα της πολιτικής και της κοινωνίας, *Ουτοπία*, 41, Σεπτ-Οκτ. Αθήνα, 121-135
29. Σαρακάκης, Γ.Ν., Βλάχος, Δ.Μ., (2003) Διαχείριση Γνώσης στη Διοίκηση Έργων, Πρακτικά 16ου Εθνικού Συνεδρίου ΕΕΕΕ, Λάρισα 25-27 Σεπτεμβρίου, Α, 467-477
30. Σπανίδης, Φ-Μ., (1994) Η μελέτη και κατασκευή του συστήματος Φυσικού Αερίου στην Ελλάδα, Συμπόσιο ΔΕΠΑ, *Το έργο του Φυσικού Αερίου: Προδιαγραφές χάραξης και αποκατάσταση του τοπίου*, 4.11.94, Αθήνα
31. Σπανίδης, Φ-Μ., (2000) Ανάλυση του ΕΣΦΑ με τη δικτυακή μέθοδο αποσύνθεσης-ανασύνθεσης, Διπλωματική Εργασία υποβληθείσα για την απόκτηση του ΜΔΕ στο ΔΜΠΣ: Συστήματα Διαχείρισης της Ενέργειας και Προστασίας του Περιβάλλοντος, Πειραιάς, Νοέμβριος
32. Φλόκας, Α., (1977) Μαθήματα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας, Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη

33. Φραγκόπουλος Χ., Καρυδογιάννης, Η., Καραλής, Ι., (1994) Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας, ΕΛΚΕΠΑ, Πρόγραμμα *SAVE*, Ευρωπαϊκή Επιτροπή/ΓΔ XVII Ενέργειας

Ξενόγλωσσο υποστηρικτικό υλικό

1. APQC (1997) Using Information Technology to support Knowledge Management Consortium Benchmarking Study: Final Report
2. BP (2008) Statistical Review of World Energy
3. CPA Journal (1998) Knowledge management consulting gives CPA as a competitive edge, *CPA Journal*, 68(8), 72
4. DEPA, (1993) Department of Studies and Planning *Updated Pre-feasibility Study of the National Gas Grid*, Athens
5. DEPA (1996) Natural Gas in Greece (booklet published by DEPA), February
6. European Commission (2003) External Costs, Research on socio-environmental damages due to electricity and transport, EUR 20198
7. EIA-Energy Information Association (2004), International Energy Outlook, www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/index.html
8. EIA (2006) LNG Industry Costs Declining, www.eia.doe.org/oiaf
9. European Gas Pipeline Incident Data Group (2008) Gas Pipeline Incidents Report 1970-2008
10. International Energy Agency (IEA) (1998) Natural Gas Distribution: focus on Western Europe, OECD, Paris
11. International Energy Agency (IEA) (2004) International Energy Outlook
12. Interconnector-Greece-Italy (IGI) (2003) Technical Feasibility Study-Scope of Work, DEPA-EDISON
13. IPCC-International Panel for Climate Change, (2006), Emission Factors
14. Lotus (1998) Lotus, IMB and Knowledge Management white paper
15. NASA (2002) Cost Estimating Handbook, Washington DC
16. OECD (1991) Greenhouse Gas Emissions
17. Observatoire Mediterranéen de l' Energie, (2002) Assessment of Internal and External Gas Supply Options for the EU. Executive Summary. Sophia-Antipolis; Study for the European Union
18. Project Management Body of Knowledge-PMBOK, (2004) an American National Standard ANSI/PMI 99-001-2004

Ελληνόγλωσσο υποστηρικτικό υλικό

1. ΔΕΗ (2007) 1η Έκθεση των δραστηριοτήτων της ΔΕΗ ΑΕ μέσα από την προβολή τους στον τύπο, Διεύθυνση Επικοινωνίας, ΔΕΗ (διαθέσιμη στο διαδίκτυο)
2. ΔΕΠΑ (1995) Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων Περιοχών Διέλευσης του ΑΦΑ, Κλάδος Ανατολικής Θεσσαλονίκης, σταθμός Μ/Ρ Ασβεστοχωρίου και βανοστάσιο Φιλύρου.
3. ΔΕΣΦΑ (2007) Προκαταρκτική μελέτη αγωγού ΦΑ υψηλής πίεσης από Αγίους Θεοδώρους έως ΔΕΗ Μεγαλόπολης, Τεχνική Έκθεση
4. ΕΜΥ (2008) Μετεωρολογικά Στοιχεία Σταθμών Τατοΐου, Λάρισα, Μίκρας, Ιωαννίνων, Αλεξανδρούπολης, Ηρακλείου, Τρίπολης
5. Ενεργειακή Θεσσαλονίκης, (2000) Τεχνική Περιγραφή Σταθμού Ηλεκτροπαραγωγής Συνδυασμένου Κύκλου 390 MW σε ΕΛΠΕ Θεσσαλονίκης
6. ΕΣΥΕ, Στατιστικές Επετηρίδες Ελλάδος 1965-2003
7. ΙΓΜΕ (1989α) Γεωλογικός Χάρτης της Ελλάδος (διαθέσιμος στο διαδίκτυο)

8. ΙΓΜΕ (1989β) Σεισμοτεκτονικός Χάρτης της Ελλάδος (διαθέσιμος στο διαδίκτυο)
9. ΡΑΕ (2001) Διαμόρφωση Τιμολογίων Πρόσβασης στο Ελληνικό Σύστημα Μεταφοράς και Υγροποίησης ΦΑ (διαθέσιμη στο διαδίκτυο)
10. ΡΑΕ (2004) Νέα Αγορά Ηλεκτρικής ενέργειας: Πρόταση της ΡΑΕ για το νέο Κώδικα Διαχείρισης του Συστήματος και Συναλλαγών Ηλεκτρικής Ενέργειας, 25.04.2005 (διαθέσιμη στο διαδίκτυο)
11. ΡΑΕ (2005) Ασφάλεια Ενεργειακού Εφοδιασμού-Ρόλος και δραστηριότητες της ΡΑΕ σχετικά με τον Τομέα της Ηλεκτροπαραγωγής, *Δημερίδα ΤΕΕ Αιγνίτης και Φυσικό Αέριο στην Ηλεκτροπαραγωγή της Χώρας* (διαθέσιμη στο διαδίκτυο)
12. ΥΠΑΝ (2003) Εθνική Έκθεση για το επίπεδο διείσδυσης της ανανεώσιμης ενέργειας το 2010 (άρθρο 3 οδηγίας 2001/77/ΕΕ), Αθήνα, Φεβρουάριος
13. Υπουργείο Συντονισμού (1977) Έκθεση για την Ενεργειακή Πολιτική της Ελλάδος, Αθήνα, Δεκέμβριος.

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΓΓΡΑΦΕΩΝ

Όνοματεπώνυμο Συγγραφέα	Α/Α Βιβλιογραφίας	Όνοματεπώνυμο Συγγραφέα	Α/Α Βιβλιογραφίας
Διεθνής Βιβλιογραφία		Batzias, F.A.,	22, 23, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40 41, 115, 116
		Baumewerd-Schmidt, H.,	123
		Bazzo, E.,	190
Abdel-Shafy,	250	Bedford, G.M.,	288
Abecker, A.,	132, 165, 220	Beech, I.B.,	42, 43
Abraham, D.M.,	17	Beechem, C.D.	44
Ackoff, R.L.,	1	Bellos, V.,	45
Adamowski, J.C.,	210	Bergel, A.,	43
Adenfelt, M.,	2	Bernus, P.,	150
Agathocleous, P.E.,	217	Bessant, J.,	273
Agema, K.,	46	Bodendorf, F.,	290
Ahammed, M.,	3, 4	Bogaerts, W.,	256
Ahl, D.,	113	Bogaerts, W.F.,	46
Albarran, J.L.,	5	Booth, G.H.,	47
Alencar, L.H.,	88	Botsis, C.,	48
Alexander, J., I	64	Bowen, R.R.,	77
Al-Harbi Al-Subhi, K.M.,	6	Brans, J.P.,	49, 50
Alidi, A.Z.,	7	Brenner, C.,	51
Altrock, C.,	8	Bresnen, M.,	52
Amol, G.,	251	Brinbaum, H.K.,	53
Amyotte, P.,	232	Brinkley, I.,	54
Anagnostidis, G.,	48	Brooks, N. J.,	55
Anderson, P.M.,	9	Brown, J.S.,	56
Andriani, P.	136	Bruno, T.V.,	57
Angell, M.,	138	Bubenik, T.A.,	202
Angus, J.,	10	Buiochi, F.,	210
Ansoff, I.,	11	Bullinger, H.-J.,	58
Antoine, J.,	12	Burns, D.S.	59
Anumba, C.J.,	151	Burns, N. D.,	55
Argillier, J.F.,	246	Butcher, S.,	60
Arnaoutis, S.	28	Caloghirou, Y.,	61, 62
Arroyo-Cabrales, J.,	309	Camargo, P.C.,	163
Artens, A.,	295	Camerini, C.S.,	210
Asteridis, P.,	160	Canas, A.,	207
Avcı, R.,	121	Carayannis, E.,	63, 64
Avcı, R.,	124	Carrillo, P.,	151
Avery, M.,	13	Cerny, I.,	65
Avison, D.E.,	14	Chamberlain, G.A.,	66
Axelsen, S.B.,	15	Chan, C. W.,	67, 68, 69
Ayas, K.,	16	Chan, C. W.,	292
Bachhuber, J.L.,	138	Chan, C.,	122
Baik, H-S.,	17	Chandler, A.D.,	69
Bailey, K.,	18	Chang, A.S.,	71
Bailey, S.,	269	Charbonnier, J.C.,	189
Bain, G.,	192	Charlson, R.,	60
Bakker, A.,	162	Chattoraj, I.,	72
Bal, J.,	19	Chen, Z.,	122
Bamkin, R. J.,	20	Chien, C.C.,	97
Bard, J. F.,	253	Choi, B.,	73
Bardou, G.,	189	Choi, I.,	149
Barron, F.H.,	103	Chong, N.B.,	74
Batis, G.,	21, 160	Chu, W.Y.,	135
Batzias, A.F.,	22, 23	Chui, B.,	13
Batzias, D.F.,	24, 25, 26, 27, 28		

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΓΓΡΑΦΕΩΝ

Όνοματεπώνυμο Συγγραφέα	Α/Α Βιβλιογραφίας	Όνοματεπώνυμο Συγγραφέα	Α/Α Βιβλιογραφίας
Conroy, G.,	76	Galis, M.G.,	224
Cooke, R.M.,	75	Gallupe, B.,	118
Corbett, K.T.,	77	Gao, K.W.,	135
Cordesman, A.H.,	78	Garvin, D.A.	119, 120
Costello, J.A.,	79	Gaylarde, C.C.,	42
Cross, J.,	81	Geiser, M.,	121
Cross, R.,	80	Geng, L.,	122
Cushman, M.,	82	Gerlach, R.,	123
da Silva, J.C.,	190	Gessey, G.G.,	124
Dainty, A. R. J.,	55	Gillis, R.J.,	124
Daly, D.,	124	Gilmore, N.,	125
Daniels, H.,	112	Ginzel, R.K.,	126
Das S.K.	72	Globerson, S.,	127
Davenport, T.H.,	83, 84, 85	Globerson, S.,	253
Day, N.B.,	86	Goedecke, H.	128
De Almeida, A. T.,	88	Goh, K.H.,	304
Decker, S.,	133	Gokhale, S.,	17
Delwiche, C.C.	87	Golshan, H.,	198
De-Miranda Mota,	88	Gordon, J.L.,	129
Dey, P-K.,	89, 90, 91, 92, 93, 94, 95	Gordon, J.L.,	192
Drucker, P.F.,	96	Graham-Jones, P.J.,	130
du Toit A. S. A.,	203	Grant, R.M.,	131
Dubiel, M.,	97	Grimmin, S.,	132
Dubois, D.,	98	Groot, H.W.,	106
Dunham, M.H.	99	Grosop, B.,	133
Duquette, D.J.,	196	Gu, B.,	175
Dyer, J.,	100	Gualtieri, A.,	134
Eckmeier, E.,	123	Guo, J.X.,	135
Edelman, L.,	52	Gupta, S.S.,	91, 93
Eden, C.,	101	Hall, R.,	136
Edwards, W.,	102, 103	Hamilton, M.,	124
El-Amoush, A.S.,	217	Hamilton, W.A.,	219
El-Diraby, T.E.,	104	Harding, P.E.,	146
Elewa, I. M.,	250	Hardy, J.A.,	137
Emenike, C.O.,	105	Harkin, G.	124
Eppler, M.J.	247	Hayward, G.,	263
Erlings, J.G.,	106	Helmer, O.,	182
Esteban, A.,	107	Henaut, I.,	246
Evers, H.-D.,	108	Hengesh, J.V.,	138
Fahay, L.,	109	Heren, P.,	139
Favetto, A.,	215	Hernandez, V.,	107
Fayyad, U.,	110, 111	Hildreth P.M.,	140
Feelders, A.,	112	Hilikari, M.,	152
Feldman, S.,	113	Hill, D.E.,	141
Fessler, R.R.,	221	Hirth, J.P.,	142
Fischer, G.,	12	Hirth, J.P.,	234
Fitzgerald, D.,	14	Hitzler, P.,	132
Flemming H-K.,	43	Hodgson, A.,	156
Fonseca, T.E.,	233	Holmes, D. R.,	255
Foss, M. M.,	114	Holsheimer, M.,	112
Fotilas, P.,	115, 116	Hondros, E.D.,	143
Franco, L. A.,	82	Horiuchi, S.,	144
Frank, E.,	299	Horrocks, I.,	133
Freedman, A.,	117	Hsu, C.,	97
Gadelmawla, A. A.,	250	Huang, G.,	122

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΓΓΡΑΦΕΩΝ

Όνοματεπώνυμο Συγγραφέα	Α/Α Βιβλιογραφίας	Όνοματεπώνυμο Συγγραφέα	Α/Α Βιβλιογραφίας
Huang, J.,	81	L., Mah,	154
Huber, G.	283	Lagerstrom, K.,	2
Inglesias-Silva, G.,	227	Lahti, K. R.,	168
Inoue, T.,	144	Lam, A.,	169
Ioannidis, A.,	64	Lang, J.C.,	183
Jackson, P.,	145	Larsen, J.,	100
Jager, E.,	75	Larson, K.,	13
Jeffrey, S.,	146	Larson, T.N.,	167
Jeong, Y. J.,	155	Laudon, J.P.,	170
Johannes, J.,	262	Laudon, K.C.,	170
John, P. C.,	184	Lawson, D.R.,	171
Johnson, H.H.,	147	Lechuga, C.,	309
Josephic, P.H.,	214	Lee, C. W.,	155
Juite, W.,	167	Lee, K-H.,	156
Jung, J.,	149	Lee, N.,	54
Jung, M.,	148	Lee, H.,	73
Kakos, A.S.,	31	Leonard-Barton, D.,	172
Kalpic, B.,	150	Leone, R.,	100
Kamara, J.M.,	151	Leopoulos, V.,	45
Kane, R.D.,	252	Lettis, W.R.,	138
Kanters, W.A.	126	Lew, S.S.,	71
Kariya, Y.G.,	13	Lewandowski, D.,	173
Kastelli, I.,	62	Lewandowski, Z.,	121
Kasvi, J.,	152	Li, J.X.,	135
Kent, R.E.,	153	Li, M.,	188
Kerkhof, J.,	154	Li, S.Y.,	174
Khan, F.,	232	Liang, L.,	175
Kho, Y.T.,	174	Liang, Y.,	176
Kim, C-H.,	156	Liao, S-H.,	177
Kim, I. S.,	155	Liao, W.,	178
Kim, Y.G.,	174	Liebowitz, J.,	179, 180
Kimble, C.,	140	Lin, C.,	181
Kinsella, B.,	269	Lin, K.,	81
Kioupis, N.,	160	Lin, R.W.,	147
Klaasen, G.,	157	Lin, Y.-C.,	281
Klein, C.M.,	280	Linhart, V.,	65
Klobas, J.,	145	Linstone, H.A.,	182
Kmet, J.,	154	Liu, G.-P.,	305
Knight, J.C.,	161	Liu, J.,	305
Knott, J.F.	274	Lopez, H.F.,	5
Koers, R.W.J.,	162	Lorrich, N. P.,	184
Kokavesis, N.,	48	Lund, R.,	100
Koop, G.,	158	Lunsford, K.,	107
Korman, A.,	127	Mac Connell, P.,	209
Korte, N.,	175	Magraw, S.,	192
Koskinen, K.U.,	159	Makowski, M.,	12
Kouloumbi, N.,	160	Malczewski, J.,	185
Krockel, H.,	143	Mandl, H.,	237, 298
Krom, A.H.M.,	162	Manfredi, C.,	186
Kruger, S.E.,	163	Manning, R.A.,	187
Kucza, T.,	164	Mansfield, F.,	97
Kuhn, O.,	165	Mao, S.X.,	188
Kuhr, Von Wolzogen,	166	Marechal, B.,	50
Kumar, V.,	100	Margot-Marette, H.,	189
Kurdoglou, C.,	51	Markoulaki, E.,	32

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΓΓΡΑΦΕΩΝ

Όνοματεπώνυμο Συγγραφέα	Α/Α Βιβλιογραφίας	Όνοματεπώνυμο Συγγραφέα	Α/Α Βιβλιογραφίας
Kusiak, A.,	167	Martin, P. J.,	271
Martinez, L.,	5	Orians, G.,	60
Matelli, J.A.,	190	Ortega-Rubio, A.,	309, 310
Mathews, A.,	267	Ossela, A.,	215
Matsuyuki, Y.,	144	Otegui, J.L.,	186
Maturana, H.,	191	Pace, R.	125
Mayer, R.,	194	Paisley, D.,	216
McBriar, I.,	192	Palmer-Jones, R.,	216
McDonald, A.,	157	Panagopoulos, C.N.,	217
McMahon, C.J.,	193	Pandian, S.,	218
Megbolougbe, I.,	180	Pankhania, I.P.,	219
Melchers, R.E.	4	Pappavassiliou, G.,	220
Mellor, B.G.	130	Parkins, R.N.,	221
Mentzas, G.,	220	Patel, J.,	10
Menzel, C.,	194	Pavitt, K.,	273
Messner, S.,	264	Pearson, J.,	263
Michaels, J.,	195	Pelletier, R.,	113
Might, J.,	196	Percebois, J.,	222
Mikkelsen, H.,	240	Perdomo, J.L.,	223
Mitra, A.,	72	Petelot, D.,	224
Mittleman, M.W.,	197	Petersen, C.W.,	77
Mohitpour, M.,	198	Philopoulos, S.,	21
Mollica, A.,	43	Piatetsky-Shapiro, G.,	110
Moore, E.M.,	199	Pidwirny, M.,	225
Moosavi, A.N.,	219	Piearcey, B. J.,	20
Morales, J.L.,	223	Pierce, J. C.,	184
Morris, E.A.,	228	Pihlanto, P.,	159
Morton, S. C.,	55	Polanyi, M.,	226
Mount, C.R.,	178	Polasek, J.,	227
Mourelatos, A.	61	Pollalis, Y.A.,	24, 25, 26
Munasighe, M.,	200	Pope, D.H.,	228
Murray, A.,	198	Poulson, B.,	255
Naaranoja, M.,	74	Prade, H.,	98
Nakano, L.G.,	161	Prakash, A.N.,	235
Nataraj, S.,	201	Price, A. D. F.,	229
Nauta, J.,	106	Prieto, J.,	58
Ndlela, L. T.,	203	Probst, G.,	230
Nestelroth, J.B.,	202	Protopappa, E.,	261
Neuroth, M.,	209	Prusak, L.,	85
Newell, S.,	52	Puls, R.,	175
Newman, D.K.,	97	Qiao, L.J.,	135
Ngai, W. T.,	279	Radetzki, M.,	231
Nickols, F.,	204	Rahman, S.,	232
Nikolaou, N.P.	31	Rainha, V.L.,	233
Nonaka, I.,	205, 206	Rajan, V.B.,	234
Novak, J. D.,	207	Rakesh, N.,	251
Ntioudis, S.,	220	Ramaprasad, A.,	235
Nurmi, R.,	208	Raub, S.,	230
O'Dell, C.S.,	221	Ray, A.K.,	72
O'Leary, D.E.,	212	Rebello, J.M.A.,	163
Ogunlana, S.,	89	Reeter, C.,	175
Ogutcu, M.,	213	Regev, S.,	236
Okamoto, J.Jr.,	210	Reinmann-Rothmeier, G.,	237
Olcott, M.B.,	211	Remus, B.J.,	141
Oriani, R.A.,	214	Ren, J.,	305

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΓΓΡΑΦΕΩΝ

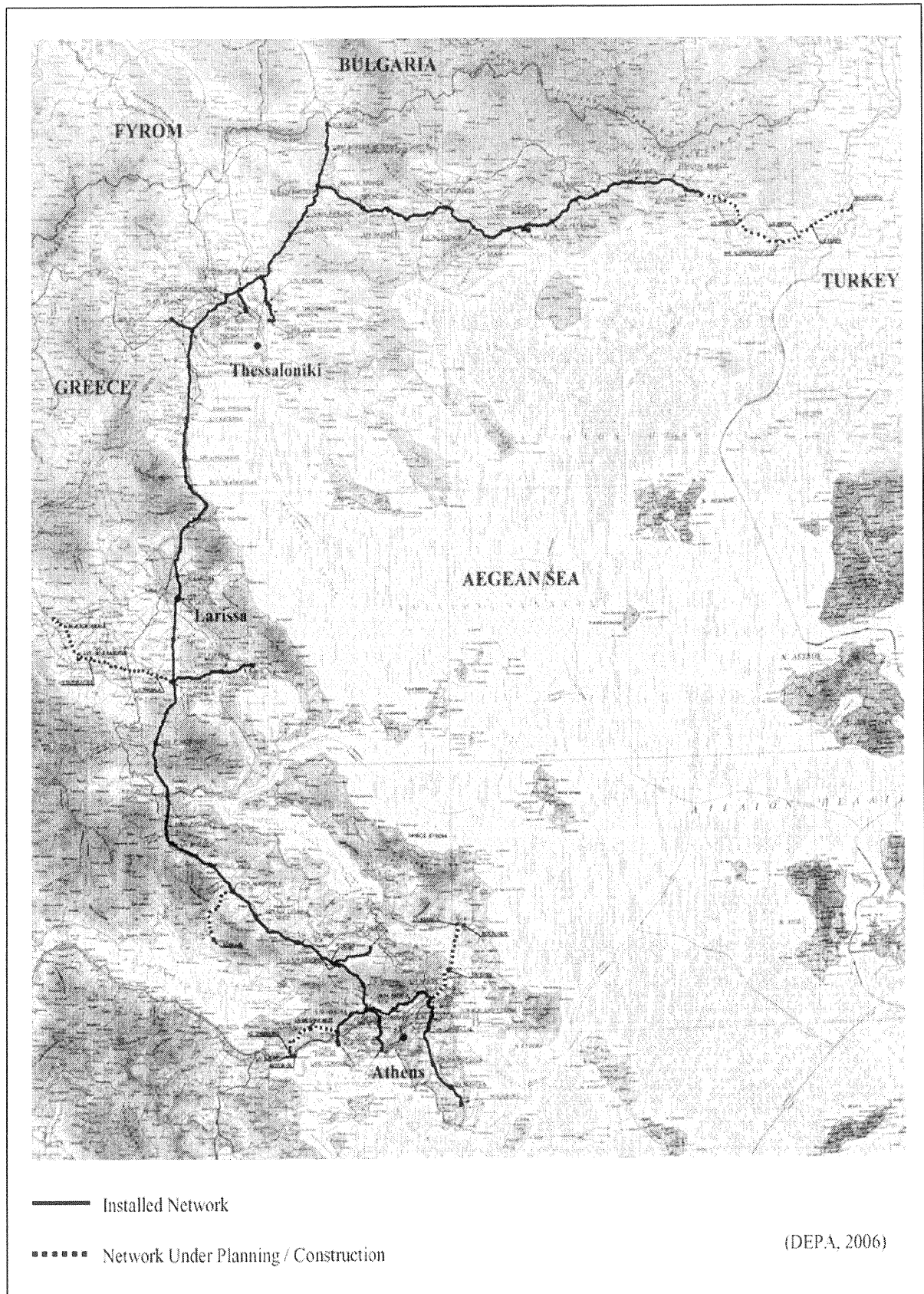
Όνοματεπώνυμο Συγγραφέα	Α/Α Βιβλιογραφίας	Όνοματεπώνυμο Συγγραφέα	Α/Α Βιβλιογραφίας
Res, Z.,	33	Spanidis, P-M,	26, 27, 35, 36, 37, 38,
Rice, J.R	9		39, 40, 41, 261
Rice, J.R.,	238	Srivastava, R.,	109
Rice, J.R.,	142	Stewart, R.,	262
Rigas, F.,	254	Stirling, D.G.,	263
Rigs, W.,	239	Stolorz, P.	111
Riis, J.O.,	240	Stooker, M.,	285
Roberge, P.,	241	Streiff, R.,	143
Roberts, J.,	242	Streumer, J.N.,	285
Robinson, P.,	243	Stronach, F.,	209
Roboli, A.	61	Strubegger, M.,	264
Romhardt, K.,	230	Studenmund, A. H.,	265
Rong, T.,	15	Sulmont, A.,	224
Rosenhead, J.	82	Suzuki, Y.,	144
Ross, D.T.,	244	Sveiby, K.E.	266
Ross, T.,	245	Swan, J.	52
Rothe, W.,	286	Swift, K.G.,	267
Ruffolo, M.,	134	Syan, C.S.,	267
Sand, W.,	43	Symons, D.,	268
Saniere, A.,	246	Tabucanon, M.,	89
Sariyannis, A.,	48	Takeuchi, H.	206
Scarborough, H.,	52	Tan, K.C.,	304
Schindler, M.,	247	Tan, Y.J.,	269
Schmidt, M.,	123	Taylor, J.R.,	270
Schmitt, G.,	259	Taylor, W. A.,	271
Scott, P.M.,	248	Teitsma, A.,	272
Scotto, V.,	43	Tidd, J.,	273
Seiler, R.K.,	249	Tiller, A.K.	47
Sengupta, S.S.,	1	Tiwari, S. B.,	72
Sfantsikopoulos, S.,	45	Toakley, A.R.,	291
Shafeek, H. I.,	250	Tong, Y.,	274
Shankar, R.,	251	Tontiwachwuthikul, P.,	292
Sharon, J.S.,	109	Trimble, G.,	275
Shih, H.C.,	278	Troiano, A.R.,	276
Shope, P.,	124	Troiano, C.A.,	282
Shrinivasan, S.,	252	Tromans, D.,	277
Shtub, A.,	253	Tsai, S.Y.,	278
Shtub, A., B.H.	236	Tsang, E. F.,	279
Singh, M.D.,	251	Tseng, S.-M.,	181
Siontorou, C.,	34, 40	Tseng, T.Y.,	280
Sklavounos, S.,	254	Tserng, H.P.,	281
Smart, N. R.,	255	Tsuzuki, S.G.,	210
Smets, H.,	256	Turn, J.C.,	282
Smith, C.,	192	Turoff, M.,	182
Smith, D.E.,	109	Uden, L.,	74
Smith, N.J.,	306	Uelpenich, S.,	290
Smith, P.,	258	Uher, T.E.,	291
Smoot, J.,	113	Undesser, M.J.	141
Smyth, P.,	110	Unsworth, P.,	192
Sofronis, P.,	176	Uraikul, V.,	292
Soltan, H.	76	Vamplew, P.,	209
Song, M.,	149	van de Borg, K.,	123
Sorros, J.N.,	27, 28	Van de Ven, A.H.,	283
Sowa, J.F.,	260	Van der Aalst, W.M.P.,	284
Van der Vlugt, L.S.,	166	Zuniga-Gutierrez, G.,	309, 310

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΓΓΡΑΦΕΩΝ

Όνοματεπώνυμο Συγγραφέα	Α/Α Βιβλιογραφίας	Όνοματεπώνυμο Συγγραφέα	Α/Α Βιβλιογραφίας
Van Hee, K.M.,	284	Ελληνική Βιβλιογραφία	
Van Zolingen, S.J.,	285		
Vanharanta, H.,	159		
Varela, F.,	191		
Varga, J.J.,	199		
Vartiainen, M.,	152	Αποστολίδης, Ν.,	1
Vehoff, H.,	286	Αποστόλου, Δ.,	2
Veitch, B.,	232	Βασάλος, Ι.Α.,	3
Videla, H.A.,	287	Βασιλειάδης, Ν.,	4
Viloria, A.,	223	Βλαχάβας, Ι.,	4
Vincke, Ph.,	49, 50	Βλάχος, Δ.Μ.,	29
Vitanov, V.I.,	288	Βουγάς, Γ.,	5
Volz, R.,	133	Γεράκης, Π. Α.,	6
Von Hirschhausen, C.,	289	Γιασόγλου, Ν.,	8
Vonortas, N.,	62	Γκρός, Γ.,	7
Voutchkof, I.I.,	288	Δελής, Κ.,	9
Walsler, E.,	113	Δεμίρης, Κ.,	10
Walshman, G.,	9, 293	Δούμπος, Μ.,	11
Wang J-S.,	238	Δρακάτος, Κ.,	12
Wang, I.S.,	294	Ελευθερίου, Κ.,	14
Wang, J.,	305	Θωμαδάκης, Μ.,	13
Wang, J.Q.,	295	Καββαδάς, Μ.,	15
Weber, B.,	300	Καλογήρου, Ι.,	16
Weber, C.,	300	Κανελλόπουλος, Π.,	20
Weimann, D. H.,	271	Κάπρος, Π.,	18
Wells, G.L.,	301	Καραλής, Ι.,	33
Wenger, E.,	302	Καρυδογιάννης, Η.,	33
Weston, R.H.,	156	Κεφάλας, Π.,	4
Wiig, K.M.,	296, 297	Κόκκορας, Φ.,	4
Wilde, Jr.B.E.,	282	Κοσμόπουλος, Π.,	8
Williams, L.,	154	Κωτούλας, Δ.,	19
Winkler, K.,	298	Μουρελάτος, Α.,	20
Witten, I. H., Frank, E.,	299	Μπουλαξής, Ν.	21
Wolf, T.	303	Πάγκαλος, Γ.	22
Wolfe, G.,	60	Πανάγος, Α.,	23
Woo, R.,	81	Παπαγιαννάκης, Λ.,	16
Wood, W.,	195	Παπαδόπουλος, Α.,	24
Worner, K.,	58	Παπανικολάου, Δ.,	25
Wyskida, R.,	262	Παπαχρήστου, Δ.,	24
Xie, M.,	304	Πελοποννήσιος Β.,	26
Xu, D.-L.,	305	Ρόκος, Δ.,	27, 28
Xu, Jenkinson, I.,	305	Σακελλαρίου, Η.,	4
Yakov, B.H.,	236	Σαρακάκης, Γ.Ν.,	29
Yamamura, T.,	144	Σπανίδης, Φ-Μ.,	30, 31
Yang, J.-B.,	305	Τσιαούση, Β.,	6
Yarlagadda, K. D. V.,	155	Τσιούρης, Σ.,	6
Yeh, J.-M.,	181	Φλόκας, Α.,	32
Yusuf, K.O.,	306	Φραγκόπουλος Χ.,	33
Zack, M.H.,	307		
Zhan, Z-H.,	178		
Zhang, J.,	104		
Zhao, J.,	157, 308		

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

1. Χάρτης Εθνικού Συστήματος ΦΑ (από Batzias και Spanidis, 2008d)
(1 σελίδα, αναφορά στο ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3)
2. Απόσπασμα εγγραφών από τη βάση δεδομένων διεθνών έργων αγωγών υδρογονανθράκων
(1 σελίδα, αναφορά στο ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6)
3. Διεθνή έργα κατασκευής υποδομών ΥΦΑ
(1 σελίδα, αναφορά στο ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6)
4. Απόσπασμα από το ΦΕΚ360B/27.03.2006
(1 σελίδα, αναφορά στο ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6)
5. Αποτελέσματα πρόβλεψης πρωτογενούς ενεργειακής ζήτησης Πελοποννήσου για την περίοδο 2011-2030 με χρήση οικονομετρικού προγράμματος GRET
(1 σελίδα, αναφορά στο ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6)
6. Πίνακες χρηματοροών πλαισίου επένδυσης αγωγού ΦΑ
(3 σελίδες, αναφορά στο ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6)
7. Στοιχεία γεω-περιβαλλοντικής ανάλυσης (χημική σύσταση, ειδική αντίσταση εδάφους, σεισμοτεκτονικός χάρτης της Ελλάδος)
(3 σελίδες, αναφορά στο ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7)
8. Περιβαλλοντική νομοθεσία
(1 σελίδα, αναφορά στο ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7)
9. Πίνακας εργασιών που εξετάστηκαν σχετικά με τα ΣΔΓ στην ευρύτερη θεματική περιοχή του ΦΑ
(10 σελίδες, αναφορά στο ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8)
10. Πίνακας συσχετισμού FTA οντολογίας εμπειρικής γνώσης με τις τεχνολογίες επιθεωρήσεων και ελέγχων
(11 σελίδες, αναφορά στο ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8)
11. Εικόνες τυπικών περιπτώσεων διάβρωσης εξοπλισμού
(3 σελίδες, αναφορά στο ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8)



Χάρτης Εθνικού Συστήματος Φυσικού Αερίου (ΕΣΦΑ) (από Batzias και Spanidis, 2008d)
 (αναφορά στο ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3)

Απόσπασμα εγγραφών από τη βάση δεδομένων διεθνών έργων αγωγών υδρογονανθράκων

Κωδικός Έργου	Μήκος [Km]	Κόστος [εκτ. US\$]	Διάρκεια [έτη]	Παμικρ κόστος [1000*US\$/Km]	Έτησα παροχή [bcm, Mmscf, Mmcf, Mt]	Προτύπων	Συμπίεστες-Αυτίστασια	Χερσαία όδευση	Υποθαλάσσια όδευση	Μέσο ΑΕΠ [US κκ]	Υπηρεσία έργου	Συνεργαζόμενοι οργανισμοί	Γεωπολιτικός διάδρομος	Πηγή άντλησης δεδομένων	Έτος
AFRICA															
AFRC0021	339,2	600	-	1769	5 bcm/y	G	-	1	-	-	Gas Transmission	Libyan Government	Egypt-Libya	P&GJ (09 / 01)	2001
AFRC0030	538	1300	32	2416	8 bcm/y	G	1	-	1	-	Gas Transmission	Greenstream BV	Libya-Sicily (Italy)	P&GJ (9 / 01)	2001
CENTRAL and SOUTH AMERICA (including Mexico)															
CSAM0001	20	100	12	5000	-	LNG	-	1	-	5449	Gas Transmission	Lagoven	Venezuela-(1)	P&GJ (11 / 98)	1998
CSAM0002	44	15	12	341	-	O	-	1	-	7447	Gathering Lines	Bouygues Offshore	Mexico Gulf-(1)	P&GJ (5 / 01)	2001
CENTRAL and SOUTH ASIA (including FSU of Asia, Iran & Pakistan)															
CSAS0006	200	190	40	950	14 bcm/y	G	-	1	-	-	Gas Transmission	-	Turkmenistan (Korpedzhe)-Iran (Kurt Kuyi)	P&GJ (11 / 98)	1998
CSAS0024	677	1000	48	1477	8 bcm/y	G	-	1	-	-	Gas Transmission	Sotuh Caucasus Pipeline (SCP)	Azerbaijan (Baku)-Turkey (Erzerum)	P&GJ (05 / 03)	2003
EUROPE (including Turkey, FSU of Russia and Ukraine)															
EURO0086	160	145	30	906	1.1 bcm/y	G	-	1	-	-	Gas Transmission	(Greece-Albania-Russia gover. negotiations)	Greece-Albania	World Energy Council	
EURO0094	185	787	48	4254	10 bcm/y	G	1	1	-	-	Gas Transmission	Transitgas	North Sea-Germany-Switzerland-Italy	Christian Plus, SKS Ingenicure AG	
FAR EAST (including Siberia of FSU)															
FEST0079	720	1000	36	1389	5.4 bcm/y	G	-	1	-	-	Gas Transmission	-	Myanmar-Thailand	Jirmin (2000)	2000
FEST0091	3900	8500	42	2179	20 bcm/y	G	-	1	-	1720	Gas Transmission	Petrochina (West to East Pipeline)	China (Lunan-Shanhai)	O&GJ (16.02.04)	2004
MIDDLE EAST (including Iraq)															
MDES0003	16	30	26	1875	11 bcm/y	G	-	-	1	1211	Gas Transmission	Egypt-Jordan Governments	Egypt (Arish Taba)-Jordan (Aqaba)-(2)	Embassy of Egypt	
MDES0019	248	190	26	766	10 bcm/y	G	-	1	-	1211	Gas Transmission	Egypt-Jordan Governments	Egypt (Arish Taba)-Jordan (Aqaba)-(1)	Embassy of Egypt	
SOUTH PACIFIC (Australasia)															
SPFC0012	130	568	42	4369	3,85 MMscdf	G	-	1	-	36046	Gas Transmission	-	Australia (NWS)	O&GJ (01.03.04)	2004
SPFC0055	300	1300	-	4333	620 Mmcfy	G	-	1	-	-	Gas Transmission	Thailand Board of Investment	Rayong-Saraburi, Thailand	P&GJ (05 / 08)	2008
USA + CANADA															
USCA0157	154	144	24	935	832 MMcfd	G	-	1	-	41890	Gas Transmission	FERC	US (Florida)	O&GJ (26.04.04)	2004
USCA0228	608	425	36	699	730 MMcfd	G	-	1	-	41890	Gas Transmission	-	US (Cheyenne-Greensburg)	O&GJ (08.03.04)	2004

Διεθνή έργα κατασκευής υποδομών ΥΦΑ

Κωδικός Έργου	Τερματικός σταθμός	Ιδιοκτήτης	Αριθμός δεξαμενών	Χωρητικότητα δεξαμενών [m ³]	Ετήσια παροχή [bcm]	Κόστος 10 ⁶ €
AFRC0001	Libya LNG	-	-	-	4,18	357
AFRC0002	Angola LNG	Chevron, Cabinda Gulf Oil Company	-	-	6,80	3175
AFRC0003	Sonatrach Skidda LNG	Sonatrach	-	-	5,88	2222
CSAS0001	Qatar	Qatar-Gas	4	340.000	10,20	3175
CSAS0002	India-Tamil Nadu	CMS Energy Co	-	-	3,27	1270
EURO0001	Spain-Bilbao Bahia de Bizkaia	Bahia de Bizkaia Gas	2	300.000	2,70	320
EURO0002	Italy-Livorno	Edison-Solvay	-	-	3,00	371
EURO0003	Italy-La Spezia	GNL Italia	2	100.000	3,50	-
EURO0004	Italy-Toscana	Offshore LNG Toscana	-	-	3,60	250
EURO0005	Spain-EI Ferrol LNG	Regasificadora del Noroeste	2	300.000	3,60	343
EURO0006	France-Fos Sur Mer	Gaz de France	2	70.000	4,50	-
EURO0007	Greece-Revithoussa	DEPA	2	130.000	4,50	370
EURO0008	UK-Grain LNG	Transco	4	200.000	4,50	250
EURO0009	Turkey-Marmara Ereglisi	Botas	3	255.000	5,20	364
EURO0010	Turkey-Aliaga (Izmir)	Egegaz	2	280.000	6,00	600
EURO0011	UK-Dragon LNG	Dragon LNG	3	330.000	5,75	350
EURO0012	Italy-Rovigo	GNL Italia	2	250.000	8,00	800
EURO0013	Italy-Trieste	Gas Natural	-	-	8,00	600
EURO0014	France-Fos Cavaou-Fos	Gaz de France	3	330.000	8,25	430
EURO0015	Portugal-Sines Galp Atlantico	Galp Atlantico	1	140.000	3,70	263
EURO0016	Belgium-Zeerbrugge	Fluxus LNG	1	140.000	4,50	165
EURO0017	France-Montoire de Bretagne	Gaz de France	3	360.000	10,00	-
EURO0018	Spain-Cartagena	Enagas	2	300.000	10,50	-
EURO0019	UK-South Hook	Exxon Mobil-Qatar Petroleum	3	465.000	10,50	300
EURO0020	Spain-Sagunto, Valencia	Plant Regasification del Sagunto	2	300.000	4,80	340
EURO0021	Spain-Huelva	Enagas	2	300.000	11,80	-
EURO0022	Spain-Barcelona	Enagas	2	300.000	14,50	-
EURO0016	Italy-Brindizi	Brindisi LNG	2	320.000	8,00	390
EURO0017	Poland-Gdansk		-	120.000	0,70	300
FEST0001	Sakhalin-2		2	100.000	6,28	8730
FEST0002	Petramina	Mitsubishi	-	-	2,62	873
MEST0001	Yemen LNG		2	140.000	8,76	3175
MEST0002	Iran LNG		-	-	13,08	397
SPCF0001	Darwing LNG Project		1	188.000	4,58	725
SPCF0002	Serono LNG, Indonesia	PT LNG Energi Utama	-	-	1,30	794
SPCF0003	Pluto LNG Project	Woodside Petroleum Ltd	-	-	6,28	6218
SPCF0004	Gladstone-Queensland	Santos	-	-	6,54	3627
SPCF0005	Gorgon Project	JV Exxon-Mobil, Chevron, Shell	-	-	5,23	4456
USCA0001	USA	CB&I	-	-	5,88	3016
USCA0002	Soyo LNG Plant	Boskalis Int. & Jan den Nul Dredging	-	-	1,30	952

Πίνακας 2: Προβλεπόμενα Λειτουργικά Έξοδα
Μεταφοράς και ΥΦΑ, 2006-2016

Έτος	Λειτουργικά Έξοδα Μεταφοράς (€)	Λειτουργικά Έξοδα ΥΦΑ (€)	Σύνολο (€)
2006	45.208.322	8.785.209	53.993.532
2007	49.042.799	9.602.294	58.645.092
2008	50.946.709	10.295.307	61.242.016
2009	52.313.560	10.910.308	63.223.868
2010	53.858.962	11.379.017	65.237.979
2011	56.251.084	11.801.178	68.052.263
2012	58.745.894	12.239.002	70.984.896
2013	61.356.726	12.693.069	74.049.795
2014	64.107.556	13.163.982	77.271.538
2015	66.861.742	13.652.366	80.514.108
2016	69.456.118	14.158.869	83.614.986

Πίνακας 3: Προβλεπόμενες Αποσβέσεις
Μεταφοράς και ΥΦΑ, 2006-2016

Έτος	Αποσβέσεις Μεταφοράς (€)	Αποσβέσεις ΥΦΑ (€)	Σύνολο (€)
2006	31.439.743	11.500.791	42.940.533
2007	33.542.096	12.016.018	45.558.114
2008	34.333.995	12.190.490	46.524.485
2009	34.333.995	12.190.490	46.524.485
2010	34.333.995	12.190.490	46.524.485
2011	34.333.995	12.190.490	46.524.485
2012	34.333.995	12.190.490	46.524.485
2013	34.333.995	12.190.490	46.524.485
2014	34.333.995	12.190.490	46.524.485
2015	34.333.995	12.190.490	46.524.485
2016	34.333.995	12.190.490	46.524.485

Πίνακας 4: Προβλεπόμενη Ρυθμιζόμενη Περιουσιακή
Βάση Μεταφοράς και ΥΦΑ, 2006-2016

Έτος	Ρυθμιζόμενη Πε- ριουσιακή Βάση Μεταφοράς (€)	Ρυθμιζόμενη Περιουσιακή Βάση ΥΦΑ (€)	Σύνολο (€)
2006	544.174.710	222.949.874	767.124.584
2007	575.162.078	225.779.989	800.942.068
2008	572.769.212	221.809.951	794.579.163
2009	555.329.625	215.335.633	770.665.257
2010	536.433.226	208.654.002	745.087.227
2011	518.018.136	202.040.864	720.059.000
2012	498.693.267	195.298.259	693.991.526

2013	478.786.346	188.472.824	667.259.170
2014	459.181.347	181.690.355	640.871.702
2015	439.051.247	174.833.160	613.884.408
2016	418.896.646	167.972.479	586.869.126

Πίνακας 5: Απαιτούμενο Έσοδο, 2006-2016

Έτος	Απαιτούμενο Έσοδο Μεταφοράς (€)	Απαιτούμενο Έσοδο ΥΦΑ (€)	Σύνολο (€)
2006	131.392.040	42.714.758	174.106.798
2007	140.446.200	44.331.779	184.777.978
2008	142.901.287	44.799.877	187.701.165
2009	142.513.716	44.763.562	187.277.278
2010	142.158.139	44.560.099	186.718.239
2011	142.697.704	44.316.979	187.014.683
2012	143.248.432	44.076.497	187.324.929
2013	143.856.628	43.843.925	187.700.553
2014	144.635.195	43.632.522	188.267.717
2015	145.364.293	43.431.071	188.795.365
2016	145.931.116	43.247.390	189.178.506

3. Νέες Επενδύσεις

Οι νέες επενδύσεις, ύψους 352,4 εκατ. € έως το 2008, θεωρείται ότι ενσωματώνονται στην ΡΓΒ κατά τον προβλεπόμενο χρόνο υλοποίησής τους, συνυπολογίζονται όμως στον υπολογισμό των τιμολογίων, με σκοπό την εξομάλυνση των χρεώσεων.

Στον Πίνακα 6 παρουσιάζονται οι νέες επενδύσεις που ενσωματώνονται στη ΡΓΒ και οι οποίες έχουν ληφθεί υπόψη για τον υπολογισμό των στοιχείων των Πινάκων 3-5. Επισημαίνεται ότι από τα ποσά τα οποία αναφέρονται στον Πίνακα 6, ενσωματώνεται στη ΡΓΒ μόνο το ποσοστό αυτών το οποίο δεν αντιστοιχεί σε εθνικές ή κοινοτικές επιχορηγήσεις, ενώ στις λογιστικές αποσβέσεις των παγίων που αντιστοιχούν σε νέες επενδύσεις περιλαμβάνονται και αυτές που αντιστοιχούν σε επιχορηγήσεις.

Πίνακας 6: Νέες Επενδύσεις, 2006-2008

Νέες Επενδύσεις	Εκατ. €
Επεκτάσεις συστήματος Μεταφοράς	218,0
Συμπιεστές	38,8
Εκσυγχρονισμός ΕΣΦΑ	8,8
Σύνδεση νέων ΕΠΑ	19,0
Αναβάθμιση σταθμού ΥΦΑ	52,8
Σταθμός συμπαραγωγής Ρεβυθούσας	13,3
Σταθμός Μ/Ρ SOVEL	0,6
Προσωρινός Σταθμός Μ/Ρ Λαμίας	0,1
Καλώδιο Οπτικών Ινών Διαβατά-Καρπερή	1,0
Σύνολο	352,4

Αποτελέσματα πρόβλεψης πρωτογενούς ενεργειακής ζήτησης Πελοποννήσου
Για την περίοδο 2011-2030 με χρήση οικονομετρικού προγράμματος GRET

Δοκιμή για $p=1, d=1, q=0$
ARIMA(1,1,0)

Function evaluations: 91 Evaluations of gradient: 63

Model-1: ARIMA estimates using the 38 observations 1966-2003
Estimated using Kalman filter (exact ML)
Dependent variable: (1-L) PELOP

<u>VARIABLE</u>	<u>COEFFICIENT</u>	<u>STD ERROR</u>	<u>T-STAT</u>	<u>P-VALUE</u>
const	98.1514	11.1130	8.832	<0.00001 ***
phi_1	0.0346702	0.170271	0.204	0.83865

Mean of dependent variable = 98.0716
Standard deviation of dep. var. = 67.0753
Mean of innovations = 0.0454122
Variance of innovations = 4375.8
Log-likelihood = -213.2133
Akaike information criterion (AIC) = 432.427
Schwarz Bayesian criterion (BIC) = 437.339
Hannan-Quinn criterion (HQC) = 434.175

	Real	Imaginary	Modulus	Frequency
AR Root 1	28.8432	0.0000	28.8432	0.0000

Δοκιμή για $p=0, d=1, q=1$
ARIMA(0,1,1)

Function evaluations: 88 Evaluations of gradient: 53

Model-2: ARIMA estimates using the 38 observations 1966-2003
Estimated using Kalman filter (exact ML)
Dependent variable: (1-L) PELOP

<u>VARIABLE</u>	<u>COEFFICIENT</u>	<u>STD-ERROR</u>	<u>T-STAT</u>	<u>P-VALUE</u>
const	98.1103	10.9276	8.978	<0.00001 ***
theta_1	0.0182120	0.123247	0.148	0.88253

Mean of dependent variable = 98.0716
Standard deviation of dep. var. = 67.0753
Mean of innovations = 0.0254467
Variance of innovations = 4378.15
Log-likelihood = -213.22309
Akaike information criterion (AIC) = 432.446
Schwarz Bayesian criterion (BIC) = 437.359
Hannan-Quinn criterion (HQC) = 434.194

	Real	Imaginary	Modulus	Frequency
MA Root 1	-54.9090	0.0000	54.9090	0.5000

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΤΗΣΙΩΝ ΧΡΗΜΑΤΟΡΩΩΝ

Έτος	Έσοδα από πωλήσεις ΦΑ Σφα, i [€]	Γενικά Έξοδα Ci [€/GW ^h]	Μικτά Κέρδη Βμ, i [€]	Τόκοι Cδ, i [€]	Αποσβέσεις Ai [€]	Φορολογητέο Εισόδημα Βφ, i [€]	Φόροι [35%] 0,35*Βφ, i	Καθαρό Λογιστικό Κέρδος Μ.Φ. Βμφ, i [€]	Χρεωλύσιο Δανείου Cχ, i [€]	Καθαρές Ταμειακές Ροές Μ.Φ. Fμφ, i [€]	Καθαρές Ταμειακές Ροές Π.Φ. Fπφ, i [€]	(1+d) ⁱ	ΣFi/(1+d) ⁱ
2011	27.182.407	6.422.700	20.759.707	4.895.840	1.380.878	14.482.989	5.069.046	10.794.821	2.175.929	8.618.892	13.687.938	1,00	6.427.212
2012	31.446.888	6.944.925	24.501.963	4.569.451	1.380.878	18.551.634	6.493.072	13.439.440	2.175.929	11.263.511	17.756.583	1,341	6.263.488
2013	35.907.604	7.494.676	28.412.928	4.243.061	1.380.878	22.788.989	7.976.146	16.193.721	2.175.929	14.017.792	21.993.938	1,798	5.812.906
2014	40.571.701	8.072.955	32.498.747	3.916.672	1.380.878	27.201.197	9.520.419	19.061.656	2.175.929	16.885.727	26.406.146	2,411	5.221.613
2015	45.446.561	8.680.797	36.765.765	3.590.283	1.380.878	31.794.604	11.128.111	22.047.371	2.175.929	19.871.442	30.999.553	3,234	4.582.321
2016	50.539.807	9.319.271	41.220.536	3.263.893	1.380.878	36.575.765	12.801.518	25.155.125	2.175.929	22.979.196	35.780.714	4,337	3.951.502
2017	55.859.311	9.989.483	45.869.828	2.937.504	1.380.878	41.551.446	14.543.006	28.389.318	2.175.929	26.213.389	40.756.395	5,815	3.361.412
2018	61.413.203	10.692.572	50.720.631	2.611.115	1.380.878	46.728.638	16.355.023	31.754.493	2.175.929	29.578.564	45.933.587	7,798	2.828.439
2019	67.209.877	11.429.716	55.780.161	2.284.725	1.380.878	52.114.558	18.240.095	35.255.341	2.175.929	33.079.412	51.319.507	10,458	2.358.842
2020	73.258.002	12.202.130	61.055.872	1.958.336	1.380.878	57.716.658	20.200.830	38.896.706	2.175.929	36.720.777	56.921.607	14,024	1.952.649
2021	79.566.526	13.011.070	66.555.456	1.631.947	1.380.878	63.542.632	22.239.921	42.683.588	2.175.929	40.507.660	62.747.581	18,806	1.606.278
2022	86.144.691	13.857.833	72.286.859	1.305.557	1.380.878	69.600.423	24.360.148	46.621.153	2.175.929	44.445.224	68.805.372	25,218	1.314.255
2023	93.002.035	14.743.755	78.258.280	979.168	1.380.878	75.898.234	26.564.382	50.714.730	2.175.929	48.538.801	75.103.183	33,818	1.070.323
2024	100.148.406	15.670.219	84.478.187	652.779	1.380.878	82.444.530	28.855.586	54.969.823	2.175.929	52.793.894	81.649.479	45,350	868.122
2025	107.593.969	16.638.650	90.955.319	326.389	1.380.878	89.248.051	31.236.818	59.392.111	2.175.929	57.216.182	88.453.000	60,814	701.596
2026	115.349.217	17.650.521	97.698.697		1.380.878	96.317.819	33.711.237	63.987.460		63.987.460	97.698.697	81,551	585.106
2027	123.424.982	18.707.349	104.717.632		1.380.878	103.336.754	36.167.864	68.549.768		68.549.768	104.717.632	109,560	467.430
2028	131.832.441	19.810.705	112.021.737		1.380.878	110.640.859	38.724.301	73.297.436		73.297.436	112.021.737	146,652	372.710
2029	140.583.133	20.962.205	119.620.929		1.380.878	118.240.051	41.384.018	78.236.911		78.236.911	119.620.929	196,661	296.664
2030	149.688.964	20.996.678	128.692.287		1.380.878	127.311.409	44.558.993	84.133.294		84.133.294	128.692.287	263,722	319.022
													50.361.889

ΕΣΟΔΑ ΑΠΟ ΠΩΛΗΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΜΕΣΩ ΑΓΩΓΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ									
Έτος	<i>i</i>	Επίσηο Ενεργειακό Φορτίο Q_i [Gwh]	Τιμοφ. Ανπ/ρή. τ	Τιμή Πώλησης ΦΑ Σκέλος Ενέργειας $S_{q,i}$ [€/GWh]	Πωλήσεις ΦΑ (Q_i), ($S_{p,i}$) [€]	Πωλήσεις ΦΑ Σκέλος Ισχύος $S_{p,i}$ [€/MW μ.ω.κ./μήνα] x 12 μήνες	Παραμένονσα Αξία $S_{p,n}$ [€] (*)	Έσοδα από Πωλήσεις ΦΑ $S_{\phi\alpha,i}$ [€]	
2011	1	958,00	1,00	27.835	26.665.930	516.477	1.129.809	27.182.407	
2012	2	1.081,26	1,03	28.531	30.849.384	597.504	1.129.809	31.446.888	
2013	3	1.204,53	1,05	29.244	35.225.344	682.259	1.129.809	35.907.604	
2014	4	1.327,79	1,08	29.975	39.800.822	770.879	1.129.809	40.571.701	
2015	5	1.451,05	1,10	30.725	44.583.058	863.503	1.129.809	45.446.561	
2016	6	1.574,32	1,13	31.493	49.579.530	960.277	1.129.809	50.539.807	
2017	7	1.697,58	1,16	32.280	54.797.961	1.061.350	1.129.809	55.859.311	
2018	8	1.820,84	1,19	33.087	60.246.326	1.166.876	1.129.809	61.413.203	
2019	9	1.944,11	1,22	33.914	65.932.862	1.277.015	1.129.809	67.209.877	
2020	10	2.067,37	1,25	34.762	71.866.069	1.391.932	1.129.809	73.258.002	
2021	11	2.190,63	1,28	35.631	78.054.730	1.511.797	1.129.809	79.566.526	
2022	12	2.313,89	1,31	36.522	84.507.907	1.636.785	1.129.809	86.144.691	
2023	13	2.437,16	1,34	37.435	91.234.958	1.767.077	1.129.809	93.002.035	
2024	14	2.560,42	1,38	38.371	98.245.545	1.902.861	1.129.809	100.148.406	
2025	15	2.683,68	1,41	39.330	105.549.639	2.044.330	1.129.809	107.593.969	
2026	16	2.806,95	1,45	40.313	113.157.534	2.191.683	1.129.809	115.349.217	
2027	17	2.930,21	1,48	41.321	121.079.856	2.345.126	1.129.809	123.424.982	
2028	18	3.053,47	1,52	42.354	129.327.570	2.504.871	1.129.809	131.832.441	
2029	19	3.176,74	1,56	43.413	137.911.995	2.671.138	1.129.809	140.583.133	
2030	20	3.300,00	1,60	44.498	146.844.812	2.844.152	1.129.809	149.688.964	
							22.596.184	1.616.169.725	

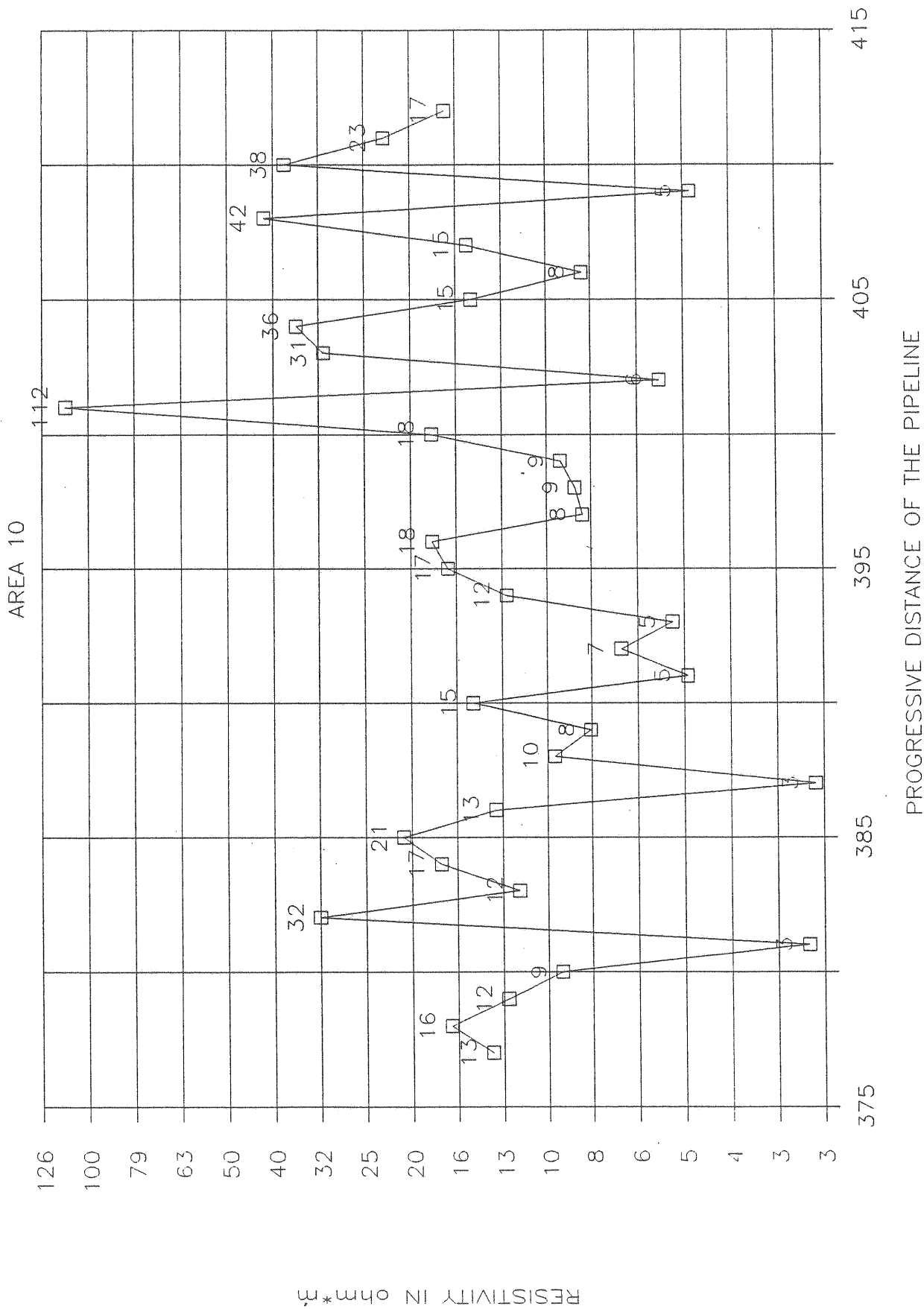
(*) Βοηθητική στήλη-Δεν υπολογίζεται στα Έσοδα

ΕΞΟΔΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΓΩΓΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ											
Έτος	<i>i</i>	Αποσβέσεις <i>Ai</i> [€] (*)	<i>PiBi</i> [€] (*)	<i>Ciαφρα, i</i> [€]	<i>ΣΔMi</i> [€/GWh]	<i>ΣΧMi</i> [€/GWh]	<i>Cπφα, i</i> [€]	Χρεωλύσιο Δανείου <i>Cx, i</i> [€]	Τοκισόμενο Κεφάλαιο [€] (*)	Τόκος <i>Cδ, i</i> [€]	Γενικά Έξοδα <i>Cγ</i> [€]
2011	1	1.380.878	48.832.865	2.685.808	1.597	290	3.812.841	2.175.929	32.638.933	4.895.840	6.422.700
2012	2	1.380.878	47.451.987	2.609.859	1.636	297	4.411.014	2.175.929	30.463.004	4.569.451	6.944.925
2013	3	1.380.878	46.071.109	2.533.911	1.677	305	5.036.713	2.175.929	28.287.075	4.243.061	7.494.676
2014	4	1.380.878	44.690.231	2.457.963	1.719	312	5.690.940	2.175.929	26.111.146	3.916.672	8.072.955
2015	5	1.380.878	43.309.353	2.382.014	1.762	320	6.374.730	2.175.929	23.935.217	3.590.283	8.680.797
2016	6	1.380.878	41.928.475	2.306.066	1.806	328	7.089.153	2.175.929	21.759.288	3.263.893	9.319.271
2017	7	1.380.878	40.547.597	2.230.118	1.851	336	7.835.313	2.175.929	19.583.360	2.937.504	9.989.483
2018	8	1.380.878	39.166.719	2.154.170	1.898	345	8.614.351	2.175.929	17.407.431	2.611.115	10.692.572
2019	9	1.380.878	37.785.841	2.078.221	1.945	353	9.427.443	2.175.929	15.231.502	2.284.725	11.429.716
2020	10	1.380.878	36.404.963	2.002.273	1.994	362	10.275.805	2.175.929	13.055.573	1.958.336	12.202.130
2021	11	1.380.878	35.024.085	1.926.325	2.044	371	11.160.694	2.175.929	10.879.644	1.631.947	13.011.070
2022	12	1.380.878	33.643.207	1.850.376	2.095	381	12.083.405	2.175.929	8.703.715	1.305.557	13.857.833
2023	13	1.380.878	32.262.330	1.774.428	2.147	390	13.045.275	2.175.929	6.527.787	979.168	14.743.755
2024	14	1.380.878	30.881.452	1.698.480	2.201	400	14.047.688	2.175.929	4.351.858	652.779	15.670.219
2025	15	1.380.878	29.500.574	1.622.532	2.256	410	15.092.067	2.175.929	2.175.929	326.389	16.638.650
2026	16	1.380.878	28.119.696	1.546.583	2.312	420	16.179.886				17.650.521
2027	17	1.380.878	26.738.818	1.470.635	2.370	431	17.312.663				18.707.349
2028	18	1.380.878	25.357.940	1.394.687	2.429	441	18.491.966				19.810.705
2029	19	1.380.878	23.977.062	1.318.738	2.490	452	19.719.414				20.962.205
2030	20	1.380.878	22.596.184	1.242.790	2.552	464	20.996.678				20.996.678
		27.617.558						32.638.933	261.111.461	39.166.719	263.298.209

(*) Βοηθητικές στήλες-Δεν υπολογίζονται στα Γενικά Έξοδα



SOIL RESISTIVITY ALONG PIPE'S AXIS





Asprofos

CP-115111/01

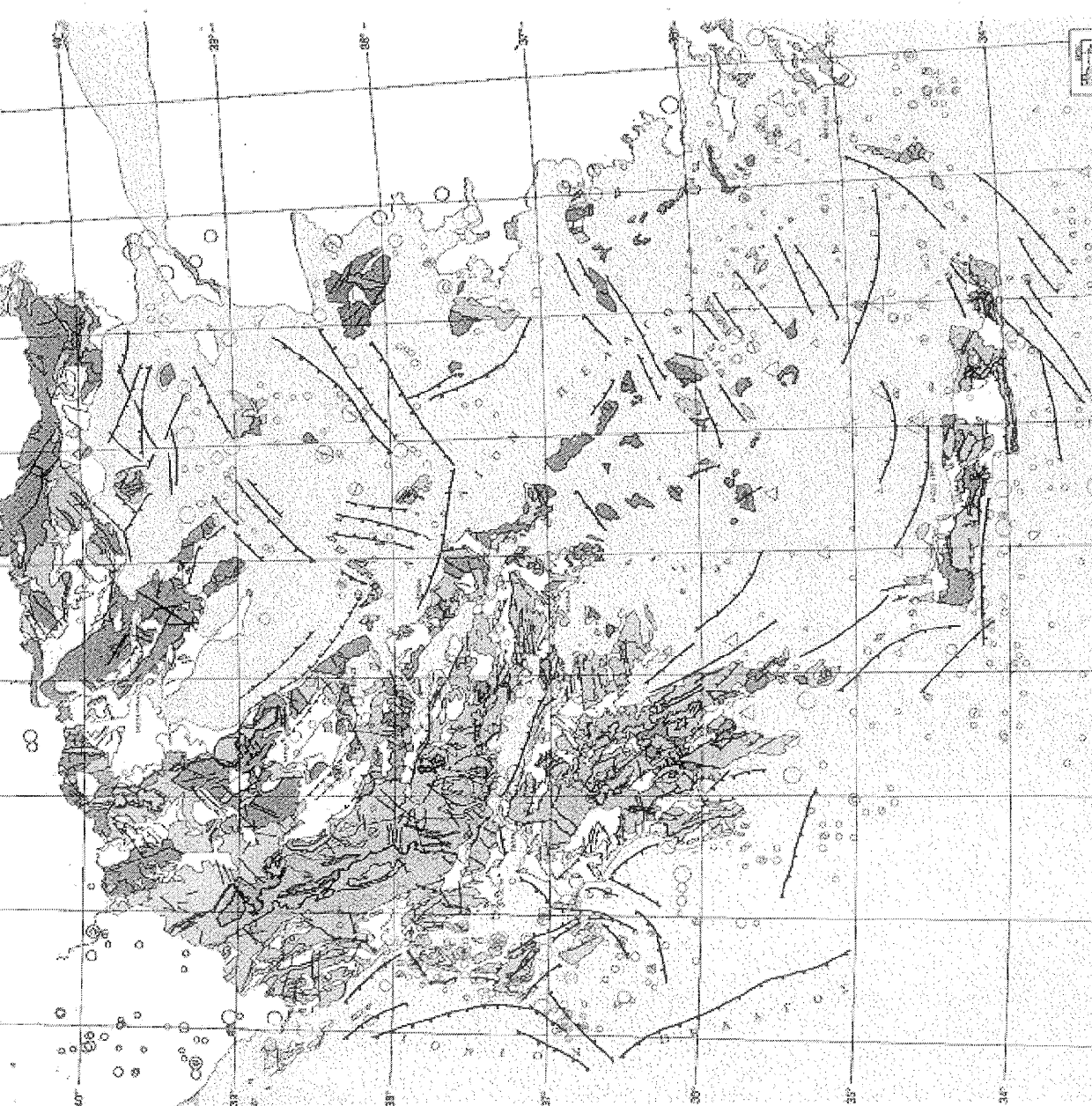
Revision : 0
Date : 15.1.1993
Pages : 46 of 54

SOIL AGGRESSIVENESS STUDY
main pipeline

A/A	29	30	31	32	33	34	35
km	395500	405500	412600	418200	431000	432300	438700
point ident.	p10	p14	t4	t7	as1	as4	as3
depth	2.5	2	2	1.5	2.5	2.1	2.3
type of soil % $\Phi < 0.06\text{mm}$	78	59	14	78	64	69	54
Mud, organic carbon, %							
Heavily contamin. fuel, coal, wastes							
soil resistivity Ohm*cm	1350	833	5266	1066	1600	1233	2300
Moisture %		29.7	18.5	21.6	15.2	26.6	13.4
pH value	7.37	8	7.9	6.81	7.2	7.33	6.84
Buffer capacity mmol/kg	1.25	1.5	1.25	0.5	1	2	0.75
(S) ²⁻ mmol/kg							
(CL) ⁻ & (SO ₄) ²⁻ mmol/kg	2.6	1.9	0.3	1.8	1.3	1.3	1.2
(SO ₄) ²⁻ mmol/kg	15.6	12.5	8.3	12.5	15.6	10.4	11.4
Pipe with respect to ground water *	a	a	a	a	a	a	a

a: absent
b: present
c: varies with time

ΣΕΙΣΜΟΤΕΚΤΟΝΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
SEISMOTECTONIC MAP OF GREECE



ΥΠΟΜΝΗΜΑ
LEGEND

- Αλβανία (Κόκκινο)
Albania (Red)
- Αργείο, Μήλιο, Αγιονόρος (Παλαιό-Μεσοζωικό)
Cret., Sakh., Chalkomios (Palaeo- + Mesozoic)
- Αιόλιος (Α. Κορινθίου-Μυκηνών)
Elios (O. Corinthian - Mycenae)
- Μεσσηνία (Οβριόλιον - Μυκηνών)
Messonia (Obrionian - Mycenae)
- Πυρραίο Κόμβο (Πυρραίο - Κορινθίο)
Pirraio Kombo (Pirraio - Corinthian)
- Συρρακοπούλιος
Syrakopolios
- Αιτωλικός γωνιά (Πυρραίο - Ιβήρων)
Aitolikos gonias (Pirraio - Iberian)
- Εβροτικός
Evrotikos
- Φαλλήν, γυλάς, κερκεύλιος
Phallian, gyilas, kerkeuilios
- Μυρρινός, κερκεύλιος, κερκεύλιος
Myrrinos, kerkeuilios, kerkeuilios
- Όρειοι οροπέδια, οροπέδια
Oreioi oropedia, oropedia
- Κεντρομεσογενέας οροπέδια, οροπέδια
Kentromesogenias oropedia, oropedia
- Ρήγος
Rigos
- Εκπέδηση
Ekipedisi
- Τριαντάρι
Triantari

ΕΠΙΣΤΑΣΙΑ ΣΕΙΣΜΩΝ
EARTHQUAKE EPICENTERS

- Μόλις - Ανεπίσημα
h < 60 Km * > 60 Km
- 7.0
- 6.7 - 6.9
- 6.0 - 6.4
- 5.5 - 5.9
- 5 - 5.4

1:50,000

- (1) Νόμος 1650/1986 (ΦΕΚ 160Α)
Αφορά το γενικό πλαίσιο προστασίας του περιβάλλοντος και προβλέπει το περιεχόμενο των ΜΠΕ. Τροποποίηση και βελτίωση του νόμου αυτού έγινε με τη θεσμοθέτηση του νόμου 3010/2002 (ΦΕΚ 91Α/24.05.02) που αφορά στην εναρμόνιση με τις οδηγίες 97/11/ΕΕ και 96/61/ΕΕ.
- (2) ΚΥΑ/69269/5387/24.10.90 (ΦΕΚ 678Β/90)
Αφορά στον τύπο της ΜΠΕ που εκπονείται για την έγκριση των περιβαλλοντικών όρων των διαφόρων έργων. Οι ΜΠΕ για τα έργα του ΕΣΦΑ είναι τύπου Β (πίνακας 2, άρθρο 16).
- (3) Νόμος 1335/1983 (ΦΕΚ 32Α/14.03.83)
Αφορά στην κύρωση Διεθνούς Σύμβασης της Βέρνης για τη διατήρηση της άγριας ζωής και του φυσικού περιβάλλοντος της Ευρώπης.
- (4) Νόμος 2204/1994 (ΦΕΚ 59Α/15.04.94)
Αφορά στην κύρωση της Σύμβασης για τη βιολογική ποικιλότητα
- (5) Το ΠΔ 67/1981 (ΦΕΚ 23Α/30.01.81)
Αφορά στην προστασία της αυτοφούς χλωρίδας και άγριας πανίδας και τον καθορισμό διαδικασίας συντονισμού και ελέγχου της έρευνας επ' αυτών, όπως διορθώθηκε από το ΦΕΚ 43ΒΑ/18.02.81.
- (6) Το ΝΔ 86/1969
Αφορά στο Δασικό Κώδικα και τις τροποποιήσεις και συμπληρώσεις που αυτός έχει υποστεί από το ΝΔ 996/1971, το νόμο 177/1975 και το νόμο 2637/1998.
- (7) ΚΥΑ/414/985/29.11.1985 (ΦΕΚ 757Β/18.12.1985)
Αφορά στα μέτρα διαχείρισης της άγριας πτηνοπανίδας στην Ελλάδα.
- (8) Νόμος 367/1976 (ΦΕΚ 162Α/1976)
Αφορά στις διατάξεις που ακολουθούνται για την αναγκαστική απαλλοτρίωση των ακινήτων προς ανεύρεση υδρογονανθράκων.
- (9) Νόμος 1769/1988 (ΦΕΚ 66Α/07.04.88)
Αφορά στην “Κύρωση της από 9^{ης} Δεκεμβρίου 1987 τροποποιητικής σύμβασης μεταξύ του ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΔΗΜΟΣΙΟΥ και των Εταιρειών DENISON MINES Ltd και ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ – ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΕΩΣ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ Α.Ε. και των παραρτημάτων της 1,2,3 και 4 και ρύθμιση ζητημάτων υδρογονανθράκων” (άρθρο 7).
- (10) Νόμος 1929/1991 (ΦΕΚ 19Α/15.02.1991)
Ο νόμος αυτός θεσμοθετήθηκε για τον καθορισμό του πλαισίου απαλλοτρίωσης κατά μήκος της ζώνης εργασίας του ΑΦΑ (άρθρο 4). Μεταγενέστερα υπήρξαν συμπληρώσεις και τροποποιήσεις από το άρθρο 19 του νόμου 2081/1992 (ΦΕΚ 154/Α/10.09.1992) και το άρθρο 14, παραγρ.6, του νόμου 2289/1995 (ΦΕΚ 27/Α/8.2.1995) “Αναζήτηση, έρευνα και εκμετάλλευση υδρογονανθράκων και άλλες διατάξεις”.

A/A	Έτος διεξαγωγής έρευνας	Συγγραφείς	Αντικείμενο Γνωσιολογικής Έρευνας	Τεχνολογική Έμφαση	Βιβλιογραφική Αναφορά
1	1983	Barhen, J., et al.	ΒΓ για τις Εναλλακτικές Στρατηγικές Προμήθειας Υγρών Καυσίμων στην Ενεργειακή Πολιτική των ΗΠΑ	Knowledge-Data Base	Energy, Vol. 8, No. 3, pp. 169-197
2	1983	Ester, R.	Συμβολή στο Συσχετισμό Συμπεριφορικής Επιστήμης με τις Βάσεις Γνώσεις για την Ενεργειακή Πολιτική	Knowledge Base	Journal of Economic Psychology, Vol. 3, No. 3-4, pp. 203-229
3	1985	Dohnal, M.	Γενικευμένο ΕΣ για τη Βιομηχανία	Expert System based on Fuzzy concepts	Computers in Industry, Vol. 6, No. 2, pp. 115-121
4	1987	Singh, G.P., & Bains, H.S.	ΕΣ για τη Διάγνωση Αστοχιών σε Boiler σε Ενεργειακές Μονάδες Στερεών Καυσίμων	Expert System (ESCARTA)	Conference Proceedings on Expert Systems Applications in Power Plants, Boston, 27-29 May 1987, pp. 7-87-7-100
5	1987	Syan, C.S., et al.	Μεθοδολογία για υλοποίηση Βάσης Γνώσης για τη Διάβρωση των Συνθετικών Επενδύσεων στα Υλικά	Knowledge-Data Base, Expert System	Surface and Coatings Technology, Vol. 33, pp. 105-115
6	1988	Ahmad, K., et al	ΕΣ για το Σχεδιασμό Πολύπλοκων Συστημάτων Διαχείρισης Ύδατος	Expert System	Knowledge-Based Systems, Vol. 1, No. 3, pp. 153-165
7	1988	Esfahani, L., & Kellet, J.	Παρουσίαση Εργαλείου Κωδικοποίησης της Γνώσης για Υποστήριξη Ανάπτυξης Έμπειρων Συστημάτων με Εφαρμογή RBFS (Rule Based Frame System)	Knowledge Encoding Tool (KET)	Knowledge-Based Systems, Vol. 1, No. 5, pp. 301-309
8	1988	Van Assche, F., et al.	Παρουσίαση Συστήματος Rule-Based για Υποστήριξη Επιχειρησιακού Περιβάλλοντος	Rule Based System (RUBRIC)	Knowledge-Based Systems, Vol. 1, No. 4, pp. 227-234
9	1988	Chen, B., et al.	ΒΓ για την κατασκευή δικτύων Εναλλακτών Θερμότητας	Knowledge Based System (SPHEN)	Computers & Chemical Engineering, Vol. 13, No. 11-12, pp. 1221-1227
10	1988	Chirarattananon, S., et al.	Βάση Γνώσης για την Ενίσχυση Μεταφοράς Ηλιακής Θερμότητας σε Θάλαμο Ξήρανσης	Knowledge-Data Base	Solar Energy, Vol. 41, No. 4, pp. 349-360
11	1988	Hall, J.	ΕΣ για τις διεργασίες της Υαλοργίας	Expert System (FSAS)	Engineering Applications of Artificial Intelligence, Vol. 1, No. 1, pp. 16-21
12	1989	Allerano, V.M., et al.	ΕΣ για ανάλυση δειγμάτων από Γεωθερμικούς Ταμιευτήρες	Expert System (ANAPPRES V 1.0)	Heat Recovery Systems and CHP, Vol. 9, No. 2, pp. 101-113
13	1989	Batzias, F., & Arnaoutis, S.	ΕΣ για τη Διάγνωση του Blistering στη Μεταλλοβιομηχανία	Expert Systems	Dechema-Monographs, Vol. 16-VCH Verlagsgesellschaft, 1989
14	1989	Chen, S.S., & Wilson, J.L.	ΕΣ για την Αντιμετώπιση Αστοχιών σε Γέφυρες	Knowledge Based Expert System (BFI)	Computing in Civil Engineering, pp. 211-218, ASCE 6th Conference of Knowledge Representation for Fatigue Evaluation Computing in Civil Engineering, 11-13 September, 1989
15	1989	Fung, C.Y.F.	Σύστημα Διάγνωσης Μηχανικών Αστοχιών	Expert System (XBAK)-Rule Based	Knowledge-Based Systems, Vol. 2, No. 4, pp. 228-238
16	1989	Hondros, E.D., & Krockel, H.	Γενική θεώρηση της Διάβρωσης μέσω Βάσεων Γνώσης και Έμπειρων Συστημάτων	Knowledge-Data Bases, Expert System (Συμβολή)	Materials Science & Engineering, Vol. 120-121. Part 2, pp. 685-691
17	1989	Jansen, B., & Compton, P.	Παρουσίαση Λεξικού Γνώσης-Γενικευμένο Εργαλείο	Expert System-Rule Based	Knowledge-Based Systems, Vol. 2, No. 1, pp. 14-26
18	1989	Kraiem, Z. M., et al.	ΕΣ για τη Διαχείριση Αποζημιώσεων στην Κατασκευαστική Βιομηχανία	Expert System (DISCON)	Knowledge-Based Systems, Vol. 2, No. 3, pp. 158-164

A/A	Έτος διεξαγωγής έρευνας	Συγγραφείς	Αντικείμενο Γνωσιολογικής Έρευνας	Τεχνολογική Έμφαση	Βιβλιογραφική Αναφορά
19	1989	Tsai, J.J.P., & Liu, A.	Σύστημα ΔΓ για την Προτυποποίηση στη Βιομηχανία της Πληροφορικής με χρήση κώδικα FRORL	Knowledge-Based System, Rule Based	Knowledge-Based Systems, Vol. 2, No.4, pp.239-248
20	1990	Bamkin, R.J., & Pearcey, B.J.	Σύστημα Υποστήριξης για το Σχεδιασμό και την Επιλογή Υλικών καλύπτοντας και τη Διάβρωση	Knowledge-Data Base	Materials & Design, Vol. 11, No. 1, pp. 25-29
21	1990	Farina, C., & Mininni, S.	ΕΣ για την Πρόληψη της Διάβρωσης σε Boilers	Expert Systemn (DOCES- Donegani anti-Corrosione Expert System)	Proceedings of 11th International Corrosion Congress, Florence, March 1990
22	1990	Fu, L.M., & Fu, L.C.	ΕΣ Βασισμένο σε Νευρωνική Αρχιτεκτονική-Γενικευμένος Σχεδιασμός	Expert System-Rule Based-ANN	Knowledge Based Systems, Vol. 3, No.1, pp.48-56
23	1990	Horiguchi, T., et al.	ΕΣ για την Διαχείριση Αστοχιών λόγω Κόπωσης στις Μεταλλικές Γέφυρες	Expert System	Proceedings of 4th Intern. Conf. On Fatigue and Fatigue Thresholds, 15-20 July 1990, pp.2479-2484
24	1990	Horiguchi, T., et al.	ΕΣ για την Διαχείριση Αστοχιών λόγω Κόπωσης στις Μεταλλικές Σιδηροδρομικές Γέφυρες	Expert System	Proceedings of 4th Intern. Conf. On Fatigue and Fatigue Thresholds, 15-20 July 1990, pp.2479-2484
25	1990	Kawamo, K.	ΣΓ για την Κόπωση των Υλικών και την Ανάπτυξη των Αστοχιών	Knowledge-Base	Proceedings of 4th International Conference on Fatigue and Fatigue Thresholds, 15-20 July 1990, pp.2449-2459
26	1990	Ishizuka, M., & Matsuda, T.	Γενικευμένη Πρόταση Συστήματος για Αλληλεπιδρώντα Διαγνωστικά Συστήματα	Knowledge Base (Συμβολή)	Knowledge Based Systems, Vol. 3, No.2, pp.77-86
27	1990	Laenen, E., & Vermeir, D.	ΒΓ για Υποστήριξη της Βιομηχανικής Έρευνας μεταξύ Οργανισμών που δραστηριοποιούνται στο Πρόγραμμα ESPRIT	Knowledge Base (KIWIS)	Knowledge Based Systems, Vol. 3, No.4, pp.215-220
28	1990	McMahon, C.A., et al.	ΕΣ Υποστήριξης Σχεδιασμού Υλικών με σκοπό τη Μείωση της Διάρκειας Κόπωσης τους-Έμφαση στις Γεωμετρικές και Μηχανικές Ιδιότητες των Υλικών	Knowledge-Based System (FLAE & FLME)	Proceedings of the 4th International Conference on Fatigue and Failure Thresholds, 15-20, July 1990, pp. 2460-2466
29	1990	Nelhem, H.G., & Wentworth, J.A.	ΕΣ για την Επίλυση Προβλημάτων και την Απαιτούμενη Εκπαίδευση Προσωπικού για Αντιμετώπιση Αστοχιών σε Γέφυρες	Expert System (FASTBRID)	Rublic Roads, Vol. 53, No.4, 99. 109-117
30	1990	Shuto, T.	ΕΣ για την Υποστήριξη Σχεδιασμού Συστημάτων που Υπόκεινται σε Συνθήκες Κόπωσης Υλικών	Expert System	Proceedings of the 4th International Conference on Fatigue and Failure Thresholds, 15-20, July 1990, pp. 2467-2472
31	1990	Siddique, M., Cole, I.M.	ΕΣ για το Σχεδιασμό Διεργασιών Κατασκευής Στοιχείων Χάλυβα Χωρίς Ραφή (Seamless Tube Plant)	Expert System	Journal of Materials Processing Technology, Vol. 24, pp. 485-494
32	1991	Bullinger, H-J., et. al.	Σύστημα ΒΓ για την Υποστήριξη Εφαρμογών Βιομηχανικού Σχεδιασμού (CAD) και Επιλογής Υλικών	Knowledge Base	Knowledge Based Systems, Vol. 4, No.2, pp.95-102
33	1991	Coenen, F., & Smeaton, P.	Σύστημα Υποστήριξης Αποφάσεων σχετικά με τη Ναυσιπλοία για την Αποφυγή Συνωστισμού και Καθυστερήσεων	Knowledge-Based System	Knowledge Based Systems, Vol. 4, No.3, pp.157-164
34	1991	Finizza, A.	ΒΓ για την Πρόβλεψη των Τιμών του Αργού Πετρελαίου	Knowledge-Data Base (ARCO1-Atlantic Richfield Company)	International Journal of Forecasting, Vol. 7, No.3, pp.299-315

A/A	Έτος διεξαγωγής έρευνας	Συγγραφείς	Αντικείμενο Γνωσιολογικής Έρευνας	Τεχνολογική Έμφαση	Βιβλιογραφική Αναφορά
35	1991	Geymayr, J.A.B., & Ebecken, N.F.F.	ΕΣ για την Υποστήριξη Σχεδιασμού Κατακόρυφων Αγωγών Υποθαλάσσιας Άντλησης Πετρελαιοειδών	Expert System (FRAES)	Engineering Applications Artificial Intelligence, Vol. 4, pp. 51-58
36	1991	Gubarev, V.V. et al.	ΕΣ για τη Διαχείριση των Δοκιμών σε Πιητικές Συσκευές	Expert System	International Symposium on Fatigue and Fracture in Steel and Concrete Structures, pp. 923-927
37	1991	Harris, D.D. et al.	ΕΣ Υποστήριξης Σχεδιασμού Sensor Knowledge-Γενικευμένο	Expert System-Rule Based	Knowledge Based Systems, Vol. 4, No.3, pp.165-171
38	1991	Hassan, A., et al.	ΕΣ για τη Διάβρωση σε μονάδες Αφαλάτωσης και Ενέργειας	Knowledge-Data Bases, (COREX) Expert System	Desalination, Vol. 84, No. 1-3, pp. 251-266
39	1991	Rao, K.S., & Prasad, B.E.	Ανάπτυξη Συστήματος ΒΓ για Αποθήκευση και Ανάκτηση Εικόνων (Image Processing)	Knowledge Base	Knowledge Based Systems, Vol. 4, No. 4, pp. 209-214
40	1992	Bogaerts, W.F., & Agema, K.S.	Γενικό ΣΓ με κάλυψη όλου του φάσματος των Διαβρωτικών Φαινομένων CD ROM Πακέτο	Knowledge-Based System (LIBRARY ON CORROSION)	Engineering Failure Analysis, Vol.2, pp.137-149
41	1992	Cristaldi, L. & Orsini, G.	ΕΣ για την Υποστήριξη Επιλογών Υλικών και Εξοπλισμού στο Σχεδιασμό Χημικών Βιομηχανιών	Expert System	Metallurgica Italiana, Vol. 84, No. 3, pp. 249-254
42	1992	Henggeler, C., et al.	Χρήση ΕΣ για Υποστήριξη Αποφάσεων	Expert System (MOLP)	European Journal of Operational Research, Vol.61, No.1-2, pp.135-144
43	1992	Holden, P.	Συμβολή σε Διαχείριση Περιβάλλοντος ΕΣ, για τη Μεταφορά Τεχνολογίας στον Τομέα της Βιομηχανίας	Expert System	Knowledge Based Systems, Vol. 5, No. 4, pp. 258-268
44	1992	Kalay, E., et al.	Συνδυασμός ΕΣ και Μεθόδου Προσομοίωσης για Σχεδιασμό και Αξιολόγηση Ενεργειακών Συστημάτων	Expert System	Automation in Construction, Vol. 1, No.2, pp. 123-141
45	1992	Lischke, M.P., & Meyer, K.L.	ΕΣ για τη Συντήρηση των Αεροσκαφών	Expert System (TEAMS)	NAECON92; Proceedings of the IEEE 1992 National Aerospace and Electronics Conference, Dayton, OH, 18-22 May 1992., Vol.3, A93-4277 17-01
46	1992	Roddis, W.M., & Martin, J.L.	ΕΣ για τη Διάγνωση Κοπώσεων και Θραύσεων στις Μεταλλικές Γέφυρες	Expert System (CRACK)	IEEE Expert, August, 41-48, 1992
47	1992	Smets, H.M.G., & Bogaerts, W.F.L.	Διαχείριση Διάβρωσης για Austenitic-Stainless Steels σε χλωριούχο περιβάλλον	CBR, έμφαση σε Neural Networks	Materials & Design, Vol. 13, No. 3, pp. 149-153
48	1992	Sycara, K., et al.	ΕΣ Υποστήριξης Σχεδιασμού Μηχανολογικών Συστημάτων	CBR (CADET)	International Journal of Expert Systems, Vol. 4, pp. 157-188
49	1992	Trethewey, K.R., & Keenan, J.S.	ΕΣ που Υποστηρίζει Έλεγχο της Διάβρωσης με Καμπύλες Πόρωσης	Expert System	Computer Modelling in Corrosion, ASTM STP 1154, pp.113-125
50	1992	Walton, H.W.	ΕΣ για τη Διάγνωση των Αστοχιών των Ενσφαιρων Τριβέων (Ρουλεμάν)	Expert System	Conference Proceedings of the International Conference and Exhibits on Failure Analysis, 8-11 July 1991, Montreal, Quebec, ASM International, pp. 207-210
51	1992	Wang, W., & Bell, R.	Πρόταση Συστήματος για Σχεδιασμό και Υλοποίηση Ευέλικτων Machining Cells	AI-modelling System (Συμβολή)	Knowledge Based Systems, Vol.5, No.2, pp.158-166
52	1993	Dukic, L.	ΕΣ για την Προστασία των Δομικών Υλικών από τη Διάβρωση	Expert System (ES-CPM)	Journal of Constructional Steel Research, Vol. 25, No. 3, pp. 167-183
53	1993	Chon, Y., et al.	ΕΣ Υποστήριξης Σχεδιασμού Ελασμάτων Φυγοκεντρικών Ανεμιστήρων	Knowledge-Based Expert System	Engineering Applications Artificial Intelligence, Vol. 6, pp. 425-435

A/A	Έτος διεξαγωγής έρευνας	Συγγραφείς	Αντικείμενο Γνωσιολογικής Έρευνας	Τεχνολογική Έμφαση	Βιβλιογραφική Αναφορά
54	1993	Dentsoras, A.J., & Mavrommatis, P.	ΕΣ Υποστήριξης Σχεδιασμού και Επιλογής Υλικών Μηχανικών Αναρτήσεων	Knowledge-Based Expert System	Engineering Applications Artificial Intelligence, Vol. 6, pp. 583-591
55	1993	Emenike, C.O.	Σύστημα Υποστήριξης Αποφάσεων για τη ΔΓ σε Αγωγούς αερίου, πετρελαίου και νερού.	Expert System (IF THEN ELSE)	Materials & Design, Vol. 14, No. 6, pp. 331-337
56	1993	Gerven, T., et al.	ΕΣ για την Υποστήριξη Αποφάσεων Επιλογής Υλικών για αντιμετώπιση του Pitting Corrosion	Expert System	Werkstoffe und Korrosion, Vol. 44, pp. 426-430
57	1993	Prat, A., et al.	Υποστήριξη Knowledge Based Front Ends με εργαλεία Λογισμικού για Βιομηχανικές Εφαρμογές μέσω Προγραμμάτων ESPRIT-2 και FOCUS	Συμβολή σε Σχεδιασμό KBFES	Knowledge Based Systems, Vol. 6, No. 1, pp. 11-16
58	1993	Stockwell, R.B.	Παρουσίαση ΕΣ για διάφορες Εφαρμογές Βασισμένο σε Στρατηγική Bayesian Classifier	Expert System (LBS-Learning Base System)	Expert Systems with Applications, Vol.6, No.2, pp.137-147
59	1993	Robin, C., et al.	Ολοκλήρωση ΕΓ και Εργαλείων Προσομοίωσης για το Θερμικό Σχεδιασμό Κτιρίων και Ενεργειακών Συστημάτων	Knowledge Expert & Simulation Tools (HVAC)	Energy & Buildings, Vol.20, No.2, pp.167-175
60	1993	Smart, N.R., et al.	ΒΓ για τον εντοπισμό αστοχιών από φαινόμενα Δυναμοδιάβρωσης (SCC)	Expert System (ACHILLES)	Corrosion Science, Vol. 35, No. 1-4, pp. 403-410
61	1993	Souza, M.N., et al.	ΒΓ αναγνώρισης φασμάτων Mossbauer για προϊόντα Διάβρωσης	Artificial Neural Network	Nuclear Instruments & Methods in Physics Research Section B: Vol.73, No.1, pp.95-100
62	1993	Streiff, R.	Σύστημα καταγραφής της γνώσης για Διάβρωση υψηλών θερμοκρασιών και επιλογή υλικών επένδυσης	Knowledge-Data Bases, Expert Systems,	Corrosion Science, Vol. 35, No. 5-8, pp.1177-1187
63	1993	Su, Y.L., et al.	ΕΣ για τη Διάγνωση Τριβολογικών Αστοχιών σε Αιχμηρούς Οδοντωτούς Τροχούς	Expert System	Wear, Vol.166, pp.187-196
64	1993	Trethewey, K.R., & Keenan, J.S.	ΕΣ σε CD-ROM που αναφέρεται γενικά στη Διαχείριση της Διάβρωσης	Expert System (CORROSION MANAGER)	Engineering Failure Analysis, Vol.2, pp.137-149
65	1993	Zong, Y., et al.	Διερεύνηση ΕΣ για τον Προγραμματισμό Έργων με Περιορισμένους Πόρους (Project Management)	Expert System (Συμβολή)	Expert Systems with Applications, Vol.6, No.3, pp.327-348
66	1993	Zhou, H., et al.	ΕΣ για Σχεδιασμό και Εξοικονόμηση Ενέργειας σχετικά με Heating, Ventilating & Air Conditioning (HVAC) processes	Expert System (Intelligent Operation Support System)	Engineering Applications of Artificial Intelligence, Vol. 6, No. 2, 131-144
67	1994	Akoka, J., et al.	ΕΣ για την Παρακολούθηση της Διακίνησης Νέων Φαρμακευτικών Προϊόντων	Expert System	Expert Systems with Applications, Vol.7, No.2, pp.291-303
68	1994	Arhras, G., & Foo, H.C.	ΣΓ για τον Έλεγχο των Αναλογιών στα Μείγματα Σκυροδέματος	KBS (EXMIX)	Expert Systems with Applications, Vol.7, No.2, pp.323-335
69	1994	Cohen, C.	ΕΣ για τον έλεγχο της λειτουργίας συστημάτων ταινιόδρομων στο βιομηχανικό τομέα	Expert System (Συμβολή)	Expert Systems with Applications, Vol.7, No.4, pp.483-494
70	1994	Doherty, N.F., & Kochhar, A.K.	Πρόταση ΣΓ για τη Διαχείριση Αστοχιών σε Υδρο-Μηχανικές Συσκευές Μεγάλης Πολυπλοκότητας	Knowledge-Based System, Rule-Based (MIDAS)	Knowledge-Based Systems, Vol.7, No.2, pp.127-134
71	1994	Fujiwara, I., et al.	ΕΣ για τη Σύνθεση των Κύκλων των Χημικών Αντιδράσεων	Expert System (EXPRES-Expert System for Chemical Reaction Cycles Synthesis)	Computers & Chemical Engineering, Vol.18, No.6, pp.469-480
72	1994	Hassan, A., et al.	ΕΣ για τη Διάβρωση σε μονάδες Αφαλάτωσης	Expert System	Desalination, Vol.97, No.1-3, pp.131-146

A/A	Έτος διεξαγωγής έρευνας	Συγγραφείς	Αντικείμενο Γνωσιολογικής Έρευνας	Τεχνολογική Έμφαση	Βιβλιογραφική Αναφορά
73	1994	Kim, Y.H., et al.	Γενικευμένο Εργαλείο Σχεδιασμού ΒΓ σε Περιβάλλον Διαχείρισης Πολλαπλών Παραγόντων	Knowledge-Data Base, Εργαλείο Σχεδιασμού MARKS	Knowledge-Based Systems, Vol.7, No.2, pp.91-102
74	1994	Kumar, V.R., et al.	Σχολιασμός ΕΣ για την πρόβλεψη του καιρού βασισμένο σε machine learning techniques	Expert System (Συμβολή)	Expert Systems with Applications, Vol.7, No.2, pp.373-381
75	1994	Nickel Development Institute	ΕΣ για την Επιλογή Τύπου Ανοξειδωτου Χάλυβα για την Αντιμετώπιση Crevice Corrosion σε Υδάτινο Περιβάλλον	Expert System	Engineering Failure Analysis, Vol.2, pp.137-149
76	1994	Petrovic, S., & Obradovic, I.	ΕΣ για την αναβάθμιση των ψηφιακών σημάτων Επεξεργασίας του Πακέτου (SIG)	Expert System (FILTEX)	Expert Systems with Applications, Vol.7, No.1, pp.85-92
77	1994	Raghupathi, W., et al.	ΕΣ για τη Διαχείριση των Βιομηχανικών Προϊόντων (Product Liability)	Expert System (SKADE-2)	Fuzzy Sets and Systems, Vol.7, No.1, pp.37-48
78	1994	Sambasivan, N., et al.	Σχολιασμός της διάρθρωσης ΣΓ για την αξιολόγηση της βιομηχανίας ενδυμάτων	KBS (Συμβολή- παρουσίαση του AEEF-Apparel Enterprise Evaluation Framework)	Expert Systems with Applications, Vol.7, No.2, pp.337-356
79	1994	Thomas, A., et al.	ΕΣ για την Πρόβλεψη Τύπων Αστοχιών και την Ανάλυση Αξιοπιστίας της Παραγωγής στη Βιομηχανία	Expert System	Proceedings of 2nd International Symposium on Product Development in Engineering Education, University of Limerick, 28-31 October 1994
80	1994	Trethewey, K.R., & Roberge, P.R.	Γενικός σχολιασμός των Συστημάτων Διαχείρισης του Κινδύνου από Διάβρωση σε διάφορες εφαρμογές.	Knowledge-Data Bases, Expert System (Συμβολή)	Materials & Design, Vol.15, No.5, pp.275-285
81	1994	Tzafestas, S., et al.	Πρόταση Γενικευμένου ΕΣ βασισμένου στη (πιθανοτική) Μηχανή Συμπερασμάτων του Naylor	Expert System (Συμβολή)	Knowledge-Based Systems, Vol.7, No.1, pp.17-26
82	1994	Watson, I.D., & Abdullah, S.	Ανάπτυξη ΣΓ για τη Διάγνωση των Αστοχιών σε Κτίρια	CBR	Proceedings of IEEE Colloquium on CBR: Prospects for Applications, Digest No. 1994/057, pp.1/1-1/4 (1994)
83	1995	Avouris, N.M.	ΣΓ για τη Λήψη Αποφάσεων σχετικά με τον Τομέα του Περιβάλλοντος	Knowledge-Base	Knolwedge Based Systems, Vol. 8, No. 1, pp. 39-54
84	1995	Bon-Oh, K., & Lee, S.M.	ΕΣ σχεδιασμένο για την Αξιολόγηση των Εγγυήσεων για τις Βιομηχανικές Επιχειρήσεις	Expert System (ArBor-I, Articulate bond rater for Industrial Companies)	Expert Systems with Applications, Vol.9, No.1, pp.63-70
85	1995	Bradley, J., & Hauser, D., Jr	Διερεύνηση των Παραγόντων που Εμπλέκονται στο Σχεδιασμό και την Υλοποίηση ΕΣ Διαφορετικών Τύπων	Expert System (Συμβολή)	Expert Systems with Applications, Vol.8, No.1, pp.157-167
86	1995	Ford, E.N., & Rager, J.	ΕΣ για την Υποστήριξη της Βιομηχανίας Υφασμάτων σε Αποφάσεις End Product Planning	Expert System	Expert Systems with Applications, Vol.9, No.2, pp.237-246
87	1995	Gini, G., & Sassaroli, P.	Κέλυφος για την Υλοποίηση ΕΣ Διάγνωσης Ενδεχομενικών Βιομηχανικών Αστοχιών	Expert System (PRODS-PORospective Diagnosis Expert)	Expert Systems with Applications, Vol.8, No.1, pp.67-76
88	1995	Graham-Jones, P.J., & Mellor, B.G.	Συμβολή-Ανασκόπηση των Συστημάτων Ανάλυσης Βιομηχανικών Αστοχιών	Knowledge-Based Systems	Engineering Failure Analysis, Vol.2, pp.137-149
89	1995	Graham-Jones, P.J.	Γενικευμένο Σύστημα Ανάλυσης Βιομηχανικών Αστοχιών	Knowledge-Base (FADES)	Engineering Failure Analysis, Vol.2, pp.137-149
90	1995	Kan, S.J., & Kwon, Y.R.	Πρόταση Μεθόδου για την Παρακολούθηση της Βιωσιμότητας Συσκευών και Υλικών που Χρησιμοποιούνται σε NDE σήματα	Knowledge Representation Architecture (Συμβολή)	Knolwedge Based Systems, Vol.8, No.1, pp.21-31
91	1995	Kim, Y.-J.	ΕΣ για τη Διάγνωση της Συμπεριφοράς των Αισθητήρων υπο Συνθήκες Αβεβαιότητας στις Βιομηχανικές Διεργασίες	ES (SenVES-Sensor Validation Expert System)	Expert Systems with Applications, Vol. 9, No.1, pp.55-61

A/A	Έτος διεξαγωγής έρευνας	Συγγραφείς	Αντικείμενο Γνωσιολογικής Έρευνας	Τεχνολογική Έμφαση	Βιβλιογραφική Αναφορά
92	1995	Koch, T., & Fehsenfeld, B.	Διερεύνηση τρόπου απεικόνισης των Δοκιμών Διάβρωσης σε ένα ΕΣ	Knowledge-Data Bases, Expert System	Expert Systems with Applications, Vol. 8, No.2, pp. 287-294
93	1995	Lee, J.K., & Kim, M.Y.	Γενικευμένο Μοντέλλο και Κωδικοποίηση Συστήματος για Πολλαπλές Γνωσιολογικές Χρήσεις	Knowledge Assisted Optimization Model (UNIK-OPT, Unified Knowledge Optimization)	Decision Support Systems, Vol.13, pp.111-132
94	1995	Lee, S.-J., & Wu, C.-H.	ΕΣ για τον Προγραμματισμό των Χρήσης των Αιθουσών Διδασκαλίας στο Πανεπιστήμιο (Taiwan)	ES (CLXPRT)	Expert Systems with Applications, Vol. 9, No.2, pp.153-164
95	1995	Ozyurt, B., et al.	Σχεδιασμός Συστήματος Διάγνωσης Αστοχιών σε Χημικές Βιομηχανίες-Χλωρίωση Υδρογοναθράκων	Fault Diagnosis System, Σχεδιασμός	Computers Chemical Engineering, Vol.19, pp.S753-S758
96	1995	Optiz, D.W., & Shavlik, J. W.	Παρουσίαση Τροποποιημένου Αλγορίθμου Βασισμένου στον Αλγόριθμο KBANN με Χρήση Κανόνων (Rules)	Έμφαση σε Αλγόριθμο TopGen-ANN	Knowledge Based Systems, Vol. 8, No.6, pp. 301-311
97	1995	Ramesh, T.S., & Kral, B.V.	ΕΣ για την Παρακολούθηση Μονάδων Παραγωγής Πολυεθυλαίου	On Line Advisory System	Proceedings of Intelligent Systems in Process Engineering, Denver, CO, 1995
98	1995	Smets, H.M.G., & Bogaerts, W.F.L.	ΕΣ για SCC σε Ανοξειδωτους Χάλυβες Πύρηνικών Αντιδραστήρων	Expert System (Neural Network)	Fuzzy Sets and Systems, Vol. 74, No.1, pp.153-162
99	1996	Bogarin, J.A., & Ebecken, F.F.	ΕΣ για την Υποστήριξη του Σχεδιασμού Εόκαμπτων Σωλήνων σε Εφαρμογές Άντλησης Υποθαλασσίων Κοιτασμάτων (Risers / Flowlines)	ES (FRAES)	Expert Systems with Applications, Vol.10, No.1, pp.29-36
100	1996	Cortes, J.B., & Astruc, J.P.	ΕΣ για τον προσδιορισμό των Κρίσιμων Σημείων των Καθαρών Ρευστών	ES (Συμβολή)	Expert Systems with Applications, Vol.10, No.2, pp.305-309
101	1996	Chau, K.W.	ΕΣ για Thrusting Blocks των Αγωγών Μεταφοράς Νερού-Εφαρμογή σε Water Supply Engineering	Expert System (VP-Expert)	Journal of Water Supply Research and Technology-AQUA, Vol. 45, No.2, pp. 96-99
102	1996	Coenen, F., et al.	Σύστημα ΔΓ για τη Αποτελεσματική Εκπόνηση Μ.Π.Ε.	Knowledge-Based Expert System	Knowledge Based Systems, Vol. 9, No.5, pp.287-300
103	1996	Koseki, Y., et al.	Πρόταση Αρχιτεκτονικής Υβριδικού ΕΣ για την Επίλυση Προβλημάτων και άλλων Συμβατικών Υπολογιστικών Συναρτήσεων με Τεχνολογία Visual Programming	Hybrid ES HOLON / VP(DT)	Expert Systems with Applications, Vol.10, No.3-4, pp.481-486
104	1996	Lee, H.F., et al.	Ανάπτυξη Εφαρμογής ΕΣ στον Προγραμματισμό Διαθεσιμότητας Πόρων της Κατασκευαστικής Βιομηχανίας	HESS-Hybrid Expert and Simulation System	Expert Systems with Applications, Vol.10, No.1, pp.147-156
105	1996	Lee, K.-H., et al.	ΕΣ για το Σχεδιασμό και την Μελέτη της Διαμήκους Αντοχής Πλοίων-για Αρχάριους Σχεδιαστές	ES (ESMID)	Expert Systems with Applications, Vol.10, No.2, pp.223-231
106	1996	Liu, W.	ΕΣ βασισμένο σε Σύστημα Ελέγχου των Ανοχών σε Διεργασίες Ανάδρασης λόγω Αστοχιών στους Actuators	ES based fault-tolerant control system (ESFTC)	Expert Systems with Applications, Vol.11, No.1, pp.59-64
107	1996	Lorenzo, M.M.G., & Perez, R.E.B.	Μοντέλο Ανάπτυξης Συστήματος CBR χρησιμοποιώντας Νευρωνική Αρχιτεκτονική	CBR (Neural Network)	Knowledge Based Systems, Vol.9, No7, pp.465-473
108	1996	Mahmoud, M.A.A.-R., et al.	ΕΣ για την Αξιολόγηση και Επιλογή Υλικών Κατασκευής Δαπέδων	ES (Συμβολή)	Expert Systems with Applications, Vol.10, No.2, pp.281-303
109	1996	Maurer, F.	Πρόταση Εφαρμογής για Επαναχρησιμοποίηση και Ανάκτηση Αντικειμενοστρεφούς Λογισμικού	CBR (Συμβολή)	Knowledge Based Systems, Vol. 9, No.2, pp.83-91
110	1996	Micarelli, A., & Airlo, L.	ΣΓ για την ανάλυση των Ηλεκτρικών Δικτύων Εναλλασσομένου Ρεύματος	KBS (βασισμένο στο NEXPERT της Macintosh)	Expert Systems with Applications, Vol.11, No.1, pp.41-51

A/A	Έτος διεξαγωγής έρευνας	Συγγραφείς	Αντικείμενο Γνωσιολογικής Έρευνας	Τεχνολογική Έμφαση	Βιβλιογραφική Αναφορά
111	1996	Mohiuddin, A.K.M., & Kant, K.	ΒΓ για της Συστηματοποίηση του Σχεδιασμού Πύργων Ψύξης	Knowledge-Data Base	International Journal of Refrigeration, Vol.19, No.1, pp.43-51
112	1996	Rottger, G., & Ulm, W.	Πρόταση Σχεδιασμού ΒΓ για Αποφυγή SCC σε Steam Turbines των Πυρηνικών Σταθμών	Knowledge-Data Base (Συμβολή)	ATW-Internationale Zeitschrift für Kernenergie, Vol.41, No.1, pp.29-32
113	1996	Prang, J., et al.	ΕΣ για Παρακολούθηση και Διάγνωση των Συστημάτων Προσομοίωσης στη Βιομηχανία	Expert System-Rule Based	Knowledge Based Systems, Vol. 9, No.8, pp.525-530
114	1996	Shan, F., & Xu, L.D.	ΕΣ Υποστήριξης Αποφάσεων για την Αξιολόγηση της Αστικής Ανάπτυξης	KB-CEDSS βασισμένο σε πολεπίπεδο σύστημα ANN	Expert Systems with Applications, Vol.10, No.1, pp.157-163
115	1996	Schuck, D.J., & Chen, J.J.-G.	ΕΣ για την Υποστήριξη του Έργου των Ρυθμιστών Εδάφους με το Τηλεμετρικό Σύστημα Παρακολούθησης της NASA	Expert System	Expert Systems with Applications, Vol.10, No.2, pp.165-171
116	1996	Stahl, G.	ΣΓ για τη Βιομηχανία Αστροναυτικών Συστημάτων	CBR-Rule Based	Knowledge Based Systems, Vol. 9, No.7, pp.409-415
117	1996	Stirling, D.G., et al.	Ανάπτυξη Συστήματος για Πρόληψη Κόπωσης και Διάβρωσης των Offshore Εγκαταστάσεων με σύνδεση σε ΒΓ	Knowledge-Data Base (Συμβολή)	Insight, Vol.38, No.6, pp.419-423
118	1996	Tsang, E.F., & Ngai, E.W.T.	ΕΣ για την Υποστήριξη Λήψης Αποφάσεων σε Συνθήκες Κρίσης της Αγοράς Φυσικού Αερίου	Expert System (EXSGAM-EXpertSystem for Gas Crisis Management)	Expert Systems with Applications, Vol. 10, No. 2, pp.75-90
119	1997	Daengdej, J., et al.	Παρουσίαση Συστήματος CBR, για τη διερεύνηση της Κοστολόγησης των Επιχειρησιακών Κινδύνων	CBR (RICAD)	Knowledge Based Systems, Vol. 10, No.3, pp. 153-159
120	1997	Kontopoulos, et. al.	ΕΣ για την Εξοικονόμηση Θερμικής Ενέργειας στη Βιομηχανία Αλουμινιάς (AdG)	Knowledge Based Expert System	Applied Thermal Engineering, Vol. 17, No. 8-10, pp. 935-945
121	1997	Lee, G., et al.	Εφαρμογή ΒΓ σε Ανάλυση Μειονεκτημάτων σε Διεργασίες Μεγάλης Κλίμακας (Εφαρμογή σε Steam Boiler Plant)	Knowledge-Data Base (Energy Diagnosis System-ENDS)	Expert Systems with Applications, Vol.12, No.2, pp.263-274
122	1997	Melli, R., & Sciubba, E.	Έμπειρο Σύστημα για την Υποστήριξη του Process Engineering σε θέματα Επιλογής Σχεδιασμού Ποιοτικής Αξιολόγησης των Τεχνικών Λύσεων	Expert System	Energy Conversion & Management, Vol. 38, No. 15-17, pp. 1737-1749
123	1997	Thurkaram, B.D., & Parthasarathy, K.	ΕΣ για την Παρακολούθηση και Βελτίωσης της Σταθεροποίησης της Τάσης στις Ηλεκτροπαραγωγικές Μονάδες	Expert System	International Journal of Electrical Power & Energy Systems, Vol. 19, No. 6, pp. 385-392
124	1997	Yenu, Y.S., & Yang, Y.S.	Παρουσίαση Συστήματος ΔΓ στο Σχεδιασμό Πλοίων	Knowledge Base (CORE)	Knowledge Based Systems, Vol.10, No.2, pp.121-132
125	1998	Barr, V.	Συμβολή στη Δοκιμή των Rule-Based Systems	Rule-Based System	Knowledge Based Systems, Vol. 12, No. 1-2, pp. 27-35
126	1998	Haugan, P.M.	Συμβολή στη Υλοποίηση ΒΓ για την άμεση / έμμεση αποθήκευση CO ₂ από τους ωκεανούς	Knowledge Base	Waste Management, Vol. 17, No. 5-6, ππ. 323-327
127	1998	Hung, C.Q., et al.	ΕΣ για την Πρόβλεψη της Ενεργειακής Ζήτησης	Expert System	Computers in Industry, Vol. 37, No. 2, pp. 87-95
128	1998	Ozyurt, B., et al.	Σχεδιασμός Συστήματος Διάγνωσης Αστοχιών σε Χημικές Βιομηχανίες	Fault Diagnosis System, Σχεδιασμός	Waste Management, Vol. 17, No.5-6, pp.323-327
129	1998	Power, R., et al.	ΒΓ για Υποστήριξη της Εφοδιαστικής Αλυσίδας για τα Αναλώσιμα Υλικά της RAF	Knowledge Base (Expert Provisioner)	Knowledge Based Systems, Vol.11, No.5-6, pp.339-344
130	1998	Rosano, F-L., Valverde, N. K.	ΕΣ για Εξοικονόμηση Ενέργειας	Expert System	Expert Systems with Applications, Vol. 14, No.1-2, pp. 25-35

A/A	Έτος διεξαγωγής έρευνας	Συγγραφείς	Αντικείμενο Γνωσιολογικής Έρευνας	Τεχνολογική Έμφαση	Βιβλιογραφική Αναφορά
131	1998	Wanvelkenhuysen, J.	ΕΣ (Tender Support System) Υποστήριξης Υποβολής Προσφορών για Βιομηχανικές Αντλίες Φυγοκέντρησης	Expert System	Knowledge Based Systems, Vol.11, No.5-6, pp.363-372
132	1998	Roswell, R., & Craw, S.	Σύστημα Αναπαράστασης της Γνώσης με Ενσωμάτωση Κανόνων και Συνθηκών (Rules και Reasoning) σε Βιομηχανικές Εφαρμογές	Knowledge-Based System	Knowledge Based Systems, Vol.12, No.5-6, pp.317-325
133	1999	Cai, J., et al.	Μοντέλλο πρόβλεψης για την Ατμοσφαιρική Διάβρωση σε Χάλυβες και Ψευδάργυρο	Artificial Neural Network	Corrosion Science, Vol. 41, No. 10, pp.2001-2030
134	1999	Chapman, C.B., & Pinfeld, M.	Παρουσίαση KBE Εργαλείου για τη Συνεργασία CAD και FEA (FiniteElement Analysis)	Knowledge-Based Engineering Tool-Rule Based Approach	Knowledge Based Systems, Vol.12, No.5-6, pp.257-267
135	1999	Cunningham, P., & Bonzano, A.	Περιγραφή Συστήματος για την αποσυμφόρηση των Αεροπορικών Μεταφορών	CBR (ISAC)	Knowledge Based Systems, Vol. 12, No. 7, pp. 371-379
136	1999	Daengdej, J., et al.	Πρόταση Υβριδικού Αλγορίθμου για CBR	CBR	Knowledge Based Systems, Vol. 12, No. 5-6, pp. 239-245
137	1999	Gardingen, D., & Watson, I.	Υλοποίηση Συστήματος CBR για Heating, Ventilation Air Conditioning (HVAC) Συστήματα	CBR	Knowledge Based Systems, Vol. 12, No. 5-6, pp. 207-214
138	1999	Herbeaux, O., & Mille, A.	Αναφορά στο Σύστημα ACCELERE για την Εραρμωσιμότητά του στη Βιομηχανία Ελαστικών	Knowledge Based System (ACCELERE)	Knowledge Based Systems, Vol. 12, No. 5-6, pp. 231-238
139	1999	Klein, M.	Γενικευμένο ΣΓ για Υποστήριξη Αποφάσεων για τη Χημική Βιομηχανία και τη Διαχείριση Προϊόντων	Knowledge-Based DSS (OPTRANS)	Proceedings of the Conference "Futures in Information Systems and Software Engineering Research", Stockholm University and Royal Institute of Technology, April 23-24 1999
140	1999	Kouvarakis, M., & Plexoudakis, D.	Γενικευμένο Επιχειρησιακό Μοντέλο που αναταποκρίνεται σε Ενδοεπιχειρησιακές Διεργασίες (Οργάνωση και Διοίκηση)	Knowledge System for Enterprises Formal Network	BT Technologies Journal, Vol.17, No.4, October 1999
141	1999	Liao T.W., et al.	ΒΓ για τον εντοπισμό μηχανισμών αστοχιών (γενικό μοντέλο)	Expert System (χρήση Expert Knowledge-Based Shell)	Engineering Failure Analysis, Vol. 6, pp. 387-406
142	1999	Okeh, B., & Nyoike, P. M.	Συμβολή στη δημιουργία ΒΓ για την Απελευθεροποίηση της Αγοράς στον Τομέα της Ενέργειας	Knowledge Base	Energy Policy, Vol. 27, No. 1, pp. 45-56
143	1999	Rao, A.V.R., & Sundaravavelu, R.	Εμπειρο Σύστημα για το Σχεδιασμό Κατασκευών Πλευροδέτησης Πλοίων	Expert System	Ocean Engineering, Vol. 26, pp. 653-673
144	1999	Paraskevas, P.A., et al.	ΕΣ για τον Έλεγχο των Εγκαταστάσεων Καθαρισμού του Νερού	Expert System	Knowledge Based Systems, Vol. 12, No. 7, pp. 355-361
145	1999	Sung, C.S., & Hong, S. K.	Συμβολή στην Ανάδειξη Αναγκαιότητας ΒΓ για την Πυρηνική Βιομηχανία της Κορέας	Knowledge Base	Technovation, Vol. 19, No.5, pp.305-316
146	1999	Tan, C.W., & Goh, A.	ΒΓ Σχεδιασμένη σε Σύστημα Event-Condition-Action (ECA)	Knowledge-Base (CLOSE)	Knowledge Based Systems, Vol. 12, No.4, pp.137-144
147	1999	Wu, M., et al.	ΕΣ για τον Έλεγχο της Διεργασίας Διαχωρισμού Προσμίξεων στην Υδρομεταλλουργία του Ψευδαργύρου	Expert System	Expert Systems with Applications, Vol.16, pp.135-143
148	2000	Er, A., & Dias, R.	Παρουσίαση ΕΣ για Επλογή Είδους Διεργασιών για Εξαρθήματα Χυτοσιδήρου	Expert System	Knowledge Based Systems, Vol. 13, No. 4, pp. 225-234
149	2000	Federici, G., et al.	Συμβολή στη δημιουργία ΒΓ για τη βελτίωση υλικών Plasma Facing Components (PFCs)	Knowledge Base	Journal of Nuclear Materials, Vol. 283-287, No.1, pp. 110-119

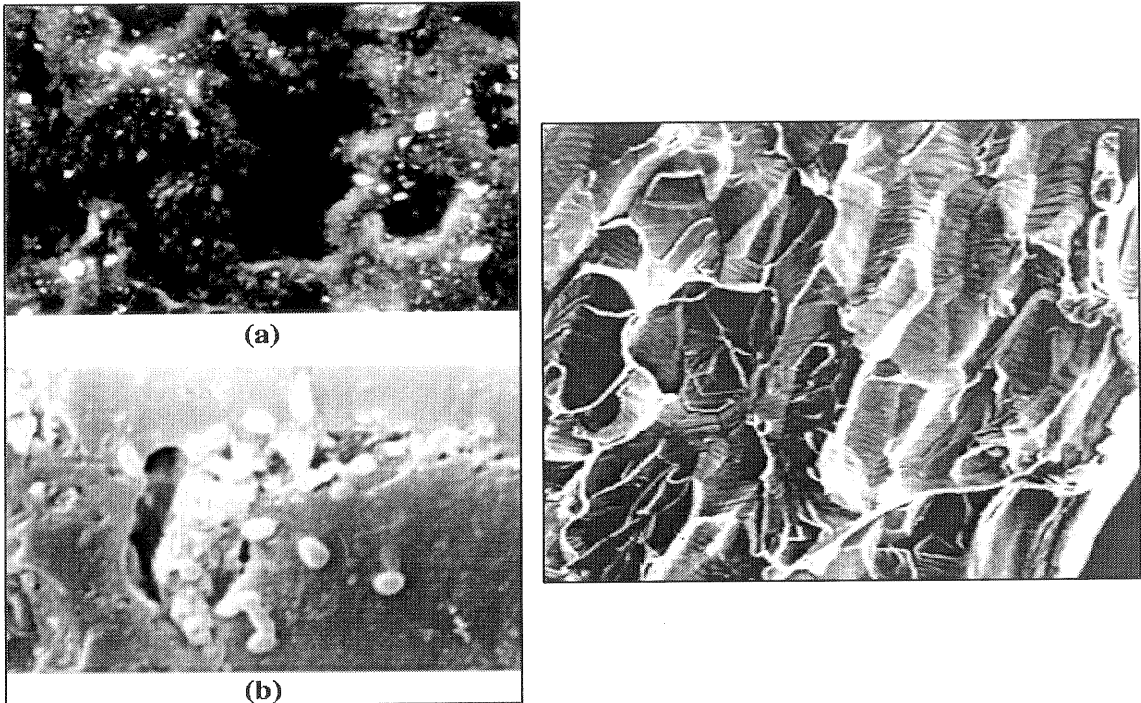
A/A	Έτος διεξαγωγής έρευνας	Συγγραφείς	Αντικείμενο Γνωσιολογικής Έρευνας	Τεχνολογική Έμφαση	Βιβλιογραφική Αναφορά
150	2000	Inder, R.	Γενικευμένο Σύστημα Προσαρμοσμένο σε Ανάγκες Συντονισμού με Εξωτερικές Πηγές Γνώσης	Ruled-Based System (CAPE)	Knowledge Based Systems, Vol.13, No.2-3, pp.151-157
151	2000	Menanteau, P.	ΒΓ για την Διερεύνηση Καθιέρωσης μιας Τεχνολογίας (Crystalline Silicon) στην Ηλεκτρονική Βιομηχανία	Knowledge-Data Base	Technological Forecasting and Social Change, Vol. 63, No. 1, pp. 63-80
152	2000	Uraikul, V., et al.	ΕΣ Υποστήριξης Αποφάσεων για τη Διαχείριση της Λειτουργίας Αγωγών Φυσικού Αερίου	Expert System (Decision Support System)	Expert Systems with Applications, Vol 18, pp. 271-282
153	2001	Frank, U.	Ανασκόπηση-Συμβολή των KMS-Βασικές Απαιτήσεις και Πρότυπα Γενικού Σχεδιασμού	Knowledge Management Systems (Συμβολή)	Proceedings of International Symposium on Information Systems & Engineering, ISE's 2001, Las Vegas CRSEA Press, pp.114-121
154	2001	Gao, Q., et. al.	Ανάπτυξη Συστήματος Διαχείρισης Βοσκοτόπων βασιζόμενων σε Συσδυασμό CBR, MBR, RBR	Ruled-Based System (CBR, MBR, RBR)	Knowledge Based Systems, Vol.14, No.25-6, pp.281-287
155	2001	Haque, M.E., & Sudhakar, K.V.	Πρόβλεψη αστοχιών Διάβρωσης λόγω κόπωσης σε χάλυβες τύπου dual phase	Artificial Neural Network	International Journal of Fatigue, Vol. 23, No. 1, pp. 1-4
156	2001	Kandil, M.S., et al.	ΕΣ για την Πρόβλεψη Αιχμακτής Ενεργειακής Ζήτησης σε Μεσο-/Μακρο-Πρόθεσμο Ενεργειακό Προγραμματισμό	Expert System	Electric Power Systems Research, Vol.58, pp.19-25
157	2001	Milne, R., et al.	ΕΣ για Πρόληψη Αστοχιών σε Gas Turbines βασιζόμενο σε Temporal Reasoning Rulebase	Expert System (TIGER)	Knowledge Based Systems, Vol.14, No.3-4, pp.213-222
158	2001	Petti, D.A., & McCarthy, A.	Συμβολή στη Δημιουργία ΒΓ για Safety & Environmental Activities	Knowledge Base	Fusion Engineering & Design, Vol. 54, No. 3-4, pp. 537-545
159	2001	Vitanov, V.I., et al.	Σύστημα Υποστήριξης Αποφάσεων για τη Διάβρωση των Υλικών Επένδυσης	Neuro-Fuzzy Decision Support System	Surface and Coatings Technology, Vol. 140, No. 3, pp. 256-262
160	2001	Wang, S.Y., et al.	ΒΓ για την Αναγνώριση Προτύπων Εικόνων Μεταλλικής Διάβρωσης σε Υποθαλάσσιο Περιβάλλον	Knowledge Base	Acta Metallurgica Sinica, Vol.37, No.5, pp.517-521
161	2002	Bucolo, M., et al.	ΒΓ για τον εντοπισμό αστοχιών από φαινόμενα Διάβρωσης στη χαρτοβιομηχανία	Expert System (Neuro-Fuzzy)	Control Engineering Practice, Vol. 10, pp. 227-237
162	2002	Dolgak, B.	Παρουσίαση ΕΣ Υποστήριξης Βιομηχανικού Σχεδιασμού βασισμένου σε Πεπερασμένα Στοιχεία	Expert System (Rule-Based)	Knowledge-Based Systems, Vol.15, No5-6, pp.315-322
163	2002	Larson, J.E.	Παρουσίαση Αλγορίθμων τύπου Multilevel Flow Models (MFM)-Γενικευμένο Εργαλείο	Expert System based on MFM Models (Rule-Based)	Knowledge-Based Systems, Vol.15, No.1-2, pp.103-110
164	2002	Oatley, G., et al.	Ανάπτυξη Συστήματος Αποφάσεων μέσω Υλοποίησης KDD για Μεταφορά Τεχνολογίας	S / W for Decision Support Systems	Knowledge-Based Systems, Vol.15, No.5-6, pp.323-333
165	2002	Pieri, G., et al.	ΒΓ για Υποστήριξη Αποφάσεων σχετικά με τη Διάβρωση	Knowledge-Based DSS (MAIC, Materiali per Apparechiature di Impianti Chimici)	International Journal of Production Economics, Vol.79, pp.143-159
166	2002	Silvo, K., et al.	Συμβολή στην Ανάδειξη Αναγκιότητας ΒΓ για την αντιμετώπιση και τον έλεγχο της ρύπανσης στη Φινλανδία	Knowledge Base	Resources, Conservation & Recycling, Vol. 35, No. 1-2, pp. 45-60
167	2002	Zha, X.F.	Γενικευμένο Σύστημα ΔΓ σε Multi-Agent Περιβάλλον	Knowledge System-Petri Expert Net (Συμβολή)	Knowledge-Based Systems, Vol.15, No.8, pp.493-506
168	2003	Chung, P.W.H., et al.	Παρουσίαση Εργαλείου Σχεδιασμού Τεχνολογικών Συστημάτων βασισμένων στη ΔΓ με έμφαση στη Χημική Βιομηχανία	Knowledge-Based Planning Technologies	Knowledge-Based Systems, Vol.16, No.3, pp.149-160

A/A	Έτος διεξαγωγής έρευνας	Συγγραφείς	Αντικείμενο Γνωσιολογικής Έρευνας	Τεχνολογική Έμφαση	Βιβλιογραφική Αναφορά
169	2003	Fdez-Riverola & Corchado	Διαχείριση ερυθράς παλίρροιας στην Ιβηρική Χερσόνησο (υδρογεωλογία)	CBR, με έμφαση σε forecasting (Sugeno Fuzzy models)	Knowledge-Based Systems, Vol. 16, No. 5-6, pp. 321-328
170	2003	Finnie, G., & Sun, Z.	Γενικευμένη Περίπτωση Επίλυσης Προβλημάτων R ⁵ (repartition, retrieve, reuse, revise, retain)	CBR	Knowledge-Based Systems, Vol. 16, No. 1, pp. 59-65
171	2003	Lau, H.C.W., et al	Σχεδιασμός και Υλοποίηση ΣΓ για ενδοεπιχειρησιακούς σκοπούς	CBR, έμφαση στην ανάπτυξη αλγορίθμου	Knowledge-Based Systems, Vol. 16, No. 2, pp. 69-76
172	2003	Martinez, I. G., et al.	Λήψη αποφάσεων με χρήση πιθανοτήτων (γενικό μοντέλο)	CBR, έμφαση στην ανάπτυξη αλγορίθμου	Knowledge-Based Systems, Vol. 16, No. 4, pp. 205-213
173	2003	Verikas, A., et al.	Παρουσίαση Ευφυούς Συστήματος για Διαρθώσεις Μικροσυγκολλήσεων στους Καθοδικούς Σωλήνες-Βιομηχανία Ηλεκτρικών Συσκευών	Intelligent System-ANN	Knowledge-Based Systems, Vol.16, No.3, pp.161-164
174	2003	Wong, S.V., & Hamouda, A.M.S.	Πρόταση ΣΓ για τη Διαχείριση Machining Data Selection	Knowledge Based System, On-Line Fuzzy Sets	Knowledge-Based Systems, Vol.16, No.3, pp.215-229
175	2004	Abel. M., et al.	Διαχείριση δεδομένων πετρογραφικής έρευνας (γεωλογία)	Relational Database System (PetroGrapher)	Expert Systems with Applications, Vol. 26, No.1, pp. 9-18
176	2003	Shafeek, et. Al	Διαχείριση αστοχιών στις συγκολλήσεις αγωγών	Expert System (Vision System)	NDT & E International, (paper in press)
177	2004	Kim et al.,	ΕΣ για την υποστήριξη-πληροφόρηση σχετικά με τις συγκολλήσεις σε αγωγούς	Expert System	Int. Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 22, pp. 713-719
178	2004	Jaber, J.O., et al.	ΕΣ για την Αποθήκευση Ενέργειας στον Οικιστικό Τομέα	Expert System, Fuzzy-Logic (Knowledge-Based)	Energy Policy, Article in Press
179	2004	Oh, S.-K., et al.	Παρουσίαση Τεχνολογίας Υλοποίησης Multi-Fuzzy NN Συστήματος με χρήση HCM-Αλγορίθμων-Έμφαση στο Σχεδιασμό Λογισμικού	Multi-Fuzzy NN-Rule Based System	Knowledge-Based Systems, Vol.17, No.1, pp.1-13
180	2004	Tserng et al.,	Παρουσίαση Συστήματος Γνωσιολογικών Λειτουργιών για απόκτηση γνώσης τεχνικών μέσω διαδικτύου	Knowledge Based System, IDEF0 Enterprise Modelling Technique	Automation in Construction, Vol.13, No.6, pp. 781-802
181	2006	El-Diraby, T.E., & Zhang, J.	Σύστημα εταιρικής μνήμης για την καταχώρηση γνώσης σχετικά με την κατασκευή κτιριακών έργων	Knowledge Base designed by using Ontological Networks	Automation in Construction, Vol.15, No.4, pp. 504-521
182	2007	Xu, D.L., et al.	Έμπειρο Σύστημα για την Υποστήριξη αποφάσεων σχετικά με φαινόμενα διαρροής προϊόντων από αγωγούς μεταφοράς υδρογονανθράκων	Expert System methodology and design	Expert Systems with Applications, Vol. 32, No1, pp. 103-113
183	2009	Mateli, J.A., et al.,	Έμπειρο Σύστημα για την Υποστήριξη αποφάσεων σχετικά με τη σχεδίαση μικρών μονάδων ΣΗΘ με φυσικό αέριο	Expert System methodology and design	Expert Systems with Applications, Vol. 36, pp. 8375-8384
184	2009	Rahman, S., et al.,	Έμπειρο Σύστημα για την Υποστήριξη αποφάσεων σχετικά με την εκπόνηση μελετών τύπου HAZOP σε χημικές και πετρελαϊκές βιομηχανίες	Expert System methodology and design	Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 22, 373-380

INSPECTION AND TESTING METHOD			Related Codes and Standards	FTA Related Nodes	Symptoms of Pipe Failure												Remedies in case of defect / failure Inspection	
Method Identification	Basic Application Equipment	Conditions, Factors and Metrology			fatigue cracks (SCC)	blistering / embrittlement (HIC)	erosion / galvanic corrosion (MIC, SCC, HIC)	inter- / trans -granular cracks (HIC, SCC)	pitting / crevice corrosion (MIC)	welding inclusions / cracks (SCC,FF,CF)	gouges / laminations / notches (FF)	dents / buckles / undercuts / burns (FF, CF)	coating defects (FF, CF)	cathodic protection failures (FF, CF, MIC)	gas corrosive action (OF)	soil corrosivity (MIC)		mechanical overstressing (FF, CF, SCC)
<p>Abbreviations / Ontology ST=Shop Test, LT=Laboratory Test, SM=Simulation Method, FT=Field Test, NDT=Non Destructive Test, ILI=In Line Inspection, HIC=Hydrogen Induced Cracking, MIC=Microbiologically Induced Corrosion, MFC=Microfractography, SCC=Stress and Corrosion Cracking, FF=Fabrication Failures, CF=Construction Failures, OF=Operation Failures, TR=Transformer Rectifier</p>	<p>conditioning systems</p>	<p>d. pitting defects < 7 mm may be reliably detected</p>	1.1.2.3	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			
			1.2	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
			1.2.1.3	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
			1.2.1.3.1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
			1.2.1.3.2	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
			1.3	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
			1.3.4	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
			1.3.4.1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
			1.3.4.2	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
			1.3.4.3	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
			1.3.4.4	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
			1.3.4.5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
			4	<p>Description: Remote Field Eddy Current (RFEC) Type: NDT: FT / ST / ILI Scope : a. Examination of the pipe geometry anomalies b. RFEC is based on the alterations of the coil impedances due to applied eddy current changes</p>	<p>a. Transmitter / sensor coils b. Power / lock amplifiers c. Multi frequency signal generators</p>	<p>ASME B 31G ASME V ISO 9304</p>	<p>1.1 1.1.1 1.1.2 1.1.2.1 1.1.2.2 1.1.2.3 1.2 1.2.1 1.2.1.3 1.2.1.3.1 1.2.1.3.2 1.3 1.3.4 1.3.4.1 1.3.4.2 1.3.4.3 1.3.4.4 1.3.4.5</p>	<p>a. Failure within acceptable limits: a1. Reinforcement of coating a2. Recalibration of CP system a3. Improvement of CP items a4. Improvement of the gas purification process a5. Continuous monitoring of pipe-to soil potential b. Failure exceeding the acceptable limits: b1. Substitution of defected pipes b2. Local reroutings and</p>										

INSPECTION AND TESTING METHOD			Conditions, Factors and Metrology	Related Codes and Standards	FTA Related Nodes	Symptoms of Pipe Failure												Remedies in case of defect / failure Inspection
Method Identification	Basic Application Equipment					fatigue cracks (SCC)	erosion / galvanic corrosion (MIC, SCC, HIC)	inter- / trans-granular cracks (HIC, SCC)	pitting / crevice corrosion (MIC)	welding inclusions / cracks (SCC,FF,CF)	gouges / laminations / notches (FF)	dents / buckles / undercuts / burns (FF, CF)	coating defects (FF, CF)	cathodic protection failures (FF, CF, MIC)	gas corrosive action (OF)	soil corrosivity (MIC)	mechanical overstressing (FF, CF, SCC)	
No	<p>Abbreviations / Ontology ST=Shop Test, LT=Laboratory Test, SM=Simulation Method, FT=Field Test, NDT=Non Destructive Test, ILL=In Line Inspection, HIC=Hydrogen Induced Cracking, MIC=Microbiologically Induced Corrosion, MFC=Microfractography, SCC=Stress and Corrosion Cracking, FF=Fabrication Failures, CF=Construction Failures, OF=Operation Failures, TR=Transformer Rectifier</p>	platinum type	d. AC devices $\pm 10-15$ mV e. Use of solutions to simulate corrosion environments f. Measurement of solution resistance and capacity of inhibitor layers	ASTM G1 ASTM G4 ASTM G16 Experimental Literature	FTA Related Nodes												industry	
9	<p>Description: Electrical Resistance Technique (ERT) Type: NDT : LT / SM Scope : a. Measurement of a probe resistance changes b. Application in on-line continuous process monitoring</p>	a. Probe current unit b. Protected reference probe c. Exposed measuring probe d. Instruments for electrical resistance measurement	a. Probe span: 2 mil b. Measuring of thickness changes of 0.002 mil c. Corrosion data collection when metal loss $\geq 1\%$ d. Corrosion monitoring time: 1.6h-8 days	ASTM G1 ASTM G4 ASTM G16 Experimental Literature	1.1 1.1.2 1.1.2.1 1.1.2.2 1.1.2.3												When significant research findings are observed: a. Research on particular metal alloys featured by anti-corrosion strength b. Proposals for improvement of the gas treatment processes	
10	<p>Description: Stress and Corrosion Test Specimens (SCTS) Type: LT / SM Scope : a. Mechanical tests for steel strength evaluation</p>	a. Resin flasks (500-5000 mL) b. Condensers c. Sustained load devices using ring frames d. Portable spring loaded stressing frames e. Constant strain type stressing frames	a. Stress and Corrosion parameters definition: a1. mass loss (mg) a2. Penetration (mm) a3. Corrosion rates (mm/y) a4. Time to failure ratio (RTTF) a5. Plastic englongation ratio (RE) a6. Notch tesmile strength ratio	ASTM G15-02 ASTM G16-95 ASTM G31-72 ASTM G46-94 ASTM G49-85 ASTM G50-76 ASTM G48-00 ASTM G51-95 ASTM G58-85	1.3 1.3.1 1.3.1.1 1.3.1.2 1.3.1.3 1.3.4 1.3.4.1 1.3.4.2 1.3.4.3											When significant research findings are observed: a. Research on particular metal alloys featured by anti-corrosion strength b. Proposals for fabrication of more infrangible alloys c. Proposals for protection of the pipe materials from		

Οι παρακάτω εικόνες εντάσσονται στη λειτουργία της ΒΓ ως επεξηγηματικές της συμπτωματολογίας της διάβρωσης και της κατανόησης/ερμηνείας των αστοχιών που σχετίζονται με τις FTA οντολογίες (βλ. σχετικά τα Κεφάλαια 8 και 9 της διατριβής).



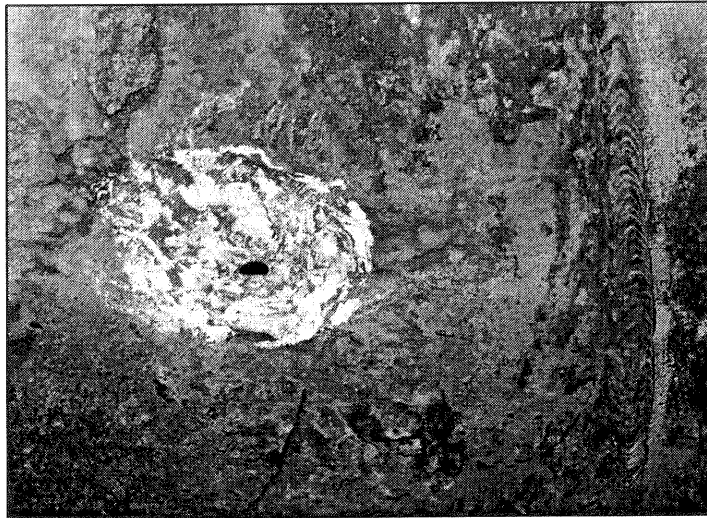
Φαινόμενο Hydrogen Induced Cracking (HIC)
σε X-Ray φασματογραφία υψηλής ανάλυσης



Φαινόμενο HIC σε εξωτερικές σωληνώσεις εγκαταστάσεων



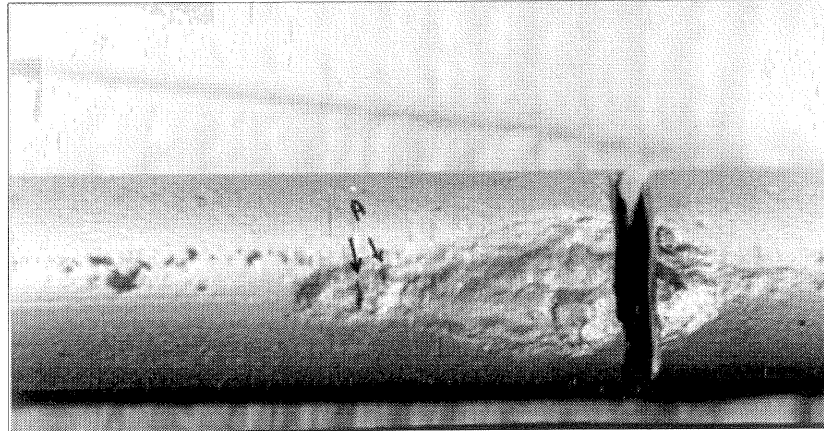
Φαινόμενο Microbiologically Induced Corrosion (MIC) σε τμήμα υπόγειου αγωγού



Τοπική προσβολή οφειλόμενη σε φαινόμενο MIC στο σώμα υπόγειου αγωγού



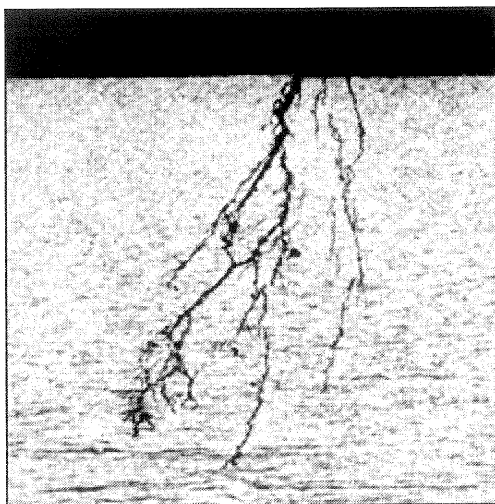
Εκτεταμένη προσβολή οφειλόμενη σε φαινόμενο MIC στο σώμα υπόγειου αγωγού



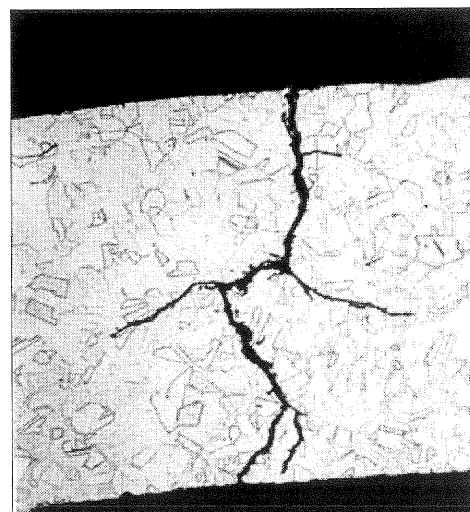
Φαινόμενο Stress Corrosion Cracking (SCC) σε δοκίμιο αγωγού



Φαινόμενο SCC) σε εκτεταμένα τμήματα σωληνογραμμών



Δια-κρυσταλλική θραύση λόγω HIC
σε φασματική ανάλυση X-Ray
(Transgranular HIC Cracking)



Περι-κρυσταλλική θραύση λόγω HIC
σε φασματική ανάλυση X-Ray
(Intergranular HIC Cracking)