



**Πανεπιστήμιο Πειραιώς  
Τμήμα Βιομηχανικής Διοίκησης και Τεχνολογίας**

**Διερεύνηση Προβλημάτων Πολυκριτηριακής  
Αξιολόγησης Επιχειρηματικών Σχεδίων Ίδρυσης  
Μονάδων Προηγμένης Τεχνολογίας,  
Αντιπροσωπευτικών των Ελληνικών  
Βιομηχανικών Κλάδων**

**Διδακτορική Διατριβή  
Δημητρίου Φ. Μπατζιά**

**Συμβουλευτική Επιτροπή  
Ομοτ. Καθηγητής Κ. Ρήγας  
Καθηγητής Ι. Πολλάλης  
Αναπλ. Καθηγητής Δ. Καραλέκας**

**Πειραιάς, Οκτώβριος 2009**

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>1</b>	<b>Αλληλεπίδραση των Κριτηρίων <math>f_1</math> και <math>f_2</math> – Οικονομίες Κλίμακας</b>	
1.1.	Εισαγωγή	1-1
1.2	Διερεύνηση της Περιοχής Ισχύος Οικονομιών Κλίμακας	1-2
1.3	Επιπτώσεις στο Πρώτο Νεκρό Σημείο	1-7
1.4	Συζήτηση	1-9
1.5	Σύνοψη – Συμπεράσματα	1-12
	Βιβλιογραφία	1-14
<b>2</b>	<b>Η Επίδραση των Περιβαλλοντικών Προτύπων στον Προσδιορισμό του Ιδιωτικοοικονομικού Κόστους (Κριτήρια <math>f_3</math> και <math>f_1</math>)</b>	
2.1	Εισαγωγή	2-1
2.2	Μεθοδολογία	2-2
2.3.	Εφαρμογή	2-5
2.4	Συζήτηση	2-9
2.5	Σύνοψη-Συμπεράσματα	2-10
	Βιβλιογραφία	2-12
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι	2-13
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ	2-24
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ	2-39
<b>3</b>	<b>Διερεύνηση των Παραγόντων της Αλληλεπίδρασης Περιβαλλοντικού Κόστους και Περιφερειακής Ανάπτυξης (Κριτήρια <math>f_3</math> και <math>f_6</math>)</b>	
3.1	Εισαγωγή	3-1
3.2	Μεθοδολογία της Διερεύνησης	3-3
3.3	Ταυτοποίηση Παραμέτρων σε Μακροοικονομικό Υπόδειγμα Συνδυασμού Περιφερειακής Ανάπτυξης και Αποζημίωσης Λόγω Περιβαλλοντικής Υποβάθμισης	3-5
3.3.1	Μεθοδολογία της Εφαρμογής	3-6
3.3.2	Εφαρμογή	3-8
3.3.3	Κριτική της Εφαρμογής	3-13
3.4	Εφαρμογή στην Πειραματική Οικονομική (WTP/WTA)	3-14
3.5	Εφαρμογή στον προσδιορισμό αποζημίωσης για περιβαλλοντική επιβάρυνση, μέσω συνδυασμού πολυκριτηριακών μητρών	3-17
3.6	Σύνοψη – Συμπεράσματα	3-19
	Βιβλιογραφία	3-21
<b>4</b>	<b>Διερεύνηση των Παραγόντων της Αλληλεπίδρασης Βιωσιμότητας/Κερδοφορίας και Δημιουργίας Θέσεων Εργασίας (Κριτήρια <math>f_4 / f_5</math> και <math>f_7</math>)</b>	
4.1	Εισαγωγή	4-1
4.2	Ταυτοποίηση/διερεύνηση παραμέτρων σε συνάρτηση παραγωγής σταθερών ελαστικοτήτων	4-4
4.3	Ταυτοποίηση/διερεύνηση παραμέτρων σε συνάρτηση παραγωγής σταθεράς ελαστικότητας υποκατάστασης	4-10
4.4	Ταυτοποίηση/διερεύνηση παραμέτρων σε ιεραρχική οντολογία συναρτήσεων παραγωγής	4-15
4.5	Συζήτηση	4-21
4.6	Σύνοψη – Συμπεράσματα	4-32
	Βιβλιογραφία	4-36
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	4-37

<b>5 Διερεύνηση των Παραγόντων που Επιδρούν στη Μεταφορά/Διάχυση Τεχνολογίας (Κριτήριο <math>f_8</math>)</b>	
5.1 Εισαγωγή	5-1
5.2 Μεθοδολογία Βελτιστοποίησης	5-4
5.3. Εφαρμογές Βελτιστοποίησης	5-7
5.4. Συζήτηση	5-30
Βιβλιογραφία	5-39
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι	5-41
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ	5-44
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ	5-53
<b>6 Διερεύνηση του Προβλήματος της Βέλτιστης Επιχορήγησης Επενδυτικού Σχεδίου με Έμφαση στην Εξοικονόμηση Ενέργειας/Υλικών και την Προστασία του Περιβάλλοντος (Κριτήρια <math>f_2</math> και <math>f_3</math>)</b>	
6.1 Εισαγωγή	6-1
6.2 Προσδιορισμός της Βέλτιστης Επιχορήγησης	6-2
6.3 Στατιστική εκτίμηση της εξοικονόμησης ενέργειας $F$	6-12
6.4 Περιορισμοί Εφαρμογής της Βέλτιστης Επιχορήγησης $I_{opt}$ του Επενδυτικού Σχεδίου	6-22
6.5 Εξειδίκευση Κριτηρίων και Πρακτικών Αξιολόγησης Επενδυτικών Σχεδίων	6-44
6.6 Σύνοψη – Συμπεράσματα	6-53
Βιβλιογραφία	6-55
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι	6-57
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ	6-63
<b>7 Περίληψη - Γενικά Συμπεράσματα</b>	

## Πρόλογος

Τα βασικά κριτήρια αξιολόγησης επιχειρηματικών σχεδίων ίδρυσης βιομηχανικών μονάδων είναι το κεφαλαιακό κόστος ( $f_1$ ), το λειτουργικό κόστος ( $f_2$ ), το περιβαλλοντικό κόστος ( $f_3$ ), η βιωσιμότητα ( $f_4$ ), η κερδοφορία ( $f_5$ ), η συμβολή στην περιφερειακή ανάπτυξη ( $f_6$ ), η δημιουργία νέων θέσεων εργασίας ( $f_7$ ) και η μεταφορά/διάχυση τεχνολογίας ( $f_8$ ). Οποιαδήποτε μέθοδος πολυκριτηριακής αξιολόγησης, απλή ή πολύπλοκη, ντετερμινιστική ή στοχαστική (περιλαμβανομένων των μεθόδων ασαφούς λογικής), βασίζεται στην ανεξαρτησία των κριτηρίων. Σκοπός της παρούσας διατριβής είναι η διερεύνηση προβλημάτων σχετικών με την έλλειψη αυτής της ανεξαρτησίας, ιδιαίτερα κατά το στάδιο του σχεδιασμού ίδρυσης μονάδων σύγχρονης τεχνολογίας, επειδή, με βάση τη σχετική μελέτη, ζητείται από το Δημόσιο η οικονομική ενίσχυση της επένδυσης. Το ύψος αυτής της ενίσχυσης εξαρτάται από το αποτέλεσμα της παραπάνω πολυκριτηριακής ανάλυσης, όπως αυτή εξειδικεύεται από την κείμενη αναπτυξιακή νομοθεσία.

Λαμβάνοντας υπ' όψη ότι η Ελληνική Βιομηχανία (i) είναι κυρίως βιομηχανία διεργασιών (processing industry), περιλαμβάνουσα διυλιστήρια πετρελαίου, μονάδες επεξεργασίας αγροτικών προϊόντων και γενικότερα τροφίμων και ποτών, βυρσοδεψεία, μονάδες χημικών/φαρμακευτικών/καλλυντικών προϊόντων, μονάδες παραγωγής εκρηκτικών και χρωμάτων, μονάδες παραγωγής τσιμέντου και άλλων δομικών υλικών, μονάδες μεταλλευτικές και επεξεργασίας μετάλλων/κραμάτων, μονάδες βιοτεχνολογίας (περιλαμβανομένων των εγκαταστάσεων βιολογικού καθαρισμού υγρών αποβλήτων), μονάδες παραγωγής χαρτιού και υφάνσιμων ινών, βαφεία, φινιριστήρια, και (ii) διαθέτει σε πολύ μικρότερη κλίμακα κατασκευαστικές μονάδες, π.χ. για την κατασκευή αυτοκινήτων, τρένων, πλοίων, προσανατολίσαμε ένα σημαντικό μέρος της διατριβής σε βιομηχανικές μονάδες διεργασιών. Επίσης, επειδή είναι ένας κοινός τόπος όλων αυτών των βιομηχανικών μονάδων είναι τα συστήματα προστασίας περιβάλλοντος και εξοικονόμησης ενέργειας/υλικών, χρησιμοποιήθηκαν τα συστήματα αυτά για τη μελέτη αντιπροσωπευτικών/παραδειγματικών περιπτώσεων. Τέλος, από μεθοδολογική άποψη, η διατριβή παρουσιάζεται υπό μορφή πλατφόρμας επί της οποίας βασίζονται εφαρμογές που έχουν δημοσιευτεί ως ανεξάρτητες εργασίες ενώ παραμένει υπό επεξεργασία σημαντικό μέρος του υλικού της έρευνας που θα δημοσιευθεί σύντομα.

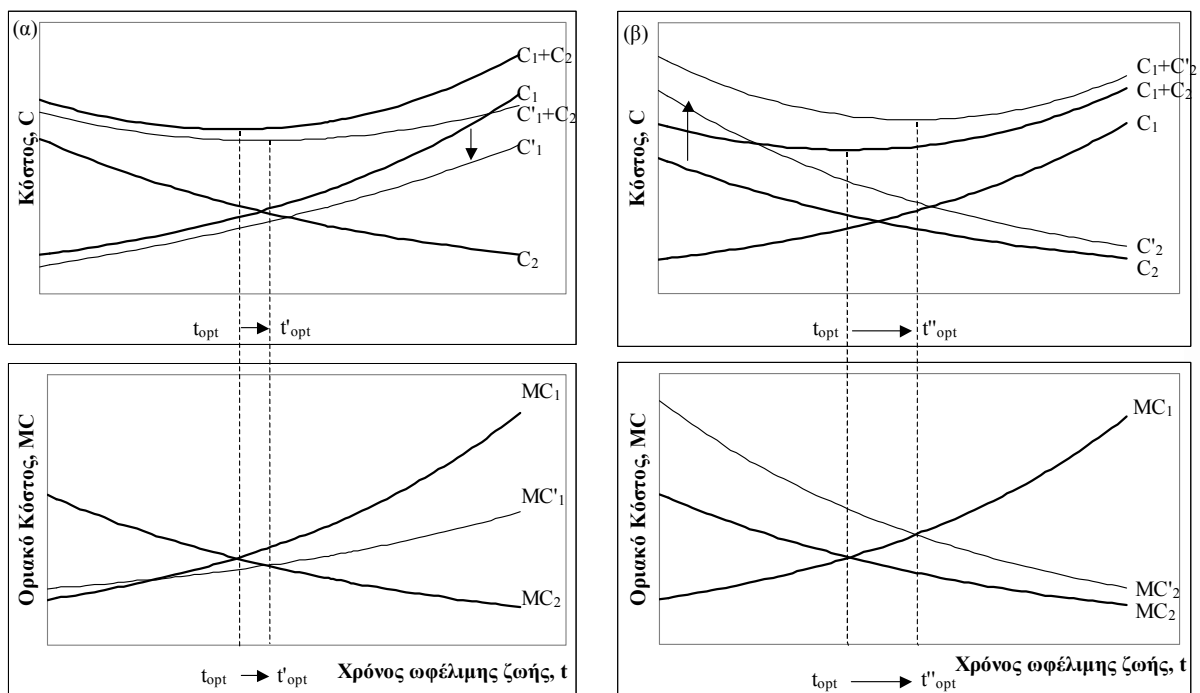
Ευχαριστώ τους Καθηγητές κ.κ. Κ. Ρήγα, Ι. Πολλάλη, Δ. Καραλέκα, που ως μέλη της τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής ενίσχυσαν με διάφορους τρόπους το έργο μου, καθώς και τον Καθηγητή κ. Σ. Καρβούνη, τους Επίκ. Καθηγητές κ.κ. Δ. Σιδηρά και Ι. Σώρρο, και τη Λέκτορα Χ. Σιοντόρου που βοήθησαν να ξεπεράσω γνωσιολογικά εμπόδια σε τομείς που απαιτούσαν ειδικές γνώσεις και εμπειρία. Επίσης, ευχαριστώ το Επιστημονικό Προσωπικό του Εργαστηρίου Προσομοίωσης Βιομηχανικών Διεργασιών και τους συνεργαζόμενους με αυτό για τη συμπαράσταση στη μακρά πορεία της ερευνητικής προσπάθειάς μου.

# 1 Αλληλεπίδραση των Κριτηρίων $f_1$ και $f_2$ – Οικονομίες Κλίμακας

## 1.1. Εισαγωγή

Η αλληλεπίδραση μεταξύ των κριτηρίων  $f_1$  και  $f_2$  μπορεί να οφείλεται σε οικονομικές ή τεχνολογικές παραμέτρους, οι οποίες όμως (πρέπει να) εσωτερικοποιούνται στην ίδια αντικειμενική συνάρτηση (objective function) βελτιστοποίησης (ελαχιστοποίησης αν είναι συνάρτηση κόστους ή μεγιστοποίησης αν είναι συνάρτηση οφέλους). Μία βασική οικονομική παράμετρος είναι ο χρόνος ωφέλιμης ζωής  $t$ , ο οποίος έχει και μία ενδογενή τεχνολογική διάσταση που συνίσταται στους παράγοντες φθοράς του εξοπλισμού [1]. Οι κύριοι παράγοντες όμως που επηρεάζουν τον  $t$  είναι εξωγενείς οικονομικοί, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για ανταγωνιστική αγορά, όπως π.χ. αυτή των βιο-ιατρικών και ηλεκτρονικών/οπτικοακουστικών προϊόντων. Ο βέλτιστος/οικονομικός χρόνος ζωής  $t_{opt}$  (economic life) μιας εγκατάστασης προσδιορίζεται ως η τετμημένη του σημείου ελαχίστου κόστους  $C_{min}$  ή ως σημείο ισορροπίας της διεκυστίνδα (trade off) μεταξύ των αντιμαχόμενων συνιστωσών  $C_1(t)$  και  $C_2(t)$  της εξαρτημένης μεταβλητής  $C(t)$ , όπου  $C_1(t)$  είναι το λειτουργικό κόστος (περιλαμβανομένων της συναρτήσεως του χρόνου αυξανόμενης δαπάνης συντήρησης, της μειούμενης απόδοσης του συστήματος, της χειροτέρευσης της ποιότητας και της αύξησης της πιθανότητας αστοχιών/βλαβών που προκαλούν μείωση της αξιοπιστίας του συστήματος) και  $C_2(t)$  είναι το κεφαλαιακό κόστος, λογιζόμενων μέσω των αποσβέσεων. Η καμπύλη  $C_1(t)$  είναι αύξουσα, με αυξανόμενο ρυθμό λόγω της συνέργειας των παραπάνω παραγόντων (δηλ.  $dC_1/dt > 0$ ,  $d^2C_1/dt^2 > 0$ ), ενώ η καμπύλη  $C_2(t)$  είναι φθίνουσα με απόλυτα μειούμενο ή αλγεβρικά αυξανόμενο ρυθμό (δηλ.  $dC_2/dt > 0$ ,  $d|dC_2/dt|/dt < 0$  ή  $d^2C_2/dt^2 > 0$ ), επειδή η απόσβεση λογίζεται μέσω μη γραμμικού υποδείγματος ώστε να ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα της αγοράς, όπου επιδιώκεται να αποσβένεται σημαντικό μέρος του κεφαλαίου της επένδυσης κατά τα πρώτα έτη λειτουργίας της εγκατάστασης. Στο σημείο ισορροπίας,  $dC/dt = 0$  ή  $d(C_1 + C_2)/dt = 0$  ή  $dC_1/dt + dC_2/dt = 0$  ή  $MC_1 = MC_2$ , συμβολίζοντας με  $M$  το αντίστοιχο οριακό μέγεθος, δηλ.  $MC_1 = dC_1/dt$  και  $MC_2 = |dC_2/dt|$ .

Αν προκριθεί εγκατάσταση βαρύτερου/ακριβότερου (άρα, κατά τεκμήριο, πλέον ανθεκτικού/αξιόπιστου) εξοπλισμού, τότε η καμπύλη  $C_1$  μετακινείται προς τα κάτω στη θέση  $C'_1$  και γίνεται λιγότερο απότομη επειδή η διαφορά, σε σχέση με τον αρχικό σχεδιασμό (από τον οποίο προέκυψε η καμπύλη  $C_1$ ), είναι μεγαλύτερη στην περιοχή των υψηλών  $t$ -τιμών, όπου η υπεροχή του βαρύτερου εξοπλισμού είναι αυξημένη. Ως αποτέλεσμα, η τετμημένη  $t_{opt}$  μετατοπίζεται στη νέα θέση  $t'_{opt}$ , όπου  $t'_{opt} > t_{opt}$  (βλ. Σχήμα 1.1.α). Συγχρόνως, όμως, μετακινείται η καμπύλη  $C_2$  προς τα άνω λόγω αύξησης του κεφαλαιακού κόστους (για τον



**Σχήμα 1.1.** Εξάρτηση του λειτουργικού κόστους  $C_1$  και του κεφαλαιακού κόστους  $C_2$  από τον χρόνο ωφέλιμης ζωής  $t$  και μετατόπιση της βέλτιστης τιμής αν προκριθεί η εγκατάσταση κατάλληλου/ακριβότερου εξοπλισμού, οπότε (α) μετατοπίζεται προς τα κάτω η  $C_1$  και (β) μετατοπίζεται προς τα άνω η  $C_2$ , καθιστάμενες λιγότερο και περισσότερο απότομες, αντίστοιχα, με αποτέλεσμα της αύξηση του  $t_{opt}$  σε αμφότερες τις περιπτώσεις.

ίδιο χρόνο ωφέλιμης ζωής  $t$ ) ενώ γίνεται και περισσότερο απότομη, αφού η αύξηση αυτή είναι μικρότερη (σε σχέση με τον αρχικό σχεδιασμό από τον οποίον προέκυψε η καμπύλη  $C_2$ ) στην περιοχή των υψηλών  $t$ -τιμών, όπου οι υπολειμματικές αξίες των εξεταζόμενων επενδύσεων (εμφανιζομένων υπό τη μορφή της απόσβεσης) δεν έχουν τόσο μεγάλη διαφορά, σε σύγκριση με τη διαφορά που έχουν στην περιοχή των χαμηλών  $t$ -τιμών. Ως αποτέλεσμα, η τεταγμένη  $t_{opt}$  μετατοπίζεται στη νέα θέση  $t''_{opt}$ , όπου  $t''_{opt} > t_{opt}$  (βλ. Σχήμα 1.1.β). Δηλ. παρατηρούμε ότι η εγκατάσταση μεγαλύτερου/βαρύτερου εξοπλισμού συνεπάγεται επέκταση της βέλτιστης τιμής  $t_{opt}$  τόσο από την άποψη του λειτουργικού όσο και από την άποψη του κεφαλαιακού κόστους (κριτήρια  $f_2$  και  $f_1$ , αντίστοιχα).

## 1.2 Διερεύνηση της Περιοχής Ισχύος Οικονομιών Κλίμακας

Επεκτείνοντας την προηγούμενη ανάλυση, μπορούμε να προσδιορίσουμε τη σχέση αλληλεξάρτησης κεφαλαιακού – λειτουργικού κόστους σε συνθήκες μέγιστης κερδοφορίας  $K_{max}$  με προβλεπόμενη παραγωγή  $x$  (εκτιμώμενη σε φυσικές μονάδες προϊόντος) και τιμή πώλησης  $b$  (ανά μονάδα προϊόντος). Στην περιοχή ισχύος οικονομιών κλίμακας, το

λειτουργικό κόστος  $c$  είναι φθίνουσα συνάρτηση του κεφαλαιακού κόστους, όπως αυτό λογίζεται μέσω των αποσβέσεων  $a$ . Στην απλούστερη περίπτωση, η συνάρτηση αυτή είναι υπερβολική της μορφής

$$c = \frac{c_0}{\lambda a^2 + \mu a + \nu}, \text{ όπου } 0 < c < c_0, 0 < \nu < 1, \mu > 1, \lambda < \mu,$$

με ασυμπτώτους  $c = 0$  για  $a \rightarrow \infty$  και  $a = \left(-\mu + \sqrt{\mu^2 - 4\nu\lambda}\right)/(2\lambda)$  για  $c \rightarrow \infty$  (βλ. Σχήμα 1.2).

Η προς μεγιστοποίηση αντικειμενική συνάρτηση κέρδους  $K=f(a)$  είναι

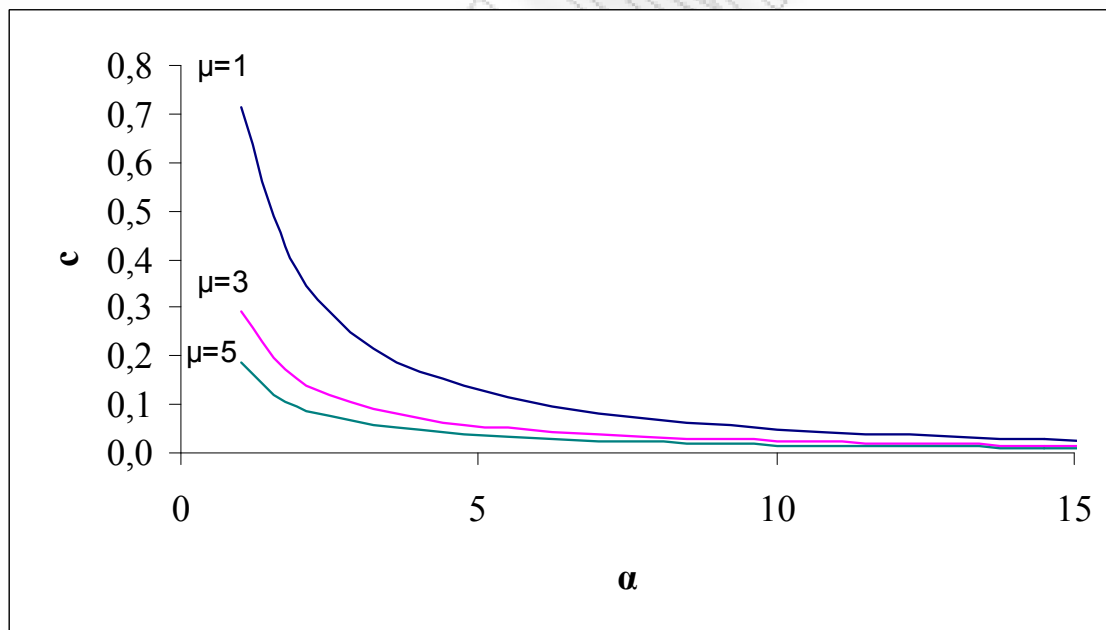
$$K = bx - \left(a + \frac{c_0}{\lambda a^2 + \mu a + \nu} x\right) \text{ οπότε } \frac{dK}{da} = 0 \Rightarrow -1 + c_0 x (\lambda a^2 + \mu a + \nu)^{-2} (2\lambda a + \mu) = 0 \Rightarrow$$

$$c_0 x (2\lambda a + \mu) = (\lambda a^2 + \mu a + \nu)^2 \Rightarrow \lambda^2 a^4 + 2\lambda\mu a^3 + (\mu^2 + 2\lambda\nu)a^2 + 2(\mu\nu - c_0 x \lambda)a + (\nu^2 - c_0 x \mu) = 0$$

Η εξίσωση αυτή είναι της μορφής

$$\omega^4 + a'\omega^3 + b'\omega^2 + c'\omega + d' = 0 \quad (1)$$

$$\text{όπου } a' = \frac{2\mu}{\lambda}, b' = \frac{\mu^2 + 2\lambda\nu}{\lambda^2}, c' = \frac{2(\mu\nu - c_0 x \lambda)}{\lambda^2}, d' = \frac{\nu^2 - c_0 x \mu}{\lambda^2}$$



**Σχήμα 1.2.** Εξάρτηση του λειτουργικού κόστους  $c$  από το κεφαλαιακό κόστος (δηλ. του κριτηρίου  $f_2$  από το κριτήριο  $f_1$ ), όπως αυτό λογίζεται (κατά τη φάση σχεδιασμού της βιομηχανικής εγκατάστασης) μέσω των αποσβέσεων  $a$ , όταν  $\lambda > 0$ , σε επίπεδο προβλεπόμενης παραγωγής  $x$  (εκτιμώμενης σε φυσικές μονάδες προϊόντος), για ισαπέχουσες τιμές του συντελεστή  $\mu$  ( $c_0=1, \lambda=0,1, \nu=0,3$ ).

και λύνεται δια της μεθόδου Descartes-Euler με αναγωγή στη μορφή  $y^4 + py^2 + qy + r = 0$  μέσω της αντικατάστασης  $\omega = y - a'/4$ . Οι ρίζες  $y_1, y_2, y_3, y_4$  της 'ανηγμένης' εξίσωσης επιλέγονται από το σύνολο των εναλλακτικών λύσεων που δίνονται από το άθροισμα  $\pm \sqrt{z_1} \pm \sqrt{z_2} \pm \sqrt{z_3}$ , υπό την συνθήκη ότι τα πρόσημα των τετραγωνικών ριζών πληρούν τη δέσμευση  $\sqrt{z_1} \sqrt{z_2} \sqrt{z_3} = -q/8$ , όπου  $z_1, z_2, z_3$ , είναι οι ρίζες της κυβικής εξίσωσης

$$z^3 + \frac{p}{2}z^2 + \frac{p^2 - 4r}{16}z - \frac{q^2}{64} = 0$$

η οποία λύνεται δια της μεθόδου Cardan με αναγωγή στη μορφή  $\varphi^3 + p'\varphi + q' = 0$  όπου

$$p' = -\frac{p^2}{12} + \frac{p^2 - 4r}{16}, \quad q' = \frac{p^3}{108} - \frac{p(p^2 - 4r)}{96} - \frac{q^2}{64}, \quad \text{μέσω της αντικατάστασης } z = \varphi - \frac{p}{6}.$$

Οι ρίζες  $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$  της 'ανηγμένης' κυβικής εξίσωσης είναι

$$\varphi_1 = A + B, \quad \varphi_{2,3} = -\frac{A+B}{2} \pm i \frac{A-B}{2} \sqrt{3}, \quad A = \sqrt[3]{-\frac{q'}{2} + \sqrt{Q}}, \quad B = \sqrt[3]{-\frac{q'}{2} - \sqrt{Q}},$$

$$Q = \left(\frac{p'}{3}\right)^3 + \left(\frac{q'}{2}\right)^2, \quad \text{όπου μόνον οι πραγματικές τιμές των κυβικών ριζών χρησιμοποιούνται.}$$

Συνοπτικά, η εξίσωση αυτή έχει (i) μία πραγματική ρίζα αν  $Q > 0$ , (ii) τρεις πραγματικές ρίζες, από τις οποίες δύο τουλάχιστον είναι ίσες μεταξύ τους, αν  $Q = 0$ , και (iii) τρεις διαφορετικές πραγματικές ρίζες αν  $Q < 0$ .

Εναλλακτικά είναι δυνατόν να εφαρμοσθεί η ακόλουθη τριγωνομετρική επίλυση της 'ανηγμένης' κυβικής εξίσωσης, προκειμένου να αποφευχθεί η αδυναμία εξαγωγής αποτελέσματος στην περίπτωση (iii), δηλ., όταν  $Q < 0$ .

$$\text{Αν } Q < 0, \quad \text{τότε } \varphi_1 = 2\left(+\sqrt{-p'/3}\right) \cos(\zeta/3), \quad \varphi_{2,3} = -2\left(+\sqrt{-p'/3}\right) \cos(\zeta/3 + 60^\circ),$$

$$\cos \zeta = -\frac{q'}{2\left(+\sqrt{-(p'/3)^3}\right)}.$$

$$\text{Αν } Q \geq 0, \quad p' > 0, \quad \text{τότε } \varphi_1 = -2\left(+\sqrt{p'/3}\right) \cot 2\zeta,$$

$$\varphi_{2,3} = +\sqrt{p'/3}(\cot 2\zeta \pm i\sqrt{3} \operatorname{cosec} 2\zeta) \quad \text{όπου } \tan \zeta = \sqrt[3]{\tan(\beta/2)} \quad (|\zeta| \leq 45^\circ),$$

$$\tan \beta = 2\left(+\sqrt{(p'/3)^3}\right) / q' \quad (|\beta| \leq 90^\circ).$$



Αν  $Q \geq 0$ ,  $p' < 0$ , τότε  $\varphi_1 = -2\left(+\sqrt{p'/3}\right) \operatorname{cosec} 2\zeta$ ,

$\varphi_{2,3} = +\sqrt{-p'/3}\left(\operatorname{cosec} 2\zeta \pm i\sqrt{3} \cot 2\zeta\right)$  όπου  $\tan \zeta = \sqrt[3]{\tan(\beta/2)}$  ( $|\zeta| \leq 45^\circ$ ),

$\sin \beta = 2\left(+\sqrt{(-p'/3)^3}\right)/q'$  ( $|\beta| \leq 90^\circ$ ).

Σε όλες τις περιπτώσεις της παραπάνω επίλυσης, χρησιμοποιείται η πραγματική τιμή της κυβικής ρίζας.

Εναλλακτικά, μπορούμε να λύσουμε την εξίσωση (1) δια της μεθόδου Ferrari, χρησιμοποιώντας μία ρίζα  $u_1$  της αντίστοιχης επιλύουσας εξίσωσης

$$u^3 - b'u^2 + (a'c' - 4d')u - a'^2d' + 4b'd' - c'^2 = 0,$$

οπότε οι ζητούμενες τέσσερις ρίζες δίνονται από τη λύση των ακόλουθων δύο δευτεροβάθμιων εξισώσεων, λαμβάνοντας υπ' όψη ότι το υπόριζο είναι τέλειο τετράγωνο.

$$\omega^2 + \frac{a'}{2}\omega + \frac{u_1}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{a'^2}{4} - b' + u_1\right)\omega^2 + \left(\frac{a'}{2}u_1 - c'\right)\omega + \left(\frac{u_1^2}{4} - d'\right)} = 0.$$

Για την ευρισκόμενη, σύμφωνα με τα παραπάνω, τιμή της απόσβεσης  $a$  του πάγιου εξοπλισμού, στην οποία αντιστοιχεί το κεφαλαιακό κόστος  $a/x$ , το κέρδος πράγματι μεγιστοποιείται, όπως φαίνεται από τη συνθήκη δευτέρας τάξεως

$$\frac{d^2K}{da^2} = -2c_0x(\lambda a^2 + \mu a + \nu)^3(2\lambda a + \mu)^2 + 2\lambda c_0x(\lambda a^2 + \mu a + \nu)^{-2} \Rightarrow$$

$$\frac{d^2K}{da^2} = 2c_0x(\lambda a^2 + \mu a + \nu)^{-2} \left[ -\frac{(2\lambda a + \mu)^2}{\lambda a^2 + \mu a + \nu} + \lambda \right],$$

οπότε αρκεί  $\left[ -\frac{(2\lambda a + \mu)^2}{\lambda a^2 + \mu a + \nu} + \lambda \right] < 0$  ή  $(2\lambda a + \mu)^2 > \lambda(\lambda a^2 + \mu a + \nu)$  ή

$$4\lambda^2 a^2 + \mu^2 + 4\lambda\mu a > \lambda^2 a^2 + \lambda\mu a + \lambda\nu \quad \text{ή} \quad 3\lambda^2 a^2 + 3\lambda\mu a + \mu^2 - \lambda\nu > 0.$$

Για  $\lambda > 0$ , έχουμε (βάσει των αρχικών δεσμεύσεων) ότι  $\mu > \lambda > 0$  και  $\mu > \nu > 0$  άρα  $\mu^2 > \lambda\nu$  και επομένως η ανίσωση ισχύει.

Για  $\lambda = 0$ , η ανίσωση ισχύει, επειδή  $\mu^2 > 0$ .

Για  $\lambda < 0$ , το τριώνυμο  $3\lambda^2 a^2 + 3\lambda\mu a + \mu^2 - \lambda\nu$  έχει το σημείο του συντελεστή του δευτεροβάθμιου όρου, επειδή η ορίζουσα  $\Delta$  είναι αρνητική:

$$\Delta = 9\lambda^2 \mu^2 - 4 \times 3\lambda^2 (\mu^2 - \lambda\nu) \quad \text{ή} \quad \Delta = \lambda^2 (9\mu^2 - 12\mu^2 + 12\lambda\nu) \quad \text{ή} \quad \Delta = \lambda^2 (12\lambda\nu - 3\mu^2),$$

άρα  $\Delta < 0$ , αφού  $\lambda < 0$ ,  $\nu > 0$ . Επομένως, η υπό εξέταση ανίσωση ισχύει.

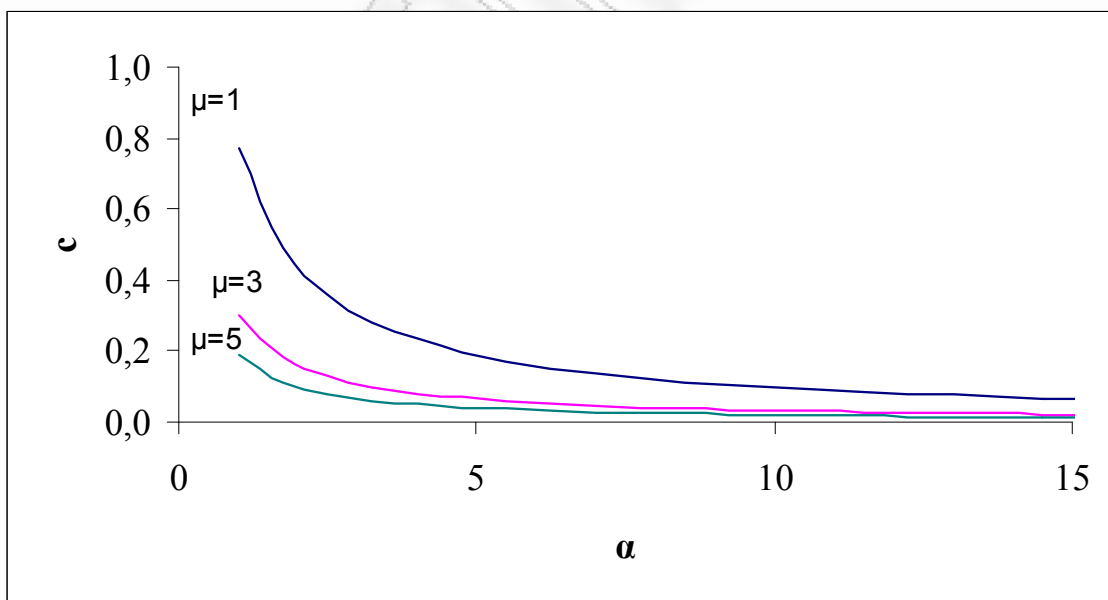
Στην περίπτωση που  $\lambda=0$ , το λειτουργικό κόστος που δίνεται από την υπερβολική σχέση  $c=f(a)$  λαμβάνει την απλούστερη μορφή  $c = c_0 / (\mu a + \nu)$ , όπου  $\nu < 0$ , με ασυμπτώτους  $c = 0$  για  $a \rightarrow \infty$  και  $a = -\nu/\mu$  για  $c \rightarrow \infty$ , οπότε η συνάρτηση κέρδους γίνεται

$$K = bx - \left( a + \frac{c_0}{\mu a + \nu} x \right) \Rightarrow$$

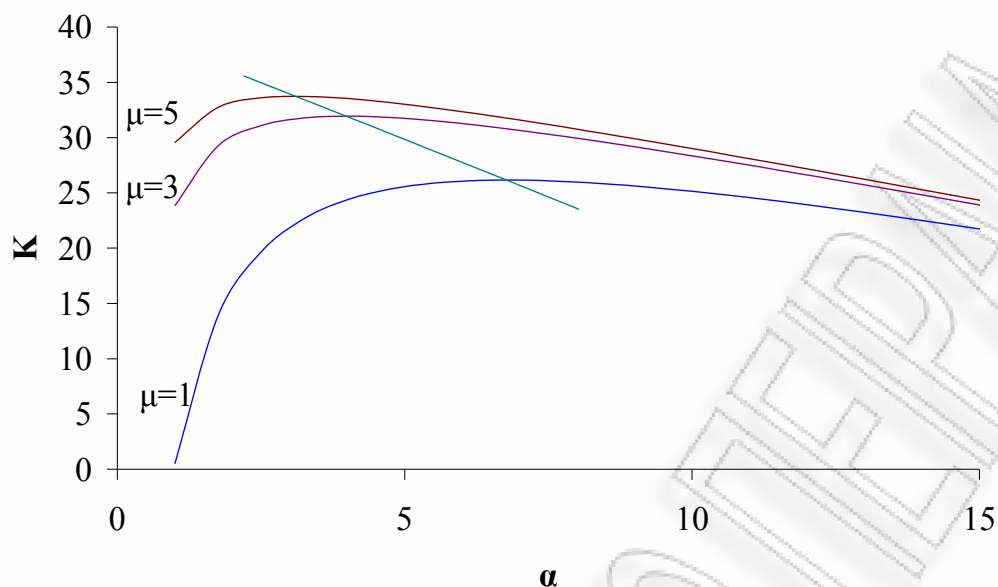
$$\frac{dK}{da} = -1 + c_0 x (\mu a + \nu)^{-2} \mu = 0 \Rightarrow \mu c_0 x = (\mu a + \nu)^2 \Rightarrow \mu a + \nu = \sqrt{\mu c_0 x} \Rightarrow a = (\sqrt{\mu c_0 x} - \nu) / \mu$$

Για την τιμή αυτή της απόσβεσης του πάγιου εξοπλισμού, στην οποία αντιστοιχεί το κεφαλαιακό κόστος  $a/x = (\sqrt{\mu c_0 x} - \nu) / (\mu x)$ , το κέρδος μεγιστοποιείται, όπως φαίνεται από τη συνθήκη δευτέρας τάξεως  $\frac{d^2 K}{da^2} = -2\mu^2 c_0 x (\mu a + \nu)^{-3} < 0$  (βλ. Σχήματα 1.3 και 1.4).

Στην περίπτωση που το λειτουργικό κόστος δίνεται από την απλή ισοσκελή υπερβολή,  $c=c_0/a$ , με ασυμπτώτους τους άξονες των καρτεσιανών συντεταγμένων, η συνάρτηση κέρδους γίνεται  $K = bx - \left( a + \frac{c_0}{a} x \right)$ , οπότε  $\frac{dK}{da} = -1 + \frac{c_0 x}{a^2} = 0 \Rightarrow a = \sqrt{c_0 x}$ . Για την τιμή αυτή της απόσβεσης του πάγιου εξοπλισμού, στην οποία αντιστοιχεί το κεφαλαιακό κόστος



**Σχήμα 1.3.** Εξάρτηση του λειτουργικού κόστους  $c$  από το κεφαλαιακό κόστος (δηλ. του κριτηρίου  $f_2$  από το κριτήριο  $f_1$ ), όπως αυτό λογίζεται (κατά τη φάση σχεδιασμού της βιομηχανικής εγκατάστασης μέσω των αποσβέσεων  $a$ , όταν  $\lambda=0$ , σε επίπεδο προβλεπόμενης παραγωγής  $x$  (εκτιμώμενης σε φυσικές μονάδες προϊόντος), για ισαπέχουσες τιμές του συντελεστή  $\mu$  ( $c_0=1, \nu=0,3$ ).



**Σχήμα 1.4.** Εξάρτηση του κέρδους  $K$  από τις αποσβέσεις  $a$ , στην απλούστερη μορφή της υπερβολικής σχέσης (όπου  $\lambda=0$ ), για ισαπέχουσες τιμές του συντελεστή  $\mu$ , που αντιπροσωπεύει ένα μέτρο της επίδρασης του κριτηρίου  $f_1$  στο κριτήριο  $f_2$  ( $c_0=1, \nu=0,3, b=0,8, x=50$ ). Ο εικονιζόμενος γεωμετρικός τόπος των  $K_{max}$  είναι φθίνουσα συνάρτηση του  $a$ .

$a/x = \sqrt{c_0 x}/x$ , το κέρδος μεγιστοποιείται, όπως φαίνεται από τη συνθήκη δευτέρας τάξεως

$$\frac{d^2 K}{da^2} = -2 \frac{c_0 x}{a^3} < 0.$$

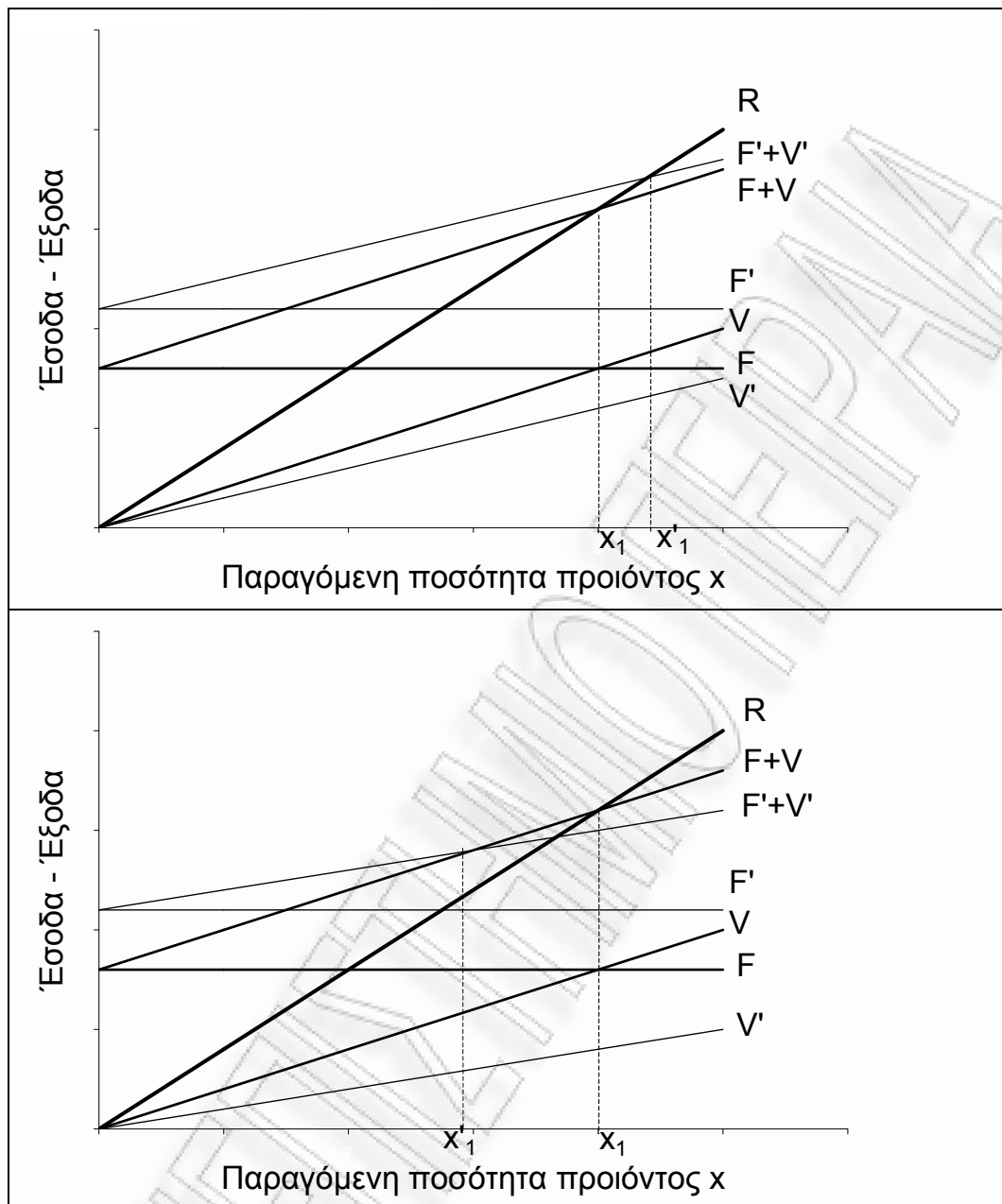
### 1.3 Επιπτώσεις στο Πρώτο Νεκρό Σημείο

Η επίδραση της αύξησης του κεφαλαιακού κόστους (κριτήριο  $f_1$ ) στο λειτουργικό κόστος μπορεί να εξετασθεί και σε σχέση με τις αναμενόμενες επιπτώσεις στο πρώτο νεκρό σημείο της επιχείρησης. Αν  $F$  η ετήσια σταθερή δαπάνη, λογιζόμενη μέσω των αποσβέσεων\*, και  $V(x)$  η ετήσια μεταβλητή δαπάνη, λογιζόμενη ως απλή αναλογική σχέση  $V(x)=cx$ , όπου  $x$  η προβλεπόμενη παραγωγή (σε φυσικές μονάδες προϊόντος) και  $c$  το λειτουργικό κόστος (λαμβάνόμενο σταθερό ανά μονάδα παραγόμενου προϊόντος για  $x \leq x_1$ , όπου  $x_1$  η παραγωγή στο πρώτο νεκρό σημείο), τότε το πρώτο νεκρό σημείο δίνεται από τη σχέση  $F+cx_1=bx_1$ ,

\* Στην προηγούμενη ενότητα οι ετήσιες αποσβέσεις συμβολίζονται με  $a$ . Η χρήση διαφορετικών συμβόλων για ίδια μεγέθη σε διαφορετικές Ενότητες σχετίζεται με τις επιμέρους συναρτήσεις παραγωγής ή πρόβλεψη που χρησιμοποιούνται και υποδηλώνει ότι δεν ακολουθείται αναγκαστικά η ίδια μέθοδος εκτίμησης ή γενικότερα ποσοτικοποίησης των μεγεθών αυτών. Για παράδειγμα, υπάρχει διψήφιος αριθμός μεθόδων ποσοτικής εκτίμησης των αποσβέσεων.

οπότε  $x_1 = F/(b-c)$ , όπου  $b$  η τιμή πώλησης του προϊόντος, λαμβανόμενη ως σταθερή τιμή ισορροπίας στην αγορά, δηλ. εφ'όσον η εξεταζόμενη επιχείρηση δεν κατέχει μονοπωλιακή θέση ενώ και για το συγκεκριμένο προϊόν επικρατούν συνθήκες πλήρους ανταγωνισμού. Η τομή της ευθείας των συνολικών εσόδων  $R=bx$  με την ευθεία των συνολικών δαπανών  $F+V$  είναι το πρώτο νεκρό σημείο ενώ η καμπύλωση (με τα κοίλα προς τα άνω, δηλ.  $dV/dx > 0$  και  $d^2V/dx^2 > 0$ ) της  $V(x)$  από τινος και εφεξής, λόγω ισχύος του Νόμου της φθίνουσας απόδοσης οδηγεί στην εμφάνιση δεύτερου νεκρού σημείου  $x_2$ , με την προϋπόθεση ότι  $x_2 < h$ , όπου  $h$  η παραγωγική δυναμικότητα της βιομηχανικής επιχείρησης. Από τεχνική άποψη, είναι δυνατόν να μειώσουμε το αναμενόμενο λειτουργικό κόστος από  $c$  σε  $c'$ , αυξάνοντας το επενδύμενο κεφάλαιο με συνέπεια την αύξηση της ετήσιας κεφαλαιακής δαπάνης (δηλ. των αποσβέσεων) από  $F$  σε  $F'$  χωρίς μεταβολή της τεχνικής παραγωγικότητας που προσδιορίζεται από τον λόγο (εκροή προϊόντος) / (εισροή πρώτων υλών)<sup>\*\*</sup>. Αν  $F'/(b-c') > F/(b-c)$  τότε  $x'_1 > x_1$  ενώ αν  $F'/(b-c') < F/(b-c)$  τότε  $x'_1 < x_1$ , όπου  $x'_1$  το νέο πρώτο νεκρό σημείο (βλ. Σχήμα 1.5α και 1.5β, αντίστοιχα).

<sup>\*\*</sup> Για παράδειγμα, οι θερμικές απώλειες  $Q$  από δεξαμενή με ρευστό θερμοκρασίας  $T_1$  προς το περιβάλλον (θερμοκρασίας  $T_0 < T_1$ ), δίνονται από τη σχέση  $Q = U \cdot A \cdot (T_1 - T_0)$ , όπου  $U$  ο συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών και  $A$  η επιφάνεια της δεξαμενής. Αν χρησιμοποιηθεί για θερμομόνωση ένα ακριβότερο υλικό με μικρότερη τιμή του  $U$ , τότε θα μειωθεί το λειτουργικό κόστος (μέρος του οποίου είναι το ενεργειακό κόστος) αλλά θα αυξηθεί το κεφαλαιακό κόστος, χωρίς όμως να επηρεασθεί η τεχνική παραγωγικότητα αφού η σχέση πρώτων υλών και προϊόντων είναι ίδια και η θερμοκρασία  $T_1$  παραμένει αμετάβλητη. Αντιστρόφως, μπορούμε αυξάνοντας το λειτουργικό κόστος να μειώσουμε το κεφαλαιακό κόστος. Για παράδειγμα, σε έναν ομοιογενή βιοαντιδραστήρα συνεχούς λειτουργίας που λειτουργεί σε συνθήκες σταθεροποιημένης κατάστασης (steady state conditions) μετατρέποντας πρώτη ύλη συγκέντρωσης  $S_0$  σε προϊόν συγκέντρωσης  $S_e$ , ισχύει το ισοζύγιο μάζας  $QS_0 - QS_e - kS_eV = 0$  ή  $V = (Q/k)(S_0/S_e - 1)$ , όπου  $V$  ο όγκος της υγρής φάσης στη δεξαμενή,  $k$  η σταθερά της ταχύτητας μετατροπής και  $Q$  η ογκομετρική παροχή εισόδου και εξόδου. Αν αυξήσουμε την τιμή της  $k$  (π.χ. με εισαγωγή καθαρού οξυγόνου αντί ατμοσφαιρικού αέρα καθώς και με αύξηση της θερμοκρασίας ή/και της συγκέντρωσης των ενεργών μικροοργανισμών, οπότε έχουμε αύξηση του λειτουργικού κόστους) τότε μειώνεται αντιστρόφως ανάλογα ο απαιτούμενος όγκος της δεξαμενής (ο οποίος ισούται με τον όγκο της υγρής φάσης πολλαπλασιασμένο με ένα σταθερό συντελεστή ασφάλειας), δηλ. το κεφαλαιακό κόστος.



**Σχήμα 1.5.** Εξάρτηση του νεκρού σημείου από την αλληλεπίδραση των κριτηρίων  $f_1$  και  $f_2$ : με την κατάλληλη αύξηση της κεφαλαιακής δαπάνης μειώνεται η λειτουργική δαπάνη, με αποτέλεσμα την μετατόπιση του πρώτου νεκρού σημείου από  $x_1$  σε  $x'_1$ , όπου (α)  $x'_1 > x_1$  όταν  $F'/(b-c') > F/(b-c)$  και (β)  $x'_1 < x_1$  όταν  $F'/(b-c') < F/(b-c)$  (βλ. σχετικό κείμενο).

#### 1.4 Συζήτηση

Η αλληλεπίδραση μεταξύ των κριτηρίων  $f_1$  και  $f_2$  μπορεί να πραγματοποιηθεί και μέσω τεχνολογικών παραμέτρων που παίζουν το ρόλο ανεξάρτητης/ερμηνευτικής μεταβλητής στις συναρτήσεις που προσδιορίζουν τις εξαρτημένες μεταβλητές του κεφαλαιακού και του λειτουργικού κόστους. Για παράδειγμα, οι ενεργειακή δαπάνη  $C_p$ , που είναι το κύριο μέρος

της λειτουργικής δαπάνης, για τη μεταφορά ρευστών μέσω σωλήνωσης, δίνεται από τις παρακάτω εκφράσεις [2] για τυρβώδη και ιξώδη ροή,  $C_{pt}$  και  $C_{pv}$ , αντίστοιχα:

$$C_{pt} = \frac{0,273q_f^{2,84} \rho^{0,84} \mu_c^{0,16} K(1+J)H_y}{D_i^{4,84} E} + B' \quad (2)$$

$$C_{pv} = \frac{0,024q_f^2 \mu_c K(1+J)H_y}{D_i^4 E} + B' \quad (3)$$

όπου  $C_{pt}$  και  $C_{pv}$  η ενεργειακή δαπάνη σε \$/yr/ft

$q_f$  η ογκομετρική παροχή σε ft<sup>3</sup>/s

$\rho$  η πυκνότητα του ρευστού σε lb/ft<sup>3</sup>

$\mu_c$  το ιξώδες του ρευστού σε centipoises (cp)

$K$  το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας σε \$/kWh

$D_i$  η εσωτερική διάμετρος της σωλήνωσης

$J$  οι απώλειες λόγω τριβής στις ενώσεις/καμπύλες, εκφραζόμενες ως κλάσμα των απωλειών σε ευθεία σωλήνωση

$H_y$  ο χρόνος συνολικής λειτουργίας\* σε hours/yr

$E$  η απόδοση της αντλίας, εκφραζόμενη ως κλάσμα

$B'$  μια σταθερά παράμετρος

Επειδή η πρώτη και η δεύτερη μερική παράγωγος των συγκεκριμένων συναρτήσεων ενεργειακής δαπάνης είναι θετικές ως προς την ογκομετρική παροχή  $q_f$ , όπως φαίνεται από τις παρακάτω εκφράσεις μονοπαραμετρικής ανάλυσης ευαισθησίας, εξάγεται το συμπέρασμα ότι ισχύει ο Νόμος της φθίνουσας απόδοσης, με μεγαλύτερη ένταση μάλιστα στην περίπτωση της τυρβώδους ροής, όπου και η τρίτη μερική παράγωγος ως προς  $q_f$  είναι θετική:

$$\frac{\partial C_{pt}}{\partial q_f} = \frac{0,775q_f^{1,84} \rho^{0,84} \mu_c^{0,16} K(1+J)H_y}{D_i^{4,84} E} > 0 \quad \frac{\partial^2 C_{pt}}{\partial q_f^2} = \frac{1,426q_f^{0,84} \rho^{0,84} \mu_c^{0,16} K(1+J)H_y}{D_i^{4,84} E} > 0$$

$$\frac{\partial C_{pv}}{\partial q_f} = \frac{0,048q_f \mu_c K(1+J)H_y}{D_i^4 E} > 0 \quad \frac{\partial^2 C_{pv}}{\partial q_f^2} = \frac{0,048\mu_c K(1+J)H_y}{D_i^4 E} > 0$$

Επειδή έχει αποδειχθεί ότι, για τους περισσότερους τύπους σωληνώσεων, η γραφική παράσταση της εξάρτησης του λογαρίθμου της τιμής αγοράς από τον λογάριθμο της εσωτερικής διαμέτρου είναι ευθεία γραμμή, μπορούμε να διατυπώσουμε τη σχέση αυτή ως εξής:

$$c_{pipe} = XD_i^n \quad (4)$$

\* Η παράμετρος  $H_y$  είναι αδιάστατη αλλά είναι να δυνατόν να προσδώσουμε σε αυτήν διαστάσεις χρόνου λειτουργίας προς ημερολογιακό χρόνο, οπότε αυξάνονται οι αναγκαίες βασικές διαστάσεις κατά μία και μειώνεται οι αδιάστατες ομάδες κατά μία, σύμφωνα με το θεώρημα Buckingham.

όπου  $c_{pipe}$  η τιμή αγοράς της νέας σωλήνωσης σε \$/ft

$X$  η τιμή αγοράς νέας σωλήνωσης πρότυπης διαμέτρου 1 in, σε \$/ft

$n$  μία σταθερά, της οποίας η τιμή εξαρτάται από τον τύπο της σωλήνωσης\*

Η ετήσια δαπάνη  $C_{pipe}$  (σε \$/yr/ft) για την αγορά/εγκατάσταση της σωλήνωσης δίνεται από την έκφραση

$$C_{pipe} = (1 + F)XD_i^n K_F \quad (5)$$

όπου  $F$  ο λόγος της συνολικής δαπάνης εγκατάστασης προς τη δαπάνη αγοράς της σωλήνωσης

$K_F$  οι ετήσιες σταθερές δαπάνες (περιλαμβανομένης της συντήρησης) εκφραζόμενες ως κλάσμα της αρχικής δαπάνης για την αγορά/εγκατάσταση της σωλήνωσης.

Η συνολική δαπάνη  $G$  για μεταφορά ρευστών με σωληνώσεις υπολογίζεται με πρόσθεση των (2) και (5) ή (3) και (5), για τυρβώδη ή ιξώδη ροή, αντίστοιχα, οπότε λαμβάνονται οι σχέσεις

$$G_{pt} = \frac{0,273q_f^{2,84} \rho^{0,84} \mu_c^{0,16} K(1+J)H_y}{D_i^{4,84} E} + B' + (1+F)XD_i^n K_F$$

$$G_{pv} = \frac{0,024q_f^2 \mu_c K(1+J)H_y}{D_i^4 E} + B' + (1+F)XD_i^n K_F$$

Η βέλτιστη τιμή διαμέτρου σωλήνωσης  $D_{pt,opt}$  και  $D_{pv,opt}$ , αντίστοιχα, προσδιορίζεται μέσω μηδενισμού της πρώτης παραγώγου οπότε προκύπτουν οι παρακάτω εκφράσεις:

$$D_{pt,opt} = \left[ \frac{1,32q_f^{2,84} \rho^{0,84} \mu_c^{0,16} K(1+J)H_y}{n(1+F)XEK_F} \right]^{\frac{1}{4,84+n}} \quad (6)$$

$$D_{pv,opt} = \left[ \frac{0,096q_f^2 \mu_c K(1+J)H_y}{n(1+F)XEK_F} \right]^{\frac{1}{4,0+n}} \quad (7)$$

Από την παραπάνω ανάλυση προκύπτει άμεσα (i) η ομοιότητα προσδιορισμού  $D_{opt}$  και  $t_{opt}$  (βλ. Εισαγωγή του παρόντος Κεφαλαίου) και (ii) η αλληλεπίδραση μεταξύ λειτουργικής και κεφαλαιακής δαπάνης, δηλ. μεταξύ λειτουργικού και κεφαλαιακού κόστους (ή μεταξύ κριτηρίων  $f_2$  και  $f_1$ ), μέσω της ανεξάρτητης (για αμφότερα τα είδη δαπανών/κόστους) μεταβλητής  $D_i$ . Σημειώνεται ότι η αποτίμηση του κεφαλαιακού κόστους είναι δυνατόν να παρουσιάσει δυσκολίες σε ειδικές περιπτώσεις, όπου (α) εμπλέκονται άυλες αξίες μέσω

\* Όπως προκύπτει από διαστασιακή ανάλυση, οι διαστάσεις των  $c_{pipe}$  και  $X$  δεν είναι συμβατές, αφού η σχέση (4) με την οποία συνδέονται (όπως αυτή αναφέρεται την [2], που είναι το περισσότερο χρησιμοποιούμενο τεχνικό εγχειρίδιο διεθνώς) είναι διαστασιακά ανομοιογενής. Για την αποκατάσταση της διαστασιακής ομοιογένειας, πρέπει η ανεξάρτητη μεταβλητή  $X$  να εκφράζεται σε \$/ft/in<sup>n</sup>. Προφανώς, δεν τίθεται θέμα αριθμητικού σφάλματος, όταν τηρούνται οι συγκεκριμένες μονάδες μέτρησης, αλλά η σχέση (4) δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ευρύτερα σε παραμετρική μορφή (π.χ. σε πρόγραμμα H/Y) χωρίς διόρθωση των διαστάσεων.

προϊόντων Έρευνας και Ανάπτυξης (R&D) ή ( $\beta$ ) υπάρχει αφανές περιβαλλοντικό κόστος (βλ. σχετικά [3,4]).

### 1.5 Σύνοψη – Συμπεράσματα

Στο παρόν Κεφάλαιο διερευνάται η αλληλεπίδραση μεταξύ κεφαλαιακού και λειτουργικού κόστους (κριτήρια  $f_1$  και  $f_2$ , αντίστοιχα). Η αλληλεπίδραση μεταξύ των κριτηρίων αυτών είναι δυνατόν να οφείλεται σε οικονομικές ή τεχνολογικές παραμέτρους, οι οποίες όμως (πρέπει να) εσωτερικοποιούνται στην ίδια αντικειμενική συνάρτηση (objective function) βελτιστοποίησης (ελαχιστοποίησης αν είναι συνάρτησης κόστους ή μεγιστοποίησης αν είναι συνάρτηση οφέλους). Ως αντιπροσωπευτική βασική οικονομική παράμετρος λαμβάνεται ο χρόνος ωφέλιμης ζωής  $t$ , ο οποίος όμως έχει και μία ενδογενή τεχνολογική διάσταση που συνίσταται στους παράγοντες φθοράς του εξοπλισμού. Εν τούτοις, οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν τον  $t$  είναι εξωγενείς οικονομικοί, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για ανταγωνιστική αγορά, όπως π.χ. αυτή των βιο-ιατρικών και ηλεκτρονικών/οπτικοακουστικών προϊόντων. Ο βέλτιστος/οικονομικός χρόνος ζωής  $t_{opt}$  (economic life) μιας εγκατάστασης προσδιορίζεται ως η τετημημένη του σημείου ελαχίστου κόστους  $C_{min}$  ή ως σημείο ισορροπίας της διεκυστίνδα (trade off) μεταξύ των αντιμαχόμενων συνιστωσών  $C_1(t)$  και  $C_2(t)$  της εξαρτημένης μεταβλητής  $C(t)$ , όπου  $C_1(t)$  είναι το λειτουργικό κόστος (περιλαμβανομένων της συναρτήσεως του χρόνου αυξανόμενης δαπάνης συντήρησης, της μειούμενης απόδοσης του συστήματος, της χειροτέρευσης της ποιότητας και της αύξησης της πιθανότητας αστοχιών/βλαβών που προκαλούν μείωση της αξιοπιστίας του συστήματος) και  $C_2(t)$  είναι το κεφαλαιακό κόστος, λογιζόμενων μέσω των αποσβέσεων. Στη συνέχεια προσδιορίζεται η επίπτωση αύξησης του κεφαλαιακού κόστους για την αγορά αναβαθμισμένου τεχνολογικού εξοπλισμού στην τιμή  $t_{opt}$ , μέσω απλής γραφικής ανάλυσης ευαισθησίας.

Η παραπάνω ποιοτική ανάλυση επεκτείνεται με τον ποσοτικό προσδιορισμό της σχέσης αλληλεξάρτησης κεφαλαιακού–λειτουργικού κόστους σε συνθήκες μέγιστης κερδοφορίας  $K_{max}$  με προβλεπόμενη παραγωγή  $x$  (εκτιμώμενη σε φυσικές μονάδες προϊόντος) και τιμή πώλησης  $b$  (ανά μονάδα προϊόντος). Στην περιοχή ισχύος οικονομιών κλίμακας, το λειτουργικό κόστος  $c$  είναι φθίνουσα συνάρτηση του κεφαλαιακού κόστους, όπως αυτό λογίζεται μέσω των αποσβέσεων  $a$ . Στην απλούστερη περίπτωση, η συνάρτηση αυτή είναι υπερβολική της μορφής

$$c = \frac{c_0}{\lambda a^2 + \mu a + \nu}, \text{ όπου } 0 < c < c_0, \quad 0 < \nu < 1, \mu > 1, \lambda < \mu.$$

οπότε η προς μεγιστοποίηση αντικειμενική συνάρτηση κέρδους  $K=f(a)$  είναι



$$K = bx - \left( a + \frac{c_0}{\lambda a^2 + \mu a + \nu} x \right) \text{οπότε } \frac{dK}{da} = 0 \Rightarrow -1 + c_0 x (\lambda a^2 + \mu a + \nu)^{-2} (2\lambda a + \mu) = 0 \Rightarrow$$

$$c_0 x (2\lambda a + \mu) = (\lambda a^2 + \mu a + \nu)^2 \Rightarrow \lambda^2 a^4 + 2\lambda \mu a^3 + (\mu^2 + 2\lambda \nu) a^2 + 2(\mu \nu - c_0 x \lambda) a + (\nu^2 - c_0 x \mu) = 0$$

Η εξίσωση αυτή είναι της μορφής

$$\omega^4 + a' \omega^3 + b' \omega^2 + c' \omega + d' = 0 \quad (1)$$

$$\text{όπου } a' = \frac{2\mu}{\lambda}, \quad b' = \frac{\mu^2 + 2\lambda \nu}{\lambda^2}, \quad c' = \frac{2(\mu \nu - c_0 x \lambda)}{\lambda^2}, \quad d' = \frac{\nu^2 - c_0 x \mu}{\lambda^2}$$

και λύνεται δια της μεθόδου Descartes-Euler με αναγωγή στη μορφή  $y^4 + py^2 + qy + r = 0$ .

Στη συνέχεια, εφαρμόζεται η μέθοδος Cardan και διερευνώνται από οικονομική άποψη οι λύσεις που προκύπτουν ενώ δίνονται τα αντίστοιχα γραφήματα, προσδιοριζομένου και του γεωμετρικού τόπου των σημείων μεγίστου κέρδους  $K_{max}$ .

Όμοια μεθοδολογία εφαρμόζεται για τον προσδιορισμό των επιπτώσεων της αλληλεπίδρασης μεταξύ  $f_1$  και  $f_2$  επί του πρώτου νεκρού σημείου της επιχείρησης. Τέλος, αναλύεται η περίπτωση μεταφοράς ρευστού μέσω σωληνώσεων, όπου αποδεικνύεται (i) η αλληλεπίδραση μεταξύ κεφαλαιακής και λειτουργικής δαπάνης μέσω της εσωτερικής διαμέτρου της σωλήνωσης, λαμβανόμενης ως κοινής ανεξάρτητης μεταβλητής (της οποίας προσδιορίζεται και η βέλτιστη τιμή) και (ii) η ισχύς του Νόμου της φθίνουσας απόδοσης, μέσω της πρώτης και της δεύτερης παραγώγου των συναρτήσεων ενεργειακής δαπάνης οι οποίες είναι θετικές ως προς την ογκομετρική παροχή  $q_f$ , όπως φαίνεται από τις παρακάτω εκφράσεις μονοπαραμετρικής ανάλυσης ευαισθησίας, με μεγαλύτερη ένταση ισχύος του Νόμου μάλιστα στην περίπτωση της τυρβώδους ροής, όπου και η τρίτη μερική παράγωγος ως προς  $q_f$  είναι θετική:

$$\frac{\partial C_{pt}}{\partial q_f} = \frac{0,775 q_f^{1,84} \rho^{0,84} \mu_c^{0,16} K(1+J)H_y}{D_i^{4,84} E} > 0 \quad \frac{\partial^2 C_{pt}}{\partial q_f^2} = \frac{1,426 q_f^{0,84} \rho^{0,84} \mu_c^{0,16} K(1+J)H_y}{D_i^{4,84} E} > 0$$

$$\frac{\partial C_{pv}}{\partial q_f} = \frac{0,048 q_f \mu_c K(1+J)H_y}{D_i^4 E} > 0 \quad \frac{\partial^2 C_{pv}}{\partial q_f^2} = \frac{0,048 \mu_c K(1+J)H_y}{D_i^4 E} > 0$$

Όπου  $C_{pt}$  και  $C_{pv}$  η ενεργειακή δαπάνη σε \$/yr/ft

$\rho$  η πυκνότητα του ρευστού σε lb/ft<sup>3</sup>

$\mu_c$  το ιξώδες του ρευστού σε centipoises (cp)

$K$  το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας σε \$/kWh

$J$  οι απώλειες λόγω τριβής στις ενώσεις/καμπύλες, εκφραζόμενες ως κλάσμα των απωλειών σε ευθεία σωλήνωση

$H_y$  ο χρόνος συνολικής λειτουργίας σε hours/yr

$E$  η απόδοση της αντλίας, εκφραζόμενη ως κλάσμα

### Βιβλιογραφία

1. N.N. Barish, S. Kaplan, *Economic Analysis for Engineering and Managerial Decision Making*, McGraw – Hill New York (1978) pp. 147-166.
2. M.S. Peters, K.D. Timmerhaus, *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, McGraw Hill New York (1968), pp. 302-308.
3. D.F. Batzias, J.N. Sorros, On the Depreciation of Intellectual Capital Accumulated within a R&D Department of an Industrial Enterprise, *ICMMS 2008: International Conference on Management and Marketing Sciences*, (2008), Athens, Greece.
4. D.F. Batzias and Y.A. Pollalis, Determining Capital Cost in Wastewater Treatment Installations Operating under Inflow Characteristics Uncertainty, *American Institute of Physics Conf. Proc.* **963** (2007), 894-899.

## 2 Η Επίδραση των Περιβαλλοντικών Προτύπων στον Προσδιορισμό του Ιδιωτικοοικονομικού Κόστους (Κριτήρια $f_3$ και $f_1$ )

### 2.1 Εισαγωγή

Η ελαχιστοποίηση του κόστους  $C=C_1+C_2$  (όπου  $C_1$  το κοινωνικοοικονομικό και  $C_2$  το ιδιωτικοοικονομικό κόστος) είναι το κυρίαρχο στοιχείο στο σχεδιασμό/λειτουργία των εγκαταστάσεων προστασίας περιβάλλοντος είτε αυτές είναι ανεξάρτητες είτε είναι συνέχεια συγκεκριμένων βιομηχανικών μονάδων. Αντίθετα, η μεγιστοποίηση του κέρδους (είτε βραχυπρόθεσμα είτε μακροπρόθεσμα μέσω στρατηγικών ενίσχυσης της θέσεως στην αγορά) είναι το κυρίαρχο στοιχείο στο σχεδιασμό/λειτουργία των εγκαταστάσεων παραγωγής βιομηχανικών προϊόντων. Λαμβάνοντας υπ' όψη την έλλειψη ρευστότητας, η οποία συνήθως χαρακτηρίζει τον Δημόσιο Τομέα της Οικονομίας (ΔΤΟ) της Χώρας, συμπεραίνουμε ότι το ιδιωτικοοικονομικό κόστος  $C_2 = C_{21} + C_{22}$  (όπου  $C_{21}$  το κεφαλαιακό και  $C_{22}$  το λειτουργικό κόστος) είναι το πλέον σημαντικό στοιχείο διαμόρφωσης του περιβαλλοντικού κόστους  $C$  (κριτήριο  $f_3$ ) που χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση ενός επενδυτικού σχεδίου δημιουργίας συγκεκριμένης εγκατάστασης προστασίας περιβάλλοντος, η οποία συγκρίνεται με άλλου τύπου εγκαταστάσεις που οδηγούν στο ίδιο αποτέλεσμα. Σημειώνεται ότι το ιδιωτικοοικονομικό κόστος  $C_2$  της περιβαλλοντικής επένδυσης σχετίζεται άμεσα με τον ΔΤΟ μέσω των θεσμοθετημένων επιχορηγήσεων και του προσδιορισμού των ανταποδοτικών τελών (αποδιδόμενων από τους χρήστες περιβαλλοντικών υπηρεσιών προς τους αντίστοιχους δημόσιους Φορείς) [1-3].

Η διερεύνηση του κεφαλαιακού ιδιωτικοοικονομικού κόστους  $C_{21}$  (capital cost) σε ένα βαθύτερο πληροφοριακό επίπεδο (higher information granularity level) αποκαλύπτει ότι ορισμένες τεχνολογικές παράμετροι και ερμηνευτικές (explanatory) ανεξάρτητες μεταβλητές πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψη μαζί με τα οικονομικά μεγέθη που προσδιορίζουν την προς ελαχιστοποίηση αντικειμενική συνάρτηση (objective function). Η ενσωμάτωση αυτών των παραμέτρων/μεταβλητών δημιουργεί το πρόβλημα της εσωτερικοποίησης (internalization), επειδή η καθαρώς οικονομική αντικειμενική συνάρτηση μετατρέπεται σε οικονομοτεχνική, αποκτώντας μεγαλύτερο βάθος με διαδικασίες που χρησιμοποιούνται κυρίως στη γνωστική περιοχή της 'ταυτοποίησης των παραμέτρων' (parameter identification). Από την άλλη πλευρά, η ετερογένεια της χρησιμοποιούμενης πρώτης ύλης στις εγκαταστάσεις μεγάλης κλίμακας (λόγω των διαφορετικών πηγών προέλευσης των ρύπων) καθιστά την εκτίμηση του κόστους λιγότερο αξιόπιστη συγκριτικά με άλλες γραμμές βιομηχανικής παραγωγής, όπου η πρώτη ύλη πληροί αυστηρές προδιαγραφές ποιότητας.

Κατά συνέπεια, ο χρόνος παραμονής των ρύπων στο σύστημα εξουδετέρωσης αυτών δεν είναι δυνατόν να υπολογισθεί χωρίς να συνεκτιμηθεί ένας παράγοντας αβεβαιότητας στα ισοζύγια υλικών και τα υποδείγματα χημικής κινητικής που χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή/διαμόρφωση της συνάρτησης παραγωγής. Ο παράγοντας αυτός είναι λιγότερο σημαντικός στη βιομηχανία διεργασιών (processing industries), όπου χρησιμοποιούνται οι συνήθεις πρώτες ύλες, και ακόμη λιγότερο σημαντικός στην κατασκευαστική βιομηχανία (η οποία στην Ελλάδα είναι κυρίως βιομηχανία συναρμολόγησης, λόγω έλλειψης μονάδων καθετοποιημένης διάρθρωσης), όπου ο ρυθμός παραγωγής προσδιορίζεται από τον εξοπλισμό μάλλον παρά από την ποιότητα/σύνθεση των πρώτων υλών. Η παρατήρηση αυτή είναι βασικής σημασίας για τον προσδιορισμό του  $C_{21}$ , αφού ο χρόνος παραμονής (residence time) των ρύπων στην εγκατάσταση προσδιορίζει άμεσα τη δυναμικότητά της (capacity), δηλ. το ύψος της επένδυσης, άρα και τις αποσβέσεις (depreciation) που είναι το κύριο συστατικό του κεφαλαιακού κόστους  $C_{21}$ .

Στο παρόν Κεφάλαιο, παρουσιάζεται ο σχεδιασμός/ανάπτυξη ενός μεθοδολογικού πλαισίου για τον προσδιορισμό του κεφαλαιακού κόστους, στο πλαίσιο της επίλυσης του προβλήματος της εσωτερικοποίησης. Για το σκοπό αυτόν, λαμβάνονται υπ' όψη αμφότερες οι συνθήκες, σταθεροποιημένης και μη σταθεροποιημένης κατάστασης (steady και unsteady state conditions), παρ' όλο ότι δίνεται μεγαλύτερη έμφαση στην πρώτη κατάσταση, επειδή οι συνθήκες αυτές συνήθως επικρατούν στη βιομηχανική πρακτική, εντός των αντίστοιχων διαστημάτων ανοχής, όπως αυτά διασφαλίζονται από μηχανισμούς αυτόματου ελέγχου. Επίσης, αναλύονται τα κυριότερα υποδείγματα μη σταθεροποιημένης κατάστασης, λόγω της σημαντικής επίδρασης αυτών (ιδιαίτερα υπό συνθήκες αβεβαιότητας) στην εκτίμηση του  $C_{21}$ . Τέλος, δίνεται σε Παραρτήματα η ποσοτική ανάλυση μεγάλου αριθμού περιπτώσεων.

## 2.2 Μεθοδολογία

Στη συνέχεια, περιγράφεται το μεθοδολογικό πλαίσιο, υπό μορφή αλγοριθμικής διαδικασίας, με 17 στάδια δραστηριότητας και 5 κόμβους απόφασης, που έχουμε σχεδιάσει/αναπτύξει για τον προσδιορισμό του κεφαλαιακού κόστους  $C_{21}$ . Από τις διάφορες παραλλαγές στις οποίες είναι δυνατόν να υπάρξει/προσαρμοσθεί, παρουσιάζεται αυτή που αναφέρεται στη βιολογική επεξεργασία υγρών αποβλήτων, επειδή οι ίδιες συναρτήσεις χρησιμοποιούνται και στη βιομηχανική παραγωγή προϊόντων βιοτεχνολογίας. Η διασύνδεση σταδίων-κόμβων φαίνεται στο Σχήμα 2.1.

1. Συλλογή χαρακτηριστικών των προς επεξεργασία εισαγόμενων (input) υγρών αποβλήτων στην εγκατάσταση καθαρισμού/εξουδετέρωσης.

2. Συλλογή χαρακτηριστικών των εξαγόμενων (output) από την εγκατάσταση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων, όταν χρησιμοποιείται η καλύτερη διαθέσιμη τεχνική που δεν συνεπάγεται αυξημένο κόστος (Best Available Technique Not Entailing Excessive Cost – BATNEEC).
3. Επιλογή μεθόδων επεξεργασίας που είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν προκειμένου να ληφθεί υπ' όψη η αβεβαιότητα ή/και οι διάφορες συναρτήσεις παραγωγής.
4. Προσδιορισμός των πλέον κατάλληλων συναρτήσεων πυκνότητας πιθανότητας των χρησιμοποιούμενων στοχαστικών παραμέτρων και ανεξάρτητων μεταβλητών.
5. Προσδιορισμός του πλέον κατάλληλου συνόλου ασαφών αριθμών (fuzzy numbers) των χρησιμοποιούμενων στοχαστικών παραμέτρων και ανεξάρτητων μεταβλητών.
6. Προσδιορισμός του πλέον κατάλληλου συνόλου αριθμητικών διαστημάτων (interval numbers) των χρησιμοποιούμενων στοχαστικών παραμέτρων και ανεξάρτητων μεταβλητών.
7. Εκτίμηση των επιθυμητών ορίων εμπιστοσύνης/ανοχής (i) των τιμών των παραμέτρων της εισροής των ακατέργαστων αποβλήτων και (ii) των χαρακτηριστικών τιμών των επεξεργασμένων αποβλήτων, όπως αυτές προσδιορίζονται είτε από τα θεσμοθετημένα περιβαλλοντικά πρότυπα είτε από την εγκεκριμένη περιβαλλοντική μελέτη που συνοδεύει την άδεια λειτουργίας της βιομηχανικής εγκατάστασης.
8. Υπολογισμός του όγκου  $V$  της υγρής φάσης των αποβλήτων με τη βοήθεια συναρτήσεων χημικής επεξεργασίας (περιλαμβανομένων των αντίστοιχων ισοζυγίων υλικών) και εκτίμηση ονομαστικής δυναμικότητας  $V^*=(SF)V$ , όπου (SF) ο υιοθετούμενος παράγοντας ασφάλειας (Safety Factor) με βάση την εμπειρία από όμοιες εγκαταστάσεις και την τεχνική βιβλιογραφία.
9. Προσδιορισμός της συνάρτησης  $B=f(V^*)$  της αντίστοιχης επένδυσης και εκτίμηση των τιμών των παραμέτρων της.
10. Επιλογή της κατάλληλης μεθόδου απόσβεσης.
11. Προσδιορισμός του περιβαλλοντικού οφέλους από τη λειτουργία της συγκεκριμένης εγκατάστασης.
12. Εκτίμηση της επιχορήγησης βάσει της συνάρτησης περιβαλλοντικού οφέλους.
13. Υπολογισμός της απόσβεσης.
14. Υπολογισμός του κεφαλαιακού κόστους  $C_{21}$ , σε νομισματικές μονάδες ανά μονάδα όγκου εγκατεστημένης δυναμικότητας για την επεξεργασία αποβλήτων.
15. Προσδιορισμός του ποσού της απαιτούμενης πρόσθετης/συμπληρωματικής επιχορήγησης προκειμένου να επιτευχθεί το μέγιστο ανεκτό κόστος.



- B. Είναι τα αριθμητικά διαστήματα (intervals) ή οι ασαφείς (fuzzy) αριθμοί οι πλέον κατάλληλες προς χρήση φόρμες (σημειούμενες με *int.* και *fuzzy* στο Σχήμα 2.1, αντίστοιχα);
- C. Είναι αποδεκτό το κόστος αυτό;
- D. Είναι εφικτή η χαλάρωση των *a priori* τεθέντων περιορισμών;
- E. Είναι εφικτή η επιχορήγηση της επένδυσης με το ποσό που προσδιορίστηκε στο στάδιο 15;

### 2.3. Εφαρμογή

Ως εφαρμογή της παραπάνω περιγραφόμενης μεθοδολογίας, μελετάται η εγκατάσταση/λειτουργία δύο αντιπροσωπευτικών αντιδραστήρων στη δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία υγρών αποβλήτων: του ομοιογενούς (continuous-flow stirred tank reactor - CFSTR) και του αυλωτού (plug-flow reactor - PFR). Τα αντίστοιχα ισοζύγια υλικών είναι  $VdS/dt = QS_0 - QS + rV$  για τον πρώτο και  $-dS/(kS) = dx/u$  ή  $S/S_0 = \exp(kV/Q)$  για τον δεύτερο όπου  $V$  είναι ο όγκος της υγρής φάσης,  $S_0$  και  $S$  είναι οι συγκεντρώσεις υποστρώματος (εκφραζόμενες συνήθως ως Biochemical Oxygen Demand – BOD) στην είσοδο και σε χρόνο  $t$ , αντίστοιχα,  $Q$  είναι η ογκομετρική παροχή (μετρούμενη στη χρονική μονάδα στην οποία εκφράζεται η σταθερά  $k$ ,  $r$  είναι η ταχύτητα βιολογικής επεξεργασίας,  $k$  είναι η σταθερά της ταχύτητας επεξεργασίας (για κινητική εξίσωση πρώτης τάξεως, οπότε  $r = -kS$ ),  $x$  είναι η απόσταση και  $u$  η γραμμική ταχύτητα ροής μέσω του PFR. Ειδικότερα, για τον CFSTR έχουμε  $dS/dt = 0$  σε συνθήκες σταθεροποιημένης κατάστασης, και επομένως  $S/S_0 = 1/(1+kV/Q)$ . Για  $S = S_e$ , όπου  $S_e$  είναι η προκαθορισμένη τιμή του  $S$ -εξόδου σύμφωνα με τα περιβαλλοντικά πρότυπα, ο χρόνος παραμονής  $t$  προσδιορίζει τον όγκο  $V = Qt$  της υγρής φάσης των αποβλήτων στη δεξαμενή επεξεργασίας, δηλ. την πραγματική δυναμικότητα της εγκατάστασης από την οποία προκύπτει η ονομαστική δυναμικότητα  $V^* = (SF)V$ , όπου (SF) ο συντελεστής ασφαλείας [5].

Ο βασισόμενος στα αριθμητικά διαστήματα (intervals) λογισμός χρησιμοποιήθηκε προκειμένου να συνεκτιμηθεί η αβεβαιότητα (βλ. κόμβους απόφασης A, B και στάδιο δραστηριότητας 6 στην αλγοριθμική διαδικασία που παρουσιάζεται στην Ενότητα της Μεθοδολογίας). Στον λογισμό αυτόν, τα διαστήματα παρουσιάζονται ως διατεταγμένα ζεύγη πραγματικών αριθμών:  $[a, b] = \{x | a \leq x \leq b\}$  και οι βασικές αριθμητικές λειτουργίες που λαμβάνουν χώρα είναι:

$$[a, b] + [c, d] = [a + c, b + d], \quad [a, b] \cdot [c, d] = [\min(ac, ad, bc, bd), \max(ac, ad, bc, bd)]$$

$$[a, b] - [c, d] = [a - d, b - c], \quad [a, b] / [c, d] = [a, b] \cdot [1/d, 1/c] \mid 0 \notin [c, d]$$

Λαμβάνοντας υπόψη ότι ο λογισμός αυτός είναι μία γενίκευση ή επέκταση της απλής αριθμητικής/άλγεβρας, μπορούμε να συνθέσουμε υπο-προγράμματα (subroutines) αριθμητικής ανάλυσης για ένα υπολογιστικό σύστημα βάσει των παραπάνω αριθμητικών πράξεων/λειτουργιών. Αυτά τα υπο-προγράμματα δίνουν συνήθως αποτελέσματα υπό μορφή υπερεκτιμημένων διαστημάτων, ιδιαίτερα όταν ο αριθμός των απαιτούμενων αριθμητικών υπολογισμών είναι μεγάλος. Για τον περιορισμό της συνεχούς διεύρυνσης των διαστημάτων συναρτήσει του αριθμού των αριθμητικών πράξεων έχουν αναπτυχθεί ειδικοί αλγόριθμοι [6]. Ειδικότερα, ο λογισμός των αριθμητικών διαστημάτων έχει χρησιμοποιήσει (α) την εφαρμογή ευφών μεθόδων για τη σχεδίαση/δοκιμή των μετρητικών υποδειγμάτων [7], (β) την ανάλυση χειρίστης –βέλτιστης περίπτωσης (worst- and best-case –WBC) [8], (γ) τη βελτιστοποίηση υπό περιορισμούς [9], (δ) τον πολυκριτηριακό βέλτιστο σχεδιασμό [10], και τον προσδιορισμό βέλτιστης επιχορήγησης για την εφαρμογή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας [11,12]. Μία προσέγγιση με νευρωνικά δίκτυα έχει επίσης προταθεί για τη βελτίωση των αλγεβρικών διαδικασιών υπολογισμού των αριθμητικών διαστημάτων [13].

Από τις παραπάνω αναφερόμενες εκφράσεις, λαμβάνουμε τις ακόλουθες σχέσεις για την κεφαλαιακή δαπάνη  $F$ , η οποία δίνεται ως γραμμική συνάρτηση του  $V$  (δηλ.,  $F = B_1 + B_2V$ , όπου  $B_1, B_2 > 0$ ) ώστε να διατηρούνται αμφότερα, οι οικονομίες κλίμακας, (καθ'όσον  $d(F/V)/dV = d(B_1/V+B_2)/dV = -B_1/V^2 < 0$ ) και οι Αρχή της Απλότητας (Principle of Simplicity), όπως επιβεβαιώνεται από τα ικανοποιητικά αριθμητικά αποτελέσματα που αναφέρονται στη συνέχεια:

Για  $n$  αντιδραστήρες/δεξαμενές τύπου CFSTR, συνδεόμενες στη σειρά:

$$C_{21} = n \left[ \left( B_1 + B_2 \frac{Q}{k} \left[ \left( \frac{S_0}{S_e} \right)^{1/n} - 1 \right] / (t' Q') \right) \right]$$

Για έναν αντιδραστήρα/δεξαμενή τύπου PFR:

$$C_{21} = \left( B_1 + B_2 \frac{Q}{k} \ln \frac{S_0}{S_e} \right) / (t' Q')$$

όπου  $t'$  είναι η χρονική περίοδος (έτη) της απόσβεσης και  $Q'$  η ετήσια ογκομετρική παροχή. Και στις δύο περιπτώσεις, αποδεικνύεται ότι ισχύει ο Νόμος της φθίνουσας απόδοσης (Law of diminishing returns), αφού για αυξημένη απόδοση (efficiency)  $E=(S_0-S_e)/S_0$  ή  $E=1-S_e/S_0$  (δηλ., μειωμένη τιμή  $S_e$ ), προκύπτει αυξημένο κεφαλαιακό κόστος (δηλ.,  $dE/dS_e=d(1-S_e/S_0)/dS_e=-1/S_0 < 0$  και  $dC_{21}/dS_e < 0$ ):



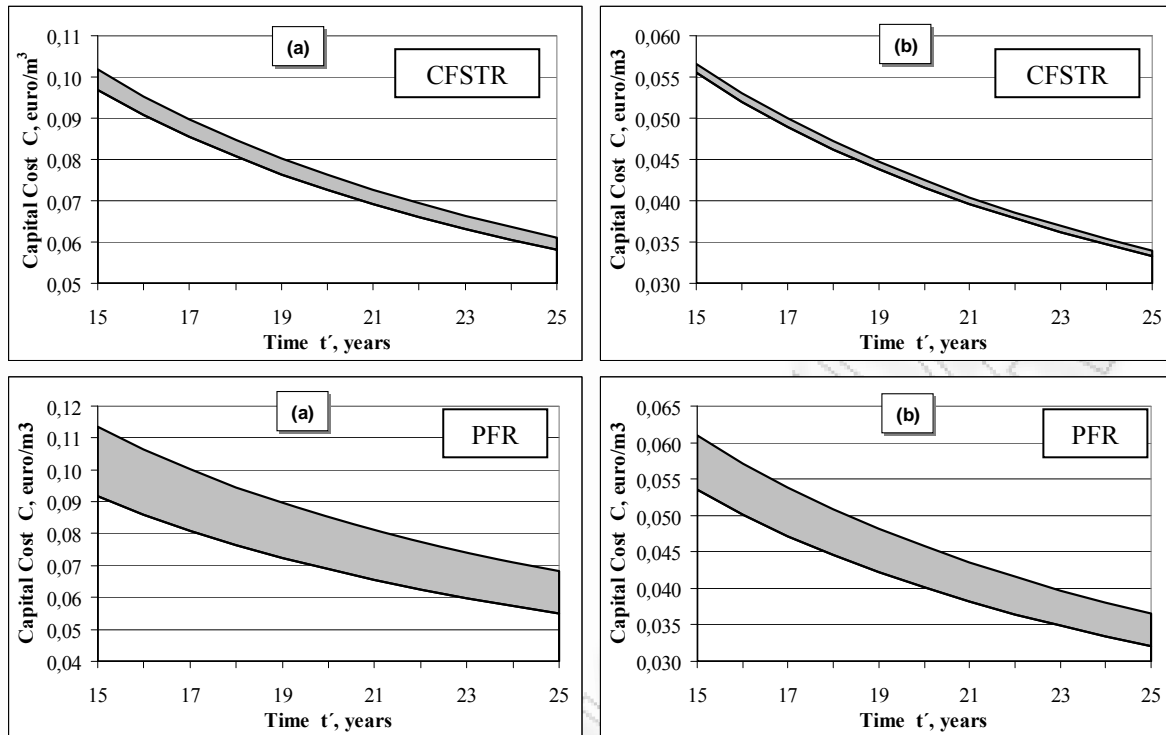
$$\frac{dC_{21}}{dS_e} = -\frac{B_2 Q}{t' Q' k} \frac{S_0^{1/n}}{S_e^{1+1/n}} < 0, \quad \frac{dC_{21}}{dS_e} = -\frac{B_2 Q}{t' Q' k} \frac{1}{S_e} < 0$$

Τα δεδομένα της εφαρμογής αυτών των σχέσεων είναι  $S_0 = 300-390$  mg/L (που αντιστοιχούν σε τιμές BOD 500-600 mg/L της εισροής στην πρωτοβάθμια επεξεργασία των υγρών αποβλήτων, όπου απομακρύνεται το 35-40% του αρχικού BOD),  $S_e = 25$  mg/L,  $Q = 150$  m<sup>3</sup>/h,  $k = 0.35-0.65$  h<sup>-1</sup> (κατά αντιστοιχία προς το ευρέως αποδεκτό διάστημα τιμών  $0.5 \pm 30\%$  h<sup>-1</sup>),  $Q' = (150)(24)(360) = 1296000$  m<sup>3</sup>/έτος,  $t' = 15-25$  έτη για απόσβεση,  $n = 3$ , (SF) = 2. Τα αποτελέσματα φαίνονται στο Σχήμα 2.2, όπου το μέσο κεφαλαιακό κόστος για CFSTR και PFR είναι 0.0745 euro/m<sup>3</sup> και 0.0421 euro/m<sup>3</sup>, αντίστοιχα. Τα αποτελέσματα αυτά προσεγγίζουν ικανοποιητικά τις αντίστοιχες τιμές που ευρέθησαν εμπειρικά με τη βοήθεια νομογραφημάτων που περιέχονται στην [14]. Εξάλλου, οι μικρές αποκλίσεις που εκτιμήθηκαν με τη βοήθεια της αριθμητικής ανάλυσης διαστημάτων σε αμφότερες τις ακραίες τιμές της περιόδου απόσβεσης είναι ικανοποιητικές:  $(0.1017-0.0968) = 0.0049$  και  $(0.0610-0.0581) = 0.0029$ , για  $S_0$  στην περίπτωση CFSTR,  $(0.1135-0.0918) = 0.0217$  και  $(0.0681-0.0551) = 0.013$  για  $k$  ομοίως στην περίπτωση CFSTR,  $(0.0566-0.0555) = 0.0011$  και  $(0.0340-0.0331) = 0.0009$  για  $S_0$  στην περίπτωση PFR,  $(0.0610-0.0535) = 0.0075$  και  $(0.0366-0.0321) = 0.0045$  για  $k$  ομοίως στην περίπτωση PFR (όλες οι τιμές κόστους εκφράζονται σε euro/m<sup>3</sup>). Πλήρης ανάλυση για πολλές περιπτώσεις τόσο μεμονωμένων βιοαντιδραστήρων όσο και συνδυασμού αυτών παρουσιάζεται στα Παραρτήματα του παρόντος Κεφαλαίου όπου εξάγονται οι αντίστοιχες εκφράσεις του κεφαλαιακού κόστους συναρτήσει του περιβαλλοντικού προτύπου  $S_e$  και αποδεικνύεται η ισχύς του Νόμου της φθίνουσας απόδοσης, πλην ορισμένων περιπτώσεων ανακύκλωσης και παράκαμψης (by-pass).

Στην περίπτωση μη σταθεροποιημένης κατάστασης, όπου  $dS/dt \neq 0$ , το ισοζύγιο υλικών για τον CFSTR είναι  $\frac{dS}{dt} + aS = \frac{Q}{V} S_0(t)$ , όπου  $a = \frac{Q}{V} + k$ , η οποία είναι μία διαφορική εξίσωση με τη γενική λύση  $S_e(t) = \frac{Q}{V} e^{-at} \int_0^t S_0(t) e^{at} dt + S_{e0} e^{-at}$ ,  $S_e = S_{e0}$  για  $t = 0$ . Οι ειδικές λύσεις αυτής της διαφορικής εξίσωσης για τρία συνήθη υποδείγματα (patterns) μεταβολής του BOD εισόδου  $S_0$  δίδονται παρακάτω:

$$S_e(t) = \frac{S_0}{a} \frac{Q}{V} (1 - e^{-at}) + S_{e0} e^{-at}, \text{ για το βασικό υπόδειγμα } S_0 = \text{σταθερό.}$$

$$S_e(t) = \frac{S_0}{a} \frac{Q}{V} (1 - e^{-at}) \pm \frac{b}{a^2} \frac{Q}{V} (1 - e^{-at} - at) + S_{e0} e^{-at}, \text{ για το γραμμικό υπόδειγμα } S_0 \pm bt$$



**Σχήμα 2.2.** Εξάρτηση του κεφαλαιακού κόστους (euro/m<sup>3</sup>) από το χρόνο απόσβεσης  $t'$  (έτη) στην περίπτωση όπου (a) το διάστημα  $S_0$  είναι 300-390 mg/L και (b) το διάστημα  $k$  είναι 0.35-0.65 h<sup>-1</sup>, σε αμφότερα τα εξεταζόμενα συστήματα (CFSTR και PFR) δευτεροβάθμιας επεξεργασίας αποβλήτων.

$$S_e(t) = \frac{S_0 Q}{a \pm b V} (e^{\pm bt} - e^{-at}) + S_{e0} e^{-at}, \text{ για το εκθετικό υπόδειγμα } S_0 e^{\pm bt}$$

Εφαρμόζοντας το θεώρημα μέσης τιμής για ολοκληρώματα Riemann σε κάθε  $S_e(t)$ , εντός του διαστήματος  $[0, t]$ , λαμβάνουμε τις ακόλουθες τιμές:

$$\bar{S}_e = \left[ \frac{S_0 Q}{aV} (e^{-at} - 1) \right] / (at)$$

$$\bar{S}_e = \left[ \frac{S_0 Q (e^{-at} - 1)}{a^2 V} \pm \frac{bQ}{a^2 V} \left( \frac{e^{-at} - 1}{a} - \frac{at^2}{2} \right) - \frac{S_{e0} (e^{-at} - 1)}{a} \right] / t$$

$$\bar{S}_e = \left[ \frac{S_0 Q}{a \pm b V} \left[ \frac{1}{\pm b} (e^{\pm bt} - 1) + \frac{1}{a} (e^{-at} - 1) \right] - \frac{S_{e0} (e^{-at} - 1)}{a} \right] / t$$

Εξισώνοντας αυτές τις μέσες τιμές με την επιθυμητή τιμή BOD στην εκροή των υγρών αποβλήτων, σύμφωνα με τα περιβαλλοντικά πρότυπα, και λύνοντας ως προς  $V$  με τη βοήθεια μιας μεθόδου αριθμητικής ανάλυσης, καθ'όσον οι εξισώσεις αυτές είναι πεπλεγμένης μορφής και δεν επιδέχονται αναλυτικές λύσεις ως προς  $V$ , λαμβάνουμε την κατάλληλη τιμή του  $V$  για την εκτίμηση του κεφαλαιακού κόστους,  $C_{21}$ . Σημειώνεται ότι οι παράμετροι  $B_1, B_2$  πρέπει να επανεκτιμηθούν για κάθε ειδική περίπτωση μη-σταθεροποιημένης κατάστασης.

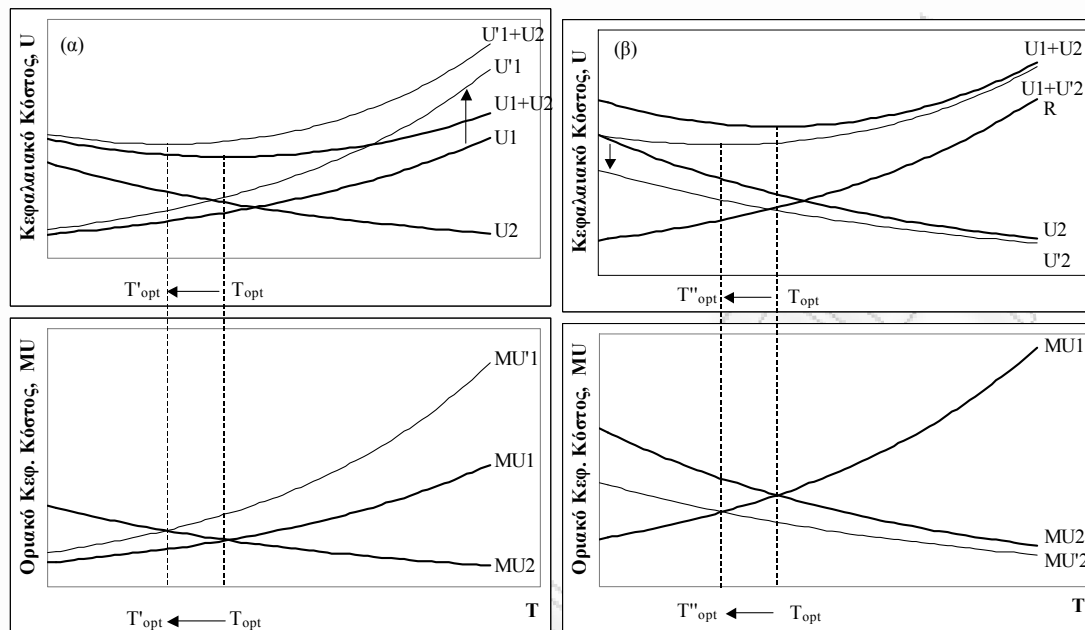
## 2.4 Σοζήτηση

Ορισμένοι άλλοι παράγοντες, οι οποίοι δεν περιλαμβάνονται στην αλγοριθμική διαδικασία που παρουσιάστηκε στην Ενότητα της μεθοδολογίας, είναι δυνατόν να επηρεάσουν το κεφαλαιακό κόστος, όπως η βελτιστοποίηση βασικών στοιχείων του εξοπλισμού της εγκατάστασης. Για παράδειγμα, όταν η δαπάνη  $E$  της κατασκευής κλειστών κυλινδρικών αντιδραστήρων/δεξαμενών είναι ανάλογη της επιφάνειας αυτών, τότε η ελαχιστοποίηση της δαπάνης ταυτίζεται με την ελαχιστοποίηση της επιφάνειας για δεδομένο ονομαστικό όγκο  $V^* = \pi R^2 h$  (καθ'όσον ο πραγματικό όγκος  $V$  της υγρής φάσης προσδιορίζεται από τα ισοζύγια υλικών και τις συναρτήσεις παραγωγής ή τις κινητικές εξισώσεις ενώ ο παράγοντας ασφάλειας ( $SF$ ) προσδιορίζεται/εκτιμάται εξωγενώς), όπου  $R$  είναι η ακτίνα και  $h$  το ύψος του κυλίνδρου. Λύνοντας τη δέσμευση ως προς  $h$ , λαμβάνουμε  $h = V^* / (\pi R^2)$ , οπότε η προς ελαχιστοποίηση αντικειμενική συνάρτηση  $W = 2\pi R h + 2\pi R^2$  γίνεται  $W = 2V^* / R + 2\pi R^2$ . Η τιμή  $R_{opt}$ , για την οποία  $W = \min$ , προκύπτει

από την  $\frac{dW}{dR} = 0$  ή  $\frac{d(2V^* / R + 2\pi R^2)}{dR} = 0$  ή  $-\frac{V^*}{R^2} + 2\pi R = 0$  ή  $R_{opt} = \left[\frac{V^*}{2\pi}\right]^{1/3}$ . Η τιμή αυτή

δίνει πράγματι  $W_{min}$ , επειδή  $\frac{d^2W}{dR^2} = \frac{2V^*}{R^3} + 2\pi > 0$ . Για την τιμή  $R_{opt}$ , η αντίστοιχη τιμή  $h_{opt}$

δίνεται από την έκφραση  $h = V^* / [\pi(V^*/2\pi)^{2/3}]$  ή  $h = 2[V^*/(2\pi)]^{1/3}$  ή  $h = 2R$  ή  $h = D$ , όπου  $D$  είναι η διάμετρος. Στην πράξη, η βέλτιστη τιμή του αδιάστατου λόγου ( $h/D$ ) μπορεί να είναι μεγαλύτερη της μονάδας προκειμένου να εξοικονομηθεί χώρος στην εγκατάσταση, οπότε το αντίστοιχο κατασκευαστικό κόστος  $U_1$  αυξάνεται δυσανάλογα καθώς απαιτούνται πιο ακριβά κατασκευαστικά υλικά, κατάλληλα να υποστηρίξουν την επέκταση σε ύψος. Από την άλλη πλευρά, υψηλότερες τιμές  $h/D$  συνεπάγονται μεγαλύτερη εξοικονόμηση χώρου και επιτυγχάνομενες υψηλότερες τιμές  $SF$ , οπότε το αντίστοιχο κόστος κατάληψης χώρου,  $U_2$ , μειώνεται ενώ η ασφάλεια αυξάνεται (δηλ., το συνεπαγόμενο λογιστικό κόστος, λόγω επικινδυνότητας, μειώνεται). Η βέλτιστη τιμή  $(h/D)_{opt}$  υπολογίζεται από την τετμημένη του σημείου όπου το κεφαλαιακό κόστος ελαχιστοποιείται, δηλ. όταν  $dC_{21}/d(h/D) = 0$  ή  $d(U_1 + U_2)/d(h/D) = 0$  ή  $dU_1/d(h/D) = |dU_2/d(h/D)|$  ή  $MU_1 = MU_2$ , όπου  $MU_1$ ,  $MU_2$  είναι τα αντίστοιχα οριακά κόστη. Η χρησιμοποίηση ενός καινοτόμου αλλά περισσότερο ακριβού κατασκευαστικού υλικού θα μετακινήσει την  $U_1$ -καμπύλη προς τα πάνω, στη νέα θέση  $U'_1$ , και θα την κάνει πιο απότομη (βλ. Σχήμα 2.3α) με αποτέλεσμα η τιμή  $(h/D)_{opt}$  να μετακινηθεί στη χαμηλότερη τιμή  $(h/D)'_{opt}$ . Ομοίως, η εγκατάσταση μίας δεξαμενής σταθεροποίησης πριν τη δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία υγρών αποβλήτων, δηλ. στην πρωτοβάθμια



**Σχήμα 2.3.** Προσδιορισμός της μετατόπισης  $(h/D)_{opt} = T_{opt}$  όταν (α) η εισαγωγή ενός καινοτόμου κατασκευαστικού υλικού και (β) η εγκατάσταση δεξαμενής σταθεροποίησης επηρεάζουν τις αντιμαχόμενες μεταβλητές  $U_1$  και  $U_2$ , αντίστοιχα, του κεφαλαιακού κόστους,  $C_{21}$ .

επεξεργασία, μπορεί να επηρεάσει τη θέση της  $U_2$ -καμπύλης, η οποία θα μετακινηθεί προς τα κάτω (αφού μειώνεται το συνεπαγόμενο λογιστικό κόστος λόγω επικινδυνότητας) και θα γίνει πιο επίπεδη (βλ. Σχήμα 2.3b), καθώς η επίδραση είναι πιο έντονη στην περιοχή των χαμηλών τιμών  $(h/D)$ . Ως αποτέλεσμα, η βέλτιστη τιμή της ανεξάρτητης μεταβλητής  $T=(h/D)_{opt}$  θα μετακινηθεί στην χαμηλότερη τιμή  $T''=(h/D)''_{opt}$ . Σημειώνεται ότι και οι δύο αλλαγές οδηγούν σε μείωση της τιμής  $(h/D)_{opt}$  (διατηρώντας τον περιορισμό βελτιστοποίησης  $(h/D) \geq 1$ ), σε αντίθεση με τις τιμές  $(h/D)_{opt}$  που θα προέκυπταν στην περίπτωση που οι συνιστώσες του κεφαλαιακού κόστους,  $U_1, U_2$ , δεν λαμβάνονταν υπ' όψη.

## 2.5 Σύνοψη-Συμπεράσματα

Στο παρόν Κεφάλαιο, διερευνάται η επίδραση των περιβαλλοντικών προτύπων στον προσδιορισμό του ιδιωτικοοικονομικού κόστους (κριτήρια  $f_3$  και  $f_1$ ), η οποία βασίζεται στην ελαχιστοποίηση του κόστους  $C=C_1+C_2$  (όπου  $C_1$  το κοινωνικοοικονομικό και  $C_2$  το ιδιωτικοοικονομικό κόστος) που είναι το κυρίαρχο στοιχείο στο σχεδιασμό/λειτουργία των εγκαταστάσεων προστασίας περιβάλλοντος είτε αυτές είναι ανεξάρτητες είτε είναι συνέχεια συγκεκριμένων βιομηχανικών μονάδων. Αντίθετα, η μεγιστοποίηση του κέρδους (είτε βραχυπρόθεσμα είτε μακροπρόθεσμα μέσω στρατηγικών ενίσχυσης της θέσεως στην αγορά)

είναι το κυρίαρχο στοιχείο στο σχεδιασμό/λειτουργία των εγκαταστάσεων παραγωγής βιομηχανικών προϊόντων. Λαμβάνοντας υπ' όψη την έλλειψη ρευστότητας, η οποία συνήθως χαρακτηρίζει τον Δημόσιο Τομέα της Οικονομίας (ΔΤΟ) της Χώρας, συμπεραίνουμε ότι το ιδιωτικοοικονομικό κόστος  $C_2 = C_{21} + C_{22}$  (όπου  $C_{21}$  το κεφαλαιακό και  $C_{22}$  το λειτουργικό κόστος) είναι το πλέον σημαντικό στοιχείο διαμόρφωσης του περιβαλλοντικού κόστους  $C$  (κριτήριο  $f_3$ ) που χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση ενός επενδυτικού σχεδίου δημιουργίας συγκεκριμένης εγκατάστασης προστασίας περιβάλλοντος, η οποία συγκρίνεται με άλλου τύπου εγκαταστάσεις που οδηγούν στο ίδιο αποτέλεσμα. Σημειώνεται ότι το ιδιωτικοοικονομικό κόστος  $C_2$  της περιβαλλοντικής επένδυσης σχετίζεται άμεσα με τον ΔΤΟ μέσω των θεσμοθετημένων επιχορηγήσεων και του προσδιορισμού των ανταποδοτικών τελών (αποδιδόμενων από τους χρήστες περιβαλλοντικών υπηρεσιών προς τους αντίστοιχους δημόσιους Φορείς).

Η διερεύνηση του κεφαλαιακού ιδιωτικοοικονομικού κόστους  $C_{21}$  (capital cost) σε ένα βαθύτερο πληροφοριακό επίπεδο (higher information granularity level) αποκαλύπτει ότι ορισμένες τεχνολογικές παράμετροι και ερμηνευτικές (explanatory) ανεξάρτητες μεταβλητές πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψη μαζί με τα οικονομικά μεγέθη που προσδιορίζουν την προς ελαχιστοποίηση αντικειμενική συνάρτηση (objective function). Η ενσωμάτωση αυτών των παραμέτρων/μεταβλητών δημιουργεί το πρόβλημα της εσωτερικοποίησης (internalization), επειδή η καθαρώς οικονομική αντικειμενική συνάρτηση μετατρέπεται σε οικονομοτεχνική, αποκτώντας μεγαλύτερο βάθος με διαδικασίες που χρησιμοποιούνται κυρίως στη γνωστική περιοχή της 'ταυτοποίησης των παραμέτρων' (parameter identification). Από την άλλη πλευρά, η ετερογένεια της χρησιμοποιούμενης πρώτης ύλης στις εγκαταστάσεις μεγάλης κλίμακας (λόγω των διαφορετικών πηγών προέλευσης των ρύπων) καθιστά την εκτίμηση του κόστους λιγότερο αξιόπιστη συγκριτικά με άλλες γραμμές βιομηχανικής παραγωγής, όπου η πρώτη ύλη πληροί αυστηρές προδιαγραφές ποιότητας.

Παρουσιάζεται ένα μεθοδολογικό πλαίσιο υπό μορφή αλγοριθμικής διαδικασίας, με 17 στάδια δραστηριότητας και 5 κόμβους απόφασης, που έχουμε σχεδιάσει/αναπτύξει για τον προσδιορισμό του κεφαλαιακού κόστους, το οποίον συμβάλλει επίσης στην επίλυση του προβλήματος της εσωτερικοποίησης. Για το σκοπό αυτόν, λαμβάνονται υπ' όψη αμφοτέρως οι συνθήκες, σταθεροποιημένης και μη σταθεροποιημένης κατάστασης (steady και unsteady state conditions) στην παραγωγική διαδικασία, παρ' όλο ότι δίνεται μεγαλύτερη έμφαση στην πρώτη κατάσταση, επειδή οι συνθήκες αυτές συνήθως επικρατούν στη βιομηχανική πρακτική, εντός των αντίστοιχων διαστημάτων ανοχής, όπως αυτά διασφαλίζονται από μηχανισμούς αυτόματου ελέγχου. Επίσης, αναλύονται τα κυριότερα υποδείγματα μη

σταθεροποιημένης κατάστασης, λόγω της σημαντικής επίδρασης αυτών (ιδιαίτερα υπό συνθήκες αβεβαιότητας) στην εκτίμηση του  $C_{21}$ .

Ως εφαρμογή της αναπτυχθείσας μεθοδολογίας, μελετάται η εγκατάσταση/λειτουργία δύο αντιπροσωπευτικών αντιδραστήρων στη δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία υγρών αποβλήτων: του ομοιογενούς (continuous-flow stirred tank reactor - CFSTR) και του αυλωτού (plug-flow reactor - PFR). Προκειμένου να συνεκτιμηθεί η αβεβαιότητα, όπως αυτή ενσωματώνεται σε ορισμένους κόμβους απόφασης και αντίστοιχα στάδια δραστηριότητας του μεθοδολογικού πλαισίου, χρησιμοποιείται ο βασιζόμενος στα αριθμητικά διαστήματα μαθηματικός λογισμός (interval analysis). Τέλος, δίνεται σε Παραρτήματα η ποσοτική ανάλυση μεγάλου αριθμού περιπτώσεων.

### Βιβλιογραφία

1. European Commission (2003a), *Inventory of public aid granted to different energy sources*, Staff Working paper SEC (2002) 1275.
2. F. Oosterhuis: *Energy Subsidies in the European Union*, Final Report, European Parliament (2001).
3. European Environment Agency, *Energy subsidies in the European Union: A brief overview*, EEA Technical Report (2004).
4. F.A. Batzias, E.C. Marcoulaki, Restructuring the keywords interface to enhance CAPE knowledge via an intelligent agent, *Computer-Aided Chemical Engineering* **10** (2002), 829-834.
5. A.P. Oliveira Francisco, F.A. Batzias and H.A. Matos, *European Symposium Computer Aided Procedures in Engineering* **14** (2004), 409-414.
6. R.E. Moore, *Interval Analysis*, Prentice Hall, New Jersey (1966).
7. L. Reznik and K.P. Dabke, *Measurement* **35** (2004), 47-58.
8. H.S. Jacobsen, *International Journal of Production Economics* **46-47** (1996), 241-250.
9. K. Ichida, *Computers and Industrial Engineering* **31** (1996), 933-937.
10. F. Hao and J.P. Merlet, *Mechanism and Machine Theory* **40** (2005), 157-171.
11. D.F. Batzias, *Lecture Series on Computer and Computational Sciences* **4** (2005), 902-909.
12. D.F. Batzias, *Lecture Series on Computer and Computational Sciences* **7** (2006), 734-742.
13. J. Dinerstein and P. Egbert, *Neural Inf. Proc./Letters and Reviews* **1** (2003), 1.
14. E.W. Steel and T.J. McGhee, *Water Supply and Sewerage*, McGraw-Hill Inc. (1979), 613-641.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

<b>PFR / 1 K χωρίς σταθερό όρο</b> .....	2-14
<b>CFSTR / 1 K με σταθερό όρο</b> .....	2-14
<b>PFR / 1 K με σταθερό όρο</b> .....	2-14
<b>CFSTR / 2 K χωρίς σταθερό όρο</b> .....	2-15
<b>CFSTR / 2 K με σταθερό όρο</b> .....	2-15
<b>CFSTR / n K χωρίς σταθερό όρο</b> .....	2-15
<b>PFR / 2 K χωρίς σταθερό όρο</b> .....	2-16
<b>PFR / 2 K με σταθερό όρο</b> .....	2-16
<b>PFR / n K χωρίς σταθερό όρο</b> .....	2-17
<b>CFSTR / 1 K χωρίς σταθερό όρο, με ανακύκλωση</b> .....	2-17
<b>CFSTR / 1 K με σταθερό όρο, με ανακύκλωση</b> .....	2-18
<b>CFSTR / 2 K χωρίς σταθερό όρο, με ανακύκλωση</b> .....	2-18
<b>CFSTR / 2 K με σταθερό όρο, με ανακύκλωση</b> .....	2-19
<b>CFSTR / 1 K χωρίς σταθερό όρο, με παράκαμψη</b> .....	2-20
<b>CFSTR / 1 K με σταθερό όρο, με παράκαμψη</b> .....	2-20
<b>CFSTR / 2 K χωρίς σταθερό όρο, με παράκαμψη</b> .....	2-21
<b>CFSTR / 2 K με σταθερό όρο, με παράκαμψη</b> .....	2-22

(*mK*: κινητική συνάρτηση *m* τάξεως)

### PFR / 1 Κ χωρίς σταθερό όρο

Για τον διαφορικό όγκο  $dV$ , το ισοζύγιο βιολογικού υλικού σε συνθήκες σταθεροποιημένης κατάστασης γράφεται:

$$QS - Q(S + dS) + r_s dV = 0 \Rightarrow QdS + kSdV = 0 \Rightarrow \int_{S_0}^S \frac{dS}{S} = -\frac{k}{Q_0} \int_0^V dV \Rightarrow V = \frac{Q}{k} \ln \frac{S_0}{S}, \text{ οπότε}$$

το κεφαλαιακό κόστος δίνεται από τη σχέση  $C_{21} = \left[ B_1 + B_2 \frac{Q}{k} \ln \frac{S_0}{S_e} \right] / (t'Q')$  ενώ

αποδεικνύεται ότι ισχύει ο Νόμος της φθίνουσας απόδοσης, αφού  $\frac{dC_{21}}{dS_e} = -\frac{B_2 Q}{kt'Q'S_e} < 0$ .

### CFSTR / 1 Κ με σταθερό όρο

Στην περίπτωση αυτή, παραμένει συγκέντρωση BOD ίση με  $S_\infty$  στην κατάσταση ισορροπίας, οπότε η κινητική πρώτης τάξεως ως προς  $S$  γράφεται  $r_s = -k(S - S_\infty)$ , και όταν  $S_\infty = 0$  λαμβάνεται η απλούστερη μορφή  $r_s = -kS$ .

Ισοζύγιο βιολογικού υλικού σε συνθήκες σταθεροποιημένης κατάστασης:

$$S_0Q - S_eQ + r_s V = 0 \Rightarrow S_0Q - S_eQ - k(S_e - S_\infty)V = 0 \Rightarrow V = \frac{S_0Q - S_eQ}{k(S_e - S_\infty)},$$

οπότε το κεφαλαιακό κόστος δίνεται από τη σχέση  $C_{21} = \left[ B_1 + B_2 \frac{S_0Q - S_eQ}{k(S_e - S_\infty)} \right] / (t'Q')$  ενώ

αποδεικνύεται ότι ισχύει ο Νόμος της φθίνουσας απόδοσης, αφού

$$\frac{dC_{21}}{dS_e} = -\frac{B_2 Q (S_0 - S_\infty)}{kt'Q'(S_e - S_\infty)^2} < 0.$$

### PFR / 1 Κ με σταθερό όρο

Ισοζύγιο βιολογικού υλικού σε συνθήκες σταθεροποιημένης κατάστασης :

$$QS_e - Q(S_e + dS) + r_s dV = 0 \Rightarrow QS_e - QS_e - QdS - k(S - S_\infty)dV = 0 \Rightarrow$$

$$-QdS = k(S_e - S_\infty)dV$$

Ολοκληρώνοντας λαμβάνουμε:

$$-Q \int_{S_0}^{S_e} \frac{1}{S_e - S_\infty} dS = \int_0^V kdV \Rightarrow Q[\ln(S_e - S_\infty) - \ln(S_0 - S_\infty)] = -kV \Rightarrow$$



$$\Rightarrow V = \frac{Q}{k} [\ln(S_0 - S_\infty) - \ln(S_e - S_\infty)] \Rightarrow V = \frac{Q}{k} \ln \frac{S_0 - S_\infty}{S_e - S_\infty} \text{ \textit{οπότε το κεφαλαιακό κόστος}}$$

δίνεται από τη σχέση  $C_{21} = \left[ B_1 + B_2 \frac{Q}{k} \ln \frac{S_0 - S_\infty}{S_e - S_\infty} \right] / (t'Q')$  ενώ αποδεικνύεται ότι ισχύει ο

$$\text{Νόμος της φθίνουσας απόδοσης, αφού } \frac{dC_{21}}{dS_e} = -\frac{B_2 Q}{kt'Q'(S_e - S_\infty)} < 0.$$

### CFSTR / 2 Κ χωρίς σταθερό όρο

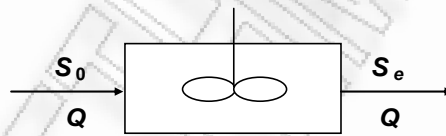
Ισοζύγιο βιολογικού υλικού σε συνθήκες σταθεροποιημένης κατάστασης:

$$QS_0 - QS_e - kS_e^2 V = 0 \Rightarrow kVS_e^2 = QS_0 - QS_e \Rightarrow V = \frac{Q(S_0 - S_e)}{kS_e^2}, \text{ \textit{οπότε το κεφαλαιακό}}$$

κόστος δίνεται από τη σχέση  $C_{21} = \left[ B_1 + B_2 \frac{Q(S_0 - S_e)}{kS_e^2} \right] / (t'Q')$  ενώ αποδεικνύεται ότι ισχύει

$$\text{ο Νόμος της φθίνουσας απόδοσης, αφού } \frac{dC_{21}}{dS_e} = -\frac{B_2 Q(2S_0 - S_e)}{kS_e^3 t'Q'} < 0.$$

### CFSTR / 2 Κ με σταθερό όρο



Ισοζύγιο θρεπτικού υποστρώματος σε συνθήκες σταθεροποιημένης κατάστασης:

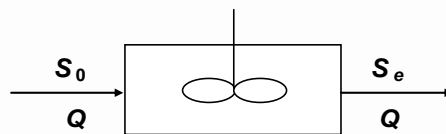
$$QS_0 - QS_e - k(S_e - S_\infty)^2 V = 0 \Rightarrow kV(S_e - S_\infty)^2 + QS_e - QS_0 = 0 \Rightarrow V = \frac{QS_0 - QS_e}{k(S_e - S_\infty)^2}, \text{ \textit{οπότε}}$$

το κεφαλαιακό κόστος δίνεται από τη σχέση  $C_{21} = \left[ B_1 + B_2 \frac{QS_0 - QS_e}{k(S_e - S_\infty)^2} \right] / (t'Q')$  ενώ

αποδεικνύεται ότι ισχύει ο Νόμος της φθίνουσας απόδοσης, αφού

$$\frac{dC_{21}}{dS_e} = -\frac{B_2 Q [(S_0 - S_e) + (S_0 - S_\infty)]}{k(S_e - S_\infty)^3 t'Q'} < 0.$$

### CFSTR / n Κ χωρίς σταθερό όρο



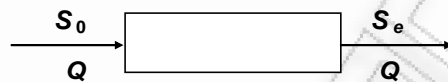
Ισοζύγιο θρεπτικού υποστρώματος σε συνθήκες σταθεροποιημένης κατάστασης:

$QS_0 - QS_e - kS_e^n V = 0 \Rightarrow kVS_e^n = QS_0 - QS_e \Rightarrow V = \frac{Q(S_0 - S_e)}{kS_e^n}$ , οπότε το κεφαλαιακό

κόστος δίνεται από τη σχέση  $C_{21} = \left[ B_1 + B_2 \frac{Q(S_0 - S_e)}{kS_e^n} \right] / (t'Q')$  ενώ αποδεικνύεται ότι ισχύει

ο Νόμος της φθίνουσας απόδοσης, αφού  $\frac{dC_{21}}{dS_e} = -\frac{B_2 Q [S_e + n(S_0 - S_e)]}{kS_e^{n+1} t'Q'} < 0$ .

### PFR / 2 Κ χωρίς σταθερό όρο



Ισοζύγιο θερπτικού υποστρώματος σε συνθήκες σταθεροποιημένης κατάστασης:

$$QS - Q(S + dS) + r_s dV = 0 \quad \text{ή} \quad -QdS - kS^2 dV = 0$$

Η ολοκλήρωση της παραπάνω σχέσης δίνει

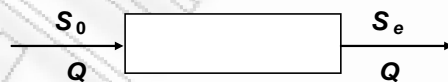
$$Q \int_{S_0}^{S_e} \frac{dS}{S^2} = -k \int_0^V dV \Rightarrow Q \left( \frac{1}{S_e} - \frac{1}{S_0} \right) = kV \Rightarrow V = \frac{Q}{k} \left( \frac{1}{S_e} - \frac{1}{S_0} \right),$$

οπότε το κεφαλαιακό κόστος

δίνεται από τη σχέση  $C_{21} = \left[ B_1 + B_2 \frac{Q}{k} \left( \frac{1}{S_e} - \frac{1}{S_0} \right) \right] / (t'Q')$  ενώ αποδεικνύεται ότι ισχύει ο

Νόμος της φθίνουσας απόδοσης, αφού  $\frac{dC_{21}}{dS_e} = -\frac{B_2 Q}{kS_e^2 t'Q'} < 0$ .

### PFR / 2 Κ με σταθερό όρο



Ισοζύγιο θερπτικού υποστρώματος σε συνθήκες σταθεροποιημένης κατάστασης:

$$QS - Q(S + dS) + r_s dV = 0 \quad \text{ή} \quad -QdS - k(S - S_\infty)^2 dV = 0$$

Η ολοκλήρωση της παραπάνω σχέσης δίνει

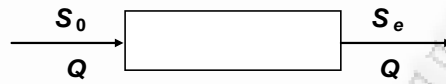
$$Q \int_{S_0}^{S_e} \frac{dS}{(S - S_\infty)^2} = -k \int_0^V dV \Rightarrow Q \left( \frac{1}{S_e - S_\infty} - \frac{1}{S_0 - S_\infty} \right) = kV \Rightarrow V = \frac{Q}{k} \left( \frac{1}{S_e - S_\infty} - \frac{1}{S_0 - S_\infty} \right),$$

οπότε το κεφαλαιακό κόστος δίνεται από τη σχέση

$$C_{21} = \left[ B_1 + B_2 \frac{Q}{k} \left( \frac{1}{S_e - S_\infty} - \frac{1}{S_0 - S_\infty} \right) \right] / (t'Q') \text{ ενώ αποδεικνύεται ότι ισχύει ο Νόμος της}$$

$$\text{φθίνουσας απόδοσης, αφού } \frac{dC_{21}}{dS_e} = -\frac{B_2 Q}{k(S_e - S_\infty)^2 t'Q'} < 0.$$

### PFR / n K χωρίς σταθερό όρο



Ισοζύγιο θρεπτικού υποστρώματος σε συνθήκες σταθεροποιημένης κατάστασης:

$$QS - Q(S + dS) + r_s dV = 0 \quad \text{ή} \quad -QdS - kS^n dV = 0$$

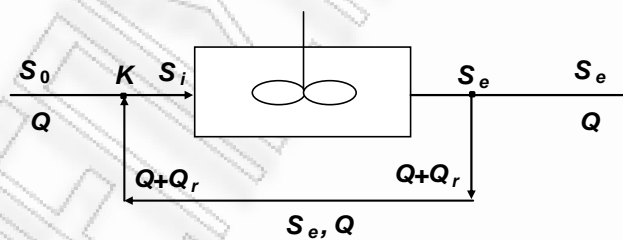
Η ολοκλήρωση της παραπάνω σχέσης δίνει

$$Q \int_{S_0}^{S_e} \frac{dS}{S^n} = -k \int_0^V dV \Rightarrow Q \left( \frac{1}{S_e^{n-1}} - \frac{1}{S_0^{n-1}} \right) = kV \Rightarrow V = \frac{Q}{k} \left( \frac{1}{S_e^{n-1}} - \frac{1}{S_0^{n-1}} \right), \text{ οπότε το κεφαλαιακό}$$

$$\text{κόστος δίνεται από τη σχέση } C_{21} = \left[ B_1 + B_2 \frac{Q}{k} \left( \frac{1}{S_e^{n-1}} - \frac{1}{S_0^{n-1}} \right) \right] / (t'Q') \text{ ενώ αποδεικνύεται ότι}$$

$$\text{ισχύει ο Νόμος της φθίνουσας απόδοσης, αφού } \frac{dC_{21}}{dS_e} = -\frac{(n-1)B_2 Q}{kS_e^n t'Q'} < 0.$$

### CFSTR / 1 K χωρίς σταθερό όρο, με ανακύκλωση



Ισοζύγιο σε αντιδραστήρα CFSTR με ανακύκλωση :

$$(Q + Q_r)S_i - (Q + Q_r)S_e - kVS_e = 0 \quad (1)$$

Ισοζύγιο στο κόμβο K :

$$QS_0 + Q_r S_e = (Q + Q_r)S_i \Rightarrow S_i = \frac{QS_0 + Q_r S_e}{Q + Q_r} \quad (2)$$

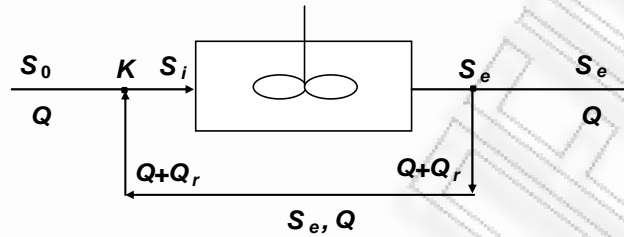
Με αντικατάσταση της (2) στην (1), λαμβάνουμε :

$$(Q + Q_r) \frac{QS_0 + Q_r S_e}{Q + Q_r} - (Q + Q_r)S_e - kVS_e = 0 \Rightarrow QS_0 + Q_r S_e - QS_e - Q_r S_e - kVS_e = 0 \Rightarrow$$

$$QS_0 - QS_e - kVS_e = 0 \Rightarrow V = \frac{QS_0 - QS_e}{kS_e}$$

Από την εξίσωση αυτή φαίνεται ότι η παροχή ανακύκλωσης  $Q_r$  δεν επηρεάζει την τελική σχέση μεταξύ μεταβλητών και παραμέτρων και επομένως ισχύει ο Νόμος της φθίνουσας απόδοσης.

### CFSTR / 1 Κ με σταθερό όρο, με ανακύκλωση



Ισοζύγιο σε αντιδραστήρα CFSTR με ανακύκλωση:

$$(Q + Q_r)S_i - (Q + Q_r)S_e - kV(S_e - S_\infty) = 0 \quad (1)$$

Ισοζύγιο στο κόμβο K :

$$QS_0 + Q_rS_e = (Q + Q_r)S_i \Rightarrow S_i = \frac{QS_0 + Q_rS_e}{Q + Q_r} \quad (2)$$

Με αντικατάσταση της (2) στην (1), λαμβάνουμε :

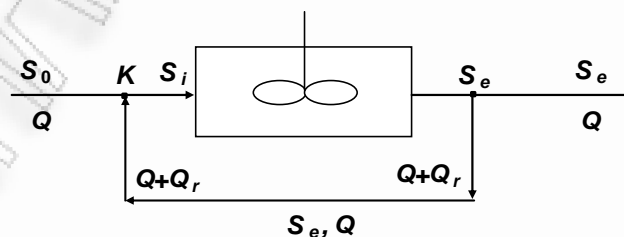
$$(Q + Q_r) \frac{QS_0 + Q_rS_e}{Q + Q_r} - (Q + Q_r)S_e - kV(S_e - S_\infty) = 0 \Rightarrow$$

$$QS_0 + Q_rS_e - QS_e - Q_rS_e - kS_eV + kS_\infty V = 0 \Rightarrow$$

$$S_0Q - QS_e - kS_eV + kS_\infty V = 0 \Rightarrow V = \frac{S_0Q - S_eQ}{k(S_e - S_\infty)}$$

Από την εξίσωση αυτή φαίνεται ότι η παροχή ανακύκλωσης  $Q_r$  δεν επηρεάζει την τελική σχέση μεταξύ μεταβλητών και παραμέτρων και επομένως ισχύει ο Νόμος της φθίνουσας απόδοσης.

### CFSTR / 2 Κ χωρίς σταθερό όρο, με ανακύκλωση



Ισοζύγιο σε αντιδραστήρα CFSTR με ανακύκλωση :

$$(Q + Q_r)S_i - (Q + Q_r)S_e - kVS_e^2 = 0 \quad (1)$$

Ισοζύγιο στο κόμβο  $K$  :

$$QS_0 + Q_r S_e = (Q + Q_r) S_i \Rightarrow S_i = \frac{QS_0 + Q_r S_e}{Q + Q_r} \quad (2)$$

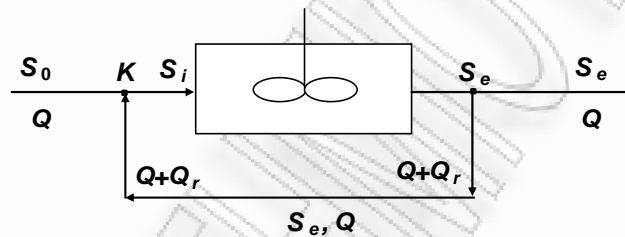
Με αντικατάσταση της (2) στην (1), λαμβάνουμε :

$$(Q + Q_r) \frac{QS_0 + Q_r S_e}{Q + Q_r} - (Q + Q_r) S_e - kV S_e^2 = 0 \Rightarrow QS_0 - QS_e - kV S_e^2 = 0$$

$$\Rightarrow V = \frac{QS_0 - QS_e}{kS_e^2}$$

Από την εξίσωση αυτή φαίνεται ότι η παροχή ανακύκλωσης  $Q_r$  δεν επηρεάζει την τελική σχέση μεταξύ μεταβλητών και παραμέτρων και επομένως ισχύει ο Νόμος της φθίνουσας απόδοσης.

### CFSTR / 2 K με σταθερό όρο, με ανακύκλωση



Ισοζύγιο σε αντιδραστήρα CFSTR με ανακύκλωση :

$$(Q + Q_r) S_i - (Q + Q_r) S_e - kV (S_e - S_\infty)^2 = 0 \quad (1)$$

Ισοζύγιο στο κόμβο  $K$  :

$$QS_0 + Q_r S_e = (Q + Q_r) S_i \Rightarrow S_i = \frac{QS_0 + Q_r S_e}{Q + Q_r} \quad (2)$$

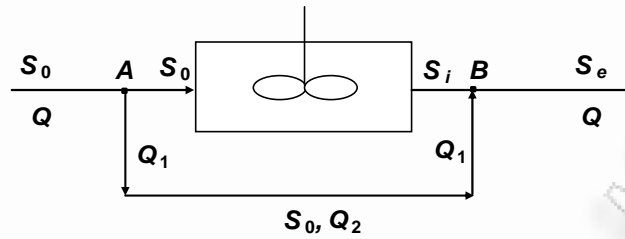
Με αντικατάσταση της (2) στην (1), λαμβάνουμε :

$$(Q + Q_r) \frac{QS_0 + Q_r S_e}{Q + Q_r} - (Q + Q_r) S_e - kV (S_e - S_\infty)^2 = 0 \Rightarrow QS_0 - QS_e - kV (S_e - S_\infty)^2 = 0$$

$$\Rightarrow V = \frac{QS_0 - QS_e}{k(S_e - S_\infty)^2}$$

Από την εξίσωση αυτή φαίνεται ότι η παροχή ανακύκλωσης  $Q_r$  δεν επηρεάζει την τελική σχέση μεταξύ μεταβλητών και παραμέτρων και επομένως ισχύει ο Νόμος της φθίνουσας απόδοσης.

### CFSTR / 1 Κ χωρίς σταθερό όρο, με παράκαμψη



Ισοζύγιο σε αντιδραστήρα CFSTR με παράκαμψη :

$$Q_1 S_0 - Q_1 S_i - k S_i V = 0 \quad (1)$$

Ισοζύγιο στον κόμβο A :

$$S_0 Q = S_0 Q_2 + S_0 Q_1 \Rightarrow Q = Q_1 + Q_2 \quad (2)$$

Ισοζύγιο στον κόμβο B :

$$S_i Q_1 + S_0 Q_2 = S_e Q \Rightarrow S_i = \frac{S_e Q - S_0 Q_2}{Q_1} \quad (3)$$

Με αντικατάσταση των (2) , (3) στην (1), λαμβάνουμε:

$$Q_1 S_0 - Q_1 \frac{S_e Q - S_0 Q_2}{Q_1} - k \frac{S_e Q - S_0 Q_2}{Q_1} V = 0 \Rightarrow$$

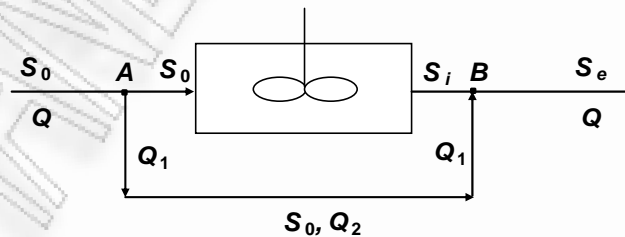
$$Q_1^2 S_0 - S_e Q Q_1 + S_0 Q_1 (Q - Q_1) - k S_e V Q + k S_0 (Q - Q_1) V = 0 \Rightarrow$$

$$V = \frac{Q_1^2 S_0 - S_e Q Q_1 + S_0 Q_1 (Q - Q_1)}{k S_e Q - k S_0 (Q - Q_1)}, \text{ οπότε το κεφαλαιακό κόστος δίνεται από τη σχέση}$$

$$C_{21} = \left[ B_1 + B_2 \frac{Q_1^2 S_0 - S_e Q Q_1 + S_0 Q_1 (Q - Q_1)}{k S_e Q - k S_0 (Q - Q_1)} \right] / (t' Q') \text{ ενώ αποδεικνύεται ότι ισχύει ο Νόμος}$$

της φθίνουσας απόδοσης, αφού  $\frac{dC_{21}}{dS_e} = - \frac{B_2 k S_0 Q Q_1^2}{t' Q' [k S_e Q - k S_0 (Q - Q_1)]^2} < 0$ .

### CFSTR / 1 Κ με σταθερό όρο, με παράκαμψη



Ισοζύγιο σε αντιδραστήρα CFSTR με παράκαμψη:

$$Q_1 S_0 - Q_1 S_i - k V (S_i - S_\infty) = 0 \quad (1)$$

Ισοζύγιο στον κόμβο A :

$$S_0 Q = S_0 Q_2 + S_0 Q_1 \Rightarrow Q = Q_1 + Q_2 \quad (2)$$

Ισοζύγιο στον κόμβο  $B$  :

$$S_i Q_1 + S_0 Q_2 = S_e Q \Rightarrow S_i = \frac{S_e Q - S_0 Q_2}{Q_1} \quad (3)$$

Με αντικατάσταση των (2) , (3) στην (1) , λαμβάνουμε :

$$Q_1 S_0 - Q_1 \frac{S_e Q - S_0 Q_2}{Q_1} - kV \left( \frac{S_e Q - S_0 Q_2}{Q_1} - S_\infty \right) = 0 \Rightarrow$$

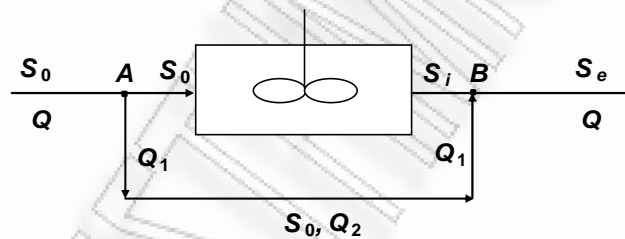
$$Q_1^2 S_0 - S_e Q Q_1 + S_0 Q_1 (Q - Q_1) - kV S_e Q + kV S_0 (Q - Q_1) + kV S_\infty Q_1 = 0 \Rightarrow$$

$$V = \frac{Q_1^2 S_0 - S_e Q Q_1 + S_0 Q_1 (Q - Q_1)}{k S_e Q - k S_0 (Q - Q_1) - k S_\infty Q_1}, \text{ οπότε το κεφαλαιακό κόστος δίνεται από τη σχέση}$$

$$C_{21} = \left[ B_1 + B_2 \frac{Q_1^2 S_0 - S_e Q Q_1 + S_0 Q_1 (Q - Q_1)}{k S_e Q - k S_0 (Q - Q_1) - k S_\infty Q_1} \right] / (t' Q') \text{ ενώ αποδεικνύεται ότι ισχύει ο Νόμος}$$

της φθίνουσας απόδοσης, αφού  $\frac{dC_{21}}{dS_e} = - \frac{B_2 k Q Q_1^2 S_0}{[k S_e Q - k S_0 (Q - Q_1) - k S_\infty Q_1]^2 t' Q'} < 0$ .

### CFSTR / 2 Κ χωρίς σταθερό όρο, με παράκαμψη



Ισοζύγιο σε αντιδραστήρα CFSTR με παράκαμψη :

$$Q_1 S_0 - Q_1 S_i - kV S_i^2 = 0 \quad (1)$$

$$V = \frac{Q_1 S_0 - Q_1 S_i}{k S_i^2} \quad (1\alpha)$$

Ισοζύγιο στον κόμβο  $A$  :

$$S_0 Q = S_0 Q_2 + S_0 Q_1 \Rightarrow Q = Q_1 + Q_2 \quad (2)$$

Ισοζύγιο στον κόμβο  $B$  :

$$S_i Q_1 + S_0 Q_2 = S_e Q \Rightarrow S_i = \frac{S_e Q - S_0 Q_2}{Q_1} \quad (3)$$

Με αντικατάσταση της (2) , (3) στην (1α) , λαμβάνουμε :

$$V = \frac{Q_1 S_0 - S_e Q + S_0 Q_2}{k \left( \frac{S_e Q - S_0 Q_2}{Q_1} \right)^2}$$

ή

$$V = \frac{QS_0 - S_e Q}{k \left( \frac{S_e Q - S_0(Q - Q_1)}{Q_1} \right)^2}, \text{ \textit{οπότε το κεφαλαιακό κόστος δίνεται από τη σχέση}}$$

$$C_{21} = \left[ B_1 + B_2 \frac{QS_0 - S_e Q}{k \left( \frac{S_e Q - S_0(Q - Q_1)}{Q_1} \right)^2} \right] / (t'Q')$$

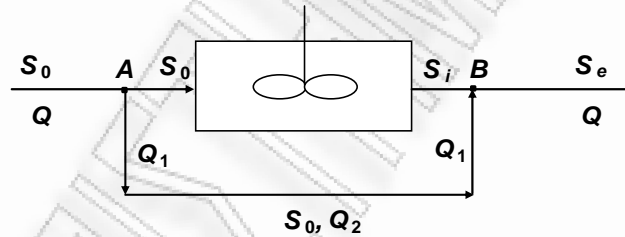
ενώ αποδεικνύεται ότι ισχύει ο Νόμος της φθίνουσας απόδοσης, αφού

$$\frac{dC_{21}}{dS_e} = - \frac{B_2 Q Q_1^2 [S_0^2 Q_1^2 - Q^2 (S_0 - S_e)^2]}{k^2 \left( \frac{S_e Q - S_0(Q - Q_1)}{Q_1} \right)^4 t'Q'} < 0, \text{ \textit{με την προϋπόθεση ότι}}$$

$$S_0^2 Q_1^2 - Q^2 (S_0 - S_e)^2 > 0 \quad \text{ή} \quad [S_0 Q_1 + Q(S_0 - S_e)][S_0 Q_1 - Q(S_0 - S_e)] > 0 \quad \text{ή}$$

$$S_0 Q_1 - Q(S_0 - S_e) > 0 \quad \text{ή} \quad \frac{Q_1}{Q} > 1 - \frac{S_e}{S_0} \quad \text{ή} \quad \frac{Q_1}{Q} > E.$$

#### CFSTR / 2 Κ με σταθερό όρο, με παράκαμψη



Ισοζύγιο σε αντιδραστήρα CFSTR με παράκαμψη :

$$Q_1 S_0 - Q_1 S_i - kV(S_i - S_\infty)^2 = 0 \quad (1)$$

$$V = \frac{Q_1 S_0 - Q_1 S_i}{k(S_i - S_\infty)^2} \quad (1\alpha)$$

Ισοζύγιο στον κόμβο A :

$$S_0 Q = S_0 Q_2 + S_0 Q_1 \Rightarrow Q = Q_1 + Q_2 \quad (2)$$

Ισοζύγιο στον κόμβο B :

$$S_i Q_1 + S_0 Q_2 = S_e Q \Rightarrow S_i = \frac{S_e Q - S_0 Q_2}{Q_1} \quad (3)$$

Με αντικατάσταση της (2) , (3) στην (1α) , λαμβάνουμε :

$$V = \frac{Q_1 S_0 - S_e Q + S_0 Q_2}{k \left( \frac{S_e Q - S_0 Q_2}{Q_1} - S_\infty \right)^2}$$



ή

$$V = \frac{Q(S_0 - S_e)}{k \left( \frac{S_e Q - S_0(Q - Q_1)}{Q_1} - S_\infty \right)^2}, \text{ οπότε το κεφαλαιακό κόστος δίνεται από τη σχέση}$$

$$C_{21} = \left[ B_1 + B_2 \frac{Q(S_0 - S_e)}{k \left( \frac{S_e Q - S_0(Q - Q_1)}{Q_1} - S_\infty \right)^2} \right] / (t'Q')$$

ενώ αποδεικνύεται ότι ισχύει ο Νόμος της φθίνουσας απόδοσης, αφού

$$\frac{dC_{21}}{dS_e} = - \frac{B_2 Q \left( \frac{S_e Q - S_0(Q - Q_1)}{Q_1} - S_\infty \right)^2 + 2(S_0 - S_e) Q \left( \frac{S_e Q - S_0(Q - Q_1)}{Q_1} - S_\infty \right) / Q_1}{Q_1^2 k^3 \left( \frac{S_e Q - S_0(Q - Q_1)}{Q_1} - S_\infty \right)^4 t'Q'} < 0, \text{ με}$$

την προϋπόθεση ότι

$$Q_1^2 (S_0 - S_\infty)^2 - Q^2 (S_0 - S_e)^2 > 0 \text{ ή}$$

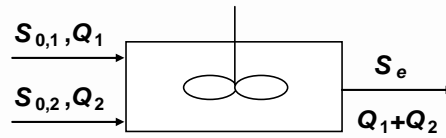
$$[Q_1 (S_0 - S_\infty) - Q (S_0 - S_e)][Q_1 (S_0 - S_\infty) + Q (S_0 - S_e)] > 0 \text{ ή}$$

$$Q_1 (S_0 - S_\infty) - Q (S_0 - S_e) > 0 \text{ ή } Q_1 (S_0 - S_\infty) > Q (S_0 - S_e) \text{ ή } \frac{Q_1}{Q} > \frac{S_0 - S_e}{S_0 - S_\infty}.$$

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

Συνεπεξεργασία σε μονάδα βιομηχανικής κλίμακας τύπου CFSTR .....	2-25
Συνεπεξεργασία σε μονάδα βιομηχανικής κλίμακας τύπου PFR .....	2-29
Σύγκριση με χωριστά ελεγχόμενες βιομηχανικές μονάδες τύπου PFR .....	2-29
Σύγκριση με μονάδες τύπου PFR ελεγχόμενες από κοινού .....	2-31
Σύστημα ανεξάρτητα ελεγχόμενων μονάδων τύπου CFSTR και PFR .....	2-33
Σύγκριση με σύστημα μονάδων τύπου CFSTR και PFR ελεγχόμενων από κοινού .....	2-34

## Συνεπεξεργασία σε μονάδα βιομηχανικής κλίμακας τύπου CFSTR



Ισοζύγιο βιολογικού υλικού για steady state και κινητική πρώτης τάξεως :

$$S_{0,1} Q_1 + S_{0,2} Q_2 - S_e (Q_1 + Q_2) - k S_e V = 0 \quad (1)$$

$$\Rightarrow V = \frac{S_{0,1} Q_1 + S_{0,2} Q_2 - S_e (Q_1 + Q_2)}{k S_e} \quad (2)$$

οπότε το κεφαλαιακό κόστος δίνεται από τη σχέση

$$C_{21} = \left[ B_1 + B_2 \frac{S_{0,1} Q_1 + S_{0,2} Q_2 - S_e (Q_1 + Q_2)}{k S_e} \right] / (t'Q') \text{ ενώ αποδεικνύεται ότι ισχύει ο Νόμος}$$

της φθίνουσας απόδοσης (Law of diminishing returns), αφού ισχύει η ανίσωση

$$\frac{dC_{21}}{dS_e} = - \frac{B_2 (S_{0,1} Q_1 + S_{0,2} Q_2)}{k t' Q' S_e^2} < 0.$$

Οι ίδιες τελικές σχέσεις λαμβάνονται και στην περίπτωση που θεωρείται ένα σύστημα χωριστής επεξεργασίας με δύο CFSTR που ακολουθούν το ίδιο περιβαλλοντικό πρότυπο για BOD εκροής, δηλ.,  $S=S_e$ , από κάθε έναν CFSTR:

$$\frac{S_e}{S_{0,1}} = \frac{1}{1+k \frac{V_1}{Q_1}} \Rightarrow 1+k \frac{V_1}{Q_1} = \frac{S_{0,1}}{S_e} \Rightarrow V_1 = \frac{Q_1}{k} \left( \frac{S_{0,1}}{S_e} - 1 \right)$$

$$\frac{S_e}{S_{0,2}} = \frac{1}{1+k \frac{V_2}{Q_2}} \Rightarrow 1+k \frac{V_2}{Q_2} = \frac{S_{0,2}}{S_e} \Rightarrow V_2 = \frac{Q_2}{k} \left( \frac{S_{0,2}}{S_e} - 1 \right)$$

Προσθέτοντας κατά μέλη λαμβάνουμε

$$V_1 + V_2 = \frac{1}{k} \left[ \left( \frac{S_{0,1} Q_1}{S_e} - Q_1 \right) + \left( \frac{S_{0,2} Q_2}{S_e} - Q_2 \right) \right] \Rightarrow$$

$$V_1 + V_2 = \frac{1}{k S_e} \left[ (S_{0,1} Q_1 - Q_1 S_e) + (S_{0,2} Q_2 - Q_2 S_e) \right] \Rightarrow V_1 + V_2 = V \quad (3)$$

Η βελτιστοποίηση του συστήματος των δύο CFSTR επιτυγχάνεται με χαλάρωση της δέσμευσης να ακολουθείται το ίδιο περιβαλλοντικό πρότυπο (δηλ.,  $S=S_e$ ) και αντικατάστασή

της από τη δέσμευση να είναι το BOD της συνολικής εκροής ίσο με την υποδεικνυόμενη από το περιβαλλοντικό πρότυπο  $S_e$ , οπότε ισχύουν τα εξής:

$$\frac{S_1}{S_{0,1}} = \frac{1}{1+k \frac{V_1}{Q_1}} \quad (1) \Rightarrow 1+k \frac{V_1}{Q_1} = \frac{S_{0,1}}{S_1} \Rightarrow V_1 = \frac{Q_1}{k} \left( \frac{S_{0,1}}{S_1} - 1 \right) \quad (1a)$$

$$\frac{S_2}{S_{0,2}} = \frac{1}{1+k \frac{V_2}{Q_2}} \quad (2) \Rightarrow 1+k \frac{V_2}{Q_2} = \frac{S_{0,2}}{S_2} \Rightarrow V_2 = \frac{Q_2}{k} \left( \frac{S_{0,2}}{S_2} - 1 \right) \quad (2a)$$

$$S_1 Q_1 + S_2 Q_2 = S_e (Q_1 + Q_2) \quad (3)$$

Προσθέτοντας κατά μέλη τις (1a) και (2a), λαμβάνουμε:

$$V_1 + V_2 = Z = \frac{1}{k} \left[ Q_1 \left( \frac{S_{0,1}}{S_1} - 1 \right) + Q_2 \left( \frac{S_{0,2}}{S_2} - 1 \right) \right]$$

Εύρεση των  $S_1, S_2$  για  $Z = \min$  (με πολλαπλασιαστή Lagrange):

Ορίζουμε την παρακάτω συνάρτηση  $F(S_1, S_2)$

$$F(S_1, S_2) = \frac{1}{k} \left[ Q_1 \left( \frac{S_{0,1}}{S_1} - 1 \right) + Q_2 \left( \frac{S_{0,2}}{S_2} - 1 \right) \right] + \lambda [Q_1 S_1 + Q_2 S_2 - S_e (Q_1 + Q_2)]$$

Προσδιορίζουμε τις μερικές παραγώγους:

$$\frac{\partial F}{\partial \lambda} = F_\lambda = Q_1 S_1 + Q_2 S_2 - S_e (Q_1 + Q_2) = 0, \quad \lambda \in [M^{-1} L^3 T] \quad (4)$$

$$\frac{\partial F}{\partial S_1} = F_{S_1} = -\frac{1}{k} Q_1 \frac{S_{0,1}}{S_1^2} + \lambda Q_1 = 0 \quad \rightarrow S_1^2 = \frac{S_{0,1}}{k \lambda} \quad (5)$$

$$\frac{\partial F}{\partial S_2} = F_{S_2} = -\frac{1}{k} Q_2 \frac{S_{0,2}}{S_2^2} + \lambda Q_2 = 0 \quad \rightarrow S_2^2 = \frac{S_{0,2}}{k \lambda} \quad (6)$$

Από την (4) μέσω των (5), (6) έχουμε:

$$Q_1 \sqrt{\frac{S_{0,1}}{k \lambda}} + Q_2 \sqrt{\frac{S_{0,2}}{k \lambda}} - S_e (Q_1 + Q_2) = 0 \Rightarrow \frac{1}{\sqrt{k \lambda}} [Q_1 \sqrt{S_{0,1}} + Q_2 \sqrt{S_{0,2}}] = S_e (Q_1 + Q_2) \Rightarrow$$

$$\sqrt{k \lambda} = \frac{Q_1 \sqrt{S_{0,1}} + Q_2 \sqrt{S_{0,2}}}{S_e (Q_1 + Q_2)} \Rightarrow \lambda = \frac{1}{k} \left[ \frac{Q_1 \sqrt{S_{0,1}} + Q_2 \sqrt{S_{0,2}}}{S_e (Q_1 + Q_2)} \right]^2$$

$$(5) \rightarrow S_1 = \frac{\sqrt{S_{0,1}} \cdot S_e \cdot (Q_1 + Q_2)}{Q_1 \sqrt{S_{0,1}} + Q_2 \sqrt{S_{0,2}}} \quad (5a)$$

$$(6) \rightarrow S_2 = \frac{\sqrt{S_{0,2}} \cdot S_e \cdot (Q_1 + Q_2)}{Q_1 \sqrt{S_{0,1}} + Q_2 \sqrt{S_{0,2}}} \quad (6a)$$

$$\text{Άρα : } Z = \frac{1}{k} \left[ Q_1 \left( \frac{S_{0,1} (Q_1 \sqrt{S_{0,1}} + Q_2 \sqrt{S_{0,2}})}{\sqrt{S_{0,1}} \cdot S_e \cdot (Q_1 + Q_2)} - 1 \right) + Q_2 \left( \frac{S_{0,2} (Q_1 \sqrt{S_{0,1}} + Q_2 \sqrt{S_{0,2}})}{\sqrt{S_{0,2}} \cdot S_e \cdot (Q_1 + Q_2)} - 1 \right) \right]$$

$$\Rightarrow Z = \frac{1}{k} \left[ Q_1 \left( \frac{S_{0,1}}{S_e} \cdot \frac{Q_1 \sqrt{S_{0,1}} + Q_2 \sqrt{S_{0,2}}}{\sqrt{S_{0,1}} \cdot (Q_1 + Q_2)} - 1 \right) + Q_2 \left( \frac{S_{0,2}}{S_e} \cdot \frac{Q_1 \sqrt{S_{0,1}} + Q_2 \sqrt{S_{0,2}}}{\sqrt{S_{0,2}} \cdot (Q_1 + Q_2)} - 1 \right) \right]$$

Η έκφραση αυτή συγκρίνεται με την αντίστοιχη έκφραση που δίνει το άθροισμα των όγκων  $V_1 + V_2$  στην περίπτωση της χωριστής επεξεργασίας χωρίς συνεννόηση στον σχεδιασμό :

$$\frac{1}{k} \left[ Q_1 \left( \frac{S_{0,1}}{S_e} - 1 \right) + Q_2 \left( \frac{S_{0,2}}{S_e} - 1 \right) \right]$$

Έστω ότι ισχύει η παρακάτω ανίσωση :

$$Q_1 \cdot \frac{S_{0,1}}{S_e} \cdot \frac{Q_1 \sqrt{S_{0,1}} + Q_2 \sqrt{S_{0,2}}}{\sqrt{S_{0,1}} \cdot (Q_1 + Q_2)} + Q_2 \cdot \frac{S_{0,2}}{S_e} \cdot \frac{Q_1 \sqrt{S_{0,1}} + Q_2 \sqrt{S_{0,2}}}{\sqrt{S_{0,2}} \cdot (Q_1 + Q_2)} < Q_1 \frac{S_{0,1}}{S_e} + Q_2 \frac{S_{0,2}}{S_e}$$

$$Q_1 S_{0,1} \left( \frac{Q_1 \sqrt{S_{0,1}} + Q_2 \sqrt{S_{0,2}}}{\sqrt{S_{0,1}} \cdot (Q_1 + Q_2)} - 1 \right) + Q_2 S_{0,2} \left( \frac{Q_1 \sqrt{S_{0,1}} + Q_2 \sqrt{S_{0,2}}}{\sqrt{S_{0,2}} \cdot (Q_1 + Q_2)} - 1 \right) < 0$$

$$Q_1 S_{0,1} \frac{Q_1 \sqrt{S_{0,1}} + Q_2 \sqrt{S_{0,2}}}{\sqrt{S_{0,1}} \cdot (Q_1 + Q_2)} - Q_1 S_{0,1} + Q_2 S_{0,2} \frac{Q_1 \sqrt{S_{0,1}} + Q_2 \sqrt{S_{0,2}}}{\sqrt{S_{0,2}} \cdot (Q_1 + Q_2)} - Q_2 S_{0,2} < 0$$

$$(Q_1 \sqrt{S_{0,1}} + Q_2 \sqrt{S_{0,2}}) \cdot \left( \frac{Q_1 \sqrt{S_{0,1}} + Q_2 \sqrt{S_{0,2}}}{(Q_1 + Q_2)} \right) - (Q_1 S_{0,1} + Q_2 S_{0,2}) < 0$$

$$Q_1^2 S_{0,1} + Q_2^2 S_{0,2} + 2 Q_1 Q_2 \sqrt{S_{0,1} S_{0,2}} - (Q_1^2 S_{0,1} + Q_2^2 S_{0,2} + Q_1 Q_2 S_{0,1} + Q_1 Q_2 S_{0,2}) < 0$$

$$2 Q_1 Q_2 \sqrt{S_{0,1} S_{0,2}} - Q_1 Q_2 (S_{0,1} + S_{0,2}) < 0$$

Επειδή  $Q_1 Q_2 > 0$  έχουμε:

$$2 \sqrt{S_{0,1} S_{0,2}} - (S_{0,1} + S_{0,2}) < 0 \Rightarrow 2 \sqrt{S_{0,1} S_{0,2}} < S_{0,1} + S_{0,2} \Rightarrow$$

$$4 (S_{0,1} S_{0,2}) < S_{0,1}^2 + S_{0,2}^2 + 2 S_{0,1} S_{0,2} \Rightarrow$$

$$S_{0,1}^2 + S_{0,2}^2 - 2 S_{0,1} S_{0,2} > 0 \Rightarrow (S_{0,1} - S_{0,2})^2 > 0$$

το οποίο αληθεύει .

Εναλλακτικά, μπορούμε να εξετάσουμε τη συνθήκη δευτέρας τάξεως για την ύπαρξη ελαχίστου, λαμβάνοντας υπ' όψη τη δέσμευση

$$\Phi(S_1, S_2) = Q_1 S_1 + Q_2 S_2 - S_e (Q_1 + Q_2)$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial S_1} = Q_1 \quad \frac{\partial \Phi}{\partial S_2} = Q_2$$

F = η πλήρης συνάρτηση

$$F(S_1, S_2) = \frac{1}{k} \left[ Q_1 \left( \frac{S_{0,1}}{S_1} - 1 \right) + Q_2 \left( \frac{S_{0,2}}{S_2} - 1 \right) \right] + \lambda [Q_1 S_1 + Q_2 S_2 - S_e (Q_1 + Q_2)]$$

$$\frac{\partial^2 F}{\partial S_1^2} = \frac{2}{k} Q_1 \frac{S_{0,1}}{S_1^3}, \quad \frac{\partial^2 F}{\partial S_2^2} = \frac{2}{k} Q_2 \frac{S_{0,2}}{S_2^3}, \quad \frac{\partial^2 F}{\partial S_1 \partial S_2} = 0$$

Εξετάζουμε το πρόσημο της παρακάτω ορίζουσας για να διαπιστώσουμε αν για τις τιμές των  $S_1, S_2$ , όπως προκύπτουν από τον μηδενισμό των πρώτων μερικών παραγώγων της πλήρους συνάρτησης  $F$ , υπάρχει ελάχιστο της  $Z = V_1 + V_2$ .

$$\begin{vmatrix} \frac{\partial^2 F}{\partial x^2} & \frac{\partial^2 F}{\partial x \partial y} & \frac{\partial \Phi}{\partial x} \\ \frac{\partial^2 F}{\partial x \partial y} & \frac{\partial^2 F}{\partial y^2} & \frac{\partial \Phi}{\partial y} \\ \frac{\partial \Phi}{\partial x} & \frac{\partial \Phi}{\partial y} & 0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \frac{2Q_1 S_{0,1}}{k S_1^3} & 0 & Q_1 \\ 0 & \frac{2Q_2 S_{0,2}}{k S_2^3} & Q_2 \\ Q_1 & Q_2 & 0 \end{vmatrix} \Rightarrow$$

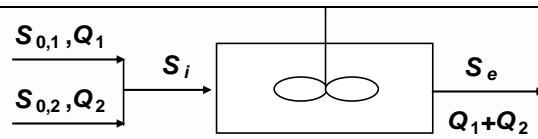
$$\Delta = -Q_1^2 \frac{2Q_2 S_{0,2}}{k S_2^3} - Q_2^2 \frac{2Q_1 S_{0,1}}{k S_1^3} < 0$$

άρα η  $Z$  έχει σημείο ελαχίστου  $Z_{\min}$  για τις τιμές των  $S_1, S_2$ , που δίνονται από τις σχέσεις (5α) και (6α) αντίστοιχα. Επομένως, το κεφαλαιακό κόστος δίνεται από τη σχέση  $C_{21} = [B_1 + B_2 Z_{\min} / k] / (t'Q')$  ενώ αποδεικνύεται ότι ισχύει ο Νόμος της φθίνουσας απόδοσης,

$$\text{αφού } \frac{dC_{21}}{dS_e} = - \frac{B_2 (Q_1 \sqrt{S_{0,1}} + Q_2 \sqrt{S_{0,2}})^2}{kt'Q'S_e^2 (Q_1 + Q_2)} < 0.$$

Ως συμπέρασμα προκύπτει ότι η οικονομικότερη λύση είναι της συνεννόησης των δύο βιοτεχνολογικών μονάδων για τον σχεδιασμό, κατασκευή, λειτουργία αντιδραστήρων CFSTR, όγκων  $V_1$  και  $V_2$ , όπως δίνονται από τις σχέσεις (1α) και (2α), έτσι ώστε να έχουν επεξεργασμένα απόβλητα με BOD  $S_1, S_2$ , όπως δίνονται από τις εκφράσεις (5α) και (6α), υπό την προϋπόθεση ότι θα λαμβάνονται υπ' όψη οι στατιστικές κατανομές  $S_{0,1}$  και  $S_{0,2}$ , ώστε να μην οδηγείται το σύστημα σε τελικό BOD  $< S_e$  πέραν του αναγκαίου ποσοστού που έχει τεθεί *a priori* για την κάλυψη στατιστικού σφάλματος τύπου I. Μία τέτοια υπέρβαση οδηγεί σε δυσανάλογα υψηλότερο κόστος, λόγω της ισχύος του Νόμου της φθίνουσας απόδοσης, όπως έχουμε αποδείξει προηγουμένως.

## Συνεπεξεργασία σε μονάδα βιομηχανικής κλίμακας τύπου PFR



Σύστημα Ι

Ισοζύγιο βιολογικού υλικού για steady state και κινητική πρώτης τάξεως :

$$S_{0,1} Q_1 + S_{0,2} Q_2 = S_i (Q_1 + Q_2) \quad (1)$$

Για τον PFR ισχύει :  $\frac{S_e}{S_i} = e^{-k \frac{V}{Q_1 + Q_2}}$  (2)

Αντικαθιστώντας την (2) στην (1)

$$\ln \frac{S_e}{S_i} = -k \frac{V}{Q_1 + Q_2} \rightarrow V = \frac{1}{k} \left[ (Q_1 + Q_2) \ln \frac{S_{0,1} Q_1 + S_{0,2} Q_2}{S_e (Q_1 + Q_2)} \right] \quad (3)$$

οπότε το κεφαλαιακό κόστος δίνεται από τη σχέση

$$C_{21} = \left[ B_1 + B_2 \frac{1}{k} \left[ (Q_1 + Q_2) \ln \frac{S_{0,1} Q_1 + S_{0,2} Q_2}{S_e (Q_1 + Q_2)} \right] \right] / (t'Q') \text{ ενώ αποδεικνύεται ότι ισχύει ο}$$

Νόμος της φθίνουσας απόδοσης, αφού  $\frac{dC_{21}}{dS_e} = -\frac{B_2 (Q_1 + Q_2)}{kt'Q'S_e} < 0$ .

## Σύγκριση με χωριστά ελεγχόμενες βιομηχανικές μονάδες τύπου PFR



Σύστημα ΙΙ

Από το ισοζύγιο βιολογικού υλικού για steady state και κινητική πρώτης τάξεως στις δύο βιομηχανικές μονάδες:

$$\frac{S_e}{S_{0,1}} = e^{-k \frac{V_1}{Q_1}} \Rightarrow \ln \frac{S_{0,1}}{S_e} = k \frac{V_1}{Q_1} \Rightarrow V_1 = \frac{Q_1}{k} \ln \frac{S_{0,1}}{S_e}$$

$$\frac{S_e}{S_{0,2}} = e^{-k \frac{V_2}{Q_2}} \Rightarrow \ln \frac{S_{0,2}}{S_e} = k \frac{V_2}{Q_2} \Rightarrow V_2 = \frac{Q_2}{k} \ln \frac{S_{0,2}}{S_e}$$

Προσθέτοντας κατά μέλη λαμβάνουμε :

$$V_1 + V_2 = \frac{1}{k} \left[ Q_1 \ln \frac{S_{0,1}}{S_e} + Q_2 \ln \frac{S_{0,2}}{S_e} \right] \quad (4)$$

Για να συγκρίνουμε τα συστήματα I, II υποθέτουμε ότι  $V_1 + V_2 < V$

$$\begin{aligned}
 V_1 + V_2 < V &\rightarrow Q_1 \ln \frac{S_{0,1}}{S_e} + Q_2 \ln \frac{S_{0,2}}{S_e} < (Q_1 + Q_2) \ln \frac{S_{0,1} Q_1 + S_{0,2} Q_2}{S_e (Q_1 + Q_2)} \Rightarrow \\
 Q_1 \ln S_{0,1} - Q_1 \ln S_e + Q_2 \ln S_{0,2} - Q_2 \ln S_e &< (Q_1 + Q_2) \ln (S_{0,1} Q_1 + S_{0,2} Q_2) \\
 &\quad - (Q_1 + Q_2) [\ln S_e + \ln (Q_1 + Q_2)] \\
 Q_1 \ln S_{0,1} + Q_2 \ln S_{0,2} &< (Q_1 + Q_2) \ln (S_{0,1} Q_1 + S_{0,2} Q_2) - (Q_1 + Q_2) \ln (Q_1 + Q_2) \\
 \frac{Q_1 \ln S_{0,1} + Q_2 \ln S_{0,2}}{Q_1 + Q_2} &< \ln \frac{S_{0,1} Q_1 + S_{0,2} Q_2}{Q_1 + Q_2} \quad (5)
 \end{aligned}$$

$$\text{Θέτουμε : } a = \frac{Q_1}{Q_1 + Q_2}, \quad b = \frac{Q_2}{Q_1 + Q_2}, \quad a + b = 1, \quad x = S_{0,1}, \quad y = S_{0,2}$$

Άρα η (5) γίνεται :  $a \ln x + b \ln y < \ln(ax + by)$

Θέτουμε την συνάρτηση  $f(x) = \ln x$

A) Έστω ότι  $y > x$

Σύμφωνα με το θεώρημα μέσης τιμής έχουμε :

$$\begin{aligned}
 \ln(ax + by) - \ln x &= (ax + by - x) \frac{1}{\xi_1} \Rightarrow a \ln(ax + by) - a \ln x = a(ax + by - x) \frac{1}{\xi_1} \\
 \ln y - \ln(ax + by) &= (y - ax - by) \frac{1}{\xi_2} \Rightarrow b \ln y - b \ln(ax + by) = b(y - ax - by) \frac{1}{\xi_2} \\
 \left[ a(ax + by - x) = a[(a-1)x + by] = a(-bx + by) = ab(y - x) \right. \\
 \left. b(y - ax - by) = b[(1-b)y - ax] = b(ay - ax) = ab(y - x) \right]
 \end{aligned}$$

Αφαιρούμε κατά μέλη :

$$\begin{aligned}
 a \ln(ax + by) - a \ln x - b \ln y + b \ln(ax + by) &= ab(y - x) \frac{1}{\xi_1} - ab(y - x) \frac{1}{\xi_2} \Rightarrow \\
 (a + b) \ln(ax + by) - (a \ln x + b \ln y) &= ab(y - x) \left( \frac{1}{\xi_1} - \frac{1}{\xi_2} \right)
 \end{aligned}$$

$$\text{Αρκεί να δείξουμε ότι } \frac{1}{\xi_1} - \frac{1}{\xi_2} > 0 \Rightarrow \frac{1}{\xi_1} > \frac{1}{\xi_2} \Rightarrow \xi_1 < \xi_2$$

$$\begin{aligned}
 y > x &\Rightarrow by > bx \Rightarrow by > (1-a)x \Rightarrow by - (1-a)x > 0 \Rightarrow ax + by - x > 0 \\
 &\Rightarrow x < \xi_1 < ax + by
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y > x &\Rightarrow ay > ax \Rightarrow (1-b)y > ax \Rightarrow (1-b)y - ax > 0 \Rightarrow ax + by - y < 0 \\
 &\Rightarrow ax + by < \xi_2 < y
 \end{aligned}$$

$$\Rightarrow x < \xi_1 < ax + by < \xi_2 < y \Rightarrow \xi_2 > \xi_1$$

B) Έστω ότι  $y < x$

Σύμφωνα με το θεώρημα μέσης τιμής έχουμε :



$$\ln x - \ln(ax+by) = (x - ax - by) \frac{1}{\xi_1} \Rightarrow a \ln x - a \ln(ax+by) = a(x - ax - by) \frac{1}{\xi_1}$$

$$\ln(ax+by) - \ln y = (ax+by - y) \frac{1}{\xi_2} \Rightarrow b \ln(ax+by) - b \ln y = b(ax+by - y) \frac{1}{\xi_2}$$

$$\left[ \begin{aligned} a(x - ax - by) &= a[(1-a)x - by] = a(bx - by) = ab(x - y) \\ b(ax + by - y) &= b[ax + (a-1)y] = b(ax - by) = ab(x - y) \end{aligned} \right]$$

Αφαιρούμε κατά μέλη :

$$a \ln x - a \ln(ax+by) + b \ln y - b \ln(ax+by) = ab(x - y) \frac{1}{\xi_1} - ab(x - y) \frac{1}{\xi_2} \Rightarrow$$

$$(a+b) \ln(ax+by) - (a \ln x + b \ln y) = ab(x - y) \left( \frac{1}{\xi_2} - \frac{1}{\xi_1} \right)$$

$$\text{Αρκεί να δείξουμε ότι } \frac{1}{\xi_2} - \frac{1}{\xi_1} > 0 \Rightarrow \frac{1}{\xi_2} > \frac{1}{\xi_1} \Rightarrow \xi_2 < \xi_1$$

$$y < x \Rightarrow by < bx \Rightarrow by < (1-a)x \Rightarrow by - (1-a)x < 0 \Rightarrow ax + by - x < 0$$

$$\Rightarrow ax + by < \xi_1 < x$$

$$y < x \Rightarrow ay < ax \Rightarrow (1-b)y < ax \Rightarrow (1-b)y - ax < 0 \Rightarrow ax + by - y > 0$$

$$\Rightarrow y < \xi_2 < ax + by$$

$$\Rightarrow y < \xi_2 < ax + by < \xi_1 < x \Rightarrow \xi_2 < \xi_1$$

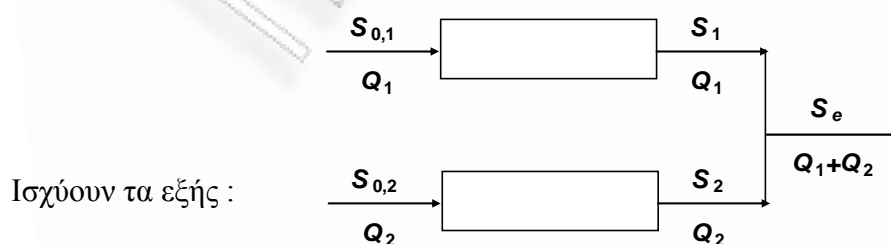
Άρα, είτε  $y > x$  είτε  $x > y$ , ισχύει η (5) και επομένως η χωριστή επεξεργασία, σύμφωνα με το σύστημα II, είναι πλέον συμφέρουσα, σε σύγκριση με την συνεπεξεργασία του συστήματος I. Αν  $x = y$ , η (5) γίνεται ισότητα, άρα  $V_1 + V_2 = V$ , οπότε το κεφαλαιακό

κόστος δίνεται από τη σχέση  $C_{21} = \left[ B_1 + B_2 \frac{1}{k} \left[ Q_1 \ln \frac{S_{0,1}}{S_e} + Q_2 \ln \frac{S_{0,2}}{S_e} \right] \right] / (t'Q')$  ενώ

αποδεικνύεται ότι ισχύει ο Νόμος της φθίνουσας απόδοσης, αφού  $\frac{dC_{21}}{dS_e} = -\frac{B_2(Q_1 + Q_2)}{kt'Q'S_e} < 0$ .

### Σύγκριση με μονάδες τύπου PFR ελεγχόμενες από κοινού

Εξετάζουμε την περίπτωση συνεργασίας των δύο βιομηχανικών μονάδων με αντιδραστήρες τύπου PFR, όγκων  $V_1, V_2$ , που έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε το τελικό BOD, μετά την ανάμιξη των επεξεργασμένων χωριστά αποβλήτων, να έχει την προκαθορισμένη επιθυμητή τιμή  $S_e$ .



$$\frac{S_1}{S_{0,1}} = e^{-k \frac{V_1}{Q_1}} \quad (1) \Rightarrow \ln \frac{S_{0,1}}{S_1} = k \frac{V_1}{Q_1} \Rightarrow V_1 = \frac{Q_1}{k} \ln \frac{S_{0,1}}{S_1} \quad (1a)$$

$$\frac{S_2}{S_{0,2}} = e^{-k \frac{V_2}{Q_2}} \quad (2) \Rightarrow \ln \frac{S_{0,2}}{S_2} = k \frac{V_2}{Q_2} \Rightarrow V_2 = \frac{Q_2}{k} \ln \frac{S_{0,2}}{S_2} \quad (2a)$$

$$S_1 Q_1 + S_2 Q_2 = S_e (Q_1 + Q_2) \quad (3)$$

Προσθέτοντας κατά μέλη τις (1a) και (2a) λαμβάνουμε :

$$V_1 + V_2 = Z = \frac{1}{k} \left( Q_1 \ln \frac{S_{0,1}}{S_1} + Q_2 \ln \frac{S_{0,2}}{S_2} \right)$$

Εύρεση των  $S_1, S_2$  για  $Z = \min$  (με πολλαπλασιαστή Lagrange )

Ορίζουμε την παρακάτω συνάρτηση  $F(S_1, S_2)$

$$F(S_1, S_2) = \frac{1}{k} \left( Q_1 \ln \frac{S_{0,1}}{S_1} + Q_2 \ln \frac{S_{0,2}}{S_2} \right) + \lambda [Q_1 S_1 + Q_2 S_2 - S_e (Q_1 + Q_2)]$$

Στη συνέχεια, προσδιορίζουμε τις μερικές παραγώγους :

$$\frac{\partial F}{\partial S_1} = F_{S_1} = \frac{1}{k} \left( -\frac{Q_1}{S_1} \right) + \lambda Q_1 = 0 \Rightarrow S_1 = (k \lambda)^{-1} \quad (4)$$

$$\frac{\partial F}{\partial S_2} = F_{S_2} = \frac{1}{k} \left( -\frac{Q_2}{S_2} \right) + \lambda Q_2 = 0 \Rightarrow S_2 = (k \lambda)^{-1} \quad (5)$$

$$\frac{\partial F}{\partial \lambda} = F_{\lambda} = Q_1 S_1 + Q_2 S_2 - S_e (Q_1 + Q_2) \quad (6)$$

Από την (6) μέσω των (4), (5) έχουμε :

$$\frac{Q_1}{k \lambda} + \frac{Q_2}{k \lambda} = S_e (Q_1 + Q_2) \Rightarrow \frac{Q_1 + Q_2}{k \lambda} = S_e (Q_1 + Q_2) \Rightarrow S_e = \frac{1}{k \lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{1}{k S_e}$$

$$(4) \rightarrow S_1 = \frac{1}{k \frac{1}{k S_e}} \Rightarrow S_1 = S_e \quad (4a) \quad (5) \rightarrow S_2 = \frac{1}{k \frac{1}{k S_e}} \Rightarrow S_2 = S_e \quad (5a)$$

$$\rightarrow S_1 = S_2 = S_e$$

$$\text{Άρα : } Z = \frac{1}{k} \left( Q_1 \ln \frac{S_{0,1}}{S_e} + Q_2 \ln \frac{S_{0,2}}{S_e} \right)$$

Η έκφραση αυτή συγκρίνεται με την αντίστοιχη έκφραση που δίνει το άθροισμα των όγκων  $V_1 + V_2$  στην περίπτωση της χωριστής επεξεργασίας χωρίς συνεννόηση στον σχεδιασμό :

$$\frac{1}{k} \left( Q_1 \ln \frac{S_{0,1}}{S_e} + Q_2 \ln \frac{S_{0,2}}{S_e} \right), \text{ με την οποία είναι ίδια και επομένως ισχύει ομοίως ο Νόμος της}$$

φθίνουσας απόδοσης.

Για τη διερεύνηση της ύπαρξης ελαχίστου συνολικού όγκου  $Z=V_1+V_2$ , προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί το κεφαλαιακό κόστος, θεωρούμε τη δέσμευση  $\Phi$ :

$$\Phi(S_1, S_2) = Q_1 S_1 + Q_2 S_2 - S_e (Q_1 + Q_2)$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial S_1} = Q_1 \quad \frac{\partial \Phi}{\partial S_2} = Q_2$$

Έστω  $F$  = η πλήρης συνάρτηση

$$F(S_1, S_2) = \frac{1}{k} \left( Q_1 \ln \frac{S_{0,1}}{S_1} + Q_2 \ln \frac{S_{0,2}}{S_2} \right) + \lambda [Q_1 S_1 + Q_2 S_2 - S_e (Q_1 + Q_2)]$$

$$\frac{\partial^2 F}{\partial S_1^2} = \frac{Q_1}{k S_1^2} \quad , \quad \frac{\partial^2 F}{\partial S_2^2} = \frac{Q_2}{k S_2^2} \quad , \quad \frac{\partial^2 F}{\partial S_1 \partial S_2} = 0$$

Εξετάζουμε το πρόσημο της παρακάτω ορίζουσας για να διαπιστώσουμε αν για τις τιμές των  $S_1, S_2$ , όπως προκύπτουν από τον μηδενισμό των πρώτων μερικών παραγώγων της πλήρους συνάρτησης  $F$ , υπάρχει ελάχιστο της  $Z = V_1 + V_2$ .

$$\begin{vmatrix} \frac{\partial^2 F}{\partial x^2} & \frac{\partial^2 F}{\partial x \partial y} & \frac{\partial \Phi}{\partial x} \\ \frac{\partial^2 F}{\partial x \partial y} & \frac{\partial^2 F}{\partial y^2} & \frac{\partial \Phi}{\partial y} \\ \frac{\partial \Phi}{\partial x} & \frac{\partial \Phi}{\partial y} & 0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \frac{Q_1}{k S_1^2} & 0 & Q_1 \\ 0 & \frac{Q_2}{k S_2^2} & Q_2 \\ Q_1 & Q_2 & 0 \end{vmatrix} \Rightarrow$$

$$\Delta = -Q_1^2 \frac{Q_2}{k S_2^2} - Q_2^2 \frac{Q_1}{k S_1^2} < 0$$

άρα η  $Z$  έχει πράγματι σημείο ελαχίστου  $Z_{\min}$  για τις τιμές των  $S_1 = S_2 = S_e$ .

### Σύστημα ανεξάρτητα ελεγχόμενων μονάδων τύπου CFSTR και PFR



Από το ισοζύγιο BOD για steady state και κινητική πρώτης τάξης στους δύο αντιδραστήρες :

$$\frac{S_e}{S_{0,1}} = \frac{1}{1 + k \frac{V_1}{Q_1}} \Rightarrow 1 + k \frac{V_1}{Q_1} = \frac{S_{0,1}}{S_e} \Rightarrow V_1 = \frac{Q_1}{k} \left( \frac{S_{0,1}}{S_e} - 1 \right)$$

$$\frac{S_e}{S_{0,2}} = e^{-k \frac{V_2}{Q_2}} \Rightarrow \ln \frac{S_e}{S_{0,2}} = -k \frac{V_2}{Q_2} \Rightarrow V_2 = \frac{Q_2}{k} \ln \frac{S_{0,2}}{S_e}$$

Προσθέτοντας κατά μέλη λαμβάνουμε :

$$V_1 + V_2 = \frac{Q_1}{k} \left( \frac{S_{0,1}}{S_e} - 1 \right) + \frac{Q_2}{k} \ln \frac{S_{0,2}}{S_e} \Rightarrow$$

$$V_1 + V_2 = \frac{1}{k} \left[ Q_1 \left( \frac{S_{0,1}}{S_e} - 1 \right) + Q_2 \ln \frac{S_{0,2}}{S_e} \right] \quad (1)$$

οπότε το συνολικό κεφαλαιακό κόστος δίνεται από τη σχέση

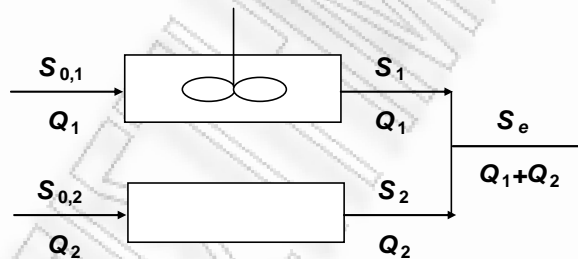
$$C_{21} = \left[ B_1 + B_2 \left[ Q_1 \left( \frac{S_{0,1}}{S_e} - 1 \right) + Q_2 \ln \frac{S_{0,2}}{S_e} \right] / k \right] / (t'Q')$$

ενώ αποδεικνύεται ότι ισχύει ο Νόμος

της φθίνουσας απόδοσης, αφού  $\frac{dC_{21}}{dS_e} = -\frac{B_2}{kS_e t'Q'} \left[ \frac{S_{0,1}Q_1}{S_e} + Q_2 \right] < 0$ .

### Σύγκριση με σύστημα μονάδων τύπου CFSTR και PFR ελεγχόμενων από κοινού

Εξετάζουμε την περίπτωση συνεργασίας των δύο βαφείων με αντιδραστήρες τύπου CFSTR και PFR, όγκων  $V_1, V_2$  αντίστοιχα, που έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε το τελικό BOD μετά την ανάμιξη των επεξεργασμένων χωριστά αποβλήτων, να έχει την προκαθορισμένη επιθυμητή τιμή  $S_e$ .



Ισχύουν τα εξής :

$$\frac{S_1}{S_{0,1}} = \frac{1}{1 + k \frac{V_1}{Q_1}} \Rightarrow 1 + k \frac{V_1}{Q_1} = \frac{S_{0,1}}{S_1} \Rightarrow V_1 = \frac{Q_1}{k} \left( \frac{S_{0,1}}{S_1} - 1 \right) \quad (1a)$$

$$\frac{S_2}{S_{0,2}} = e^{-k \frac{V_2}{Q_2}} \Rightarrow \ln \frac{S_2}{S_{0,2}} = -k \frac{V_2}{Q_2} \Rightarrow V_2 = \frac{Q_2}{k} \ln \frac{S_{0,2}}{S_2} \quad (2a)$$

$$S_1 Q_1 + S_2 Q_2 = S_e (Q_1 + Q_2) \quad (3)$$

Προσθέτοντας κατά μέλη τις (1a) και (2a), λαμβάνουμε :

$$V_1 + V_2 = Z = \frac{1}{k} \left[ Q_1 \left( \frac{S_{0,1}}{S_1} - 1 \right) + Q_2 \ln \frac{S_{0,2}}{S_2} \right]$$

Εύρεση των  $S_1, S_2$  για  $Z = \min$  ( με πολλαπλασιαστή Lagrange)

Ορίζουμε την παρακάτω συνάρτηση  $F(S_1, S_2)$

$$F(S_1, S_2) = \frac{1}{k} \left[ Q_1 \left( \frac{S_{0,1}}{S_1} - 1 \right) + Q_2 \ln \frac{S_{0,2}}{S_2} \right] + \lambda [Q_1 S_1 + Q_2 S_2 - S_e (Q_1 + Q_2)]$$

Προσδιορίζουμε τις μερικές παραγώγους :

$$\frac{\theta F}{\theta \lambda} = F_\lambda = Q_1 S_1 + Q_2 S_2 - S_e (Q_1 + Q_2) = 0 \quad (4)$$

$$\frac{\theta F}{\theta S_1} = F_{S_1} = -\frac{1}{k} Q_1 \frac{S_{0,1}}{S_1^2} + \lambda Q_1 = 0 \quad \rightarrow S_1^2 = \frac{S_{0,1}}{k \lambda} \quad (5)$$

$$\frac{\theta F}{\theta S_2} = F_{S_2} = \frac{1}{k} \left( -\frac{Q_2}{S_2} \right) + \lambda Q_2 = 0 \quad \rightarrow S_2 = (k \lambda)^{-1} \quad (6)$$

Από την (4) μέσω των (5), (6), έχουμε :

$$Q_1 \sqrt{\frac{S_{0,1}}{k \lambda}} + Q_2 \frac{1}{k \lambda} - S_e (Q_1 + Q_2) = 0 \Rightarrow Q_1 \sqrt{S_{0,1}} \cdot \frac{1}{\sqrt{k \lambda}} + Q_2 \cdot \frac{1}{k \lambda} - S_e (Q_1 + Q_2) = 0$$

$$\frac{Q_2}{k} \lambda^{-1} + Q_1 \sqrt{\frac{S_{0,1}}{k}} \lambda^{-1/2} - S_e (Q_1 + Q_2) = 0$$

Θέτουμε :  $\lambda^{-1/2} = x$

$$\frac{Q_2}{k} x^2 + Q_1 \sqrt{\frac{S_{0,1}}{k}} x - S_e (Q_1 + Q_2) = 0$$

$$\Delta = Q_1^2 \frac{S_{0,1}}{k} + 4 \frac{Q_2}{k} S_e (Q_1 + Q_2)$$

$$x_{1,2} = \frac{-Q_1 \sqrt{\frac{S_{0,1}}{k}} \pm \sqrt{Q_1^2 \frac{S_{0,1}}{k} + 4 \frac{Q_2}{k} S_e (Q_1 + Q_2)}}{2 \frac{Q_2}{k}}$$

Δεχόμαστε μόνο την θετική λύση.

$$\text{Άρα } x = \lambda^{-1/2} = \frac{1}{\sqrt{\lambda}} = \frac{-Q_1 \sqrt{\frac{S_{0,1}}{k}} + \sqrt{Q_1^2 \frac{S_{0,1}}{k} + 4 \frac{Q_2}{k} S_e (Q_1 + Q_2)}}{2 \frac{Q_2}{k}} \Rightarrow$$

$$\lambda = \left( \frac{2 \frac{Q_2}{k}}{-Q_1 \sqrt{\frac{S_{0,1}}{k}} + \sqrt{Q_1^2 \frac{S_{0,1}}{k} + 4 Q_2 \frac{S_e}{k} (Q_1 + Q_2)}} \right)^2 \Rightarrow$$

$$\lambda = \frac{4 \frac{Q_2^2}{k^2}}{Q_1^2 \frac{S_{0,1}}{k} + 4Q_2 \frac{S_e}{k} (Q_1 + Q_2) + Q_1^2 \frac{S_{0,1}}{k} - 2Q_1 \sqrt{\frac{S_{0,1}}{k}} \cdot \sqrt{Q_1^2 \frac{S_{0,1}}{k} + 4Q_2 \frac{S_e}{k} (Q_1 + Q_2)}} \Rightarrow$$

$$\lambda = \frac{4 \frac{Q_2^2}{k^2}}{2Q_1^2 \frac{S_{0,1}}{k} + 4Q_2 \frac{S_e}{k} (Q_1 + Q_2) - 2Q_1 \sqrt{\frac{S_{0,1}}{k}} \cdot \sqrt{Q_1^2 \frac{S_{0,1}}{k} + 4Q_2 \frac{S_e}{k} (Q_1 + Q_2)}}$$

$$(5) \rightarrow S_1 = \sqrt{\frac{S_{0,1}}{k \lambda}} = \frac{\sqrt{S_{0,1}} \cdot \left[ -Q_1 \sqrt{\frac{S_{0,1}}{k}} + \sqrt{Q_1^2 \frac{S_{0,1}}{k} + 4Q_2 \frac{S_e}{k} (Q_1 + Q_2)} \right]}{\sqrt{k} \cdot 2 \frac{Q_2}{k}} \Rightarrow$$

$$S_1 = \frac{-Q_1 S_{0,1} + \sqrt{Q_1^2 S_{0,1}^2 + 4Q_2 S_{0,1} S_e (Q_1 + Q_2)}}{2Q_2} \quad (5a)$$

$$S_2 = \frac{1}{k \lambda} = \frac{2Q_1^2 \frac{S_{0,1}}{k} + 4Q_2 \frac{S_e}{k} (Q_1 + Q_2) - 2Q_1 \sqrt{\frac{S_{0,1}}{k}} \cdot \sqrt{Q_1^2 \frac{S_{0,1}}{k} + 4Q_2 \frac{S_e}{k} (Q_1 + Q_2)}}{k \cdot 4 \cdot \frac{Q_2^2}{k^2}} \Rightarrow \text{Άρα:}$$

$$S_2 = \frac{Q_1^2 S_{0,1} + 2Q_2 S_e (Q_1 + Q_2) - Q_1 \sqrt{Q_1^2 S_{0,1}^2 + 4Q_2 S_e S_{0,1} (Q_1 + Q_2)}}{2Q_2^2} \quad (6a)$$

$$Z = \frac{1}{k} Q_1 \left( \frac{2S_{0,1} Q_2}{-Q_1 S_{0,1} + \sqrt{Q_1^2 S_{0,1}^2 + 4Q_2 S_{0,1} S_e (Q_1 + Q_2)}} - 1 \right) + \frac{1}{k} Q_2 \ln \frac{2S_{0,2} Q_2^2}{Q_1^2 S_{0,1} + 2Q_2 S_e (Q_1 + Q_2) - Q_1 \sqrt{Q_1^2 S_{0,1}^2 + 4Q_2 S_e S_{0,1} (Q_1 + Q_2)}}$$

Η έκφραση αυτή συγκρίνεται με την αντίστοιχη έκφραση που δίνει το άθροισμα των όγκων  $V_1 + V_2$  στην περίπτωση της χωριστής επεξεργασίας χωρίς συνεννόηση στον σχεδιασμό :

$$\frac{1}{k} \left[ Q_1 \left( \frac{S_{0,1}}{S_e} - 1 \right) + Q_2 \ln \frac{S_{0,2}}{S_e} \right]$$

Έστω ότι ισχύει η παρακάτω ανίσωση

$$Q_2 \ln \frac{2S_{0,2} Q_2^2}{Q_1^2 S_{0,1} + 2Q_2 S_e (Q_1 + Q_2) - Q_1 \sqrt{Q_1^2 S_{0,1}^2 + 4Q_2 S_e S_{0,1} (Q_1 + Q_2)}} - Q_1 + \frac{2S_{0,1} Q_2 Q_1}{-Q_1 S_{0,1} + \sqrt{Q_1^2 S_{0,1}^2 + 4Q_2 S_{0,1} S_e (Q_1 + Q_2)}} < Q_1 \frac{S_{0,1}}{S_e} - Q_1 + Q_2 \ln \frac{S_{0,2}}{S_e} \Rightarrow$$

$$Q_2 \ln \frac{2S_{0,2}Q_2^2}{Q_1^2 S_{0,1} + 2Q_2 S_e (Q_1 + Q_2) - Q_1 \sqrt{Q_1^2 S_{0,1}^2 + 4Q_2 S_e S_{0,1} (Q_1 + Q_2)}} +$$

$$\frac{2S_{0,1}Q_2 Q_1}{-Q_1 S_{0,1} + \sqrt{Q_1^2 S_{0,1}^2 + 4Q_2 S_{0,1} S_e (Q_1 + Q_2)}} - Q_1 \frac{S_{0,1}}{S_e} - Q_2 \ln \frac{S_{0,2}}{S_e} < 0$$

Αποδεικνύεται εμπειρικά, με τη χρήση προγράμματος Η/Υ για τη διερεύνηση των λύσεων προκύπτουν για τιμές μεταβλητών/παραμέτρων που ισχύουν στην πράξη, ότι το πρώτο μέλος της παραπάνω ανίσωσης έχει πάντοτε αρνητικές τιμές. Άρα ισχύει  $Z < V_1 + V_2$ , δηλ. το άθροισμα των όγκων  $V_1 + V_2$  στη χωριστή επεξεργασία χωρίς συνεννόηση είναι μεγαλύτερο από ότι με συνεννόηση.

Για τη διερεύνηση της ύπαρξης ελαχίστου συνολικού όγκου  $Z = V_1 + V_2$ , προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί το κεφαλαιακό κόστος, θεωρούμε τη δέσμευση  $\Phi$ :

$$\Phi(S_1, S_2) = Q_1 S_1 + Q_2 S_2 - S_e (Q_1 + Q_2)$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial S_1} = Q_1 \quad \frac{\partial \Phi}{\partial S_2} = Q_2$$

Έστω  $F$  = η πλήρης συνάρτηση

$$F(S_1, S_2) = \frac{1}{k} \left[ Q_1 \left( \frac{S_{0,1}}{S_1} - 1 \right) + Q_2 \ln \frac{S_{0,2}}{S_2} \right] + \lambda [Q_1 S_1 + Q_2 S_2 - S_e (Q_1 + Q_2)]$$

$$\frac{\partial^2 F}{\partial S_1^2} = \frac{2}{k} Q_1 \frac{S_{0,1}}{S_1^3}, \quad \frac{\partial^2 F}{\partial S_2^2} = \frac{Q_2}{k S_2^2}, \quad \frac{\partial^2 F}{\partial S_1 S_2} = 0$$

Εξετάζουμε το πρόσημο της παρακάτω ορίζουσας για να διαπιστώσουμε αν για τις τιμές των  $S_1, S_2$ , όπως προκύπτουν από τον μηδενισμό των πρώτων μερικών παραγώγων της πλήρους συνάρτησης  $F$ , υπάρχει ελάχιστο της  $Z = V_1 + V_2$ .

$$\begin{vmatrix} \frac{\partial^2 F}{\partial x^2} & \frac{\partial^2 F}{\partial x \partial y} & \frac{\partial \Phi}{\partial x} \\ \frac{\partial^2 F}{\partial x \partial y} & \frac{\partial^2 F}{\partial y^2} & \frac{\partial \Phi}{\partial y} \\ \frac{\partial \Phi}{\partial x} & \frac{\partial \Phi}{\partial y} & 0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \frac{2Q_1 S_{0,1}}{k S_1^3} & 0 & Q_1 \\ 0 & \frac{Q_2}{k S_2^2} & Q_2 \\ Q_1 & Q_2 & 0 \end{vmatrix} \Rightarrow$$

$$\Delta = -Q_1^2 \frac{Q_2}{k S_2^2} - Q_2^2 \frac{2Q_1 S_{0,1}}{k S_1^3} < 0$$

άρα η  $Z$  έχει πράγματι σημείο ελαχίστου  $Z_{\min}$  για τις τιμές των  $S_1, S_2$ , που δίνονται από τις σχέσεις (5α) και (6α) αντίστοιχα.

Ως συμπέρασμα προκύπτει ότι η οικονομικότερη λύση είναι της συνεννόησης των δύο βιομηχανικών μονάδων για τον σχεδιασμό, κατασκευή, λειτουργία αντιδραστήρων CFSTR, PFR, όγκων  $V_1$  και  $V_2$  αντίστοιχα, όπως δίνονται από τις σχέσεις (1α) και (2α), έτσι ώστε να έχουν επεξεργασμένα απόβλητα με BOD  $S_1, S_2$ , όπως φαίνεται από τις εκφράσεις (5α) και (6α).



### ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ

Τα περιβαλλοντικά πρότυπα, ως ανεξάρτητες/εξηγητικές μεταβλητές των συναρτήσεων προσδιορισμού του κεφαλαιακού κόστους  $C_{21}$ , είναι δυνατόν να αναφέρονται σε σημεία του χώρου, τα οποία θέλουμε να ελέγξουμε, προκειμένου να προστατεύσουμε υπο-συστήματα που εμφανίζουν ιδιαίτερη ευαισθησία ή/και σπουδαιότητα. Στις περιπτώσεις αυτές, χρειαζόμαστε μία ποσοτική σχέση που να συνδέει τα περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος χαρακτηριστικά της πηγής ρύπανσης με αυτά των σημείων αναφοράς/ελέγχου. Στο παρόν Παράρτημα θα προσδιορίσουμε τις συναρτήσεις κεφαλαιακού κόστους  $C_{21}=f(S_f)$ , όπου  $S_f$  χωρικά κατανεμημένη παράμετρος (π.χ. BOD), χαρακτηριστική περιβαλλοντικού προτύπου. Εξετάζονται δύο υπο-συστήματα, μονοδιάστατης ροής τύπου ποταμού και πλήρους τρισδιάστατης διασποράς τύπου τεχνητής λίμνης. Στο πρώτο υπο-σύστημα, ο σταθμός ελέγχου ευρίσκεται σε απόσταση (AC) κατάντη του σημείου A διάθεσης των επεξεργασμένων αποβλήτων παροχής Q και BOD  $S_e$ . Τα μη επεξεργασμένα απόβλητα έχουν BOD  $S_0$  ενώ η πραγματική δυναμικότητα της εγκατάστασης (εκφραζόμενη σε μονάδες όγκου του αντιδραστήρα της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας), που προσδιορίζεται με ελαχιστοποίηση του κεφαλαιακού κόστους  $C_{21}$ , είναι V. Το ισοζύγιο βιολογικού υλικού στο σημείο A είναι  $S_r Q_r + S_e Q = S_A (Q_r + Q)$ , όπου  $S_r$  και  $S_A$  είναι οι τιμές BOD του ποταμού πριν και μετά την ανάμειξη με τα επεξεργασμένα απόβλητα, αντίστοιχα, ενώ  $Q_r$  είναι η ογκομετρική παροχή του ποταμού πριν το σημείο A. Λαμβάνοντας υπ' όψη ότι η μονοδιάστατη ροή στον ποταμό προσομοιάζεται με ροή σε PFR, έχουμε  $S_c / S_A = \exp[-k(AC)/u]$ , όπου  $S_c$  η τιμή BOD στο σημείο C,  $k$  η σταθερά του ρυθμού αποδόμησης/εξουδετέρωσης των αποβλήτων στις συνθήκες που επικρατούν στον ποταμό και  $u$  η μέση γραμμική ταχύτητα μεταφοράς υδάτινης μάζας σε αυτόν, το παραπάνω ισοζύγιο γράφεται ως εξής

$$S_r Q_r + S_e Q = S_f \exp[k(AC)/u](Q_r + Q) \quad (1)$$

Η δέσμευση  $S_c=S_f$  διασφαλίζει ότι  $V=V_{\min}$ , ώστε να ελαχιστοποιείται το κεφαλαιακό κόστος  $C_{21}$ : Αν  $V>V_{\min}$ , τότε αυξάνεται το κεφαλαιακό κόστος προκειμένου να αυξηθεί η ενεργός δυναμικότητα, οπότε πρόκειται  $S_c<S_f$ , δηλ., υπέρμετρος καθαρισμός του νερού, χωρίς αυτό να ζητείται από την εφαρμογή του περιβαλλοντικού προτύπου. Αν  $V<V_{\min}$ , τότε προκύπτει  $S_c>S_f$ , δηλ., ανεπαρκής καθαρισμός του νερού σε σχέση με την προκαθορισμένη και συμφωνημένη (όπως προβλέπεται είτε από την άδεια λειτουργίας της βιομηχανικής εγκατάστασης, στην οποίαν ανήκει η εγκατάσταση καθαρισμού αποβλήτων, είτε από την ίδια την εγκατάσταση, αν έχει αδειοδοτηθεί αυτοτελώς, επειδή εξυπηρετεί πολλούς βιομηχανικούς/οικιακούς χρήστες) τιμή BOD, με αποτέλεσμα την επιβολή οικονομικών και διοικητικών κυρώσεων. Από τα υποδείγματα αποδόμησης/εξουδετέρωσης των αποβλήτων σε εγκαταστάσεις τύπου CFSTR και PFR (πραγματικής δυναμικότητας  $V_c$  και  $V_p$ , αντίστοιχα) λαμβάνουμε

$$S_e = S_0 / (1 + k_o V_c / Q) \text{ και } S_e = S_0 \exp(-k_o V_p / Q) \quad (2)$$

Όπου  $k_o$  η σταθερά του ρυθμού αποδόμησης/εξουδετέρωσης των αποβλήτων στις συνθήκες που επικρατούν στους αντιδραστήρες της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας.

Στην πρώτη περίπτωση (εγκατάσταση τύπου CFSTR), το ισοζύγιο υλικών (1) γράφεται

$$S_r Q_r + [S_0 / (1 + k_o V_c / Q)] Q = S_f (Q_r + Q) \exp[k(AC)/u] \Rightarrow$$

$$V_c = \frac{Q}{k_o} \left[ \frac{S_0 Q}{S_f (Q_r + Q) \exp[k(AC)/u] - S_r Q_r} \right]$$

Οπότε το κεφαλαιακό κόστος δίνεται από τη σχέση

$$C_{21} = \left[ B_1 + \frac{QB_2}{k_o} \left[ \frac{S_o Q}{S_f(Q_r + Q) \exp[k(AC)/u] - S_r Q_r} \right] \right] / t'Q'$$

ενώ η επαληθεύουσα την ισχύ του Νόμου της φθίνουσας απόδοσης συνάρτηση διαφορικού κόστους (ως προς τη μεταβολή του περιβαλλοντικού προτύπου  $S_f$ ) είναι

$$\frac{dC_{21}}{dS_f} = - \frac{B_2 Q}{k_o t'Q'} \frac{S_o Q(Q_r + Q) \exp[k(AC)/u]}{[S_f(Q_r + Q) \exp[k(AC)/u] - S_r Q_r]^2} < 0$$

Στη δεύτερη περίπτωση (εγκατάσταση τύπου PFR), το ισοζύγιο υλικών (1) γράφεται  $S_r Q_r + S_o Q \exp(k_o V_p / Q) = S_f(Q_r + Q) \exp[k(AC)/u] \Rightarrow$

$$V_p = \frac{Q}{k_o} \ln \left[ \frac{S_o Q}{S_f(Q_r + Q) \exp[k(AC)/u] - S_r Q_r} \right]$$

Οπότε το κεφαλαιακό κόστος δίνεται από τη σχέση

$$C_{21} = \left[ B_1 + \frac{QB_2}{k_o} \ln \left[ \frac{S_o Q}{S_f(Q_r + Q) \exp[k(AC)/u] - S_r Q_r} \right] \right] / t'Q'$$

ενώ η επαληθεύουσα την ισχύ του Νόμου της φθίνουσας απόδοσης συνάρτηση διαφορικού κόστους (ως προς τη μεταβολή του περιβαλλοντικού προτύπου  $S_f$ ) είναι

$$\frac{dC_{21}}{dS_f} = - \frac{QB_2}{k_o t'Q'} \frac{(Q_r + Q) \exp[k(AC)/u]}{[S_f(Q_r + Q) \exp[k(AC)/u] - S_r Q_r]^2} < 0$$

Στο δεύτερο υπο-σύστημα, ο σταθμός ελέγχου ευρίσκεται εντός της τεχνητής λίμνης, όπου διατίθενται τα επεξεργασμένα απόβλητα, παροχής  $Q$  και BOD  $S_e$ . Όπως και προηγουμένως, τα μη επεξεργασμένα απόβλητα έχουν BOD  $S_o$  ενώ η πραγματική δυναμικότητα της εγκατάστασης (εκφραζόμενη σε μονάδες όγκου του αντιδραστήρα της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας), που προσδιορίζεται με ελαχιστοποίηση του κεφαλαιακού κόστους  $C_{21}$ , είναι  $V$ . Λαμβάνοντας υπ' όψη ότι το εξεταζόμενο υπο-σύστημα προσομοιάζεται με CFSTR σταθερής πραγματικής δυναμικότητας  $V_\ell$ , ευρισκόμενο σε συνθήκες σταθεροποιημένης κατάστασης (με σταθερά ρυθμού εξουδετέρωσης των αποβλήτων  $k$ , εκροή παροχής  $Q$  και BOD  $S_\ell = S_f$ , ώστε να ελαχιστοποιείται η δυναμικότητα  $V$  της εγκατάστασης επεξεργασίας αποβλήτων, άρα και το αντίστοιχο κεφαλαιακό κόστος), το ισοζύγιο βιολογικού υλικού δίνει τη σχέση

$$S_f / S_e = 1 / (1 + kV_\ell / Q) \quad (3)$$

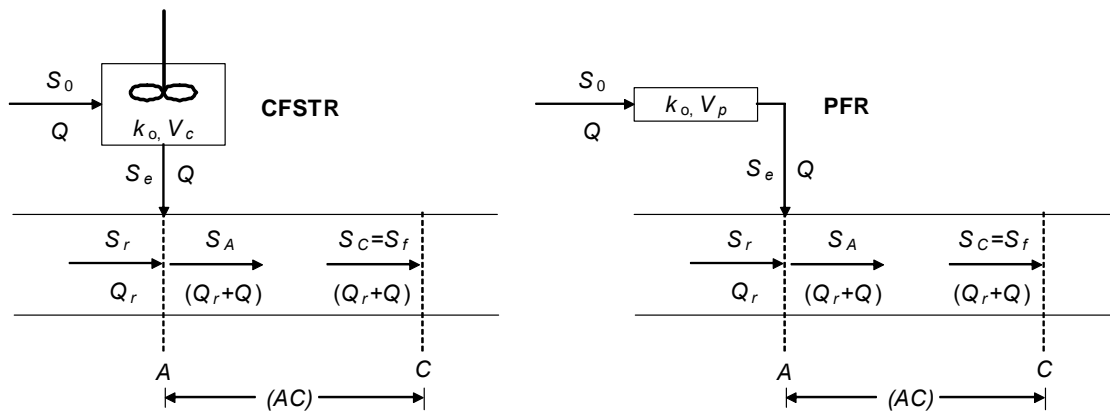
Επειδή τα υποδείγματα (2) εξακολουθούν να ισχύουν, διακρίνουμε πάλι τις αντίστοιχες δύο περιπτώσεις. Στην πρώτη (εγκατάσταση τύπου CFSTR, με  $V=V_c$ ), η (3) γράφεται

$$S_f = \frac{S_o}{(1 + kV_\ell / Q)(1 + k_o V_c / Q)} \Rightarrow V_c = \frac{Q}{k_o} \left[ \frac{S_o}{S_f(1 + kV_\ell / Q)} - 1 \right]$$

Οπότε το κεφαλαιακό κόστος δίνεται από τη σχέση

$$C_{21} = \left[ B_1 + \frac{QB_2}{k_o} \left[ \frac{S_o}{S_f(1 + kV_\ell / Q)} - 1 \right] \right] / (t'Q')$$

ενώ η επαληθεύουσα την ισχύ του Νόμου της φθίνουσας απόδοσης συνάρτηση διαφορικού κόστους (ως προς τη μεταβολή του περιβαλλοντικού προτύπου  $S_f$ ) είναι



**Σχήμα ΠV.1.** Απεικόνιση των δύο περιπτώσεων που αναφέρονται στον προσδιορισμό της δυναμικότητας ( $V_c$  ή  $V_p$ ) της εγκατάστασης επεξεργασίας (τύπου CFSTR ή PFR, αντίστοιχα) αποβλήτων στο πρώτο υπο-σύστημα. Η ελαχιστοποίηση των  $V_c$ ,  $V_p$ , συνεπαγόμενη ελαχιστοποίηση του κεφαλαιακού κόστους, επιτυγχάνεται για  $S_c=S_f$ , όπου  $S_f$  η ανώτατη επιτρεπτή τιμή του  $S$ , σύμφωνα με το ισχύον περιβαλλοντικό πρότυπο ή/και την εγκεκριμένη περιβαλλοντική μελέτη που συνοδεύει τη χορηγηθείς άδεια λειτουργίας της βιομηχανικής επιχείρησης, η οποία παράγει ή απλώς επεξεργάζεται (υπεργολαβικά) υγρά απόβλητα με μέση ογκομετρική παροχή  $Q$  και τιμή δείκτη BOD  $S_0$ .

$$\frac{dC_{21}}{dS_f} = -\frac{QB_2}{k_o t' Q'} \frac{S_0}{(1 + kV_\ell/Q) S_f^2} < 0$$

Στη δεύτερη περίπτωση (εγκατάσταση τύπου PFR, με  $V=V_p$ ), η (3) γράφεται

$$S_f = \frac{S_0 \exp(-k_o V_p/Q)}{1 + kV_\ell/Q} \Rightarrow V_p = \frac{Q}{k_o} \ln \frac{S_0}{S_f (1 + kV_\ell/Q)},$$

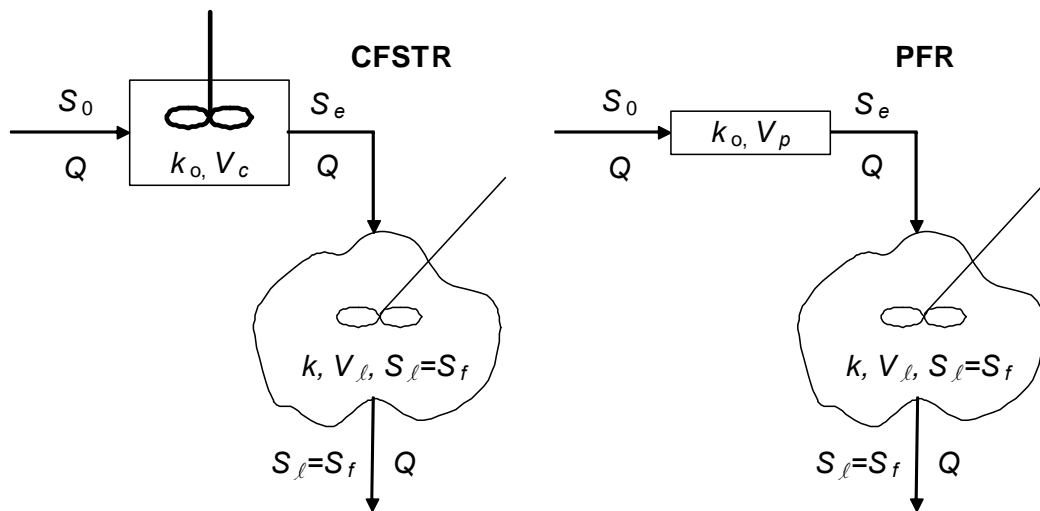
οπότε το κεφαλαιακό κόστος δίνεται από τη σχέση

$$C_{21} = \left[ B_1 + \frac{QB_2}{k_o} \ln \left[ \frac{S_0}{S_f (1 + kV_\ell/Q)} \right] \right] / (t' Q')$$

ενώ η επαληθεύουσα την ισχύ του Νόμου της φθίνουσας απόδοσης συνάρτηση διαφορικού κόστους (ως προς τη μεταβολή του περιβαλλοντικού προτύπου  $S_f$ ) είναι

$$\frac{dC_{21}}{dS_f} = -\frac{QB_2}{k_o t' Q' S_f} < 0$$

Αν  $S_\ell < S_f$ , ο όγκος του αποθηκευμένου στην τεχνητή λίμνη νερού είναι δυνατόν να αυξηθεί μέχρι  $V=V_{\max}$ , οπότε αυξάνονται και τα αποθέματα για βιομηχανική/αγροτική χρήση ενώ μειώνεται η απαιτούμενη δυναμικότητα της εγκατάστασης βιολογικού καθαρισμού, άρα και το αντίστοιχο κεφαλαιακό κόστος. Αυτό μπορεί να γίνει με μηδενισμό της παροχής εξόδου από τη λίμνη, για χρονική περίοδο  $t=(V_{\max}-V_0)/Q$ , όπου  $V=V_0$  για  $t'=0$  και  $Q$  η ογκομετρική παροχή των αποβλήτων από και προς την εγκατάσταση βιολογικού καθαρισμού, στην οποία η τιμή του δείκτη BOD εισόδου και εξόδου είναι  $S'_0$  και  $S_0$ , αντίστοιχα, ενώ ο όγκος της υγρής φάσης είναι  $V_c$  ή  $V_p$ , με τους δείκτες  $c$ ,  $p$  να συμβολίζουν αντιδραστήρες CFSTR ή PFR, αντίστοιχα. Η μεταβολή της μάζας του βιολογικού υλικού στη λίμνη, κατά την περίοδο αυτή, δίνεται από τη σχέση του δυναμικού ισοζυγίου, σε συνθήκες μη σταθεροποιημένης κατάστασης (unsteady state conditions),



**Σχήμα ΠV.2.** Απεικόνιση των δύο περιπτώσεων που αναφέρονται στον προσδιορισμό της δυναμικότητας ( $V_c$  ή  $V_p$ ) της εγκατάστασης επεξεργασίας (τύπου CFSTR ή PFR, αντίστοιχα) αποβλήτων στο δεύτερο υπο-σύστημα. Η ελαχιστοποίηση των  $V_c$ ,  $V_p$ , συνεπαγόμενη ελαχιστοποίηση του κεφαλαιακού κόστους, επιτυγχάνεται για  $S_e = S_f$  σε συνθήκες *a priori* σταθεροποιημένης κατάστασης (steady state conditions), όπου  $S_f$  η ανώτατη επιτρεπτή τιμή του  $S$ , σύμφωνα με το ισχύον περιβαλλοντικό πρότυπο ή/και την εγκεκριμένη περιβαλλοντική μελέτη που συνοδεύει τη χορηγηθείς άδεια λειτουργίας της βιομηχανικής επιχείρησης, η οποία παράγει ή απλώς επεξεργάζεται (υπεργολαβικά) υγρά απόβλητα με μέση ογκομετρική παροχή  $Q$  και τιμή δείκτη BOD  $S_0$ .

$$\frac{d(S \cdot V)}{dt} = Q \cdot S_0 - k \cdot S \cdot V, \text{ όπου } V = V_0 + Q \cdot t, \text{ οπότε έχουμε}$$

$$\frac{dS}{dt} V + \frac{dV}{dt} S = Q \cdot S_0 - k \cdot S \cdot V \Rightarrow \frac{dS}{dt} (V_0 + Q \cdot t) + \frac{d(V_0 + Q \cdot t)}{dt} S = Q \cdot S_0 - k \cdot S \cdot (V_0 + Q \cdot t)$$

$\Rightarrow$

$$\frac{dS}{dt} (V_0 + Q \cdot t) + Q \cdot S = Q \cdot S_0 - k \cdot S \cdot (V_0 + Q \cdot t) \Rightarrow$$

$$\frac{dS}{dt} (V_0 + Q \cdot t) = Q \cdot (S_0 - S) - k \cdot S \cdot (V_0 + Q \cdot t) \Rightarrow \frac{dS}{dt} = \frac{Q \cdot (S_0 - S)}{V_0 + Q \cdot t} - k \cdot S$$

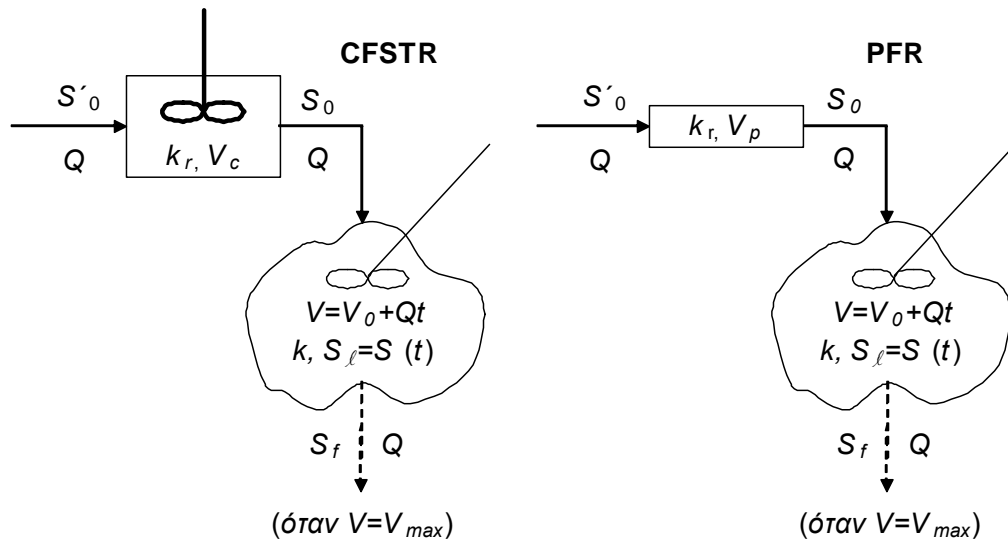
$$\Rightarrow \frac{dS}{dt} = \frac{Q \cdot S_0}{V_0 + Q \cdot t} - \left[ \frac{Q}{V_0 + Q \cdot t} + k \right] \cdot S,$$

η οποία είναι γραμμική διαφορική εξίσωση της μορφής

$$\frac{dy}{dx} = \sigma_1(x) \cdot y + \sigma_2(x) \text{ με γενική λύση που δίνεται από τον τύπο}$$

$$y = \left[ c + \int \sigma_2(x) \cdot e^{-\int \sigma_1(x) dx} dx \right] \cdot e^{\int \sigma_1(x) dx}$$

$$\text{όπου } y=S, x=t, \sigma_1(x) = \left[ \frac{Q}{V_0 + Qt} + k \right] \text{ και } \sigma_2(x) = \frac{QS_0}{V_0 + Qt}.$$



**Σχήμα ΠV.3.** Απεικόνιση των δύο περιπτώσεων που αναφέρονται στον προσδιορισμό της δυναμικότητας ( $V_c$  ή  $V_p$ ) της εγκατάστασης επεξεργασίας (τύπου CFSTR ή PFR, αντίστοιχα) αποβλήτων στο δεύτερο υπο-σύστημα. Η ελαχιστοποίηση των  $V_c$ ,  $V_p$ , συνεπαγόμενη ελαχιστοποίηση του κεφαλαιακού κόστους, επιτυγχάνεται για  $S_f = S_f$  σε συνθήκες *a priori* μη σταθεροποιημένης κατάστασης (unsteady state conditions), όπου  $S_f$  η ανώτατη επιτρεπτή τιμή του  $S$ , σύμφωνα με το ισχύον περιβαλλοντικό πρότυπο ή/και την εγκεκριμένη περιβαλλοντική μελέτη που συνοδεύει τη χορηγηθείς άδεια λειτουργίας της βιομηχανικής επιχείρησης, η οποία παράγει ή απλώς επεξεργάζεται (υπεργολαβικά) υγρά απόβλητα με μέση ογκομετρική παροχή  $Q$  και τιμή δείκτη BOD  $S_0$ .

Εφαρμόζοντας το τύπο αυτόν, έχουμε

$$S = \left[ c + \int \left[ \frac{Q \cdot S_0}{V_0 + Q \cdot t} \right] \cdot \exp \left( \int \left[ \frac{Q}{V_0 + Q \cdot t} + k \right] dt \right) dt \right] \cdot \exp \left( \int - \left[ \frac{Q}{V_0 + Q \cdot t} + k \right] dt \right)$$

Λαμβάνοντας υπ' όψη ότι  $d(V_0 + Q \cdot t) = d(Q \cdot t) = Q \cdot dt$ , εκτελούμε τις σχετικές πράξεις, οπότε προκύπτει

$$\begin{aligned} \exp \left\{ \int \left[ \frac{Q}{V_0 + Q \cdot t} + k \right] dt \right\} &= \exp \left\{ \int \left[ \frac{1}{V_0 + Q \cdot t} \right] d(V_0 + Q \cdot t) + k \cdot \int dt \right\} \\ &= \exp \left[ \ln(V_0 + Q \cdot t) - \ln(V_0) + k \cdot t \right] = \frac{V_0 + Q \cdot t}{V_0} \cdot \exp(k \cdot t) \end{aligned}$$

$$S = \left[ c + \int \frac{Q \cdot S_0}{V_0 + Q \cdot t} \cdot \frac{V_0 + Q \cdot t}{V_0} \cdot \exp(k \cdot t) dt \right] \cdot \left[ \frac{V_0 + Q \cdot t}{V_0} \cdot \exp(k \cdot t) \right]^{-1} \Rightarrow$$

$$S = \left[ c + \frac{Q \cdot S_0}{V_0} \cdot \int \exp(k \cdot t) dt \right] \cdot \frac{V_0}{V_0 + Q \cdot t} \cdot \exp(-k \cdot t) \Rightarrow$$

$$S = \left[ c + \frac{Q \cdot S_o}{V_o} \cdot \frac{\exp(k \cdot t) - \exp(0)}{k} \right] \cdot \frac{V_o}{V_o + Q \cdot t} \cdot \exp(-k \cdot t) \Rightarrow$$

$$S = \left[ c + \frac{Q \cdot S_o \cdot (e^{k \cdot t} - 1)}{k \cdot V_o} \right] \cdot \frac{V_o}{V_o + Q \cdot t} \cdot e^{-k \cdot t}$$

$$\text{Για } t=0, S=S_a \Rightarrow S_a = \left[ c + \frac{Q \cdot S_o \cdot (1-1)}{k \cdot V_o} \right] \cdot \frac{V_o}{V_o + Q \cdot t} \cdot 1 \Rightarrow S_a = c \cdot \frac{V_o}{V_o + Q \cdot t}$$

$$\Rightarrow c = S_a \cdot \frac{V_o + Q \cdot t}{V_o}, \text{ οπότε } S = S_a \cdot e^{-k \cdot t} + S_o \cdot \frac{1 - e^{-k \cdot t}}{\left( \frac{V_o}{Q} + t \right) \cdot k}$$

Λαμβάνοντας υπ' όψη ότι, για την ελαχιστοποίηση του κεφαλαιακού κόστους, πρέπει  $S=S_f$ , έχουμε

(I) όταν στην εγκατάσταση βιολογικής επεξεργασίας των οικιακού τύπου λυμάτων και βιομηχανικών οργανικών αποβλήτων χρησιμοποιείται CFSTR (οπότε  $S_o / S'_o = [1 + k_r V_c / Q]^1$ , όπου  $k_r$  η σταθερά της ταχύτητας αποδόμησης/εξουδετέρωσης του οργανικού φορτίου των αποβλήτων στην εγκατάσταση επεξεργασίας)

$$S_f = S_a e^{-kt} + \frac{S_o(1 - e^{-kt})}{[1 + k_r V_c / Q](V_o / Q + t)k} \Rightarrow V_c = \frac{Q}{k_r} \left[ \frac{S'_o(1 - e^{-kt})}{(S_f - S_a e^{-kt})(V_o / Q + t)k} - 1 \right]$$

οπότε το κεφαλαιακό κόστος δίνεται από τη σχέση

$$C_{21} = \left[ B_1 + \frac{B_2 Q}{k_r} \left[ \frac{S'_o(1 - e^{-kt})}{(S_f - S_a e^{-kt})(V_o / Q + t)k} - 1 \right] \right] / (t'Q')$$

ενώ η επαληθεύσουςα την ισχύ του Νόμου της φθίνουσας απόδοσης συνάρτηση διαφορικού κόστους (ως προς τη μεταβολή του περιβαλλοντικού προτύπου  $S_f$ ) είναι

$$\frac{dC_{21}}{dS_f} = - \frac{QB_2}{k_r t'Q'} \frac{S'_o(1 - e^{-kt})}{(V_o / Q + t)k} \frac{1}{(S_f - S_a e^{-kt})^2} < 0$$

(II) όταν στην εγκατάσταση βιολογικής επεξεργασίας των οικιακού τύπου λυμάτων και βιομηχανικών οργανικών αποβλήτων χρησιμοποιείται PFR (οπότε  $S_o / S'_o = \exp[-k_r V_p / Q]$ , όπου  $k_r$  η σταθερά της ταχύτητας αποδόμησης/εξουδετέρωσης του οργανικού φορτίου των αποβλήτων στην εγκατάσταση επεξεργασίας)

$$S_f = S_a e^{-kt} + \frac{S'_o(1 - e^{-kt})(e^{-k_r \frac{V_p}{Q}})}{(V_o / Q + t)k} \Rightarrow V_p = \frac{Q}{k_r} \ln \frac{S'_o(1 - e^{-kt})}{(S_f - S_a e^{-kt})(V_o / Q + t)k}$$

οπότε το κεφαλαιακό κόστος δίνεται από τη σχέση

$$C_{21} = \left[ B_1 + \frac{QB_2}{k_r} \ln \frac{S'_o(1 - e^{-kt})}{(S_f - S_a e^{-kt})(V_o / Q + t)k} \right] / (t'Q')$$

ενώ η επαληθεύσουσα την ισχύ του Νόμου της φθίνουσας απόδοσης συνάρτηση διαφορικού κόστους (ως προς τη μεταβολή του περιβαλλοντικού προτύπου  $S_f$ ) είναι

$$\frac{dC_{21}}{dS_f} = -\frac{QB_2}{k_r t' Q'} \frac{1}{(S_f - S_a e^{-kt})} < 0.$$

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΡΑΙΑ

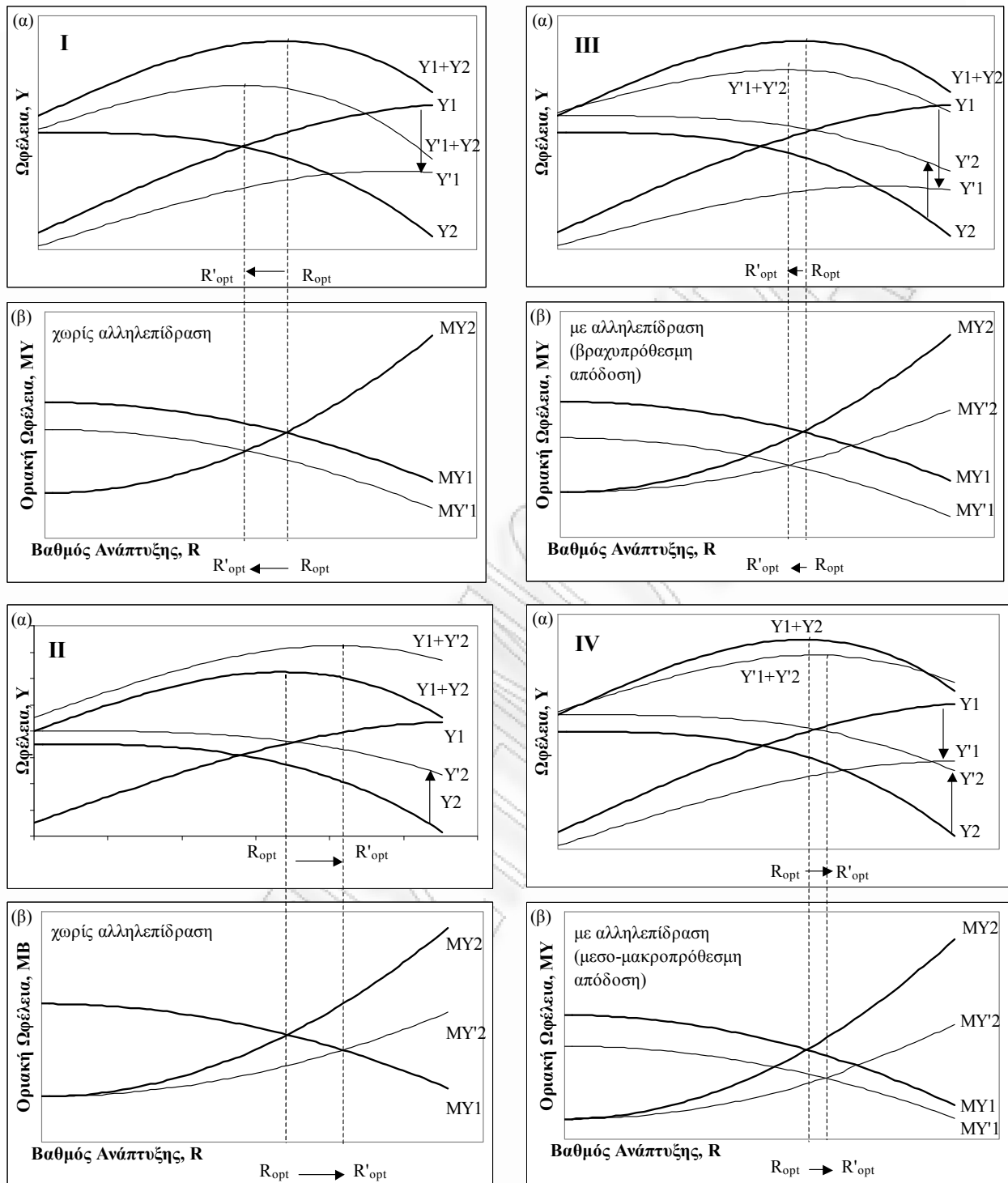
### 3 Διερεύνηση των Παραγόντων της Αλληλεπίδρασης Περιβαλλοντικού Κόστους και Περιφερειακής Ανάπτυξης (Κριτήρια $f_3$ και $f_6$ )

#### 3.1 Εισαγωγή

Η συμβατικού τύπου ανάπτυξη του πρωτογενούς και δευτερογενούς τομέα της παραγωγής σε μία ελληνική περιφέρεια συνήθως προκαλεί περιβαλλοντική υποβάθμιση. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι σπάνια τηρούνται περιβαλλοντικές δεσμεύσεις (όταν υπάρχουν σε ικανοποιητικό επίπεδο και προδιαγράφονται σαφώς στα έγγραφα που συνοδεύουν την άδεια λειτουργίας της βιομηχανικής/εξορυκτικής/ενεργειακής επιχείρησης) και ακόμη σπανιότερα χωροθετούνται οι σχετικές δραστηριότητες σε περιοχές όπου έχουν *a priori* δημιουργηθεί κατάλληλες υποδομές.

Για την διερεύνηση των παραγόντων της αλληλεπίδρασης περιβαλλοντικού κόστους και περιφερειακής ανάπτυξης (κριτήρια  $f_3$  και  $f_6$ ), μπορούμε να αναλύσουμε τη συνολική ωφέλεια  $Y(R)$  (σε περιφερειακό επίπεδο) σε δύο κύριες συνιστώσες, την οικονομική και την περιβαλλοντική,  $Y_1(R)$  και  $Y_2(R)$ , αντίστοιχα, όπου  $R$  ο βαθμός ανάπτυξης της περιοχής, όπως αυτός προσδιορίζεται από την εκμετάλλευση ΦΠ από τον πρωτογενή και τον δευτερογενή τομέα της παραγωγής (κυρίως εξορυκτικές και βιομηχανικές/ενεργειακές επιχειρήσεις). Η συνάρτηση  $Y_1(R)$  είναι αύξουσα αλλά με φθίνοντα ρυθμό (τουλάχιστον από τινος και εφ'εξής όπου είναι μονότονη) λόγω της εμφάνισης/ισχύος του νόμου της φθίνουσας απόδοσης, δηλ.  $dY_1/dR > 0$  και  $d^2Y_1/dR^2 < 0$  (Σχήμα 3.1). Η συνάρτηση  $Y_2(R)$  είναι φθίνουσα αλλά με αλγεβρικός φθίνοντα ρυθμό ή απολύτως αύξοντα ρυθμό, δηλ.  $dY_2/dR < 0$  και  $d^2Y_2/dR^2 < 0$  ή  $d|dY_2/dR|/dR > 0$ .



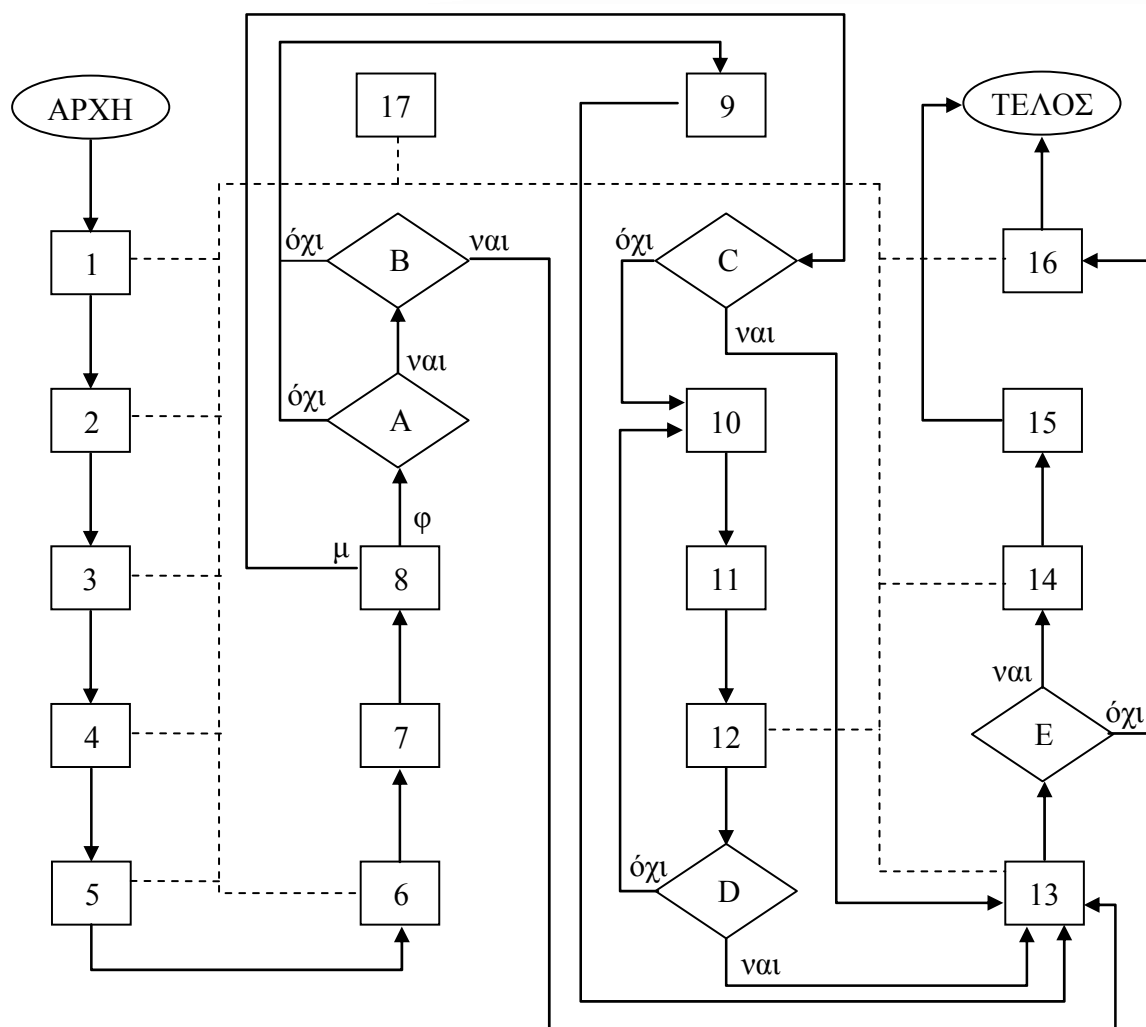


**Σχήμα 3.1.** Εξάρτηση της συνολικής ωφέλειας  $Y$  (αναλύομενης σε οικονομική και περιβαλλοντική συνιστώσα,  $Y_1$  και  $Y_2$ , αντίστοιχα) από το βαθμό ανάπτυξης  $R$  (του πρωτογενούς ή δευτερογενούς τομέα της παραγωγής) σε περιφέρεια με εκμεταλλεύσιμους ΦΠ. (I) & (II): ανεξάρτητες (δηλ. χωρίς αλληλεπίδραση) μετατοπίσεις των καμπυλών  $Y_1$  και  $Y_2$ , λόγω μεταφοράς/εξαγωγής εισοδήματος εκτός της περιφέρειας (υπό μορφή αμοιβών της εργασίας ή του κεφαλαίου) και βελτίωσης της ποιότητας του περιβάλλοντος με εισαγόμενους πόρους (υπό μορφή επιχορηγήσεων ή ανταποδοτικών τελών, βλ. Ενότητα 3.3), εθνικής ή κοινοτικής προέλευσης. (III) & (IV): αλληλοεξαρτώμενες (δηλ. με αλληλεπίδραση) σύγχρονες μετατοπίσεις των καμπυλών  $Y_1$  και  $Y_2$ , λόγω μεταφοράς οικονομικών πόρων από το εισόδημα στην περιβαλλοντική αναβάθμιση με επενδύσεις σε αντίστοιχα έργα.

### 3.2 Μεθοδολογία της Διερεύνησης

Το μεθοδολογικό πλαίσιο που αναπτύχθηκε υπό μορφή αλγοριθμικής διαδικασίας για τη διερεύνηση των παραγόντων της αλληλεπίδρασης περιβαλλοντικού κόστους και περιφερειακής ανάπτυξης, περιλαμβάνει 17 στάδια δραστηριότητας και 5 κόμβους απόφασης. Η διασύνδεση σταδίων-κόμβων φαίνεται στο Σχήμα 3.2.

1. Προσδιορισμός/οριοθέτηση και μελέτη/περιγραφή του χώρου εντός του οποίου επιδιώκεται η διερεύνηση των παραγόντων της αλληλεπίδρασης περιβαλλοντικού κόστους και περιφερειακής ανάπτυξης.
2. Διάκριση υπο-χώρων με κριτήρια πληθυσμιακής κατανομής και ύπαρξης εκμεταλλεύσιμων/εκμεταλλεόμενων Φυσικών Πόρων (ΦΠ).
3. Μελέτη/καταγραφή πραγματικών περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων ανά υπο-χώρο.
4. Διαπίστωση/καταγραφή της στάσης των κατοίκων στο περιβαλλοντικό/αναπτυξιακό πρόβλημα ανά υπο-χώρο.
5. Συλλογή κριτηρίων αποτίμησης περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων και περιφερειακής ανάπτυξης.
6. Σύνθεση σεναρίων περιφερειακής ανάπτυξης με περιβαλλοντική βελτίωση.
7. Πολυκριτηριακή κατάταξη σεναρίων με σύγχρονη υπόδειξη προτεραιοτήτων.
8. Οικονομική αποτίμηση όλων των επιβαρύνσεων και κατηγοριοποίηση αυτών σε υφιστάμενες (φ) και μελλοντικές (μ), σε σχέση με επιχειρήσεις που ήδη λειτουργούν ή ευρίσκονται στη φάση της αδειοδότησης, αντίστοιχα.
9. Διαπραγματεύσεις με τις ήδη λειτουργούσες επιχειρήσεις για τον ακριβή προσδιορισμό και τον τρόπο καταβολής της διαφοράς, λαμβάνοντας υπ' όψη την καλύτερη διαθέσιμη αντιρυπαντική τεχνολογία που δεν συνεπάγεται αυξημένο κόστος, ρήτρα γνωστή ως BATNEEC (Best Available Technique Not Entailing Excessive Cost).
10. Διαπραγμάτευση με τις επιχειρήσεις που βρίσκονται στη φάση της αδειοδότησης, εφαρμόζοντας όσα περιλαμβάνονται στο στάδιο 9.
11. Κατάλληλη παρουσίαση των αποτελεσμάτων της διαπραγμάτευσης για δημόσια διαβούλευση.
12. Αποτύπωση της γνώμης του κοινού (public) και των άμεσα ενδιαφερομένων/εμπλεκόμενων (stake holders) μέσω κυκλοφορίας εξειδικευμένου ερωτηματολογίου διερεύνησης WTP/WTA και κατάλληλης επεξεργασίας των απαντήσεων.



**Σχήμα 3.2.** Το μεθοδολογικό πλαίσιο, υπό μορφή αλγοριθμικής διαδικασίας που αναπτύχθηκε για τη διερεύνηση των παραγόντων της αλληλεπίδρασης περιβαλλοντικού κόστους και περιφερειακής ανάπτυξης (κριτήρια  $f_3$  και  $f_6$ ).

13. Προσδιορισμός επιπτώσεων στους παράγοντες που επηρεάζουν την περιφερειακή ανάπτυξη.
14. Ταυτοποίηση παραμέτρων (parameter identification) για την αποκατάσταση ενός γνωσιολογικού συνεχούς (continuum) με βαθύτερα φαινομενολογικά επίπεδα.
15. Επίδραση στις ταυτοποιημένες παραμέτρους και τις εξηγητικές μεταβλητές με προσεγγίσεις/τεχνικές Κανονιστικής Οικονομικής (Normative Economics) για την βελτιστοποίηση του επιδιωκόμενου αποτελέσματος (μεγιστοποίηση της ωφέλειας).
16. Διαστασιακή ανάλυση, εμπειρική εκτίμηση των συντελεστών στο κατάλληλο πλήρες σύνολο αδιάστατων ομάδων και επίδραση στις ανεξάρτητες μεταβλητές με προσεγγίσεις/τεχνικές Κανονιστικής Οικονομικής για την βελτιστοποίηση του επιδιωκόμενου αποτελέσματος (μεγιστοποίηση της ωφέλειας).

17. Δημιουργία/λειτουργία./εμπλουτισμός/ενημέρωση μιας Βάσης Γνώσης (Knowledge Base –KB). Έρευνα σε εξωτερικές Βάσεις Πληροφοριών/Γνώσης με τη βοήθεια ευφυούς μηχανισμού αναζήτησης (Intelligent Agent – IA), σύμφωνα με την τεχνική που περιγράφεται στην [1].
- A. Καταβάλλονται συμφωνημένες αποζημιώσεις (βάσει της Αρχής ‘ο ρυπαίνων πληρώνει’ – the Polluter Pays Principle –γνωστή ως 3P) από τις επιχειρήσεις που είναι υπεύθυνες για τις υφιστάμενες περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις;
- B. Είναι τα καταβαλλόμενα ποσά τουλάχιστον ίσα με αυτά που προσδιορίστηκαν στο στάδιο 8;
- C. Είναι οι αποζημιώσεις αποδεκτές (ως προς το ποσό και τον τρόπο καταβολής) από τον κατά Νόμον υπεύθυνο για την περιβαλλοντική επιβάρυνση;
- D. Υπάρχει τελική έκβαση των διαπραγματεύσεων που οδηγεί σε συμφωνία ή διαφωνία, με αποτέλεσμα την καταβολή της αποζημίωσης ή την απόρριψη της αδειοδότησης;
- E. Έχουν διαμορφωθεί ποσοτικά υποδείγματα με παραμέτρους των οποίων είναι εφικτή η εκτίμηση βάσει στατιστικών στοιχείων;

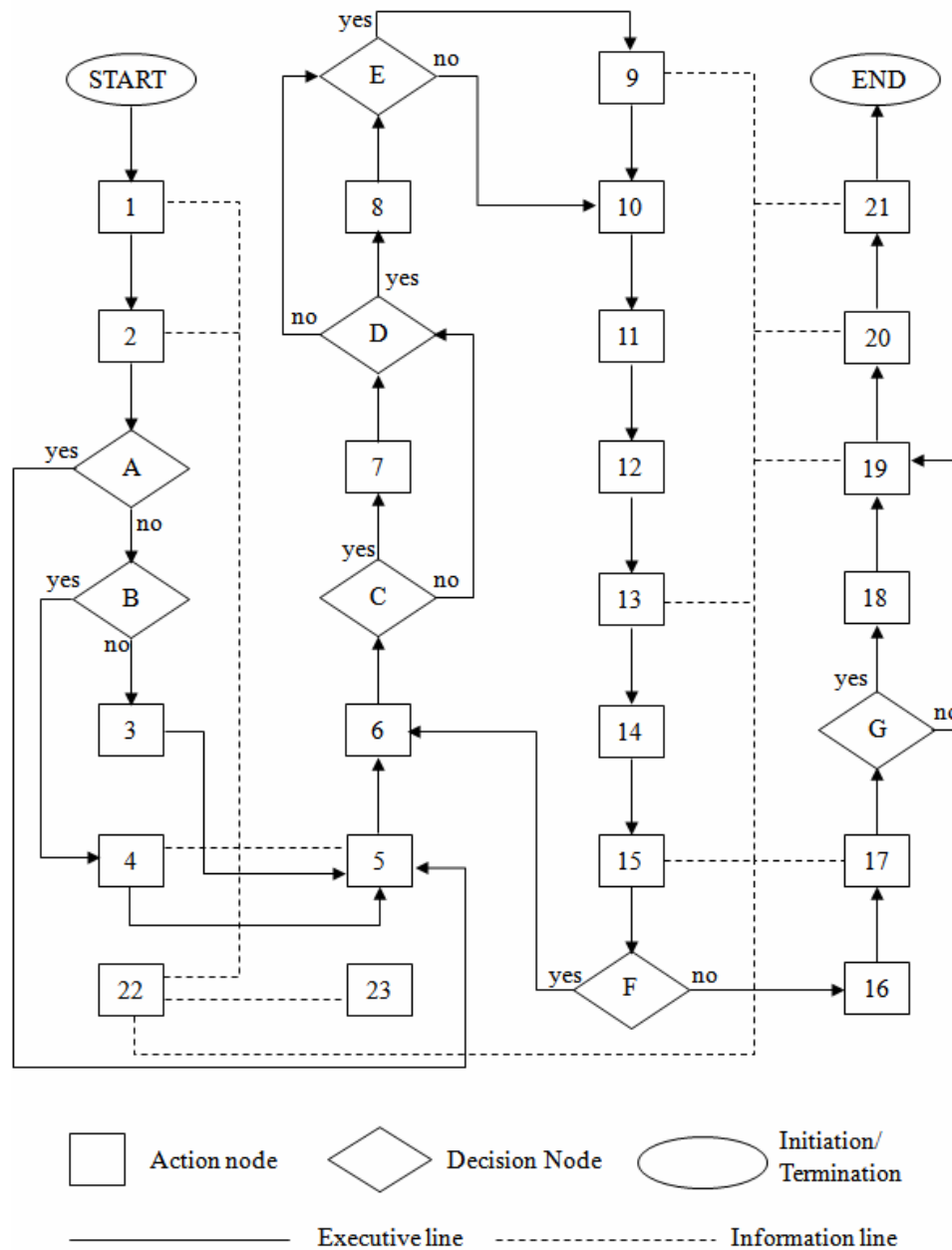
### **3.3 Ταυτοποίηση Παραμέτρων σε Μακροοικονομικό Υπόδειγμα Συνδυασμού Περιφερειακής Ανάπτυξης και Αποζημίωσης Λόγω Περιβαλλοντικής Υποβάθμισης**

Η ταυτοποίηση παραμέτρων (parameter identification) μπορεί να συμβάλλει στην απόκτηση γνώσης, επειδή το αντίστοιχο υπόδειγμα (μοντέλο) γίνεται πιο επεξηγηματικό. Το υπόδειγμα μπορεί να βασίζεται είτε σε έναν υποκείμενο μηχανισμό είτε σε μια εμπειρική σχέση μεταξύ αδιάστατων ομάδων. Η πρώτη προσπάθεια εφαρμογής της διαστασιακής ανάλυσης στην Οικονομική έγινε από τον Allais [2] και αρκετοί συγγραφείς συνεισέφεραν αργότερα στη διάχυση της σχετικής γνώσης [3,4]. Στην παρούσα Ενότητα παρουσιάζεται μια αξιόπιστη μεθοδολογία που αναπτύχθηκε για την απόκτηση γνώσης μέσω ταυτοποίησης οικονομικών παραμέτρων με μοντελοποίηση και διαστασιακή ανάλυση, προκειμένου να αυξηθεί η ‘διαψευσιμότητα’ (falsifiability) και ‘προοδευτικότητα’ (progressiveness) του υποδείγματος (κατά Popper και Lakatos [5,6], αντίστοιχα). Προκειμένου να διατηρηθεί η Αρχή της Συνέπειας, δεν μεταβάλλεται η κύρια δομή του υποδείγματος, δηλ. δεν επιτρέπεται η διαλεκτική αλληλεπίδραση φόρμας και περιεχομένου κατά τη διαδικασία ταυτοποίησης των παραμέτρων.

### 3.3.1 Μεθοδολογία της Εφαρμογής

Το μεθοδολογικό πλαίσιο που σχεδιάστηκε/αναπτύχθηκε υπό τη μορφή αλγοριθμικής διαδικασίας για την απόκτηση γνώσης μέσω ταυτοποίησης οικονομικών παραμέτρων με μοντελοποίηση και διαστασιακή ανάλυση, περιλαμβάνει 23 εκτελεστικά στάδια, τα οποία ενεργοποιούνται/ελέγχονται μέσω 7 κόμβων απόφασης (βλ. Σχήμα 3.3).

1. Προσδιορισμός του υπό μελέτη οικονομικού συστήματος.
2. Επιλογή των διαθέσιμων αναλυτικών οικονομικών υποδειγμάτων τα οποία περιγράφουν ικανοποιητικά μία κύρια λειτουργία του συστήματος.
3. Απαλοιφή των υποδειγμάτων που δεν μπορούν να μετατραπούν κατάλληλα ώστε να παρουσιάσουν διαστασιακή ομοιογένεια.
4. Αποκατάσταση της διαστασιακής ομοιογένειας σε όλες τις περιπτώσεις.
5. Κατάταξη των υποδειγμάτων κατά σειρά αυξανόμενης πολυπλοκότητας.
6. Εξέταση του απλούστερου υποδείγματος (που δεν έχει εξετασθεί μέχρι τώρα) και μείωση του αριθμού των διαστασιακών μεταβλητών/παραμέτρων/σταθερών (ΜΠΣ) βάσει του γνωσιολογικού υποβάθρου του ίδιου υποδείγματος.
7. Διαχωρισμός διαστάσεων (dimension splitting), με την προϋπόθεση ότι (i) η σχέση που προκύπτει ενισχύει την επεξηγησιμότητα (explainability) και (ii) το αποτέλεσμα ικανοποιεί τις *a priori* γνωστές τιμές των οριακών συνθηκών [7].
8. Συγχώνευση των αδιάστατων αριθμών/ομάδων.
9. Αναλυτικός (explicit) προσδιορισμός των ευρέως αναγνωρισμένων αδιάστατων αριθμών/ομάδων υπό την πλέον κατάλληλη για το συγκεκριμένο υπο-σύστημα μορφή.
10. Ομαδοποίηση των αδιάστατων ΜΠΣ προκειμένου να προκύψουν σύνολα αδιάστατων ομάδων με πραγματικό νόημα στην οικονομική ανάλυση.
11. Διαστασιακή ανάλυση (i) με χρήση της υπολογιστικής έκδοσης της μεθόδου Rayleigh και (ii) λαμβάνοντας υπ' όψη τις ομάδες που σχηματίστηκαν *a priori* στο στάδιο 10.
12. Ταυτοποίηση παραμέτρων λαμβάνοντας υπ' όψη την εξηγησιμότητά τους στην αντίστοιχη Οικονομική Θεωρία.
13. Στατιστική εκτίμηση των τιμών των παραμέτρων και των δύο υποδειγμάτων, του αναλυτικού/απαγωγικού (εάν υπάρχει) και του αδιάστατου/εμπειρικού, και ανάλυση ευαισθησίας.



**Σχήμα 3.3.** Το μεθοδολογικό πλαίσιο που αναπτύχθηκε υπό τη μορφή αλγοριθμικής διαδικασίας για την απόκτηση γνώσης μέσω ταυτοποίησης οικονομικών παραμέτρων με μοντελοποίηση και διαστασιακή ανάλυση.

14. Σύγκριση (i) των αριθμητικών τιμών που προέκυψαν από τα δύο υποδείγματα και (ii) των πεδίων ευρωστίας (domains of robustness).
15. Συμπεράσματα ως προς την ισχύ του κάθε υποδείγματος.
16. Επιλογή του πλέον αξιόπιστου υποδείγματος.
17. Ταυτοποίηση παραμέτρων λαμβάνοντας υπ' όψη τα κατάντη (κατά σειρά αυξανόμενης πολυπλοκότητας) υποδείγματα.
18. Μετατόπιση ανάντη μέχρι να απαλειφθεί η σύγκρουση.

19. Τελική πρόταση για το υπόδειγμα και τις παραμέτρους αυτού, όπως ταυτοποιήθηκαν στην αντίστοιχη επιστημονική περιοχή.
  20. Ενσωμάτωση στο πλέον συναφές θεωρητικό πεδίο.
  21. Συγκριτική αναγνώριση της προοδευτικότητας του υποδείγματος υπό την έννοια ενός 'Ερευνητικού Προγράμματος' (Research Programme, κατά Lakatos [6]).
  22. Δημιουργία/λειτουργία/εμπλουτισμός/επικαιροποίηση της Βάσης Γνώσης (KB).
  23. Δημιουργία/λειτουργία μηχανισμού αναζήτησης (intelligent agent) σε άλλες Βάσεις Πληροφοριών/Γνώσης, σύμφωνα με τη μεθοδολογία που έχει αναπτυχθεί στην [1].
- A. Είναι αυτά τα υποδείγματα διαστασιακώς ομοιογενή;
  - B. Είναι δυνατή η αποκατάσταση διαστασιακής ομοιογένειας σε όλες τις περιπτώσεις;
  - C. Είναι ο διαχωρισμός των διαστάσεων απαραίτητος ή συμβάλλει στην αύξηση του επιπέδου ανάλυσης της πληροφορίας σε σχέση με τουλάχιστον μία διαστασική ΜΠΣ;
  - D. Είναι εφικτή και πρακτική η συγχώνευση των αριθμών/ομάδων;
  - E. Υπάρχουν κάποιες ευρέως αναγνωρισμένες αδιάστατες ομάδες (εμφανιζόμενες συνήθως με τη μορφή οικονομικού δείκτη) που έχουν ήδη χρησιμοποιηθεί για να περιγράψουν μία χαρακτηριστική υπο-λειτουργία του υπό μελέτη οικονομικού συστήματος;
  - F. Υπάρχει κάποιο υπόδειγμα που δεν εξετασθεί ακόμη;
  - G. Υπάρχει σύγκρουση μεταξύ των παραμέτρων που ταυτοποιήθηκαν σε υψηλότερα επίπεδα ανάλυσης της πληροφορίας, δηλ. μεταξύ των υποδειγμάτων αυξημένης πολυπλοκότητας;

### 3.3.2 Εφαρμογή

Η παραπάνω αναφερόμενη μεθοδολογία εφαρμόστηκε πειραματικά στην περίπτωση ταυτοποίησης παραμέτρων στο υπόδειγμα 'Αλληλεπίδρασης' του Samuelson [8], όπως τροποποιήθηκε στην [9] ώστε να προσαρμοσθεί επιτυχώς σε θέματα αιεφόρου ανάπτυξης. Η περίπτωση που μελετάται αφορά σε τρεις νομούς της Ελλάδας (Κοζάνη και Φλώρινα στη Βόρεια Ελλάδα και Αρκαδία στην Νότια Ελλάδα), όπου η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ) εκμεταλλεύεται λιγνιτωρυχεία, αποζημιώνοντας τις τοπικές Αρχές με το ποσό  $H_t$  (περίπου το 0,4% του ετήσιου ακαθάριστου εισοδήματός της). Αυτή η οικονομική ενίσχυση, την οποία ονομάζουμε Αποζημίωση Εκμετάλλευσης Λιγνιτωρυχείων (ΑΕΛ), διατίθεται προκειμένου να χρησιμοποιηθεί για την περιφερειακή ανάπτυξη και την προστασία του περιβάλλοντος στους τρεις νομούς. Προκειμένου να τροποποιήσουμε περαιτέρω τις σχέσεις που χρησιμοποιήθηκαν στην [9], θεωρούμε ότι η πραγματοποιούμενη ιδιωτική επένδυση  $I_t$  σε

κάθε περίοδο  $t$  είναι ανάλογη της αύξησης  $C_t - C_{t-1}$  της κατανάλωσης κατά την τελευταία χρονική περίοδο σε σχέση με την προηγούμενη. Στη σχέση αυτή εισάγουμε ένα ποσό εξωτερικής επένδυσης  $H_t$  ίσο με την ΑΕΛ:

$$I_t = \beta[C_t - C_{t-1}] + hH_t \quad (1)$$

Το τοπικό Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (ΑΕΠ)  $Y_t$  της περιφέρειας όπου χορηγείται η ΑΕΛ, προσδιορίζεται από την ακόλουθη σχέση, η οποία είναι ευρέως αποδεκτή στη μακροοικονομική θεωρία και πρακτική:

$$Y_t = C_t + I_t + gG_t \quad (2)$$

όπου το κλάσμα  $g$  της κρατικής δαπάνης  $G_t$  για την περιφερειακή ανάπτυξη προσδιορίζεται εξωγενώς και η δαπάνη κατανάλωσης  $C_t$ , σε κάθε περίοδο  $t$ , είναι ανάλογη του τοπικού ΑΕΠ κατά την προηγούμενη περίοδο:

$$C_t = aY_{t-1} \quad (3)$$

Ο συντελεστής αναλογίας  $a$  στην (3) ονομάζεται 'οριακή ροπή προς κατανάλωση' και αντιπροσωπεύει την αναλογία μιας μικρής αύξησης στο τοπικό εισόδημα η οποία και θα διατεθεί από τους κατοίκους για την κάλυψη των αναγκών τους. Σύμφωνα με τον 'θεμελιώδη ψυχολογικό νόμο' του J.M. Keynes, ο συντελεστής  $a$  μειώνεται όταν το τοπικό εισόδημα αυξάνεται, δηλ. όσο πλουσιότεροι γίνονται οι κάτοικοι της περιοχής τόσο αυξάνεται η αναλογία του εισοδήματός τους που μπορεί να αποταμιευθεί.

Αντικαθιστώντας την (3) και (2) στην (1), έχουμε:

$$Y_t = a(1 + \beta)Y_{t-1} - a\beta Y_{t-2} + gG_t + hH_t \quad (4)$$

Με την προϋπόθεση ότι δεν εισάγονται στο εθνικό σύστημα ηλεκτροπαραγωγής νέα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας βάσει του λιγνίτη, ο ρυθμός εκμετάλλευσης των λιγνιτωρυχείων είναι σταθερός. Κατά συνέπεια, το  $H_t$  είναι ανεξάρτητο του χρόνου  $t$ , ενώ το  $G_t$  είναι επίσης σταθερό, σε συνθήκες σταθεροποιημένης κατάστασης. Σύμφωνα με το θεώρημα Buckingham (pi Theorem), μπορούμε να σχηματίσουμε 4 αδιάστατες ομάδες από την αντίστοιχη πεπλεγμένη (implicit) συνάρτηση  $Y_t = f(Y_{t-1}, Y_{t-2}, G_t, H_t)$ , επειδή υπάρχουν 5 ΜΠΣ και μόνο 1 διάσταση, δηλ.  $[NT^{-1}]$ , όπου  $N$  οι νομισματικές μονάδες και  $T$  ο χρόνος. Και οι δύο μεταβλητές λαμβάνονται ως μία καθώς παρουσιάζονται πάντα με τη μορφή αναλογίας. Ένα παράδειγμα τέτοιου ολοκληρωμένου συνόλου, αποτελούμενου από μέλη με γνωσιακή σημασία (cognitive significance) είναι το ακόλουθο:

$$\frac{Y_t}{Y_{t-1}} = a_0 \left( \frac{Y_{t-2}}{Y_{t-1}} \right)^{a_1} \left( \frac{G_t}{Y_{t-1}} \right)^{a_2} \left( \frac{H_t}{Y_{t-1}} \right)^{a_3} \quad (5)$$



Το υπόδειγμα πολλαπλασιαστή-επιταχυντή (multiplier-accelerator model), που χρησιμοποιήθηκε παραπάνω στη διερεύνηση των οικονομικών επιπτώσεων της επένδυσης ΑΕΛ σε μία περιοχή όπου λειτουργούν λιγνιτωρυχεία, είναι σχετικά απλό και απαιτείται περαιτέρω ανάλυση με πιο πολύπλοκη μοντελοποίηση. Για το σκοπό αυτό, ενσωματώνουμε την ΑΕΛ σε ένα δυναμικό υπόδειγμα, όπου το εισόδημα και το υπάρχον κεφάλαιο μίας περιόδου προσδιορίζουν την επένδυση και την κατανάλωση της επόμενης περιόδου, ενώ οι αλλαγές σε αυτά τα τελευταία οικονομικά μεγέθη καθορίζουν τις αλλαγές στο εισόδημα και το υπάρχον κεφάλαιο της μεθεπόμενης περιόδου, κ.ο.κ. Ως βάση για μια τέτοια αλληλεπίδραση συναρτήσεως του χρόνου λαμβάνεται το υπόδειγμα Duesenberry [10], όπου εισάγουμε την κρατική δαπάνη  $G_t$  και την εξωγενή επένδυση  $H_t$  στον ορισμό του  $Y_t$ :  $Y_t = C_t + I_t + G_t + H_t$ ,  $I_t = I_{bt} + I_{ht}$ , όπου  $I_{bt}$  και  $I_{ht}$  αντιπροσωπεύουν την επιχειρηματική και οικοδομική επένδυση, αντίστοιχα. Οι χρησιμοποιούμενες εξηγητικές μεταβλητές (ευρισκόμενες στα δεξιά μέλη των παραπάνω εκφράσεων) δίνονται ως ακολούθως:

$$C_t = f_1(Y_{dt-1}, C_{t-1}) \quad (6)$$

$$I_{bt} = f_2(Y_{t-1}, K_{bt-1}, E_{t-1}, P_{t-1}, D_{t-1}, R_{t-1}) \quad (7)$$

$$I_{ht} = f_3(Y_{t-1}, K_{ht-1}) \quad (8)$$

$$P_t = f_4(Y_t, K_{bt-1}) \quad (9)$$

$$d_t = f_5(P_{t-1}, d_{t-1}) \quad (10)$$

όπου  $R$  = λογιστική απόσβεση,  $K_b$  = επιχειρηματικό μετοχικό κεφάλαιο,  $K_h$  = κεφαλαιακό απόθεμα υπό μορφή οικοδομικών έργων,  $P$  = κέρδη (περιλαμβανομένων όσων δεν έχουν διανεμηθεί),  $d$  = μερίσματα μετοχών,  $E$  = μη διανεμηθέντα (ίδια) κέρδη της εταιρείας;  $D$  = εταιρικό χρέος;  $Y_d$  = διαθέσιμο περιφερειακό εισόδημα στα χέρια των ιδιωτών, το οποίο δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$Y_{dt} = Y_t - P_t + d_t - R_{bt} - R_{ht} \quad (11)$$

Η λογιστική απόσβεση για τους τομείς των εμπορικών/βιομηχανικών επιχειρήσεων και της οικοδομικής δραστηριότητας είναι ανάλογη του μετοχικού κεφαλαίου αυτών:

$$R_{bt} = xK_{bt}, \quad R_{ht} = yK_{ht} \quad (12)$$

όπου το μετοχικό κεφάλαιο δίνεται από τις ακόλουθες ισόμορφες σχέσεις, οι οποίες είναι ισοζύγια υπό μορφή απλών ταυτοτήτων:

$$K_{bt} = K_{bt-1} + I_{bt} - R_{bt}, \quad K_{ht} = K_{ht-1} + I_{ht} - R_{ht} \quad (13)$$

Επίσης, έχουμε εξ' ορισμού:

$$D_t = D_{t-1} + I_{bt} - R_t - E_t, \quad E_t = P_t - d_t \quad (14)$$

δηλ. το εταιρικό χρέος είναι το αλγεβρικό άθροισμα χρέους της προηγούμενης περιόδου, της επιχειρηματικής επένδυσης, της λογιστικής απόσβεσης και των αδιανέμητων (ίδιων) κερδών (κέρδη μείον μετοχικό μέρισμα).

Προκειμένου να ακολουθήσουμε την μοντελοποίηση Duesenberry [10]: (i) αγνοούμε τις αναφερόμενες στην οικοδομική δραστηριότητα εξισώσεις ώστε το σύστημα να περιλαμβάνει μόνο την εταιρική επένδυση, η επίδραση της οποίας είναι εντονότερη, (ii) απαλείφουμε την κατανάλωση της προηγούμενης χρονικής περιόδου από τη εμφανιζόμενη στη συνάρτηση (6) κατανάλωσης (6) και τα μετοχικά μερίσματα της προηγούμενης περιόδου από τα εμφανιζόμενα στην εξίσωση (10) μερίσματα, και (iii) αναδιαρθρώνουμε τις σχέσεις των μεταβλητών με τρόπο ώστε η επένδυση να εξαρτάται από τα κέρδη και τα κέρδη από το υπάρχον κεφάλαιο στο τέλος μάλλον παρά στην αρχή κάθε χρονικής περιόδου, οπότε η σχέση  $R_t = x K_{t-1}$  ισχύει μόνο για τις εκφράσεις που δίνουν τις  $I_t$  και  $K_t$ , δηλ. τις (7α) και (13α), αντίστοιχα, αλλά όχι την  $C_t$ . Με αυτές τις παραδοχές, οι αντίστοιχες εξισώσεις διαμορφώνεται ως ακολούθως:

$$C_t = f_1(Y_{t-1} + d_t - P_{t-1} - R_{t-1}) \quad (6\alpha)$$

$$I_t = f_2(Y_{t-1}, K_{t-1}, P_{t-1}, R_t) \quad (7\alpha)$$

$$P_t = f_4(Y_t, K_t) \quad (9\alpha)$$

$$d_t = f_5(P_{t-1}) \quad (10\alpha)$$

$$K_t = K_{t-1} + I_t - R_t \quad (13\alpha)$$

Με αντικατάσταση λαμβάνουμε το ακόλουθο μη πλήρες σύστημα εξισώσεων:

$$C_t = f_1[(Y_{t-1} - f_4(Y_{t-1}, K_{t-1}) - xK_{t-1}), f_5(f_4(Y_{t-1}, K_{t-1}))] \quad (6\beta)$$

$$I_t = f_2[(Y_{t-1}, K_{t-1}, f_4(Y_{t-1}, K_{t-1}), xK_{t-1}] \quad (7\beta)$$

$$K_t = K_{t-1} + I_t - xK_{t-1} \quad (13\beta)$$

Εκφράζοντας αυτές τις εξισώσεις με γραμμική μορφή και λαμβάνοντας υπ' όψη τον βασικό ορισμό του περιφερειακού ΑΕΠ  $Y_t$ , έχουμε το ακόλουθο πλήρες σύστημα:

$$\begin{aligned} Y_t &= C_t + I_t + G_t + H_t & C_t &= \varepsilon Y_{t-1} + \zeta K_{t-1} \\ I_t &= \gamma Y_{t-1} + \delta K_{t-1} & K_t &= (1 - x)K_{t-1} + I_t \end{aligned}$$

Με αντικατάσταση λαμβάνουμε τις σχέσεις που δίνουν το περιφερειακό ΑΕΠ  $Y_t$  και το κεφάλαιο  $K_t$ , όταν τα  $H$  και  $G$  έχουν σταθερές τιμές:

$$Y_t = (\gamma + \varepsilon)Y_{t-1} + (\delta + \zeta)K_{t-1} + hH + gG \quad (15)$$

$$K_t = \gamma Y_{t-1} + [\delta + (1-x)]K_{t-1} \quad (16)$$

Απαλείφοντας την  $K_{t-1}$  από τις εξισώσεις αυτές, λαμβάνουμε:

$$\begin{aligned} (\delta + \zeta)K_t &= (\delta + 1 - x)Y_t + [\gamma(\delta + \zeta) - (\gamma + \varepsilon)] \\ &(\delta + 1 - x)Y_{t-1} - [\delta + (1-x)](gG + hH) \end{aligned} \quad (17)$$

Προκειμένου να συνάγουμε μια εξίσωση διαφορών για το περιφερειακό ΑΕΠ, συνδυάζουμε την (15) με την (17) για να απαλείψουμε την  $K_t$ . Το τελικό αποτέλεσμα είναι:

$$\begin{aligned} Y_t - [(\gamma + \varepsilon) + (\delta + 1 - x)]Y_{t-1} - \\ [\gamma(\delta + \zeta) - (\gamma + \varepsilon)(\delta + 1 - x)]Y_{t-2} &= (x - \delta)(hH + gG) \end{aligned} \quad (18)$$

Καθώς η (18) είναι της ίδιας μορφής με την (4), επιτεύχθηκε ταυτοποίηση παραμέτρων σε ένα υψηλότερο επίπεδο ανάλυσης της πληροφορίας ή σε ένα βαθύτερο φαινομενολογικό επίπεδο μέσω της ολοκληρωμένης εξίσωσης διαφορών δευτέρας τάξεως που αντιπροσωπεύει το αναλυτικό υπόδειγμα που προέκυψε αρχικά από τις εξισώσεις (1), (2) και (3). Υιοθετώντας τις παραδοχές του Κοορος [11], δηλ. πολύ μικρή απόσβεση και αμελητέα σύνδεση μεταξύ κατανάλωσης και του υπάρχοντος κεφαλαίου (υποδηλώνοντας  $x \cong 0$  και  $\zeta \cong 0$ , αντίστοιχα) και  $\delta = -1$ , λαμβάνουμε την έκφραση:

$$Y_t - (\gamma + \varepsilon)Y_{t-1} + \gamma Y_{t-2} = gG + hH \quad (19)$$

η οποία ταυτίζεται με την (4) για  $\varepsilon = a$  και  $\gamma = a\beta$ .

Πέραν αυτών, η εφαρμογή της διαστασιακής ανάλυσης, σύμφωνα με τις [12-14], δίνει

$$\frac{Y_t}{Y_{t-1}} = a_0 \left( \frac{Y_{t-2}}{Y_{t-1}} \right)^{a_1} \left( \frac{G_t}{Y_{t-1}} \right)^{a_2} \left( \frac{H_t}{Y_{t-1}} \right)^{a_3} \left( \frac{\delta}{1-x} \right)^{a_4} \left( \frac{\zeta}{1-x} \right)^{a_5} \quad (20)$$

καθώς  $\delta, \zeta, (1-x) \in [T^{-1}]$ , δηλ. όλα αυτά είναι διαστασιακοί συντελεστές. Κατά συνέπεια, η ταυτοποίηση παραμέτρων με διαστασιακή ανάλυση εμπλουτίζει το υπόδειγμα (5) των αδιάστατων ομάδων, με δύο όρους επιπρόσθετης γνωσιακής σημασίας.

### 3.3.3 Κριτική της Εφαρμογής

Το μεθοδολογικό πλαίσιο απόκτησης γνώσης μέσω ταυτοποίησης οικονομικών παραμέτρων που παρουσιάσαμε με τη μορφή αλγοριθμικής διαδικασίας 23 εκτελεστικών σταδίων και 7 κόμβων απόφασης, λειτουργεί ικανοποιητικά, όπως αποδείχθηκε από την

τροποποίηση του υποδείγματος ‘αλληλεπίδρασης’ του Samuelson σε συνδυασμό με ένα αντίστοιχο πλέον εξηγητικό υπόδειγμα βασισμένο στη κατά Duesenberry ανάλυση, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στην μελέτη της ανάπτυξης περιοχών στις οποίες πραγματοποιείται εκμετάλλευση λιγνιτωρυχείων και δίνεται αποζημίωση στις Τοπικές Αρχές (πέραν της κρατικής επιχορήγησης). Η λεπτομερής απαγωγική εξαγωγή και των δύο υποδειγμάτων κατέδειξε ότι απόκτηση γνώσης μπορεί να επιτευχθεί και με διαστασιακή ανάλυση. Το γεγονός αυτό δεν είναι προφανές όταν τα υποδείγματα χρησιμοποιούνται στην τελική τους μορφή, καθώς οι παραδοχές που γίνονται χάριν απλοποίησης μπορεί να αποκρύψουν κάποια διαστασιακή ανομοιογένεια, η οποία πιθανόν να εισάγει επιπρόσθετες διαστάσεις κατά τη διαδικασία αποκατάστασης της διαστασιακής ομοιογένειας. Στην περίπτωση που παρουσιάστηκε στην Ενότητα αυτή, η λεπτομερής μελέτη του υποδείγματος που βασίστηκε στην κατά του Duesenberry ανάλυση αποκάλυψε τρεις διαστασιακές παραμέτρους, οι οποίες έδωσαν δύο πρόσθετες αδιάστατες ομάδες στο τελικό υπόδειγμα. Ο εμπλουτισμός αυτός θα ήταν αδύνατος εάν υιοθετούσαμε τις παραδοχές του Κοορος [11], καθώς οι υποκρυπτόμενες παραδοχές εξαφανίζουν τις παραμέτρους εμπλουτισμού της γνώσης.

Η μεθοδολογία που παρουσιάστηκε στην παρούσα Ενότητα δεν επιτρέπει απλοποιήσεις τέτοιου είδους, οι οποίες γίνονται συχνά για να δείξουν τον ισομορφισμό των υποδειγμάτων (αγνοώντας συνήθως τις διαστασιακές διαφορές μεταξύ των ΜΠΣ που έχουν την έννοια αποθέματος και ροής). Η χρήση μιας εξίσωσης διαφορών, που αντιπροσωπεύει έναν οικονομικό μηχανισμό ή μία εμπειρική σχέση, μπορεί να δικαιολογήσει την παράβλεψη αυτή, καθώς το υπάρχον κεφάλαιο σε δεδομένη περίοδο και το εισόδημα της ίδιας περιόδου φαίνονται να έχουν την ίδια διάσταση, δηλ. [N]. Παρ’όλα αυτά, δίνοντας αυτό το εννοιολογικό περιεχόμενο (στις ΜΠΣ, προσδιορισμένες σε διακριτό χρονικό πεδίο, η εξίσωση διαφορών στερείται της ισχύος της για τον υπό μελέτη χρονικό ορίζοντα. Στην παρούσα Ενότητα αποδεικνύεται ότι αν παραβλέψουμε τη διαστασιακή ομοιογένεια χάριν απλοποίησης (ιδιαίτερα όταν η μοντελοποίηση ασχολείται μόνο με την εκτίμηση των αριθμητικών τιμών κάποιων παραμέτρων), χάνουμε την ευκαιρία να χρησιμοποιήσουμε την μοντελοποίηση και τη διαστασιακή ανάλυση για την απόκτηση γνώσης σε βαθύτερα φαινομενολογικά επίπεδα.

### **3.4 Εφαρμογή στην Πειραματική Οικονομική (WTP/WTA)**

Στην Περιβαλλοντική Οικονομική, η αξιολόγηση της μεταβολής (βελτίωσης ή χειροτέρευσης) κατάστασης επιφέρουσας περιβαλλοντικές επιπτώσεις συνιστά μία βασική μέθοδο εκτίμησης εξωτερικών οικονομιών με έρευνα πεδίου, κατά την οποίαν επιχειρείται η

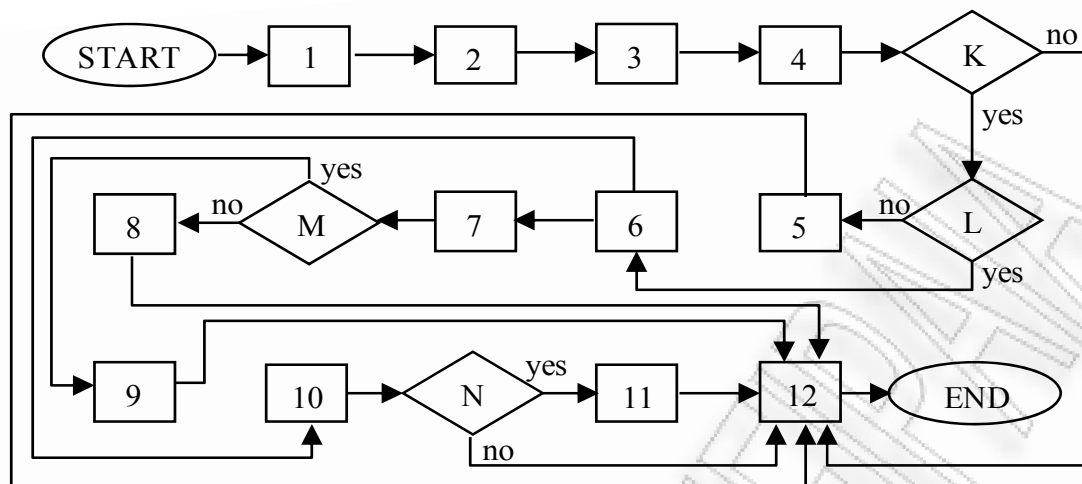
ποσοτική αποτύπωση της περιβαλλοντικής ευαισθησίας όσων κατοικούν σε μία περιοχή (που υφίσταται τις συνέπειες της υποβάθμισης) ή/και δραστηριοποιούνται σε αυτήν (για παράδειγμα, βλ. [12-22]). Η αποτύπωση αυτή επιχειρείται μέσω ερωτήσεων για το ύψος (i) του μέγιστου ποσού που προτίθεται ο ερωτώμενος να πληρώσει προκειμένου να μειωθεί η περιβαλλοντική επιβάρυνση (Willingness To Pay – WTP) ή (ii) του ελάχιστου ποσού που προτίθεται ο ερωτώμενος να δεχθεί ως αποζημίωση, προκειμένου να συναινέσει στην περιβαλλοντική επιβάρυνση (Willingness To Accept – WTA). Μία αντίστοιχη εφαρμογή που έχουμε αναπτύξει παρουσιάζεται στο [23]. Τα αντίστοιχα ερωτηματολόγια πρέπει να περιλαμβάνουν ερωτήσεις για τα εισοδήματα, το μορφωτικό επίπεδο, το είδος των οικονομικών συμφερόντων και την επαγγελματική απασχόληση κάθε ερωτώμενου, καθώς και την απόσταση της κατοικίας ή/και της επαγγελματικής στέγης/δραστηριότητας ή/και των περιουσιακών στοιχείων του από την πηγή όχλησης/ρύπανσης.

Το μεθοδολογικό πλαίσιο που σχεδιάστηκε/αναπτύχθηκε υπό τη μορφή αλγοριθμικής διαδικασίας για την εκτίμηση εξωτερικών οικονομιών με έρευνα πεδίου βάσει των δεικτών WTP/WTA, περιλαμβάνει 12 εκτελεστικά στάδια, τα οποία ενεργοποιούνται/ελέγχονται μέσω 4 κόμβων απόφασης (βλ. Σχήμα 3.4).

1. Σύνθεση σεναρίων, αναφερόμενων στην απομάκρυνση διαφόρων πηγών όχλησης/ρύπανσης και πολυκριτηριακή επιλογή του βέλτιστου, με κριτήρια περιβαλλοντικά, οικονομικά και κοινωνικά.
2. Λεπτομερής περιγραφή του σεναρίου που έχει επιλεγεί, με τρόπο κατανοητό από εκείνους προς τους οποίους απευθύνεται το ερωτηματολόγιο.
3. Ανάλυση κόστους εφαρμογής του σεναρίου και προσδιορισμός του τρόπου αποπληρωμής των προγραμματιζόμενων απαραίτητων αλλαγών, περιλαμβανομένων των αποζημιώσεων όσων ενδεχομένως πληγούν (από άμεση/έμμεση προσωρινή/μόνιμη στέρηση εισοδήματος) λόγω των αλλαγών αυτών.
4. Εξέταση των χαρακτηριστικών του μελετώμενου πληθυσμού, προσδιορισμός αντιπροσωπευτικού δείγματος αυτού και σχεδίαση/κυκλοφορία του ερωτηματολογίου.
5. Απάντηση του ερωτώμενου υποκειμένου ως εάν είχε την οικονομική δυνατότητα να συμβάλει.
6. Απάντηση του ερωτώμενου υποκειμένου με βάση τη δήλωσή του ότι έχει την οικονομική δυνατότητα να συμβάλει.
7. Εκτίμηση του συνολικού ποσού  $S$ , το οποίον ο μελετώμενος συνολικός πληθυσμός προτίθεται να πληρώσει, βάσει των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από την

επεξεργασία των (σχετικών με WTP) απαντήσεων και σύγκριση με την απαιτούμενη ελάχιστη δαπάνη  $C$  για την εφαρμογή του εξεταζόμενου σεναρίου.

8. Πρόταση για την εφαρμογή του σεναρίου, λαμβάνοντας υπ' όψη ένα εύλογο ποσοστό  $a$  του  $S$ .
  9. Υπολογισμός της διαφοράς  $C-aS$  και, στην (αναμενόμενη) περίπτωση όπου αυτή είναι θετική, πρόταση κάλυψης της διαφοράς με επιχορήγηση.
  10. Εκτίμηση του συνολικού ποσού  $W$  το οποίο ο μελετώμενος συνολικός πληθυσμός προτίθεται να δεχθεί ως αποζημίωση, βάσει των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από την επεξεργασία των (σχετικών με WTA) απαντήσεων, και σύγκριση με το μέγιστο ποσό  $P$  που δέχεται ο ρυπαίνων να πληρώσει (WTP, από την πλευρά του), προκειμένου να εξακολουθήσει να ρυπαίνει ή να πραγματοποιήσει οχλούσα δραστηριότητα, στην περίπτωση που η εγκατάσταση ευρίσκεται σε λειτουργία ή στο στάδιο του σχεδιασμού, αντίστοιχα.
  11. Πρόταση στο ρυπαίνοντα να καταβάλει (άμεσα ή έμμεσα) την αιτούμενη αποζημίωση στον πληθυσμό ή/και στους ενδιαφερόμενους, με την προϋπόθεση ότι η ρύπανση δεν υπερβαίνει τις τιμές των περιβαλλοντικών προτύπων που έχουν καθορισθεί από τις αρμόδιες Αρχές.
  12. Επεξεργασία γνώσης που αποκτήθηκε κατά την CE-διαδικασία προκειμένου να χρησιμοποιηθεί για τον εμπλουτισμό της τοπικής ΚΒ.
- K. Έχει το ερωτώμενο υποκείμενο την πρόθεση να συμβάλει, πληρώνοντας όπως καθορίζεται στο στάδιο 3;
- L. Έχει το ερωτώμενο υποκείμενο την δυνατότητα (δηλ. σχετικό εισόδημα εντός προκαθορισμένων ορίων, που έχουν προσδιορισθεί μακροοικονομικά) να συμβάλει, πληρώνοντας όπως καθορίζεται στο στάδιο 3;
- M. Ισχύει η ανίσωση  $S < C$ ;
- N. Ισχύει η ανίσωση  $W < P$ ;



**Σχήμα 3.4.** Το μεθοδολογικό πλαίσιο που αναπτύχθηκε υπό τη μορφή αλγοριθμικής διαδικασίας για την εκτίμηση εξωτερικών οικονομιών με έρευνα πεδίου βάσει των δεικτών WTP/WTA.

Η μέθοδος εκτίμησης της επιχορήγησης αναπτύσσεται στο Κεφάλαιο 6, όπου η ωφέλεια για την πολιτεία (δηλ. το Κοινωνικό Σύνολο) είναι η περιβαλλοντική βελτίωση, η οποία αποτιμάται εν μέρει ως εξοικονόμηση πόρων ή διαφυγόντα έσοδα.

Για την εκτίμηση των δεικτών WTP/WTA, προκειμένου να συλλέξουμε πληροφορία για τη στάση του κοινού σε μία υποβαθμιζόμενη περιοχή, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ως επίπεδο αναφοράς είτε την τρέχουσα κατάσταση είτε μία κατάσταση του παρελθόντος, όταν το περιβάλλον ήταν σχεδόν παρθένο. Στην πρώτη περίπτωση, το ερωτηματολόγιο βασίζεται στην έννοια της ‘περιβαλλοντικής βελτίωσης’. Στη δεύτερη περίπτωση, βασίζεται στην έννοια της ‘περιβαλλοντικής αποκατάστασης’. Γενικά, οι δραστηριότητες αποκατάστασης (ελκόμενες από τον ιδανικό στόχο – ‘pull activities’) τείνουν στον περιορισμό των ζημιών ενώ οι περιβαλλοντικές δραστηριότητες (ωθούμενες από την παρούσα κατάσταση – ‘push activities’) επιχειρούν να επιτύχουν/εμφανίσουν κέρδη. Σε αρκετές περιπτώσεις, όπως είναι τα γεγονότα ατυχηματικής ρύπανσης μιας περιοχής (π.χ. εμφάνιση πετρελαιοκηλίδας στη θάλασσα, μετά από ναυάγιο δεξαμενόπλοιου), η διαφορά μεταξύ των δραστηριοτήτων αυτών είναι σαφής και αναμφισβήτητη ενώ είναι προφανές ότι η επιλογή του δείκτη WTP ως βάση οικονομικής αποτίμησης ζημιών μπορεί να οδηγήσει σε υποεκτίμηση της περιβαλλοντικής υποβάθμισης. Σε άλλες περιπτώσεις, η επιλογή της βάσης για την αποτίμηση των περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων, όπως αυτές προκύπτουν από την έκφραση γνώμης ευρύτερα του κοινού (public) και στενότερα των άμεσα ενδιαφερομένων/εμπλεκόμενων (stake holders), δεν είναι προφανής και αναμφισβήτητη, επειδή εξαρτάται από τις διαθέσιμες εναλλακτικές

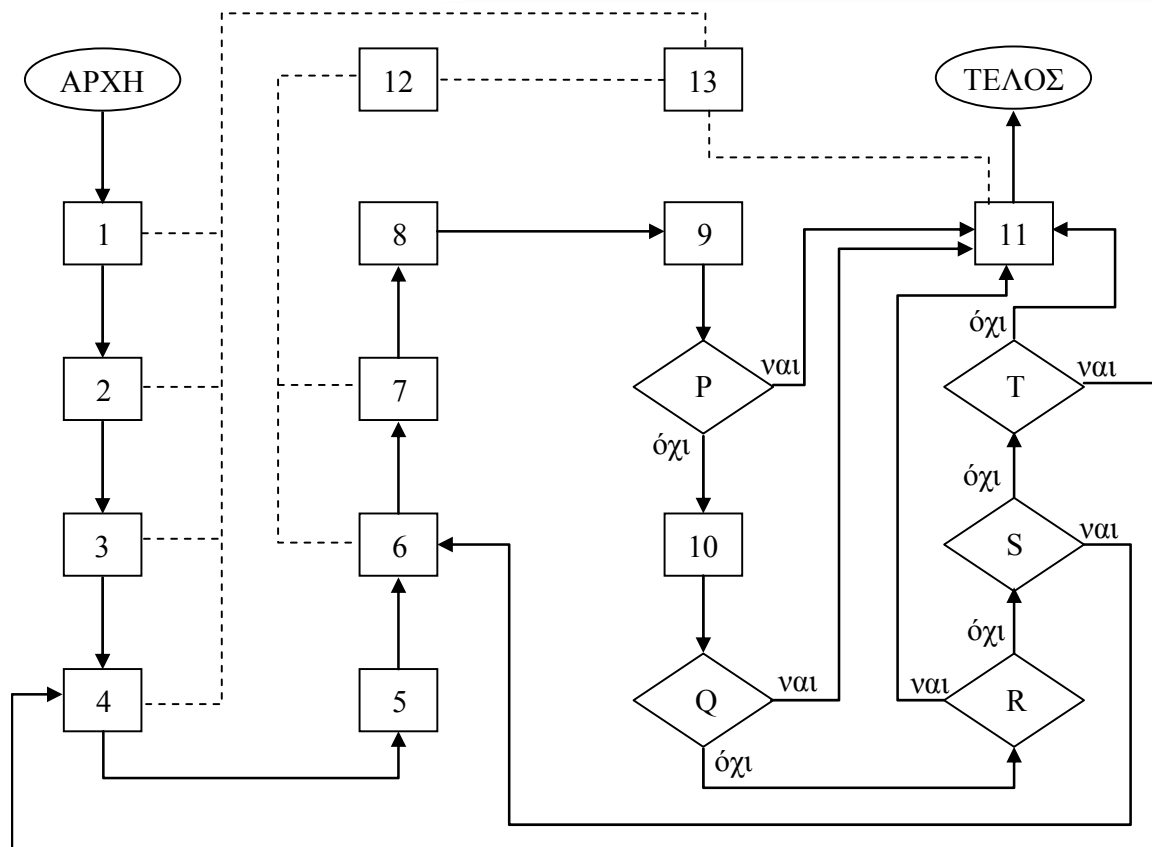
λύσεις (για τη λύση του περιβαλλοντικού προβλήματος), που θεωρούνται εφικτές κατά την τρέχουσα συγκυρία.

### **3.5 Εφαρμογή στον προσδιορισμό αποζημίωσης για περιβαλλοντική επιβάρυνση, μέσω συνδυασμού πολυκριτηριακών μητρών**

Το μεθοδολογικό πλαίσιο που σχεδιάστηκε/αναπτύχθηκε υπό τη μορφή αλγοριθμικής διαδικασίας για τον προσδιορισμό αποζημίωσης για περιβαλλοντική επιβάρυνση, μέσω συνδυασμού πολυκριτηριακών μητρών, περιλαμβάνει 13 εκτελεστικά στάδια, τα οποία ενεργοποιούνται/ελέγχονται μέσω 5 κόμβων απόφασης (βλ. Σχήμα 3.5).

1. Εκτίμηση της εκμεταλλευσιμότητας των ΦΠ που υπάγονται στη δικαιοδοσία του συγκεκριμένου περιβαλλοντικού φορέα (Κοινότητα, Δήμος, Νομαρχία, Περιφερειακή Διεύθυνση Υπουργείου ή άλλου Κεντρικού Φορέα), αναφερόμενου στη συνέχεια ως ΟΤΑ (Οργανισμός Τοπικής Αυτοδιοίκησης).
2. Επιλογή ΦΠ προς παραχώρηση για εκμετάλλευση από ιδιωτική επιχείρηση, αναφερόμενη στη συνέχεια ως ΙΕ.
3. Βοηθούμενη από Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (Geographical Information System – GIS) συλλογή  $m$  τοποθεσιών  $A_j$  ( $j=1,2,\dots,m$ ) κατάλληλων για εκμετάλλευση του επιλεχθέντος ΦΠ, όπως εκτιμάται από την πλευρά της προσφοράς (supply side).
4. Επιλογή των κριτηρίων  $f_i$  ( $i=1,2,\dots,n$ ) που είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν από τον ΟΤΑ για την κατάταξη των  $A_j$  κατά σειρά φθίνουσας προτεραιότητας για την παραχώρηση σε ΙΕ.
5. Εκτίμηση (i) των βαρών  $u_i$  των στοιχείων του διανύσματος των κριτηρίων και (ii) των βαθμών  $b_{ij}$  των στοιχείων της μήτρας προτίμησης (weights vector και preference matrix, αντίστοιχα), υπό μορφή ασαφών αριθμών, ώστε να απεικονίζεται η αβεβαιότητα των εμπειρογνομόνων της χρησιμοποιούμενης μεθόδου Delphi, και πολυκριτηριακή κατάταξη των  $A_j$ , συμβολιζόμενη με  $A_j(f,u,b)$ .
6. Μελέτη των ίδιων τοποθεσιών  $A_j$  από την ενδιαφερόμενη ΙΕ, δηλ. από την πλευρά της ζήτησης (demand side).
7. Επιλογή των κριτηρίων  $g_i$  ( $i=1,2,\dots,n'$ ) που είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν από την ΙΕ για την κατάταξη των  $A_j$  κατά σειρά φθίνουσας προτίμησης.
8. Εκτίμηση (i) των βαρών  $w_i$  των στοιχείων του διανύσματος των κριτηρίων και (ii) των βαθμών  $a_{ij}$  των στοιχείων της μήτρας προτίμησης (weights vector και preference matrix, αντίστοιχα), υπό μορφή ασαφών αριθμών, ώστε να απεικονίζεται η αβεβαιότητα των





**Σχήμα 3.5.** Το μεθοδολογικό πλαίσιο που αναπτύχθηκε υπό τη μορφή αλγοριθμικής διαδικασίας για τον προσδιορισμό αποζημίωσης για περιβαλλοντική επιβάρυνση, μέσω συνδυασμού πολυκριτηριακών μητρών.

εμπειρογνομόνων της χρησιμοποιούμενης μεθόδου Delphi, και πολυκριτηριακή κατάταξη των  $A_j$ , συμβολιζόμενη με  $A_j(g,w,a)$ .

9. Σύγκριση των  $A_j(g,w,a)$  και  $A_j(f,u,b)$ , που έχουν προκύψει από την εκτέλεση των σταδίων 8 και 5, αντίστοιχα.
  10. Προσδιορισμός της ελάχιστης οικονομικής αποζημίωσης από πλευράς ΙΕ, ώστε η πρώτη τοποθεσία στην νέα σειρά  $A_j(f,u,b)$  να συμπέσει με την πρώτη στην παλαιά σειρά  $A_j(g,w,a)$ .
  11. Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν και της διαδικασίας που ακολουθήθηκε, με εφαρμογή ενός συνδυασμού post-Delphi και meta-Delphi (αναφερόμενων στο περιεχόμενο και τη φόρμα, αντίστοιχα) στο ίδιο τελικό στάδιο, προκειμένου να εξοικονομηθεί χρόνος και προσπάθεια.
  12. Δημιουργία/λειτουργία/εμπλουτισμός ΚΒ από την πλευρά της ΙΕ.
  13. Δημιουργία/λειτουργία/εμπλουτισμός ΚΒ από την πλευρά του ΟΤΑ.
- P. Συμπίπτουν οι προτεινόμενες τοποθεσίες στις σειρές κατάταξης  $A_j(g,w,a)$  και  $A_j(f,u,b)$ ;

- Q. Συμπίπτει η πρώτη της νέας σειράς  $A_j (g,w,a)$  με την πρώτη της παλαιάς σειράς, όπως αυτή έχει προκύψει με την εκτέλεση του σταδίου 8;
- R. Είναι η πρώτη της παλαιάς σειράς  $A_j (f,u,b)$  συμφέρουσα για την ΙΕ;
- S. Υπάρχει άλλη ενδιαφερόμενη ΙΕ;
- T. Εξετάζεται το ενδεχόμενο αλλαγής/μεταβολή των κριτηρίων  $f_i$ , από τον ΟΤΑ, υπό το φως της νέας πληροφορίας που αποκτήθηκε κατά την εκτέλεση των προηγούμενων σταδίων;

### 3.6 Σύνοψη – Συμπεράσματα

Στο παρόν Κεφάλαιο διερευνώνται οι παράγοντες της αλληλεπίδρασης περιβαλλοντικού κόστους και περιφερειακής ανάπτυξης (κριτήρια  $f_3$  και  $f_6$ ), με βάση το δεδομένο ότι η συμβατικού τύπου ανάπτυξη του πρωτογενούς και δευτερογενούς τομέα της παραγωγής σε μία ελληνική περιφέρεια συνήθως προκαλεί περιβαλλοντική υποβάθμιση. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι σπάνια τηρούνται περιβαλλοντικές δεσμεύσεις (όταν υπάρχουν σε ικανοποιητικό επίπεδο και προδιαγράφονται σαφώς στα έγγραφα που συνοδεύουν την άδεια λειτουργίας της βιομηχανικής/εξορυκτικής/ενεργειακής επιχείρησης) και ακόμη σπανιότερα χωροθετούνται οι σχετικές δραστηριότητες σε περιοχές όπου έχουν *a priori* δημιουργηθεί κατάλληλες υποδομές. Για την διερεύνηση των παραγόντων της αλληλεπίδρασης αυτής αναλύουμε τη συνολική ωφέλεια  $Y(R)$  (σε περιφερειακό επίπεδο) σε δύο κύριες συνιστώσες, την οικονομική και την περιβαλλοντική,  $Y_1(R)$  και  $Y_2(R)$ , αντίστοιχα, όπου  $R$  ο βαθμός ανάπτυξης της περιοχής, όπως αυτός προσδιορίζεται από την εκμετάλλευση Φυσικών Πόρων (ΦΠ) από τον πρωτογενή και τον δευτερογενή τομέα της παραγωγής (κυρίως εξορυκτικές και βιομηχανικές/ενεργειακές επιχειρήσεις). Ιδιαίτερα μελετώνται οι περιπτώσεις (i) μεταφοράς/εξαγωγής εισοδήματος εκτός της περιφέρειας (υπό μορφή αμοιβών της εργασίας ή του κεφαλαίου) και βελτίωσης της ποιότητας του περιβάλλοντος με εισαγόμενους πόρους (υπό μορφή επιχορηγήσεων ή ανταποδοτικών τελών), εθνικής ή κοινοτικής προέλευσης, και (ii) μεταφοράς οικονομικών πόρων από το εισόδημα στην περιβαλλοντική αναβάθμιση με επενδύσεις σε αντίστοιχα έργα.

Το μεθοδολογικό πλαίσιο που αναπτύχθηκε υπό μορφή αλγοριθμικής διαδικασίας για τη διερεύνηση των παραγόντων της αλληλεπίδρασης περιβαλλοντικού κόστους και περιφερειακής ανάπτυξης, περιλαμβάνει 17 στάδια δραστηριότητας και 5 κόμβους απόφασης.

Στη συνέχεια, μελετάται η ταυτοποίηση παραμέτρων σε μακροοικονομικό υπόδειγμα συνδυασμού περιφερειακής ανάπτυξης και αποζημίωσης (compensation) λόγω περιβαλλοντικής υποβάθμισης. Παρουσιάζεται μία περίπτωση ταυτοποίησης παραμέτρων

στο υπόδειγμα ‘Αλληλεπίδρασης’ του Samuelson, όπως το έχουμε τροποποιήσει ώστε να προσαρμοσθεί επιτυχώς σε θέματα αειφόρου ανάπτυξης. Η ειδική περίπτωση που μελετάται αφορά σε τρεις νομούς της Ελλάδας (Κοζάνη και Φλώρινα στη Βόρεια Ελλάδα και Αρκαδία στην Νότια Ελλάδα), όπου η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ) εκμεταλλεύεται λιγνιτωρυχεία, αποζημιώνοντας τις τοπικές Αρχές με το ποσό  $H_t$  (περίπου το 0,4% του ετήσιου ακαθάριστου εισοδήματός της). Αυτή η οικονομική ενίσχυση, την οποίαν ονομάζουμε Αποζημίωση Εκμετάλλευσης Λιγνιτωρυχείων (ΑΕΛ), διατίθεται προκειμένου να χρησιμοποιηθεί για την περιφερειακή ανάπτυξη και την προστασία του περιβάλλοντος στους τρεις νομούς.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται μία κριτική της εφαρμογής, στην οποίαν επισημαίνονται οι βελτιώσεις που επήλθαν με την παραπάνω τροποποίησή μας και αποτρέπουν απλοποιήσεις, οι οποίες γίνονται συχνά για να δείξουν τον ισομορφισμό των υποδειγμάτων (αγνοώντας συνήθως τις διαστασιακές διαφορές μεταξύ των διαστασιακών Μεταβλητών Παραμέτρων Σταθερών (ΜΠΣ) που έχουν την έννοια αποθέματος και ροής). Η χρήση μιας εξίσωσης διαφορών, που αντιπροσωπεύει έναν οικονομικό μηχανισμό ή μία εμπειρική σχέση, μπορεί να δικαιολογήσει την παράβλεψη αυτή, καθώς το υπάρχον κεφάλαιο σε δεδομένη περίοδο και το εισόδημα της ίδιας περιόδου φαίνονται να έχουν την ίδια διάσταση, δηλ.  $[N]$ . Παρ’όλα αυτά, δίνοντας αυτό το εννοιολογικό περιεχόμενο (στις ΜΠΣ, προσδιορισμένες σε διακριτό χρονικό πεδίο, η εξίσωση διαφορών στερείται της ισχύος της για τον υπό μελέτη χρονικό ορίζοντα. Αποδεικνύεται ότι αν παραβλέψουμε τη διαστασιακή ομοιογένεια χάριν απλοποίησης (ιδιαίτερα όταν η μοντελοποίηση ασχολείται μόνο με την εκτίμηση των αριθμητικών τιμών κάποιων παραμέτρων), χάνουμε την ευκαιρία να χρησιμοποιήσουμε την μοντελοποίηση και τη διαστασιακή ανάλυση για την απόκτηση γνώσης σε βαθύτερα φαινομενολογικά επίπεδα.

Επίσης, παρουσιάζεται μία εφαρμογή στην Πειραματική Οικονομική, αναφερόμενη στην αξιολόγηση της μεταβολής (βελτίωσης ή χειροτέρευσης) κατάστασης επιφέρουσας περιβαλλοντικές επιπτώσεις, η οποία συνιστά μία βασική μέθοδο εκτίμησης εξωτερικών οικονομικών με έρευνα πεδίου, κατά την οποίαν επιχειρείται η ποσοτική αποτύπωση της περιβαλλοντικής ευαισθησίας όσων κατοικούν σε μία περιοχή (που υφίσταται τις συνέπειες της υποβάθμισης) ή/και δραστηριοποιούνται σε αυτήν. Η αποτύπωση αυτή επιχειρείται μέσω ερωτήσεων για το ύψος (i) του μέγιστου ποσού που προτίθεται ο ερωτώμενος να πληρώσει προκειμένου να μειωθεί η περιβαλλοντική επιβάρυνση (Willingness To Pay – WTP) ή (ii) του

ελάχιστου ποσού που προτίθεται ο ερωτώμενος να δεχθεί ως αποζημίωση, προκειμένου να συναινέσει στην περιβαλλοντική επιβάρυνση (Willingness To Accept – WTA).

Τέλος, παρουσιάζεται μία εφαρμογή υπό μορφή αλγοριθμικής διαδικασίας για τον προσδιορισμό αποζημίωσης για περιβαλλοντική επιβάρυνση, μέσω συνδυασμού πολυκριτηριακών μητρών.

## Βιβλιογραφία

1. M. Allais, *Traité d' économie pure*, Vol. I, *Les Données générales de l'économie pure*, Paris, pp. 220-267, and vol. IV, *Annexes* (1953), 2nd Ed. of a textbook published in 1943 under the title *A la recherche d'une discipline économique*.
2. F.J. De Jong, *Dimensional Analysis for Economists*. Amsterdam: North Holland Publ. Co (1967).
3. S. Sarantides, *Studies ΚΑ'*, 961 (1974) (in Greek).
4. K. Popper, *The Logic of Scientific Discovery*, Routledge (1992).
5. I. Lakatos, *The Methodology of Scientific Research Programmes: Philosophical Papers*, vol. 1. Cambridge University Press (1978).
6. F.A. Batzias, Three principles and an algorithm for splitting primary physical dimensions in chemical process scale up, *Proc. 17th Int. Congress of Chem. and Process Eng.* (Praha, Czech Rep.) (2006), Ser. No P5.47.
7. F.A. Batzias, E.C. Marcoulaki, Restructuring the keywords interface to enhance CAPE knowledge via an intelligent agent, *Computer-Aided Chemical Engineering* **10** (2002), 829-834.
8. P.A. Samuelson, Interactions Between the multiplier analysis and the principle of acceleration, *Review of Economics and Statistics* **21** (1939), 75-78.
9. F.A. Batzias, D.K. Sidiras, Local sustainable development in districts with current exploitation of lignite fields, *Proc. 17<sup>th</sup> Intern. Mining Cong. (IMCET)* (2001).
10. J.S. Duesenberry, *Business Cycles and Economic Growth*, McGraw-Hill (1958).
11. A. Kooros, *Elements of mathematical economics*, Houghton Mifflin Company (1965).
12. T. C. Brown, Loss aversion without the endowment effect, and other explanations for the WTA–WTP disparity, *Journal of Economic Behaviour and Organization* **57** (2005), 367-379.
13. R. Thaler, Toward a positive theory of consumer choice, *Journal of Economic Behaviour and Organization* **1** (1980), 39-60.
14. D. Kahneman, A. Tversky, Prospect theory: An analysis of decision under risk, *Econometrica* **47**(1979), 263-291.
15. R. Gregory, S. Lichtenstein, P. Slovic, Valuing environmental resources: A constructive approach, *Journal of Risk Uncertainty* **7** (1993), 177-197.
16. T.C. Brown, R. Gregory, Why the WTA–WTP disparity matters, *Ecological Economics* **28** (1999), 323-335.
17. J.F. Shogren, S.Y. Shin, D.J. Hayes, J.B. Kliebenstein, Resolving differences in willingness to pay and willingness to accept, *American Economic Review* **84** (1994), 255-270.
18. C.R. Plott, K. Zeiler, *The willingness to pay/willingness to accept gap, the “endowment effect,” subject misconceptions and experimental procedures for eliciting valuations*, Social Science Working Paper 1132: California Institute of Technology, Division of the Humanities and Social Sciences, Pasadena (2003).

19. J.A. List, Neoclassical theory versus prospect theory: Evidence from the marketplace, *Econometrica* **72** (2004), 615-625.
20. R.D. Willig, Consumer's surplus without apology, *American Economic Review* **66** (1976), 589-597.
21. A.M. Henderson, Consumer's surplus and the compensating variation, *Review of Economic Studies* **8** (1941), 117-121.
22. A. Randal, *Resource Economics*, Wiley: NY. (1987).
23. D.F. Batzias, Contribution to Environmental Contingent Valuation – Methodology and Case Study, *ICMMS 2008: International Conference on Management and Marketing Sciences*, May 2008, Athens, Greece, forthcoming.

## 4 Διερεύνηση των Παραγόντων της Αλληλεπίδρασης Βιωσιμότητας/Κερδοφορίας και Δημιουργίας Θέσεων Εργασίας (Κριτήρια $f_4 / f_5$ και $f_7$ )

### 4.1 Εισαγωγή

Τα κριτήρια  $f_4/f_5$  και  $f_7$  αλληλοεπηρεάζονται μέσω των συναρτήσεων παραγωγής (production functions). Επειδή η κοινωνική ωφέλεια  $Y$  (social benefit) είναι το βασικό οικονομικό μέγεθος από το οποίο εξαρτάται η κρατική επιχορήγηση που δίνεται στο πλαίσιο της προσανατολισμένης περιφερειακής ανάπτυξης (αφού αποτελεί το αντιστάθμισμα της επιχορήγησης που λαμβάνεται από το κοινωνικό σύνολο μέσω του φορολογικού συστήματος), είναι λογικό να τη θεωρήσουμε ως την κύρια εξαρτημένη μεταβλητή στην ανάλυση που ακολουθεί.

Στις κλασικές συναρτήσεις παραγωγής, η εργασία και το κεφάλαιο ( $L$  και  $K$ , αντίστοιχα) αποτελούν τις βασικές ανεξάρτητες/εξηγητικές μεταβλητές και επομένως σε μία εισαγωγική προσέγγιση, όπου μία μεταβλητή είναι προσωρινώς αρκετή (μέχρις ότου προχωρήσουμε τη διερεύνηση με τη βοήθεια της μαθηματικής ανάλυσης), είναι λογικό να λάβουμε ως μοναδική ερμηνευτική μεταβλητή τον λόγο  $K/L=V$ . Η σημαντικότητα του λόγου αυτού προκύπτει από το γεγονός ότι συνήθως απεικονίζει επαρκώς κατά πόσον η παραγωγή είναι έντασης κεφαλαίου ή εργασίας, ιδιαίτερα όταν αναφέρεται σε επιχειρήσεις του ίδιου υπο-κλάδου, προκειμένου να διασφαλίζεται η αξιοπιστία της σύγκρισης.

Οι συνιστώσες της  $Y(V)$ ,  $Y_1$  και  $Y_2$ , παριστούν η μεν πρώτη την αύξηση της ωφέλειας, όταν αυξάνεται η ένταση του κεφαλαίου (το οποίον συνήθως ενσωματώνει την ΤΚ στη βιομηχανική παραγωγή, με συνέπεια τη διάχυση τεχνογνωσίας και τη δημιουργία εξειδικευμένων τεχνικών συντήρησης), η δε δεύτερη τη μείωση των θέσεων εργασίας για τον ανθρώπινο παράγοντα αυξανόμενου του  $V$ , με την προϋπόθεση ότι η εξεταζόμενη περιοχή δεν παράγει προηγμένο τεχνολογικό εξοπλισμό και δεν έχει τη δυνατότητα μετακίνησης εργατικού δυναμικού προς άλλη περισσότερο προσοδοφόρα απασχόληση. Ως προς την πρώτη συνιστώσα, έχουμε  $dY_1/dV > 0$  και  $d^2Y_1/dV^2 < 0$ , λόγω ισχύος του νόμου της φθίνουσας απόδοσης. Ως προς τη δεύτερη συνιστώσα, έχουμε  $dY_2/dV < 0$  και  $d^2Y_2/dV^2 < 0$ , λόγω των οικονομιών κλίμακας που είναι συνυφασμένες με την επιχείρηση έντασης κεφαλαίου. Για τον προσδιορισμό της βέλτιστης τιμής  $V_{opt}$ , για την οποία έχουμε  $Y_{max}=(Y_1+Y_2)_{max}$ , θέτουμε  $dY/dV=0$  ή  $d(Y_1+Y_2)/dV=0$  ή  $dY_1/dV=|dY_2/dV|$  ή  $MY_1=MY_2$ , όπου  $MY$  η οριακή κοινωνική ωφέλεια, υπό τη συνθήκη δευτέρας τάξεως  $d^2Y/dV^2 < 0$  για  $V=V_{opt}$ . Επομένως, η γραφική

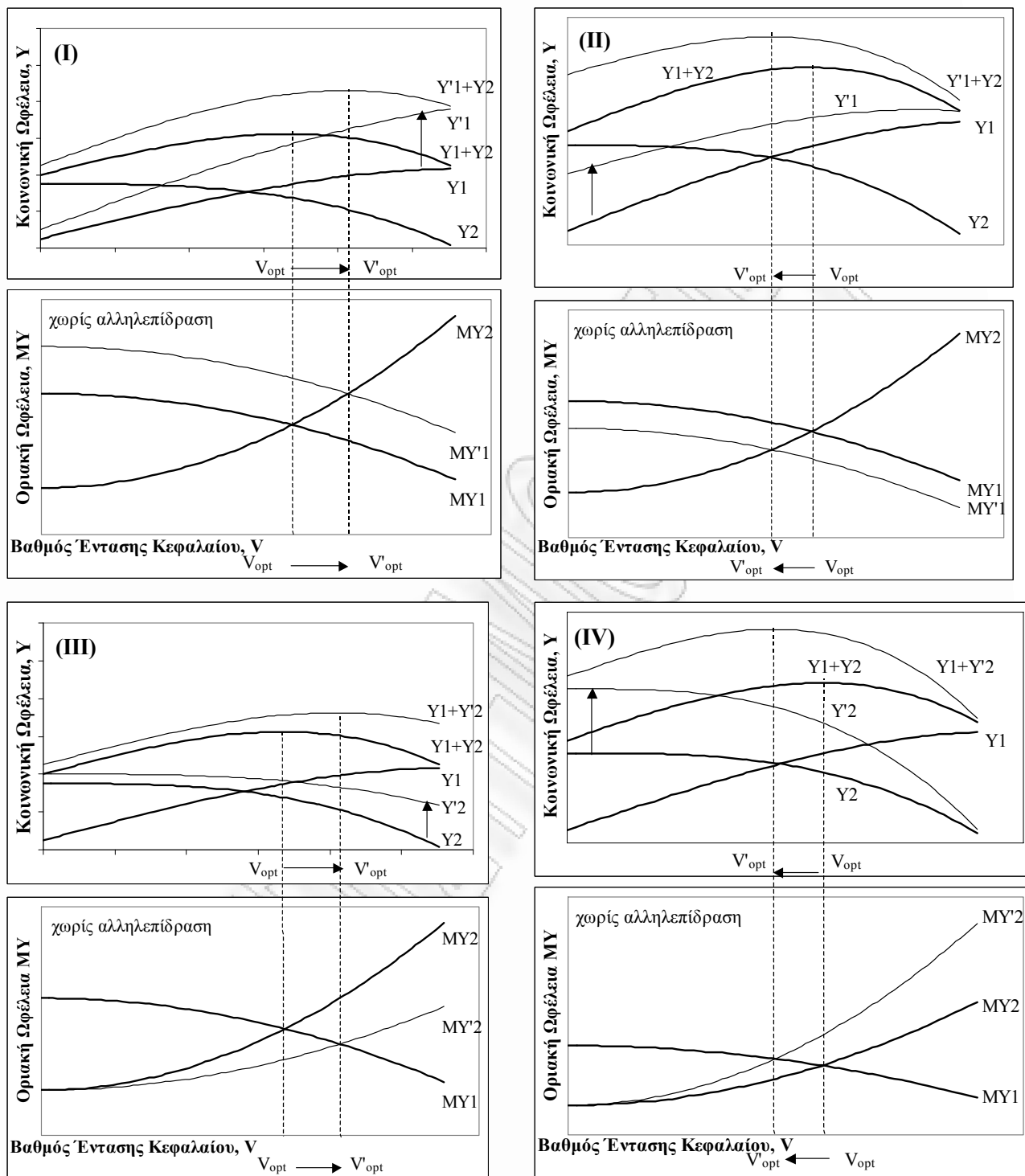
απεικόνιση της τιμής  $V_{opt}$  είναι η τιμημένη είτε του μεγίστου της καμπύλης  $Y(V)$  είτε του σημείου τομής των καμπυλών  $MY_1$  και  $MY_2$ .

Στην περίπτωση της οικονομικά επωφελούς\* (για την επιχείρηση) εισαγωγής αυτοματοποιημένων/ρομποτικών μηχανισμών στην περιοχή των υψηλών  $V$ -τιμών (οπότε έχουμε ήδη πλήρη υποκατάσταση του ανθρώπινου παράγοντα στα σημεία εφαρμογής τους), η καμπύλη  $Y_1$  μετατοπίζεται υψηλότερα της αρχικής στην νέα θέση  $Y_1'$  και γίνεται περισσότερο απότομη, δηλ.,  $d(Y_1'-Y_1)/dV > 0$ , με αποτέλεσμα την μετακίνηση του  $V_{opt}$  στην νέα θέση  $V'_{opt}$  όπου  $V'_{opt} > V_{opt}$  (βλ. Σχήμα 4.1-I). Στην περίπτωση της οικονομικά επωφελούς (για τη βιομηχανική επιχείρηση) εισαγωγής αυτοματοποιημένων μηχανισμών στην περιοχή των χαμηλών  $V$ -τιμών (οπότε έχουμε μερική υποκατάσταση του ανθρώπινου παράγοντα στα σημεία εφαρμογής τους), η καμπύλη  $Y_1$  μετατοπίζεται υψηλότερα της αρχικής στην νέα θέση  $Y_1'$  και γίνεται λιγότερο απότομη, δηλ.,  $d(Y_1'-Y_1)/dV < 0$ , με αποτέλεσμα την μετακίνηση του  $V_{opt}$  στην νέα θέση  $V'_{opt}$  όπου  $V'_{opt} < V_{opt}$  (βλ. Σχήμα 4.1-II). Σε περίπτωση εξωγενούς βελτίωσης της παραγωγικότητας της εργασίας (π.χ., μέσω εκπαίδευσης, παρεχόμενης από δημόσιο Φορέα) στην περιοχή των υψηλών  $V$ -τιμών, η καμπύλη  $Y_2$  μετατοπίζεται υψηλότερα της αρχικής στην νέα θέση  $Y_2'$  και γίνεται λιγότερο απότομη, δηλ.,  $d(Y_2'-Y_2)/dV > 0$ , με αποτέλεσμα την μετακίνηση του  $V_{opt}$  στην νέα θέση  $V'_{opt}$  όπου  $V'_{opt} > V_{opt}$  (βλ. Σχήμα 4.1-III). Ομοίως, σε περίπτωση εξωγενούς βελτίωσης της παραγωγικότητας της εργασίας στην περιοχή των χαμηλών  $V$ -τιμών, η καμπύλη  $Y_2$  μετατοπίζεται υψηλότερα της αρχικής στην νέα θέση  $Y_2'$  και γίνεται περισσότερο απότομη, δηλ.,  $d(Y_2'-Y_2)/dV < 0$ , με αποτέλεσμα την μετακίνηση του  $V_{opt}$  στην νέα θέση  $V'_{opt}$  όπου  $V'_{opt} < V_{opt}$  (βλ. Σχήμα 4.1-IV).

Κοινό χαρακτηριστικό όλων των παραπάνω παρουσιαζόμενων περιπτώσεων είναι η έλλειψη ενδο-εργοστασιακής αλληλεπίδρασης. Αν θεωρήσουμε ότι η εισαγωγή εξοπλισμού προηγμένης τεχνολογίας συμβάλλει στην ενδογενή βελτίωση της παραγωγικότητας της εργασίας (λόγω της αναγκαίας υιοθέτησης νέων τεχνικών ποιοτικού ελέγχου και 'μάθησης μέσω της πράξης' – learning by doing), τότε στις δύο πρώτες περιπτώσεις, όπου έχουμε μετατόπιση της καμπύλης  $Y_1$  υψηλότερα της αρχικής στην νέα θέση  $Y_1'$ , θα έχουμε συγχρόνως αντίστοιχη μετατόπιση της καμπύλης  $Y_2$  υψηλότερα της αρχικής σε μία νέα θέση  $Y_2'$ . Παρατηρούμε ότι σε κάθε περίπτωση έχουμε ενίσχυση της μετακίνησης (λόγω

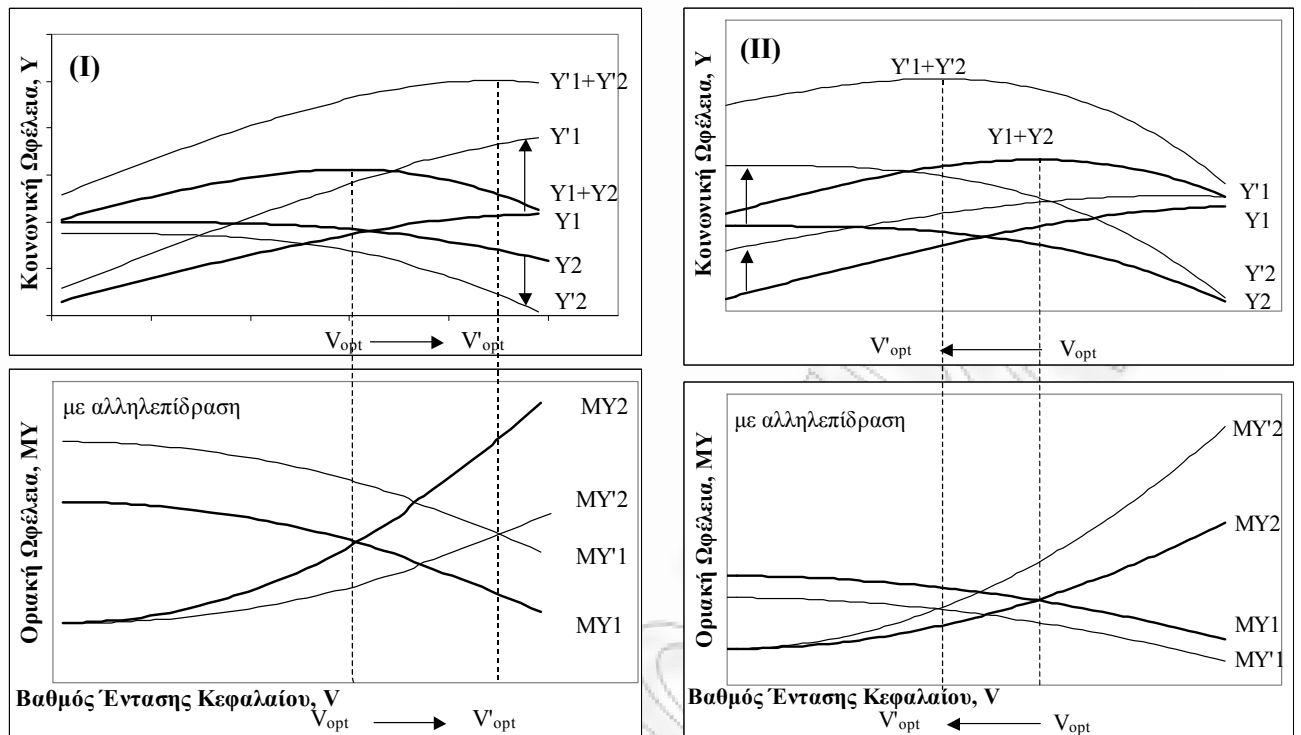
---

\* Ο όρος 'οικονομικά επωφέλης' έχει στη συγκεκριμένη περίπτωση της έννοια της υποκατάστασης του παλαιού παραγωγικού εξοπλισμού (που χρησιμοποιήθηκε κατά τον αρχικό σχεδιασμό της εγκατάστασης) με νέο καινοτομικό εξοπλισμό ίσης αξίας και χρόνου ωφέλιμης ζωής, που παράγει προϊόν υψηλότερης ποιότητας (για την ίδια τιμή  $V$ ) άρα μεγαλύτερης προστιθέμενης αξίας και κοινωνικής ωφέλειας  $Y$ .



**Σχήμα 4.1.** Εξάρτηση της κοινωνικής ωφέλειας  $Y$  από το λόγο  $K/L=V$  και μετατόπιση της βέλτιστης τιμής  $V_{opt}$ , όταν βελτιώνεται η ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος (άρα και αντίστοιχη προστιθέμενη αξία) λόγω είτε εισαγωγής καινοτομικού εξοπλισμού (I, II) είτε εξωγενούς βελτίωσης της παραγωγικότητας της εργασίας (III, IV).





**Σχήμα 4.2.** Εξάρτηση της κοινωνικής ωφέλειας  $Y$  από το λόγο  $K/L=V$  και μετατόπιση της βέλτιστης τιμής  $V_{opt}$ , όταν βελτιώνεται η ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος (άρα και αντίστοιχη προστιθέμενη αξία) λόγω εισαγωγής καινοτομικού εξοπλισμού και συγχρόνως ενδογενούς βελτίωσης της παραγωγικότητας της εργασίας.

ομόρροπης δράσης) των σημείων  $V_{opt}$  στις νέες θέσεις  $V'_{opt} \gg V_{opt}$  και  $V'_{opt} \ll V_{opt}$ , αντίστοιχα (βλ. Σχήματα 4.2-I και 4.2-II).

#### 4.2 Ταυτοποίηση/διερεύνηση παραμέτρων σε συνάρτηση παραγωγής σταθερών ελαστικότητων

Σε μια συνάρτηση παραγωγής σταθερών ελαστικότητων τύπου Cobb-Douglas (C-D), το προϊόν (output)  $Q$  εξαρτάται από τις εξηγητικές μεταβλητές εισροής (input)  $L$  και  $K$ , μέσω της σχέσης  $Q=AL^{\alpha}K^{\beta}$ , όπου  $A, \alpha, \beta$  οι παράμετροι ( $A>0, 0<\alpha, \beta<1$ ). Η οριακή παραγωγικότητα της εργασίας  $L$  και του κεφαλαίου  $K$  δίνεται από τις αντίστοιχες μερικές παραγώγους:

$$Q_L = \partial Q / \partial L \Rightarrow Q_L = A\alpha L^{\alpha-1} K^{\beta} \Rightarrow Q_L = \alpha(Q/L) \quad (1)$$

$$Q_K = \partial Q / \partial K \Rightarrow Q_K = A\beta L^{\alpha} K^{\beta-1} \Rightarrow Q_K = \beta(Q/K) \quad (2)$$

Οι αντίστοιχες ελαστικότητες του προϊόντος  $E_L, E_K$ , ως προς κάθε συντελεστή της παραγωγής, προσδιορίζονται ως εξής:

$$E_L = (\partial Q / \partial L) / (Q/L) \Rightarrow E_L = Q_L / (Q/L) \Rightarrow E_L = \alpha \quad (3)$$

$$E_K = (\partial Q / \partial K) / (Q/K) \Rightarrow E_K = Q_K / (Q/K) \Rightarrow E_K = \beta \quad (4)$$

Η μεταβολή κάθε οριακής παραγωγικότητας, ως προς τη μεταβολή του αντίστοιχου συντελεστή παραγωγής, προσδιορίζεται μέσω της δεύτερης μερικής παραγώγου ως εξής:

$$Q_{LL} = \partial Q_L / \partial L \Rightarrow Q_{LL} = A\alpha K^\beta d(L^{\alpha-1}) / dL \Rightarrow Q_{LL} = A\alpha K^\beta (\alpha-1)L^{\alpha-2} \Rightarrow Q_{LL} = \alpha(\alpha-1)QL^{-2} \quad (5)$$

$$Q_{KK} = \partial Q_K / \partial K \Rightarrow Q_{KK} = A\beta L^\alpha d(K^{\beta-1}) / dK \Rightarrow Q_{KK} = A\beta L^\alpha (\beta-1)K^{\beta-2} \Rightarrow Q_{KK} = \beta(\beta-1)QK^{-2} \quad (6)$$

Επειδή  $0 < \alpha, \beta < 1$ , έπεται ότι  $Q_{LL}, Q_{KK} < 0$ , δηλ., επιβεβαιώνεται ότι ισχύει ο νόμος της φθίνουσας απόδοσης για τη συγκεκριμένη συνάρτηση παραγωγής.

Η ορίζουσα των μερικών παραγώγων δευτέρας τάξεως (Hesse) είναι

$$H = \begin{vmatrix} Q_{LL} & Q_{LK} \\ Q_{KL} & Q_{KK} \end{vmatrix}, \text{ όπου } Q_{LK} = Q_{KL} = A\alpha\beta L^{\alpha-1} K^{\beta-1}$$

$$H = \begin{vmatrix} \alpha(\alpha-1)QL^{-2} & \alpha\beta QL^{-1}K^{-1} \\ \alpha\beta QL^{-1}K^{-1} & \beta(\beta-1)QK^{-2} \end{vmatrix} \Rightarrow H = \alpha\beta[1 - (\alpha + \beta)]Q^2 L^{-2} K^{-2} \quad (7)$$

Από την (7) προκύπτει ότι, αν έχουμε ομογένεια πρώτου βαθμού, δηλ.,  $(\alpha + \beta) = 1$ , τότε  $H = 0$  και επομένως απαιτούνται πρόσθετες συνθήκες δέσμευσης, περιέχουσες μερικές παραγώγους τάξεως ανωτέρας της δευτέρας, προκειμένου να προσδιορισθεί μία μοναδική λύση. Όταν  $(\alpha + \beta) > 1$ , έχουμε θετικές/αύξουσες οικονομίες κλίμακας, ενώ όταν  $(\alpha + \beta) < 1$ , έχουμε αρνητικές/φθίνουσες οικονομίες κλίμακας.

Λύνοντας την C-D ως προς  $L$ , για ορισμένη ποσότητα προϊόντος  $Q_1$ , λαμβάνουμε τη συνάρτηση  $L = f(K)$ :

$$L = \left[ (Q_1 / A) K^{-\beta} \right]^{1/\alpha} \quad (8)$$

Η γραφική παράσταση της συνάρτησης αυτής είναι η καμπύλη ίσης παραγωγής (isoquant), επειδή απεικονίζει στον διδιάστατο καρτεσιανό χώρο  $(K, L)$  τον γεωμετρικό τόπο των σημείων που έχουν την κοινή ιδιότητα  $Q = Q_1$ . Η πρώτη παράγωγος της συνάρτησης αυτής (δηλ., η κλίση της καμπύλης) είναι αρνητική ενώ η δεύτερη παράγωγος είναι θετική, δηλ., ο ρυθμός μεταβολής της κλίσης συναρτήσεται της (λαμβανόμενης ως) ανεξάρτητης/εξηγητικής μεταβλητής  $K$  είναι απολύτως φθίνων (αν και αλγεβρικός αύξων), εξασφαλιζόμενης της κυρτότητας (ως προς την αρχή των αξόνων):

$$\frac{dL}{dK} = \left( \frac{Q_1}{A} \right)^{1/\alpha} \left( -\frac{\beta}{\alpha} \right) K^{-(\beta/\alpha+1)} < 0 \quad (9)$$

$$\frac{d^2L}{dK^2} = \left( \frac{Q_1}{A} \right)^{1/\alpha} \left( -\frac{\beta}{\alpha} \right) \left[ -\left( \frac{\beta}{\alpha} + 1 \right) \right] K^{-(\beta/\alpha+2)} \quad (10)$$

Από τη σχέση (8) λαμβάνουμε  $\frac{L}{K} = \left(\frac{Q_1}{A}\right)^{1/\alpha} K^{-\left(\frac{\beta}{\alpha}+1\right)}$  (11)

Οπότε οι (9), (10) γίνονται

$$\frac{dL}{dK} = -\frac{\beta}{\alpha} \frac{L}{K} \Rightarrow \frac{dL}{dK} = -(\beta/\alpha)/V \quad (9\alpha)$$

$$\frac{d^2L}{dK^2} = -\frac{\beta}{\alpha} \frac{L}{K} \left[-\left(\frac{\beta}{\alpha}+1\right)\right] K^{-1} = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{\beta}{\alpha}+1\right) L K^{-2} \Rightarrow \frac{d^2L}{dK^2} = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{\beta}{\alpha}+1\right) / (KV) \quad (10\alpha)$$

Οι καμπύλες ίσου προϊόντος  $L_1=f(K, Q_1)$  και  $L_2=f(K, Q_2)$  δεν τέμνονται, επειδή αν συνέβαινε αυτό τότε θα έπρεπε  $L_1=L_2=L^*$  για την ίδια τιμή  $K=K^*$  ή, λόγω της (8),

$$\left[\frac{Q_1}{A} K^{*-\beta}\right]^{1/\alpha} = \left[\frac{Q_2}{A} K^{*-\beta}\right]^{1/\alpha} \Rightarrow Q_1 = Q_2, \text{ το οποίο αντίκειται στην αρχική υπόθεση}$$

$Q_1 \neq Q_2$ .

Ο αποκλεισμός της δυνατότητας τομής και η εξασφάλιση της κυρτότητας (convexity) των καμπυλών ίσου προϊόντος επιτρέπει την περαιτέρω οικονομική ανάλυση μέσω του οριακού λόγου/ρυθμού/δείκτη υποκατάστασης του κεφαλαίου από την εργασία  $dL/dK$  (marginal rate of substitution of labor for capital), γνωστού και ως (οριακός) λόγος/ρυθμός/δείκτης τεχνολογικής υποκατάστασης (technical rate of substitution)<sup>†</sup>. Το αρνητικό πρόσημο του ρυθμού (rate)  $dL/dK$  και η μορφή της συνάρτησης σημαίνουν πως στην περιοχή των χαμηλών  $V$ -τιμών (δηλ., υψηλών τιμών του λόγου  $L/K$ ) χρειάζεται μεγάλη ποσότητα εργασίας για να υποκαταστήσει μικρή ποσότητα κεφαλαίου. Αντιστρόφως, μικρή ποσότητα πρόσθετου κεφαλαίου μπορεί να υποκαταστήσει μεγάλη ποσότητα εργασίας, άρα η τεχνολογική υποκατάσταση είναι περισσότερο εφικτή στις βιομηχανικές επιχειρήσεις έντασης εργασίας, εφ'όσον βέβαια είναι ευνοϊκή και η σχέση μισθών-επιτοκίων (υψηλοί-χαμηλά, αντίστοιχα). Κάτω από τις συνθήκες αυτές και για δεδομένη τιμή του λόγου  $V$ , η τεχνολογική υποκατάσταση εμφανίζεται ως περισσότερο συμφέρουσα όταν ο λόγος  $\beta/\alpha$  είναι μεγάλος<sup>‡</sup>.

<sup>†</sup> Επειδή ομοίως ορίζεται και ο οριακός λόγος/ρυθμός/δείκτης υποκατάστασης της εργασίας από το κεφάλαιο (marginal rate of substitution of capital for labour), είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί ο ενιαίος όρος 'οριακός λόγος υποκατάστασης μεταξύ εργασίας και κεφαλαίου'.

<sup>‡</sup> Όταν οι τιμές των παραμέτρων  $\alpha, \beta$  εκτιμώνται οικονομετρικά, βάσει δεδομένων διατομής (cross section data), τότε αντιπροσωπεύουν μία υπάρχουσα κατάσταση σε έναν βιομηχανικό υπο-κλάδο. Όταν οι τιμές αυτές εκτιμώνται ορθολογικά μέσω συναρτήσεων παραγωγής, τότε αντιπροσωπεύουν την παρούσα κατάσταση (state-of-the-art) της τεχνολογίας, δηλ. τα πράγματα όπως θα μπορούσαν να είναι αν ολόκληρος ο υπο-κλάδος ήταν μία βιομηχανική επιχείρηση που δημιουργείται κατά βέλτιστο τρόπο την παρούσα στιγμή. Αμφότερες οι μέθοδοι εκτίμησης είναι χρήσιμες, επειδή η

Η προκύπτουσα οικονομική ωφέλεια από την επιχειρηματική δραστηριότητα, όπως αυτή αποτιμάται μέσω μίας συνάρτησης κέρδους  $G$ , δίνεται από την έκφραση  $G = P_Q Q - (P_L L + P_K K)$  ή  $G = P_Q (A L^\alpha K^\beta) - (P_L L + P_K K)$  (12)

όπου  $P_Q$  η τιμή πώλησης του προϊόντος και  $P_L, P_K$ , οι τιμές απόκτησης των συντελεστών της παραγωγής  $L, K$ , αντίστοιχα, όπως προσδιορίζονται εξωγενώς στην περίπτωση που επικρατούν συνθήκες πλήρους ανταγωνισμού (complete competition).

Για τον προσδιορισμό του  $G_{max}$ , πρέπει  $G_L=0, G_K=0, \Delta=G_{LL}G_{KK}-(G_{LK})^2>0, G_{LL}, G_{KK}<0$ , όπου  $G_L = \partial G / \partial L, G_K = \partial G / \partial K, G_{LL} = \partial^2 G / \partial L^2, G_{KK} = \partial^2 G / \partial K^2,$

$$G_{LK} = G_{KL} = \partial^2 G / [(\partial L) (\partial K)] \quad (13)$$

Από την εκπλήρωση των συνθηκών πρώτης τάξεως, έχουμε τα παρακάτω αποτελέσματα:

$$G_L = 0 \Rightarrow P_Q A K^\beta \alpha L^{\alpha-1} - P_L = 0 \Rightarrow A K^\beta \alpha L^\alpha - P_L L / P_Q \Rightarrow \alpha Q = (P_L / P_Q) L \Rightarrow$$

$$L = \alpha (P_Q / P_L) Q \quad (14)$$

$$G_K = 0 \Rightarrow P_Q A L^\alpha \beta K^{\beta-1} - P_K = 0 \Rightarrow A L^\alpha \beta K^\beta - P_K K / P_Q \Rightarrow \beta Q = (P_K / P_Q) K \Rightarrow$$

$$K = \beta (P_Q / P_K) Q \quad (15)$$

Από τις συναρτήσεις ζήτησης των συντελεστών της παραγωγής (14) και (15), λαμβάνουμε

$$V = K / L = (\beta / \alpha) (P_Q / P_L) \quad (16)$$

Η νέα συνάρτηση (C-D) έχει τη μορφή  $Q = A [\alpha (P_Q / P_L) Q]^\alpha [\beta (P_Q / P_K) Q]^\beta \Rightarrow$

$$Q^{1-\alpha-\beta} = A (\alpha^\alpha \beta^\beta P_Q^{\alpha+\beta} P_L^{-\alpha} P_K^{-\beta}) \Rightarrow Q = [A \alpha^\alpha \beta^\beta (P_Q^{\alpha+\beta} P_L^{-\alpha} P_K^{-\beta})]^{1/(1-\alpha-\beta)} \text{ για } \alpha+\beta \neq 1 \quad (17)$$

Εξετάζουμε τις συνθήκες δευτέρας τάξεως:

$$G_{LL} = P_Q A K^\beta \alpha (\alpha - 1) L^{\alpha-2} < 0, \text{ επειδή } 0 < \alpha < 1$$

$$G_{KK} = P_Q A L^\alpha \beta (\beta - 1) K^{\beta-2} < 0, \text{ επειδή } 0 < \beta < 1$$

$$G_{LK} = G_{KL} = P_Q A \alpha \beta K^{\beta-1} L^{\alpha-1} > 0$$

$$\Delta = (P_Q A \alpha K^\beta (\alpha - 1) L^{\alpha-2}) (P_Q A \beta L^\alpha (\beta - 1) K^{\beta-2}) - (P_Q A \alpha \beta L^{2\alpha-1} K^{2\beta-1})^2 \Rightarrow$$

$$\Delta = (P_Q A)^2 \alpha \beta (\alpha - 1) (\beta - 1) L^{2\alpha-2} K^{2\beta-2} - (P_Q A)^2 (\alpha \beta)^2 L^{2\alpha-2} K^{2\beta-2}$$

$$\Delta > 0 \text{ αν } (\alpha - 1) (\beta - 1) L^{2\alpha-2} K^{2\beta-2} > \alpha \beta L^{2\alpha-2} K^{2\beta-2} \Rightarrow \alpha \beta - (\alpha + \beta) + 1 > \alpha \beta \Rightarrow 1 - (\alpha + \beta) > 0$$

---

πρώτη δείχνει την εκκίνηση και η δεύτερη τον στόχο ενώ η διαφορά ορισμένων οικονομοτεχνικών δεικτών που εξάγονται από τα αποτελέσματα της εφαρμογής των δύο μεθόδων αποτελούν το μέτρο

$\Rightarrow (\alpha + \beta) < 1$ , η οποία ισχύει αν έχουμε αρνητικές/φθίνουσες οικονομίες κλίμακας.

Με τη βοήθεια της (17), οι συναρτήσεις ζήτησης (14) και (15) γράφονται ως εξής:

$$L = \alpha(P_Q / P_L) \left[ A \alpha^\alpha \beta^\beta (P_Q^{\alpha+\beta} P_L^{-\alpha} P_K^{-\beta}) \right]^{1/(1-\alpha-\beta)} \quad (14a)$$

$$K = \beta(P_Q / P_K) \left[ A \alpha^\alpha \beta^\beta (P_Q^{\alpha+\beta} P_L^{-\alpha} P_K^{-\beta}) \right]^{1/(1-\alpha-\beta)} \quad (15a)$$

Με τη βοήθεια των (14a) και (15a), η συνάρτηση κέρδους (12) γράφεται ως εξής:

$$G = P_Q \left[ A \alpha^\alpha \beta^\beta P_Q^{\alpha+\beta} P_L^{-\alpha} P_K^{-\beta} \left[ A \alpha^\alpha \beta^\beta (P_Q^{\alpha+\beta} P_L^{-\alpha} P_K^{-\beta}) \right]^{(\alpha+\beta)/(1-\alpha-\beta)} \right] - P_Q (\alpha + \beta) \left[ A \alpha^\alpha \beta^\beta (P_Q^{\alpha+\beta} P_L^{-\alpha} P_K^{-\beta}) \right]^{1/(1-\alpha-\beta)} \quad (12a)$$

Με τον τρόπο αυτόν, έχουμε καταλήξει στο σύστημα των εξισώσεων ανηγμένης μορφής (17), (14a), (15a), (12a) όπου οι εξαρτημένες μεταβλητές  $Q$ ,  $L$ ,  $K$ ,  $G$  δίνονται ως παραμετρικές συναρτήσεις στις βέλτιστες συνθήκες με κριτήριο τη μεγιστοποίηση του κέρδους. Επειδή όμως η μεγιστοποίηση αυτή βασίζεται σε αρνητικές/φθίνουσες οικονομίες κλίμακας, πρέπει να επεκτείνουμε την ανάλυση, ώστε να καλύψουμε και περιπτώσεις όπου  $(\alpha+\beta) \geq 1$ .

Αναφερόμενοι σε συνθήκες ατελούς ανταγωνισμού, στην περίπτωση που η ποσότητα του παραγόμενου προϊόντος ισούται με τη ζητούμενη ποσότητα και η τελευταία αυτή εξαρτάται από την τιμή του βάσει γραμμικής συνάρτησης, όπου οι μεταβλητές εμφανίζονται σε λογαριθμική μορφή (όπως συνήθως γίνεται σε οικονομετρικές προσεγγίσεις), έχουμε

$$Q = M_Q P_Q^{D_Q} \Rightarrow \ln Q = \ln M_Q + D_Q \ln P_Q \quad (18)$$

Με την ίδια λογική, μπορούμε να εκφράσουμε τη χρησιμοποιούμενη ποσότητα εργασίας και κεφαλαίου ως συναρτήσεις προσφοράς εξαρτώμενες από τις αντίστοιχες τιμές των συντελεστών της παραγωγής

$$L = M_L P_L^{D_L} \Rightarrow \ln L = \ln M_L + D_L \ln P_L \quad (19)$$

$$K = M_K P_K^{D_K} \Rightarrow \ln K = \ln M_K + D_K \ln P_K \quad (20)$$

όπου  $D_L, D_K > 0$  και  $D_Q < -1$ , δηλ., υποθέτουμε ανελαστική ζήτηση.

Λύνοντας τις εξισώσεις (18), (19) και (20) ως προς τις αντίστοιχες τιμές (αφού αυτές δεν ορίζονται αποκλειστικά εξωγενώς, λόγω της παραδοχής ισχύος συνθηκών ατελούς ανταγωνισμού) λαμβάνουμε

---

των κινήτρων εκσυγχρονισμού των επιχειρήσεων, μέσω της βέλτιστης επιχορήγησης, όπως αυτή προσδιορίζεται στο Κεφάλαιο 6 της παρούσας διατριβής.

$$P_Q = N_Q Q^{1/D_Q} \quad (18a) \quad P_L = N_L Q^{1/D_L} \quad (19a) \quad P_K = N_K Q^{1/D_K} \quad (20a)$$

όπου,  $N_Q = M_Q^{-1/D_Q}$ ,  $N_L = M_L^{-1/D_L}$ ,  $N_K = M_K^{-1/D_K}$ .

Για τη διαμόρφωση της συνάρτησης κέρδους  $G$ , εκφράζουμε τους όρους εσόδων και δαπανών, από την πώληση του προϊόντος και την απόκτηση των συντελεστών της παραγωγής, αντίστοιχα, ως εξής:

$$P_Q Q = N_Q Q^{C_Q} \quad (21), \quad P_L L = N_L L^{C_L} \quad (22), \quad P_K K = N_K K^{C_K} \quad (23)$$

όπου,  $C_Q = 1 + 1/D_Q$ ,  $C_L = 1 + 1/D_L$ ,  $C_K = 1 + 1/D_K$ .

Άρα,  $0 < C_Q < 1$  και  $C_L, C_K > 1$ .

$$G = N_Q Q^{C_Q} - (N_L L^{C_L} + N_K K^{C_K}) \quad (24)$$

$$G = N_Q (A L^\alpha K^\beta)^{C_Q} - (N_L L^{C_L} + N_K K^{C_K}) \quad (24a)$$

Ακολουθώντας την προηγούμενη διαδικασία μεγιστοποίησης του κέρδους, προσδιορίζουμε τα  $L_{opt}$ ,  $K_{opt}$ ,  $Q_{opt}$ , ώστε  $G = G_{max}$ , ως εξής:

$$\frac{\partial G}{\partial L} = 0 \Rightarrow N_Q C_Q Q^{C_Q-1} \left( \frac{\partial Q}{\partial L} \right) - N_L C_L L^{C_L-1} = 0 \Rightarrow N_Q C_Q Q^{C_Q-1} \alpha \left( \frac{Q}{L} \right) - N_L C_L L^{C_L-1} = 0 \Rightarrow$$

$$\alpha N_Q C_Q Q^{C_Q} = C_L N_L L^{C_L} \Rightarrow L_{opt} = \left[ \frac{\alpha N_Q C_Q Q_{opt}^{C_Q}}{C_L N_L} \right]^{1/C_L} \Rightarrow L_{opt} = \left[ \alpha \frac{N_Q}{N_L} \frac{C_Q}{C_L} \right]^{1/C_L} Q_{opt}^{C_Q/C_L} \quad (25)$$

$$\frac{\partial G}{\partial K} = 0 \Rightarrow N_Q C_Q Q^{C_Q-1} \left( \frac{\partial Q}{\partial K} \right) - N_K C_K K^{C_K-1} = 0 \Rightarrow N_Q C_Q Q^{C_Q-1} \beta \left( \frac{Q}{K} \right) - N_K C_K K^{C_K-1} = 0 \Rightarrow$$

$$\beta N_Q C_Q Q^{C_Q} = C_K N_K K^{C_K} \Rightarrow K_{opt} = \left[ \frac{\beta N_Q C_Q Q_{opt}^{C_Q}}{C_K N_K} \right]^{1/C_K} \Rightarrow K_{opt} = \left[ \beta \frac{N_Q}{N_K} \frac{C_Q}{C_K} \right]^{1/C_K} Q_{opt}^{C_Q/C_K} \quad (26)$$

Με αντικατάσταση των  $L$  και  $K$  από τις σχέσεις (25) και (26), αντίστοιχα, στην αρχική συνάρτηση παραγωγής (C-D), λαμβάνουμε

$$Q_{opt} = A \left( \alpha \frac{N_Q}{N_L} \frac{C_Q}{C_L} \right)^{\alpha/C_L} \left( \beta \frac{N_Q}{N_K} \frac{C_Q}{C_K} \right)^{\beta/C_K} Q_{opt}^{\alpha \frac{C_Q}{C_L} + \beta \frac{C_Q}{C_K}},$$

η οποία λύνεται ως προς  $Q$  συναρτήσει των παραμέτρων  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $N_Q$ ,  $C_Q$ ,  $N_L$ ,  $C_L$ ,  $N_K$ ,  $C_K$ , υπό την συνθήκη  $\alpha(C_Q/C_L) + \beta(C_Q/C_K) \neq 1$ , δηλ., έχει απαλειφθεί η περιοριστική συνθήκη  $(\alpha + \beta) \neq 1$ , η οποία είχε ισχύ στην ιδανική περίπτωση του πλήρους ανταγωνισμού, όπως

υποδεικνύεται στην (17). Στην περίπτωση του ατελούς ανταγωνισμού (incomplete competition), η ανεξάρτητη/εξηγητική μεταβλητή  $V$  δίνεται από την σχέση

$$V_{opt} = \frac{K_{opt}}{L_{opt}} = \frac{\beta^{1/c_k} (N_Q C_Q)^{1/c_k} (N_K C_K)^{-1/c_k} Q_{opt}^{c_Q/c_k}}{\alpha^{1/c_L} (N_Q C_Q)^{1/c_L} (N_L C_L)^{-1/c_L} Q_{opt}^{c_Q/c_L}} \Rightarrow$$

$$V_{opt} = \beta^{1/c_k} \alpha^{-1/c_L} (N_L C_L)^{1/c_L} (N_K C_K)^{-1/c_k} (N_Q C_Q Q_{opt})^{1/c_k - 1/c_L}$$

Σημειώνεται ότι είναι δυνατόν να εκφράσουμε τις μέσες τιμές της απόδοσης της εργασίας και του κεφαλαίου ( $Q/L$  και  $Q/K$ , αντίστοιχα) ως συναρτήσεις του λόγου  $V$  στην οικονομετρική εκτίμηση των τιμών των παραμέτρων της ομογενούς C-D, δηλ., όταν  $(\alpha+\beta)=1$ , ως ακολούθως:

$$Q = AL^\alpha L^\beta L^{-\beta} K^\beta \Rightarrow Q = AL^{\alpha+\beta} (K/L)^\beta \Rightarrow Q = ALV^\beta \Rightarrow Q/L = AV^\beta$$

$$Q = AL^\alpha K^\beta K^\alpha K^{-\alpha} \Rightarrow Q = A(L/K)^\alpha K^{\alpha+\beta} \Rightarrow Q = AKV^{-\alpha} \Rightarrow Q/K = AV^{-\alpha}$$

Για την εκτίμηση των τιμών των παραμέτρων  $A$  και  $\beta$  ή  $\alpha$  με μη γραμμική παλινδρόμηση των αντίστοιχων μη-γραμμικών υποδειγμάτων, με δεδομένα  $[V_i, (Q/L)_i]$  ή  $[V_i, (Q/K)_i]$  μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ως αρχικές τιμές των παραμέτρων (για την εκτίμηση της αλγοριθμικής διαδικασίας προσέγγισης των τιμών των παραμέτρων) εκείνες που προκύπτουν με γραμμική παλινδρόμηση των γραμμοποιημένων υποδειγμάτων  $\ln(Q/L) = \ln A + \beta \ln V$ ,  $\ln(Q/K) = \ln A - \alpha \ln V$ , όπου τα δεδομένα εισάγονται με τη μορφή  $[\ln V_i, \ln(Q/L)_i]$  ή  $[\ln V_i, \ln(Q/K)_i]$ , αντίστοιχα.

#### 4.3 Ταυτοποίηση/διερεύνηση παραμέτρων σε συνάρτηση παραγωγής σταθεράς ελαστικότητας υποκατάστασης

Για την εκκίνηση της διαδικασίας ταυτοποίησης παραμέτρων, σε συνάρτηση παραγωγής σταθεράς ελαστικότητας υποκατάστασης, χρησιμοποιούμε το υπόδειγμα:

$$Q = A[(1-\delta)L^{-\theta} + \delta K^{-\theta}]^{\mu/\theta}, A, \mu > 0, 0 < \delta < 1, \theta > -1$$

Η οριακή παραγωγικότητα της εργασίας  $L$  και του κεφαλαίου  $K$ , συναρτήσει του  $V$ , εύρισκονται ως ακολούθως:

$$Q_L = \frac{\partial Q}{\partial L} = -\frac{\mu}{\theta} A[(1-\delta)L^{-\theta} + \delta K^{-\theta}]^{\frac{\mu}{\theta}-1} (-\theta)(1-\delta)L^{-\theta-1}$$

$$Q_L = \mu(1-\delta)L^{-(\theta+1)} \frac{Q}{(1-\delta)L^{-\theta} + \delta K^{-\theta}} \quad Q_L = \frac{\mu(1-\delta)L^{-(\theta+1)} Q}{\left[ A[(1-\delta)L^{-\theta} + \delta K^{-\theta}]^{\frac{\mu}{\theta}} \right]^{\frac{\theta}{\mu}} A^{\frac{\theta}{\mu}}}$$

$$Q_L = A^{-\frac{\theta}{\mu}} (1-\delta) \mu L^{-(\theta+1)} Q^{\frac{\theta}{\mu}+1}$$

$$Q_K = \frac{\partial Q}{\partial K} = -\frac{\mu}{\theta} A \left[ (1-\delta)L^{-\theta} + \delta K^{-\theta} \right]^{\frac{\mu}{\theta}-1} (-\theta) \delta K^{-\theta-1}$$

$$Q_K = \mu \delta K^{-(\theta+1)} \frac{Q}{(1-\delta)L^{-\theta} + \delta K^{-\theta}}$$

$$Q_K = \frac{\mu \delta K^{-(\theta+1)} Q}{\left[ A \left[ (1-\delta)L^{-\theta} + \delta K^{-\theta} \right]^{\frac{\mu}{\theta}} \right]^{\frac{\theta}{\mu}} A^{\frac{\theta}{\mu}}}$$

$$Q_K = A^{-\frac{\theta}{\mu}} \delta \mu K^{-(\theta+1)} Q^{\frac{\theta}{\mu}+1}$$

$$E_L = (\partial Q / \partial L) / (Q / L) \Rightarrow E_L = \mu \left[ 1 + [\delta / (1-\delta)] V^{-\theta} \right]^{-1}$$

$$E_K = (\partial Q / \partial K) / (Q / K) \Rightarrow E_K = \mu \left[ 1 + [(1-\delta) / \delta] V^{-\theta} \right]^{-1}$$

$$Q_{LL} = A^{-\frac{\theta}{\mu}} (1-\delta) \mu \left[ L^{-(\theta+1)} \partial(Q^{\frac{\theta}{\mu}+1}) / \partial L + (-\theta+1) L^{-(\theta+2)} Q^{\frac{\theta}{\mu}+1} \right]$$

$$Q_{LL} = A^{-\frac{\theta}{\mu}} (1-\delta) \mu L^{-1} \left[ L^{-\theta} \left( \frac{\theta}{\mu} + 1 \right) Q^{\frac{\theta}{\mu}} Q_L - (\theta+1) L^{-(\theta+2)} Q^{\frac{\theta}{\mu}+1} \right]$$

$$Q_{LL} = \mu(1-\delta) L^{-1} A^{-\frac{\theta}{\mu}} L^{-\theta} \left( \frac{\theta}{\mu} + 1 \right) A^{\frac{\theta}{\mu}} \left[ (1-\delta)L^{-\theta} + \delta K^{-\theta} \right]^{-1} Q_L -$$

$$\mu(1-\delta) L^{-1} A^{-\frac{\theta}{\mu}} (\theta+1) A^{\frac{\theta}{\mu}+1} \left[ (1-\delta)L^{-\theta} + \delta K^{-\theta} \right]^{-\left(\frac{\theta}{\mu}+1\right)} L^{-(\theta+1)}$$

$$Q_{LL} = \mu(1-\delta) L^{-1} \left( \frac{\theta}{\mu} + 1 \right) \frac{L^{-\theta} Q_L}{(1-\delta)L^{-\theta} + \delta K^{-\theta}} - \mu(1-\delta) L^{-1} (\theta+1) A \left[ (1-\delta)L^{-\theta} + \delta K^{-\theta} \right]^{-1-\frac{\mu}{\theta}} L^{-(\theta+1)}$$

$$Q_{LL} = \mu(1-\delta) L^{-1} \left( \frac{\theta}{\mu} + 1 \right) \frac{Q_L}{(1-\delta) + \delta \left( \frac{K}{L} \right)^{-\theta}} - \mu(1-\delta) L^{-1} (\theta+1) Q \left[ (1-\delta)L^{-\theta} + \delta K^{-\theta} \right]^{-1} L^{-(\theta+1)}$$

$$Q_L = \frac{\mu(Q/L)}{(1-\delta) + \delta(L/K)^{\theta}} \Rightarrow Q_L = \frac{\mu \left( \frac{Q}{L} \right)}{\frac{\delta}{1-\delta} V^{-\theta} + 1}$$

$$Q = \frac{L Q_L (1-\delta) + \delta(L/K)^{\theta}}{\mu (1-\delta)}$$



$$Q_{LL} = \mu L^{-1} \left( \frac{\theta}{\mu} + 1 \right) \frac{Q_L}{\frac{1-\delta}{1-\delta} + \frac{\delta}{1-\delta} V^{-\theta}} - \mu(1-\delta)L^{-1}(\theta+1) \frac{LQ_L}{\mu} \left[ \frac{(1-\delta) + \delta V^{-\theta}}{1-\delta} \right] \frac{L^{-\theta-1}}{(1-\delta)L^{-\theta} + \delta K^{-\theta}}$$

$$Q_{LL} = \mu L^{-1} \left( \frac{\theta}{\mu} + 1 \right) \frac{Q_L}{1 + \frac{\delta}{1-\delta} V^{-\theta}} - (\theta+1)Q_L [(1-\delta) + \delta V^{-\theta}] \frac{L^{-1}}{(1-\delta) + \delta \left( \frac{K}{L} \right)^{-\theta}}$$

$$Q_{LL} = \left[ \frac{(\theta + \mu)Q_L}{1 + \frac{\delta}{1-\delta} V^{-\theta}} - (\theta+1)Q_L \right] / L \Rightarrow Q_{LL} = \frac{Q_L}{L} (\theta+1) \left[ \frac{(\theta + \mu)/(\theta+1)}{1 + \frac{\delta}{1-\delta} V^{-\theta}} - 1 \right]$$

$$Q_{KK} = A^{-\frac{\theta}{\mu}} \delta \mu \left[ K^{-(\theta+1)} \partial(Q^{\frac{\theta}{\mu}}) / \partial K + (-\theta+1)K^{-(\theta+2)} Q^{\frac{\theta}{\mu}} \right]$$

$$Q_{KK} = A^{-\frac{\theta}{\mu}} \delta \mu K^{-1} \left[ K^{-\theta} \left( \frac{\theta}{\mu} + 1 \right) Q^{\frac{\theta}{\mu}} Q_K - (\theta+1)K^{-(\theta+2)} Q^{\frac{\theta}{\mu}} \right]$$

$$Q_{KK} = \mu \delta K^{-1} A^{-\frac{\theta}{\mu}} K^{-\theta} \left( \frac{\theta}{\mu} + 1 \right) A^{\frac{\theta}{\mu}} [(1-\delta)L^{-\theta} + \delta K^{-\theta}]^{-1} Q_K - \mu \delta K^{-1} A^{-\frac{\theta}{\mu}} (\theta+1) A^{\frac{\theta}{\mu}+1} [(1-\delta)L^{-\theta} + \delta K^{-\theta}]^{-\frac{(\mu+1)}{\theta}} K^{-(\theta+1)}$$

$$Q_{KK} = \mu \delta K^{-1} \left( \frac{\theta}{\mu} + 1 \right) \frac{K^{-\theta} Q_K}{(1-\delta)L^{-\theta} + \delta K^{-\theta}} - \mu \delta K^{-1} (\theta+1) A [(1-\delta)L^{-\theta} + \delta K^{-\theta}]^{-1-\frac{\mu}{\theta}} K^{-(\theta+1)}$$

$$Q_{KK} = \mu \delta K^{-1} \left( \frac{\theta}{\mu} + 1 \right) \frac{Q_K}{(1-\delta) \left( \frac{L}{K} \right)^{-\theta} + \delta} - \mu \delta K^{-1} (\theta+1) Q [(1-\delta)L^{-\theta} + \delta K^{-\theta}]^{-1} K^{-(\theta+1)}$$

$$Q_K = \frac{\mu(Q/K)}{(1-\delta)(K/L)^{\theta} + \delta} \Rightarrow Q_K = \frac{\mu \left( \frac{Q}{K} \right)}{\frac{1-\delta}{\delta} V^{\theta} + 1}$$

$$Q = \frac{KQ_K}{\mu} \frac{(1-\delta)(K/L)^{\theta} + \delta}{\delta}$$

$$Q_{KK} = \mu K^{-1} \left( \frac{\theta}{\mu} + 1 \right) \frac{Q_K}{\frac{\delta}{\delta} + \frac{(1-\delta)}{\delta} V^{\theta}} - \mu \delta K^{-1} (\theta+1) \frac{KQ_K}{\mu} \left[ \frac{(1-\delta)V^{\theta} + \delta}{\delta} \right] \frac{K^{-\theta-1}}{(1-\delta)L^{-\theta} + \delta K^{-\theta}}$$

$$Q_{KK} = \mu K^{-1} \left( \frac{\theta}{\mu} + 1 \right) \frac{Q_K}{1 + \frac{1-\delta}{\delta} V^{\theta}} - (\theta+1)Q_K [\delta + (1-\delta)V^{\theta}] \frac{K^{-1}}{(1-\delta) \left( \frac{L}{K} \right)^{-\theta} + \delta}$$

$$Q_{KK} = \left[ \frac{(\theta + \mu)Q_K}{1 + \frac{1-\delta}{\delta}V^\theta} - (\theta + 1)Q_K \right] / K \Rightarrow Q_{KK} = \frac{Q_K}{K} (\theta + 1) \left[ \frac{(\theta + \mu)/(\theta + 1)}{1 + \frac{1-\delta}{\delta}V^\theta} - 1 \right]$$

$$Q_{LK} = A^{-\frac{\theta}{\mu}} (1-\delta)\mu L^{-(\theta+1)} \left( \frac{\theta}{\mu} + 1 \right) Q^\mu \left( A^{-\frac{\theta}{\mu}} \delta \mu K^{-(\theta+1)} Q^{\mu+1} \right) \Rightarrow$$

$$Q_{LK} = Q_L \left( 1 + \frac{\theta}{\mu} \right) Q_K Q^{-1}$$

Λύνοντας την CES ως προς  $L$ , για ορισμένη ποσότητα προϊόντος  $Q_1$ , λαμβάνουμε τη συνάρτηση  $L=f(K)$ , η οποία αντιστοιχεί στην καμπύλη ίσου προϊόντος ( $Q=Q_1$ ):

$$\frac{Q_1^{-\frac{\theta}{\mu}}}{A^{-\frac{\theta}{\mu}}} = (1-\delta)L^{-\theta} + \delta K^{-\theta} \Rightarrow (1-\delta)L^{-\theta} = \left( \frac{Q_1}{A} \right)^{-\frac{\theta}{\mu}} - \delta K^{-\theta} \Rightarrow L^{-\theta} = \frac{\left( \frac{Q_1}{A} \right)^{-\frac{\theta}{\mu}}}{1-\delta} - \frac{\delta}{1-\delta} K^{-\theta} \Rightarrow$$

$$L = \left[ \frac{\left( \frac{Q_1}{A} \right)^{-\frac{\theta}{\mu}} - \delta K^{-\theta}}{1-\delta} \right]^{\frac{1}{\theta}}$$

Η κλίση της καμπύλης αυτής είναι

$$\frac{dL}{dK} = -\frac{1}{\theta} \left[ \frac{\left( \frac{Q_1}{A} \right)^{-\frac{\theta}{\mu}} - \delta K^{-\theta}}{1-\delta} \right]^{\frac{1}{\theta}-1} \left[ -\frac{\delta}{1-\delta} (-\theta) K^{-\theta-1} \right] \Rightarrow$$

$$\frac{dL}{dK} = -\frac{\delta}{1-\delta} \left[ \frac{\left( \frac{Q_1}{A} \right)^{-\frac{\theta}{\mu}} - \delta K^{-\theta}}{1-\delta} \right]^{\frac{1}{\theta}-1} K^{-\theta-1} \Rightarrow \frac{dL}{dK} = -\frac{\delta}{1-\delta} L L^\theta K^{-\theta-1} \Rightarrow \frac{dL}{dK} = -\frac{\delta}{1-\delta} \left( \frac{L}{K} \right)^{\theta+1}$$

Η ελαστικότητα της καμπύλης ίσης παραγωγής,  $E_i$ , δίνεται από τη σχέση:

$$E_i = \frac{dL}{dK} \frac{K}{L} \Rightarrow E_i = \frac{-\frac{\delta}{1-\delta} \left( \frac{L}{K} \right)^{\theta+1}}{\frac{L}{K}} \Rightarrow E_i = -\frac{\delta}{1-\delta} \left( \frac{L}{K} \right)^\theta \Rightarrow E_i = -\frac{\delta}{1-\delta} V^{-\theta}$$

Σημειώνεται ότι είναι δυνατόν να εκφράσουμε τις μέσες τιμές της απόδοσης της εργασίας και του κεφαλαίου ( $Q/L$  και  $Q/K$ , αντίστοιχα) ως συναρτήσεις του λόγου  $V$  στην οικονομετρική εκτίμηση των τιμών των παραμέτρων της ομογενούς CES, δηλ., όταν  $\mu=1$ , ως ακολούθως:

$$\frac{Q}{L} = \frac{A[(1-\delta)L^{-\theta} + \delta K^{-\theta}]^{\frac{1}{\theta}}}{[L^{-\theta}]^{\frac{1}{\theta}}} \Rightarrow \frac{Q}{L} = A[(1-\delta) + \delta V^{-\theta}]^{\frac{1}{\theta}}$$

$$\frac{Q}{K} = \frac{A[(1-\delta)L^{-\theta} + \delta K^{-\theta}]^{\frac{1}{\theta}}}{[K^{-\theta}]^{\frac{1}{\theta}}} \Rightarrow \frac{Q}{K} = A[(1-\delta)V^{\theta} + \delta]^{\frac{1}{\theta}}$$

Για την εκτίμηση των τιμών των παραμέτρων  $A$ ,  $\delta$ ,  $\theta$  με μη γραμμική παλινδρόμηση των αντίστοιχων μη-γραμμικών υποδειγμάτων, με δεδομένα  $[V_i, (Q/L)_i]$  ή  $[V_i, (Q/K)_i]$  μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ως αρχικές τιμές των παραμέτρων (για την εκτίμηση της αλγοριθμικής διαδικασίας προσέγγισης των τιμών των παραμέτρων) εκείνες που προκύπτουν με γραμμική παλινδρόμηση των γραμμοποιημένων υποδειγμάτων

$$\ln(Q/L) = \ln A - \frac{1}{\theta} \ln[(1-\delta) + \delta V^{-\theta}], \quad \ln(Q/K) = \ln A - \frac{1}{\theta} \ln[(1-\delta)V^{\theta} + \delta]$$

όπου τα δεδομένα εισάγονται με τη μορφή  $[\ln V_i, \ln(Q/L)_i]$  ή  $[\ln V_i, \ln(Q/K)_i]$ , αντίστοιχα.

Επειδή όμως υπάρχουν τρεις παράμετροι ( $A, \delta, \theta$ ), ακολουθείται η εξής διαδικασία: Για δεδομένη τιμή της  $\delta$  (εξωτερικός βρόχος/loop) ορίζεται εξωγενώς ένας αριθμός ισαπεχουσών τιμών της  $\theta$  (δηλ., με σταθερό βήμα/step στον εσωτερικό βρόχο) και επιλέγεται αυτή που δίνει την πλησιέστερη τιμή προς εκείνη που προσδιορίζεται ενδογενώς με τη γραμμική παλινδρόμηση που εκτελείται σε κάθε βήμα. Το ίδιο επαναλαμβάνεται για όλες τις ισαπέχουσες τιμές της  $\delta$  και επιλέγεται εκείνο το ζεύγος τιμών των ( $\theta, \delta$ ) που αντιστοιχεί στο μικρότερο τυπικό σφάλμα της εκτίμησης (standard error of estimate - SEE). Είναι προφανές ότι η τιμή του τελικού SEE, που προσδιορίζεται με τη μη-γραμμική παλινδρόμηση που ακολουθεί είναι πάντοτε μικρότερη της τιμής του ενδιάμεσου SEE που προσδιορίστηκε με το γραμμοποιημένο υπόδειγμα, το οποίο χρησιμοποιείται ως βάση της προσεγγιστικής ελαχιστοποίησης της δευτερογενούς/τροποποιημένης αντικειμενικής συνάρτησης

$$\sum_{i=1}^n [\ln(Q/L)_i - \overline{\ln(Q/L)}_i]^2 \quad \text{ή} \quad \sum_{i=1}^n [\ln(Q/K)_i - \overline{\ln(Q/K)}_i]^2. \quad \text{Αντίθετα, η πρωτογενής}$$

$$\text{αντικειμενική συνάρτηση είναι} \quad \sum_{i=1}^n [(Q/L)_i - \overline{(Q/L)}_i]^2 \quad \text{ή} \quad \sum_{i=1}^n [(Q/K)_i - \overline{(Q/K)}_i]^2. \quad \text{Όσο}$$

μεγαλύτερη διασπορά των ζευγών των τιμών  $[V_i, (Q/L)_i]$  ή  $[V_i, (Q/K)_i]$  σε σχέση με τις

εκτιμώμενες, με βάση την υιοθετούμενη συνάρτηση παραγωγής, τόσο μεγαλύτερη αναμένεται ότι θα είναι η διαφορά των τιμών μεταξύ ενδιάμεσου και τελικού SEE. Αυτές οι αντικειμενικές συναρτήσεις είναι ταυτόσημες με το κριτήριο των ελαχίστων τετραγώνων και ισούνται με τις τιμές των αντίστοιχων SEE αν διαιρεθούν με το πλήθος των βαθμών ελευθερίας  $n-p$  (όπου  $p$  ο αριθμός των παραμέτρων) και εξαχθεί η τετραγωνική ρίζα ώστε να τακτοποιηθούν οι διαστάσεις που διαταράχθηκαν με την ύψωση στο τετράγωνο, η οποία έγινε για να αποφευχθεί η αλληλοαναίρεση ετερόσημων αποκλίσεων.

#### 4.4 Ταυτοποίηση/διερεύνηση παραμέτρων σε ιεραρχική οντολογία συναρτήσεων παραγωγής

Η ταυτοποίηση/διερεύνηση των παραμέτρων είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί στο πλαίσιο μίας ιεραρχικής οντολογίας<sup>§</sup> συναρτήσεων παραγωγής, δηλ., ενός δικτύου όπου οι

---

<sup>§</sup> Ο σύγχρονος τεχνικός όρος ‘Οντολογία’ στην Πληροφορική και την Επιστήμη των Υπολογιστών χρησιμοποιείται για την αναπαράσταση της γνώσης (knowledge representation) που έχει αποκτηθεί αναφορικά με/προς ένα σύνολο εννοιών και των σχέσεων που συνδέουν τις έννοιες αυτές μεταξύ τους με τρόπο ώστε να περιγράφεται επαρκώς μία πραγματική ενότητα ή/και ένα γνωσιακό πεδίο. Ο συνδετικός ιστός των στοιχείων μίας οντολογίας είναι το αντίστοιχο ελεγχόμενο λεξιλόγιο (controlled vocabulary), το οποίον, στην πλήρη εξηγηματική/ερμηνευτική μορφή του, ταυτίζεται με την ίδια την οντολογία. Όσο μεγαλύτερη η συνεκτικότητα του σχηματιζόμενου δικτύου, το οποίον μπορεί να παρίσταται σε φυσική ή/και τυπική/μαθηματική γλώσσα, τόσο μεγαλύτερη η πληρότητα. Αντιστρόφως, όσο μικρότερη η συνεκτικότητα, τόσο χαλαρότερο το δίκτυο, ενώ δεν επιτρέπονται μεμονωμένοι/αυτοπροσδιοριζόμενοι κόμβοι, επειδή ισοδυναμούν με το από παλαιά γνωστό σφάλμα «ορίζουν δια του οριζομένου». Από διαλεκτική άποψη, υπάρχουν δύο είδη οντολογίας: η τυπική και του περιεχομένου (formal/operational και domain/content, αντίστοιχα). Στην πράξη, οι οντολογίες είναι διπολικές, προκειμένου να διασφαλίζεται η *ad hoc* σχέση φόρμας-περιεχομένου, όπως ακριβώς πρέπει να διασφαλίζεται η σχέση σημαίνοντος-σημαινομένου σε μία φυσική γλώσσα. Από μία άλλη άποψη, οι οντολογίες διακρίνονται σε ασθενείς και ισχυρές. Μία οντολογία χαρακτηρίζεται τόσο περισσότερο ισχυρή όσο μικρότερη ανθρώπινη παρέμβαση απαιτείται για την εξαγωγή συμπερασμάτων και τον ενδογενή εμπλουτισμό της. Υπό αυτήν την έννοια, οι απλές Βάσεις Δεδομένων/Πληροφοριών είναι ασθενείς οντολογίες, επειδή δεν έχουν επαρκώς ανεπτυγμένο δίκτυο σχέσεων (δηλ., έχουν χαμηλή συνεκτικότητα μεταξύ των δεδομένων τους).

Σημειώνεται ότι η παλαιότερη/φιλοσοφική σημασία του πόρου ‘Οντολογία’ είναι εντελώς διαφορετική, συνδεδεμένη με την αναζήτηση της βαθύτερης ουσίας των υπάρξεων, δηλ., την Αριστοτελική προσέγγιση, όπως αυτή συνεχίσθηκε/διαφοροποιήθηκε κυρίως από τους Γερμανούς φιλοσόφους και (επαν)ιδρυτές της Φαινομενολογίας E. Husserl (1859-1938) και N. Hartman (1882-1951) κατά τον 20<sup>ο</sup> αιώνα. Σύμφωνα με τον υπό τον τίτλο ‘Προλεγόμενα για μία Καθαρή Λογική’ πρώτο τόμο του έργου ‘Λογικές Έρευνες’ (1900) του Husserl, ξεετάζοντας οποιοδήποτε είδος γνώσης, διαπιστώνουμε ότι συνίσταται από τα εξής τρία στρώματα: (i) της υποκειμενικής θεώρησης, (ii) της αντικειμενικής πραγματικότητας και της (iii) της τυπικής λογικής. Με όρους της σύγχρονης Θεωρίας των Πληροφοριών και Διαχείρισης της Γνώσης (Information Theory και Knowledge Management) μπορούμε να αντιστοιχίσουμε το στρώμα (ii) με την οντολογία περιεχομένου και το στρώμα (iii) με την τυπική οντολογία, την οποίαν άλλωστε προσεγγίζει ο ίδιος φιλόσοφος μέσω ενός διαφορετικού δρόμου στο έργο του ‘Τυπική και Υπερβατική Λογική’ (1928). Παρόμοιο συμπέρασμα μπορούμε να εξαγάγουμε από την μελέτη της πρώτης έρευνάς του με τίτλο ‘Έκφραση και Σημασία’, που περιλαμβάνεται στο δεύτερο τόμο του παραπάνω έργου με τίτλο ‘Έρευνες για την

κόμβοι είναι συναρτήσεις παραγωγής και οι συνάψεις/σύνδεσμοι των κόμβων δίνουν τις συνθήκες (υπό μορφή χαρακτηριστικών ή οριακών τιμών παραμέτρων) μετάβασης από τον κόμβο προέλευσης στον κόμβο προορισμού. Στο Σχήμα 4.3, παρουσιάζεται μία οντολογία συναρτήσεων παραγωγής (υπό μορφή γραφήματος 12 κόμβων και 15 συνάψεων) με απαγωγική/καθοδική (deductive/top-down) διάταξη, η οποία προκύπτει θεωρητικά, όταν λαμβάνεται ως κορυφή το υπόδειγμα GMT. Η αντίστροφη επαγωγική/ανοδική (inductive/bottom-up) διάταξη είναι δυνατόν να προκύψει είτε εμπειρικά είτε βάσει παραδοχών (η διάζευξη νοείται εγκλειστική, επειδή η επιλογή των υιοθετούμενων παραδοχών είναι επίσης εμπειρική). Όσο υψηλότερα είναι το υιοθετούμενο υπόδειγμα για την έκφραση των  $V$ -τιμών τόσο ακριβέστερα ταυτοποιούνται οι παράμετροι, αυξανόμενων όμως και των απαιτήσεων σε δεδομένα, λόγω υψηλότερου βαθμού δέσμευσης/εξειδίκευσης. Όταν οι απαιτήσεις αυτές δεν ικανοποιούνται, λόγω ποσοτικής/ποιοτικής ανεπάρκειας δεδομένων, τότε οι εκτιμήσεις των τιμών των παραμέτρων δεν είναι αξιόπιστες ενώ αυξάνεται και η αβεβαιότητα όσον αφορά στην ισχύ του υποδείγματος για την εξεταζόμενη περίπτωση. Σημειώνεται ότι απαγωγική διάταξη είναι δυνατόν να προκύψει και με κατεύθυνση bottom-up για κόμβους είτε κορυφής είτε πυθμένα. Η τελευταία περίπτωση εμφανίζεται στο οντολογικό διάγραμμα, όπου σταθερές αποδόσεις κλίμακας (Returns to Scale - RS) και ελαστικότητα υποκατάστασης ίση με τη μονάδα ( $\sigma = 1$ ) συνεπάγονται ομογενή συνάρτηση παραγωγής τύπου Cobb-Douglas, δηλ. z/(C-D).

**GMT** (γενικευμένη τύπου McCarthy):

$$Q = A(rL^\varphi + sK^\varphi + q\varphi L^\zeta K^{\varphi-\zeta})^{\mu/\varphi}$$

**GMO $_\varphi$**  (γενικευμένου μέσου, τάξης  $\varphi$ ):

$$Q = A\left(rL^\varphi + sK^\varphi + q\varphi (L K)^{\varphi/2}\right)^{\mu/\varphi}$$

**CES $_4$**  (σταθεράς ελαστικότητας υποκατάστασης, 4 παραμέτρων):

$$Q = A(rL^\varphi + sK^\varphi)^{\mu/\varphi}$$

**CES $_3$**  (σταθεράς ελαστικότητας υποκατάστασης, 3 παραμέτρων):

---

Φαινομενολογία και τη θεωρία της Γνώσης'. Το συμπέρασμα αυτό συνοψίζεται στο ότι γίνεται αποδεκτή ή υιοθετείται η άποψη ότι κάθε νοηματική πρόταση περιέχει ένα τουλάχιστον (i) λεκτικό σημαίνον, (ii) λεκτικά σημαίνόμενο, (iii) γνωσιακά/λογικά σημαίνόμενο. Επειδή η ισχύς του (ii) έγκειται σε μία κυρίως ονοματολογική/πραγματική απεικόνιση του (i) που φανερώνει το (ii) ως πραγματικό αντικείμενο χωρίς αξιολογική/συγκριτική/σχεσιακή κρίση ενώ του (iii) έγκειται σε μία γενικότερη/πληρέστερη εποπτεία μέσω λογικών σχέσεων με την υπάρχουσα Γνωσιολογική Θεωρία,

$$Q = A(rL^\varphi + sK^\varphi)^{1/\varphi}$$

**GL** (γενικευμένη Leontief):

$$Q = A \left[ rL + sK + q(LK)^{1/2} \right]^\mu$$

**SL** (απλή Leontief):

$$Q = ArL + AsK + Ag(LK)^{1/2}$$

**SMT** (απλή τύπου McCarthy):

$$Q = A(rL^\varphi + sK^\varphi + q\varphi L^\zeta K^{\varphi-\zeta})^{1/\varphi}$$

**GE** (γενικευμένη εκθετική):

$$Q = AL' K^{s'} \exp \left[ q' \left( \frac{L}{K} \right)^\xi \right]$$

**SE** (απλή εκθετική):

$$Q = AL' K^{s'} \exp \left[ q' \left( \frac{L}{K} \right) \right]$$

**(C-D)<sub>e</sub>** (Cobb-Douglas, όπως εξάγεται από την εκθετική σύναψη του δικτύου):

$$Q = AL^{r'} K^{s'}$$

**(C-D)<sub>c</sub>** (Cobb-Douglas, όπως εξάγεται από τις συνάψεις CES του δικτύου):

$$Q = CL^{\mu r} K^{\mu s}$$

**z/(C-D)** (Cobb-Douglas, μηδενικών οικονομιών κλίμακας):

$$Q = CL' K^s$$

**GL**→**SL**, υπό τη δέσμευση  $\mu=1$

$$Q = A \left[ rL + sK + q(LK)^{1/2} \right]^\mu$$

$$\mu = 1 \Rightarrow Q = ArL + AsK + Ag(LK)^{1/2}$$

**GMT**→**SMT**, υπό τη δέσμευση  $\mu=1$

$$Q = A(rL^\varphi + sK^\varphi + q\varphi L^\zeta K^{\varphi-\zeta})^{1/\varphi}$$

$$\mu = 1 \Rightarrow Q = A(rL^\varphi + sK^\varphi + q\varphi L^\zeta K^{\varphi-\zeta})^{1/\varphi}$$

**SMT**→**GE**, υπό τη δέσμευση  $\varphi \rightarrow 0$

$$Q = A(rL^\varphi + sK^\varphi + q\varphi L^\zeta K^{\varphi-\zeta})^{1/\varphi}$$

---

μπορούμε να αντιστοιγήσουμε πάλι το (ii) με την οντολογία περιεχομένου και το (iii) με την τυπική οντολογία.

$$\ln Q = \ln A + \frac{1}{\varphi} \ln(rL^\varphi + sK^\varphi + q\varphi L^\zeta K^{\varphi-\zeta})$$

$$\Theta \acute{\epsilon}\tau\omicron\upsilon\mu\epsilon \ g(\varphi) = \ln(rL^\varphi + sK^\varphi + q\varphi L^\zeta K^{\varphi-\zeta}), \ h(\varphi) = \varphi$$

$$\text{Οπότε } \lim_{\varphi \rightarrow 0} \frac{g(\varphi)}{h(\varphi)} = \left[ \frac{\partial g(\varphi) / \partial \varphi}{\partial h(\varphi) / \partial \varphi} \right]_{\varphi=0} =$$

$$= \left[ \frac{rL^\varphi \ln L + sK^\varphi \ln K + qL^\zeta K^{\varphi-\zeta} + q\varphi L^\zeta K^{-\zeta} K^\varphi \ln K}{rL^\varphi + sK^\varphi + q\varphi L^\zeta K^{\varphi-\zeta}} \right]_{\varphi=0} = \frac{r \ln L + s \ln K + q \left( \frac{L}{K} \right)^\zeta}{r + s}$$

$$\Theta \acute{\epsilon}\tau\omicron\upsilon\mu\epsilon \ r' = \frac{r}{r+s}, \ s' = \frac{s}{r+s}, \ q' = \frac{q}{q+s}, \ \text{οπότε λαμβάνουμε}$$

$$\ln Q = \ln A + r' \ln L + s' \ln K + q' \left( \frac{L}{K} \right)^\zeta \ \acute{\eta} \ Q = AL^{r'} K^{s'} \exp \left[ q' \left( \frac{L}{K} \right)^\zeta \right]$$

**GMT** → **GMO<sub>φ</sub>**, υπό τη δέσμευση  $\zeta = \varphi/2$

$$Q = A \left( rL^\varphi + sK^\varphi + q\varphi L^\zeta K^{\varphi-\zeta} \right)^{\mu/\varphi}$$

$$\zeta = \varphi/2 \Rightarrow Q = A \left( rL^\varphi + sK^\varphi + q\varphi (L/K)^{\varphi/2} \right)^{\mu/\varphi}$$

**GMO<sub>φ</sub>** → **CES<sub>4</sub>**, υπό τη δέσμευση  $q=0$

$$Q = A \left( rL^\varphi + sK^\varphi + q\varphi (L/K)^{\varphi/2} \right)^{\mu/\varphi}$$

$$q=0 \Rightarrow Q = A \left( rL^\varphi + sK^\varphi \right)^{\mu/\varphi}$$

**CES<sub>4</sub>** → **CES<sub>3</sub>**, υπό τη δέσμευση  $\mu=1$

$$Q = A \left( rL^\varphi + sK^\varphi \right)^{\mu/\varphi}$$

$$\mu=1 \Rightarrow Q = A \left( rL^\varphi + sK^\varphi \right)^{1/\varphi}$$

**CES<sub>4</sub>** → **(C-D)<sub>e</sub>**, υπό τη δέσμευση  $\varphi \rightarrow 0$

$$Q = A \left( rL^\varphi + sK^\varphi \right)^{\mu/\varphi}$$

$$Q^{1/\mu} = A^{1/\mu} \left( rL^\varphi + sK^\varphi \right)$$

$$\frac{\varphi}{\mu} Q^{\frac{\varphi}{\mu}-1} dQ = A^{\frac{\varphi}{\mu}} \varphi \left[ rL^{\varphi-1} dL + sK^{\varphi-1} dK \right]$$

$$Q^{\frac{\varphi}{\mu}} \frac{dQ}{Q} = \mu A^{\frac{\varphi}{\mu}} \left[ rL^\varphi \frac{dL}{L} + sK^\varphi \frac{dK}{K} \right]$$

$$\varphi = 0 \Rightarrow \frac{dQ}{Q} = \mu r \frac{dL}{L} + \mu s \frac{dK}{K}$$

Η ολοκλήρωση του ολικού διαφορικού δίνει:

$$\ln Q = \mu r \ln L + \mu s \ln K + \ln C$$

όπου  $\ln C$  η σταθερά της ολοκλήρωσης. Η αντίστροφη της συνάρτησης αυτής είναι

$$Q = CL^{\mu r} K^{\mu s}$$

**CES<sub>3</sub>→z/(C-D)**, υπό τις δεσμεύσεις  $\varphi \rightarrow 0$ ,  $(r+s)=1$

$$Q = A(rL^\varphi + sK^\varphi)^{1/\varphi}$$

$$Q^\varphi = A^\varphi (rL^\varphi + sK^\varphi)$$

$$\varphi Q^{\varphi-1} dQ = A^\varphi \varphi (rL^{\varphi-1} dL + sK^{\varphi-1} dK)$$

$$Q^\varphi \frac{dQ}{Q} = A^\varphi \left( rL^\varphi \frac{dL}{L} + sK^\varphi \frac{dK}{K} \right)$$

$$\varphi = 0 \Rightarrow \frac{dQ}{Q} = r \frac{dL}{L} + s \frac{dK}{K}$$

Η ολοκλήρωση του ολικού διαφορικού δίνει:

$$\ln Q = r \ln L + s \ln K + \ln C$$

όπου  $\ln C$  η σταθερά της ολοκλήρωσης. Η αντίστροφη της συνάρτησης αυτής είναι

$Q = CL^r K^s$ , δηλ., ομογενής πρώτου βαθμού άρα με σταθερές αποδόσεις κλίμακας (returns to scale) ή μηδενικές οικονομίες κλίμακας (scale economies), αφού  $(r+s)=1$ .

**GMO<sub>φ</sub>→GL**, υπό τη δέσμευση  $\varphi=1$

$$Q = A \left( rL^\varphi + sK^\varphi + q\varphi (L/K)^{\varphi/2} \right)^{\mu/\varphi}$$

$$\varphi=1 \Rightarrow Q = A \left( rL + sK + q(L/K)^{1/2} \right)^\mu$$

**GE→SE**, υπό τη δέσμευση  $\zeta=1$

$$Q = AL^r K^s \exp \left[ q' \left( \frac{L}{K} \right)^\zeta \right]$$

$$\zeta = 1 \Rightarrow Q = AL^r K^s \exp \left[ q' \left( \frac{L}{K} \right) \right]$$

**SE→(C-D)<sub>e</sub>**, υπό τη δέσμευση  $q=0$

$$Q = AL^r K^s \exp \left[ q' \left( \frac{L}{K} \right) \right]$$

$$q = 0 \Rightarrow q' = 0 \Rightarrow Q = AL^r K^s$$



**GE**→**(C-D)<sub>e</sub>**, υπό τη δέσμευση  $q=0$

$$Q = AL^{r'} K^{s'} \exp\left[q' \left(\frac{L}{K}\right)^{\xi}\right]$$

$$q = 0 \Rightarrow q' = 0 \Rightarrow Q = AL^{r'} K^{s'}$$

**(C-D)<sub>e</sub>**→**z/(C-D)**, υπό τη δέσμευση  $(r'+s')=1$

$$Q = AL^{r'} K^{s'}$$

$$(r' + s') = 1 \Rightarrow Q = AL^{r'} K^{1-r'}$$

**CES<sub>3</sub>**→**(C-D)<sub>e</sub>**, υπό τη δέσμευση  $\varphi \rightarrow 0$

$$Q = A(rL^{\varphi} + sK^{\varphi})^{1/\varphi}$$

$$Q^{\varphi} = A^{\varphi}(rL^{\varphi} + sK^{\varphi})$$

$$\varphi Q^{\varphi-1} dQ = A^{\varphi} \varphi [rL^{\varphi-1} dL + sK^{\varphi-1} dK]$$

$$Q^{\varphi} \frac{dQ}{Q} = A^{\varphi} \left[ rL^{\varphi} \frac{dL}{L} + sK^{\varphi} \frac{dK}{K} \right]$$

$$\varphi = 0 \Rightarrow \frac{dQ}{Q} = r \frac{dL}{L} + s \frac{dK}{K}$$

Η ολοκλήρωση του ολικού διαφορικού δίνει:

$$\ln Q = r \ln L + s \ln K + \ln C$$

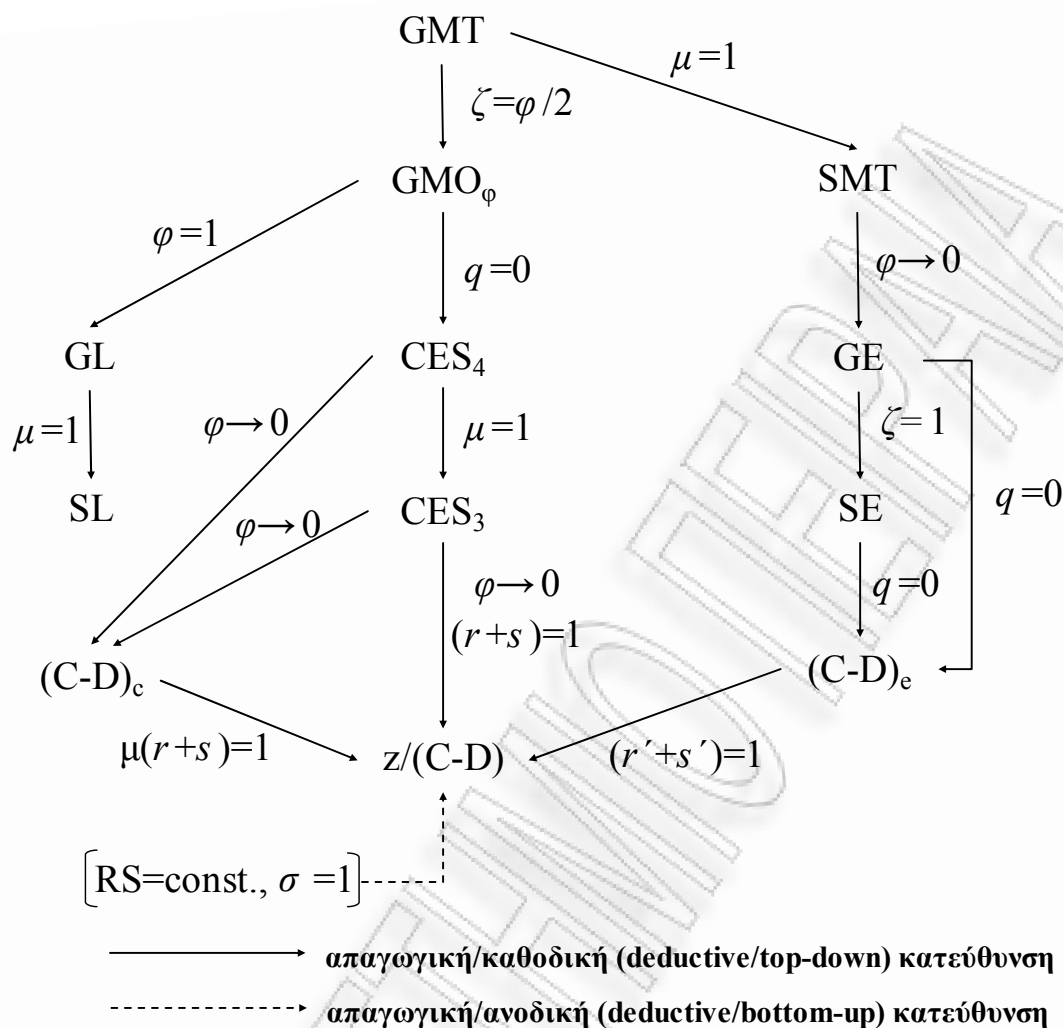
όπου  $\ln C$  η σταθερά της ολοκλήρωσης. Η αντίστροφη της συνάρτησης αυτής είναι

$$Q = CL^r K^s$$

**(C-D)<sub>e</sub>**→**z/(C-D)**, υπό τη δέσμευση  $\mu(r+s)=1$

$$Q = CL^{\mu r} K^{\mu s} \quad \text{ή} \quad Q = CL^r K^s$$

$$\mu(r+s) = 1 \Rightarrow Q = CL^{\mu r} K^{1-\mu r} \quad \text{ή} \quad \mu(r+s) = 1 \Rightarrow Q = CL^r K^{1-r}, \text{ αντίστοιχα.}$$



**Σχήμα 4.3.** Οντολογία συναρτήσεων παραγωγής (υπό μορφή γραφήματος 12 κόμβων και 15 συνάψεων) με απαγωγική/καθοδική (deductive/top-down) διάταξη, η οποία προκύπτει θεωρητικά, όταν λαμβάνεται ως κορυφή το υπόδειγμα GMT. Η αντίστροφη επαγωγική/ανοδική (inductive/bottom-up) διάταξη είναι δυνατόν να προκύψει είτε εμπειρικά είτε βάσει παραδοχών (η διάζευξη νοείται εγκλειστική, επειδή η επιλογή των υιοθετούμενων παραδοχών είναι επίσης εμπειρική). Όσο υψηλότερα είναι το υιοθετούμενο υπόδειγμα για την έκφραση των  $V$ -τιμών τόσο ακριβέστερα ταυτοποιούνται οι παράμετροι, αυξανόμενων όμως και των απαιτήσεων σε δεδομένα, λόγω υψηλότερου βαθμού δέσμευσης/εξειδίκευσης. Όταν οι απαιτήσεις αυτές δεν ικανοποιούνται, λόγω ποσοτικής/ποιοτικής ανεπάρκειας δεδομένων, τότε οι εκτιμήσεις των τιμών των παραμέτρων δεν είναι αξιόπιστες ενώ αυξάνεται και η αβεβαιότητα όσον αφορά στην ισχύ του υποδείγματος για την εξεταζόμενη περίπτωση. Σημειώνεται ότι απαγωγική διάταξη είναι δυνατόν να προκύψει και με κατεύθυνση bottom-up για κόμβους είτε κορυφής είτε πυθμένα. Η τελευταία περίπτωση εμφανίζεται στο παραπάνω διάγραμμα, όπου σταθερές αποδόσεις κλίμακας (Returns to Scale - RS) και ελαστικότητα υποκατάστασης ίση με τη μονάδα ( $\sigma=1$ ) συνεπάγονται ομογενή συνάρτηση παραγωγής τύπου Cobb-Douglas, δηλ.  $z/(C-D)$ .

#### 4.5 Συζήτηση

Οι χρησιμοποιούμενες συναρτήσεις συνολικής παραγωγής προσφέρουν τη δυνατότητα αξιοποίησης λεπτομερούς πληροφορίας αλλά δεν μπορούν να απεικονίσουν τη συντελούμενη διαφοροποίηση στα χαρακτηριστικά της απασχόλησης και της μεταφοράς/διάχυσης

τεχνογνωσίας σε περιφερειακό επίπεδο. Αυτό συμβαίνει, επειδή η λειτουργία μίας νέας βιομηχανικής δραστηριότητας συνεπάγεται τη δημιουργία ενός δικτύου εξυπηρέτησης που περιλαμβάνει αφ'ενός μεν κατάλληλα εξοπλισμένες μονάδες ικανές να αναλάβουν ως υπεργολάβοι μέρος της ίδιας της παραγωγικής δραστηριότητας (περιλαμβανομένων επισκευών και συντήρησης) αφ'ετέρου δε φορείς παροχής υπηρεσιών (π.χ. ποιότητας, ασφάλειας και υγιεινής της εργασίας, παρακολούθησης/ελέγχου περιβαλλοντικών παραμέτρων/επιπτώσεων, διαχείρισης υγρών αποβλήτων και στερεών απορριμμάτων). Επομένως, η εργασία (ως συντελεστής της παραγωγής) δεν ποσοτικοποιείται διακρινόμενη απλώς σε δύο κατηγορίες (ανειδίκευτη και εξειδικευμένη) και αποτιμώμενη σε ανθρωπόωρες ή αμοιβές ανά κατηγορία αλλά ποσοτικοποιείται σε ένα συνεχές (continuum) που αντιστοιχεί στη συνεκτικότητα του παραπάνω αναφερόμενου δικτύου και την αναγκαιότητα ύπαρξης κάθε κόμβου σε συγκεκριμένο γνωσιολογικό επίπεδο.

Η σχέση μεταξύ των κριτηρίων της συμβολής στην περιφερειακή ανάπτυξη (λόγω της αναβάθμισης του δικτύου και της συνεπαγόμενης αύξησης της απασχόλησης) και την κερδοφορία της νέας βιομηχανικής επένδυσης είναι δυνατόν να διερευνηθεί με τη βοήθεια της ανάλυσης της συνολικής ωφέλειας  $B(S)$  σε δύο συνιστώσες  $B_1(S)$  και  $B_2(S)$ , όπου  $S$  η συνολική δαπάνη για τις νέες θέσεις εργασίας (εξαρτώμενη άμεσα από την ποσότητα και την ποιότητα, δηλ., το επίπεδο της απαιτούμενης ή/και αποκτώμενης εξειδίκευσης, των θέσεων αυτών), όταν αυτές επιχορηγούνται. Η συνάρτηση  $B_1(S)$  απεικονίζει την εξάρτηση της ωφέλειας από το επίπεδο του περιφερειακού εισοδήματος (κατ'αντιστοιχία προς την απασχόληση και τη μεταφορά/διάχυση τεχνολογίας). Η συνάρτηση αυτή είναι αύξουσα αλλά με φθίνοντα ρυθμό (δηλ.,  $dB_1/dS > 0$  και  $d^2B_1/dS^2 < 0$ ) λόγω ισχύος του Νόμου της φθίνουσας απόδοσης, ο οποίος στη συγκεκριμένη περίπτωση δηλώνει ότι απότεινος σημείου και εφεξής η περαιτέρω αναβάθμιση του δικτύου δεν συνεπάγεται ανάλογη αύξηση της ωφέλειας, αφού η αύξηση των δημιουργούμενων θέσεων εργασίας και της μεταφερόμενης/διαχεόμενης τεχνογνωσίας επιδρούν όλο και λιγότερο ευνοϊκά στη βιομηχανική παραγωγή, της οποίας το προϊόν έχει προκαθορισμένες από την αγορά προδιαγραφές.

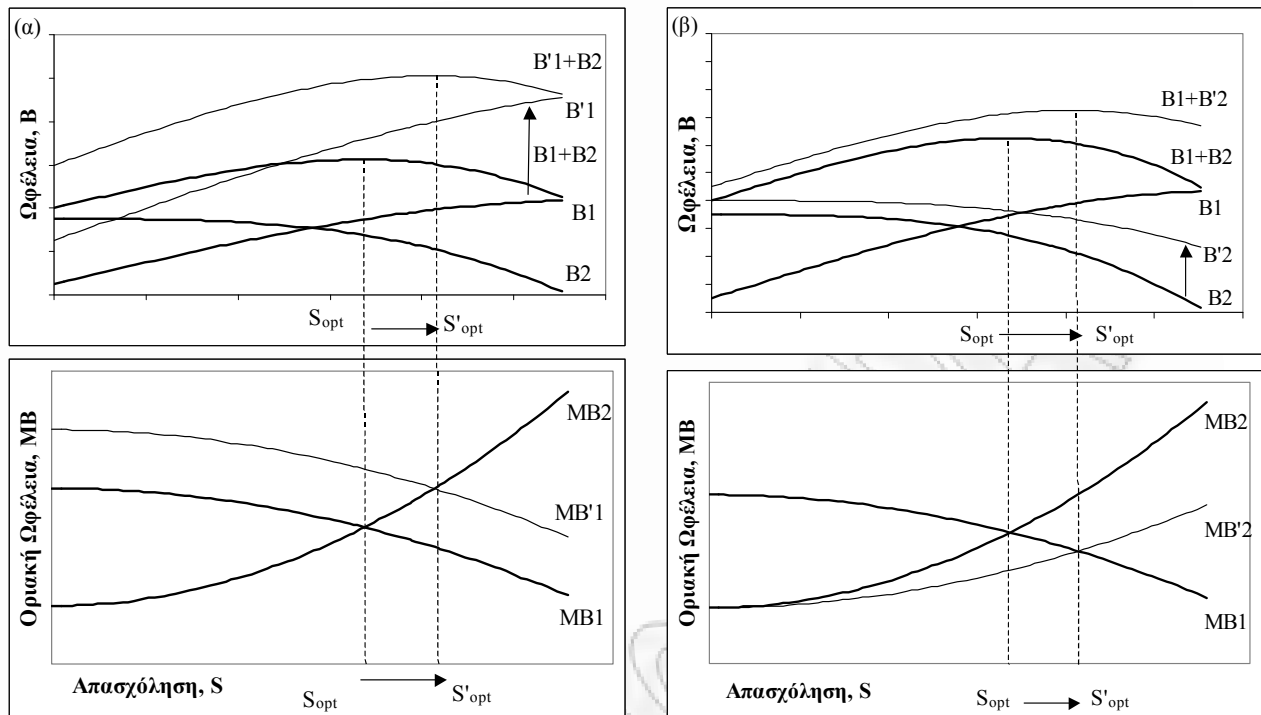
Η συνάρτηση  $B_2(S)$  απεικονίζει την εξάρτηση της ωφέλειας από την επιχορήγηση των θέσεων εργασίας (κατ'αντιστοιχία προς την απασχόληση), όπως η επιχορήγηση αυτή λογίζεται άμεσα με *a priori* συνολική αποτίμηση (κατά την έγκριση της επιχορήγησης) ή έμμεσα με την *a posteriori* αναγωγή ανά νεοδημιουργούμενη θέση εργασίας, λαμβανομένων υπ'όψη και των πλευρικών επιδράσεων (side effects), λόγω επένδυσης με κεφάλαια εξωγενούς προέλευσης (υποδείγματα πολλαπλασιαστή/επιταχυντή σε επιφανειακό επίπεδο

κατά Samuelson και σε βαθύτερο/εξηγητικό επίπεδο κατά Duesenberry). Η συνάρτηση αυτή είναι φθίνουσα αφού η συνολική ωφέλεια μειώνεται όταν αυξάνονται οι επιχορηγούμενες (άμεσα ή έμμεσα) θέσεις εργασίας, και μάλιστα με απολύτως αύξοντα ή αλγεβρικές φθίνοντα) ρυθμό, δηλ.,  $dB_2/dS < 0$  και  $d|dB_2/dS|/dS > 0$  ή  $d^2B_2/dS^2 < 0$ , λόγω της ισχύος του Νόμου της φθίνουσας απόδοσης (απότεινος και εφεξής) στη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας\*\*.

Ο προσδιορισμός του βέλτιστου αριθμού  $S_{opt}$  θέσεων εργασίας στο δημιουργούμενο δίκτυο αντιστοιχεί με την ε΄θυρεση της τετμημένης του σημείου  $B_{max}$  ή  $(B_1+B_2)_{max}$  όπου  $d(B_1+B_2)/dS=0$  ή  $dB_1/dS + dB_2/dS = 0$  ή  $dB_1/dS = |dB_2/dS|$  ή  $MB_1 = MB_2$  ( $MB$  = οριακή ωφέλεια). Όταν η κερδοφορία της μελετώμενης βιομηχανικής επιχείρησης είναι μεγαλύτερη αυτής που εκτιμήθηκε *a priori* στο στάδιο της κατάρτισης του επενδυτικού σχεδίου, τότε έχουμε μετακίνηση της καμπύλης  $B_1$  προς τα πάνω στην νέα θέση  $B_1'$ , ενώ συγχρόνως γίνεται περισσότερο απότομη αφού αναμένεται μεγαλύτερη αύξηση της  $B_1$  με την (ποσοτική και ποιοτική) αναβάθμιση του δικτύου, λόγω οικονομιών κλίμακας. Αποτέλεσμα της αλλαγής αυτής είναι η μετατόπιση του σημείου  $S_{opt}$  στο νέο σημείο  $S'_{opt}$ , όπου  $S'_{opt} > S_{opt}$  (βλ. Σχήμα 4.4α). Παράλληλα, έχουμε μετακίνηση της καμπύλης  $B_2$  προς τα πάνω, στην νέα θέση  $B_2'$ , ενώ συγχρόνως γίνεται λιγότερο απότομη αφού αναμένεται μεγαλύτερη αύξηση της  $B_2$  με την (ποσοτική και ποιοτική) αναβάθμιση του δικτύου, συνεπαγόμενη δυνατότητα μεγαλύτερης μείωσης της επιχορήγησης (ανά επιπλέον δημιουργούμενη θέση εργασίας ή μονάδα απασχόλησης) στην περιοχή των υψηλών  $S$ -τιμών. Αποτέλεσμα της αλλαγής αυτής είναι η μετατόπιση του σημείου  $S_{opt}$  στο νέο σημείο  $S'_{opt}$ , όπου  $S'_{opt} > S_{opt}$  (βλ. Σχήμα 4.4β). Δηλ., η *a posteriori* αυξημένη κερδοφορία επιφέρει μεταβολές στις συνιστώσες  $B_1$ ,  $B_2$ , που συνεπάγονται ομόρροπη μετακίνηση του  $S_{opt}$  σε μεγαλύτερες τιμές ισορροπίας ενώ συμβαίνει το αντίστροφο όταν *a posteriori* αποδεικνύεται μειωμένη κερδοφορία.

Σημειώνεται ότι η συνάρτηση  $B_1(S)$  είναι θετικοαναλυτική (positive/analytic) αφού απεικονίζει σχέση αιτίας-αποτελέσματος, ενώ η συνάρτηση  $B_2(S)$  είναι κανονιστική (normative), αφού απεικονίζει δυνατότητα άσκησης/μεταβολής πολιτικής (policymaking). Επομένως, η προσθετικότητα (additivity) των δύο συναρτήσεων καθώς και η

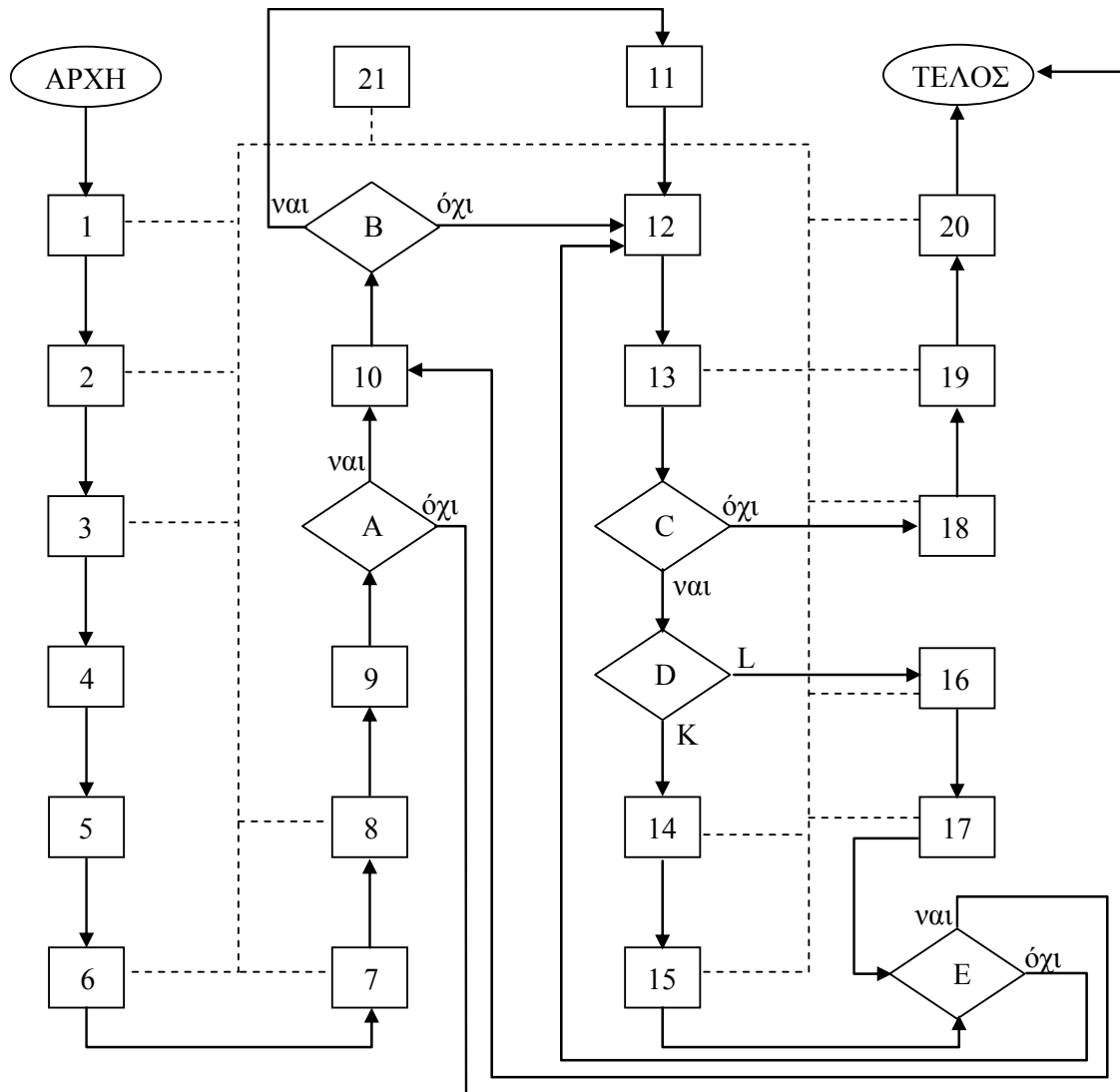
\*\* Ο Νόμος της φθίνουσας απόδοσης δεν ισχύει κατά τη χρονική περίοδο όπου το δίκτυο απεικονίζει ένα σύστημα που ενεργοποιείται με την εκτέλεση του επενδυτικού σχεδίου, όπως ακριβώς πραγματοποιείται μία εξώθερμη χημική αντίδραση αφού προηγουμένως τα αντιδρώντα απορροφήσουν την απαραίτητη ενέργεια ενεργοποίησης αποδίδοντας ενέργεια επαρκή να καταστήσει αυτοσυντηρούμενη (self sustained) τη συγκεκριμένη δράση. Ωστόσο, ο μηχανισμός αυτός δεν αποτελεί κανόνα για την ελληνική περιφέρεια, λόγω έλλειψης των στοιχείων εκείνων που δημιουργούν 'εξωτερικές οικονομίες', δηλ., κατάλληλο δικτυακό υπόβαθρο με συνυπάρχουσες άλλες βιομηχανικές μονάδες ανάντη και κατάντη (upstream και downstream, ή προμηθευτές και πελάτες, αντίστοιχα) της μελετώμενης επιχείρησης.



**Σχήμα 4.4.** Εξάρτηση της συνολικής ωφέλειας  $B$  από τις νεοδημιουργούμενες θέσεις εργασίας  $S$  (λογιζόμενες ως ποσοτικά και ποιοτικά αναβαθμισμένη πρόσθετη απασχόληση) και μεταβολή της βέλτιστης τιμής  $S_{opt}$ , όταν η κερδοφορία της μελετώμενης βιομηχανικής επιχείρησης αποδεικνύεται ότι είναι μεγαλύτερη αυτής που εκτιμήθηκε *a priori* στο αρχικό στάδιο της κατάρτισης του επενδυτικού σχεδίου. (α): Επίδραση στη θετικοαναλυτική συνιστώσα που απεικονίζει την αύξουσα ωφέλεια λόγω αύξησης του περιφερειακού εισοδήματος και της μεταφοράς τεχνογνωσίας. (β): Επίδραση στην κανονιστική συνιστώσα που απεικονίζει τη φθίνουσα ωφέλεια λόγω επιχορήγησης, λογιζόμενης ως δημόσια δαπάνη.

εσωτερικοποίηση (internalization) αυτών εντός της ίδιας συνάρτησης συνολικής ωφέλειας  $B(S)$  διασφαλίζονται μόνο με *ad hoc* ανθρώπινη παρέμβαση δια της επιλογής μεταξύ εναλλακτικών λύσεων. Ο προσδιορισμός της αύξησης του εισοδήματος (και του αντίστοιχου ακαθάριστου προϊόντος) στη μελετώμενη περιοχή, λόγω εγκατάστασης/λειτουργίας της συγκεκριμένης βιομηχανικής δραστηριότητας, καθώς και της απασχόλησης σε τοπικό επίπεδο, δίνεται υπό μορφή αλγοριθμικής διαδικασίας από το παρακάτω λογικό διάγραμμα που περιλαμβάνει 21 στάδια δραστηριότητας και 5 κόμβους απόφασης (για τη διασύνδεση αυτών, βλ. Σχήμα 4.5).

1. Αρχικός σχεδιασμός της εγκατάστασης (χωροθέτηση, παραγωγική δυναμικότητα, εξειδίκευση προϊόντων και πρώτων/ενδιάμεσων υλών).
2. Προσδιορισμός παγίων, υπολογισμός αποσβέσεων (συνεκτιμώμενης της επιχορήγησης) και συνεπαγόμενου κεφαλαιακού κόστους συναρτήσει της ποσότητας και του είδους των παραγόμενων προϊόντων.



**Σχήμα 4.5.** Το μεθοδολογικό πλαίσιο που έχουμε σχεδιάσει/αναπτύξει, υπό μορφή αλγοριθμικής διαδικασίας για τον προσδιορισμό της αύξησης του εισοδήματος (και του αντίστοιχου ακαθάριστου προϊόντος) στη μελετώμενη περιοχή, λόγω εγκατάστασης/λειτουργίας βιομηχανικής δραστηριότητας, καθώς και της απασχόλησης σε τοπικό επίπεδο.

3. Προσδιορισμός των μεταβλητών δαπανών και του συνεπαγόμενου λειτουργικού κόστους συναρτήσει της ποσότητας και του είδους των παραγόμενων προϊόντων.
4. Στοχαστική ανάλυση του πρώτου νεκρού σημείου.
5. Πολυκριτηριακή βελτιστοποίηση της παραγωγής.
6. Ακριβής προσδιορισμός των δυναμικών χαρακτηριστικών των ανταγωνιστών στην αγορά (αναμενόμενες αντιδράσεις και τακτικές/στρατηγικές κινήσεις).
7. Εκτίμηση των στοιχείων της μήτρας κερδών/ζημιών, όπου απεικονίζονται τα μερίδια της αγοράς ανά ανταγωνιστή/παίκτη και στρατηγική/τακτική που αναπτύσσει.
8. Προβλέψεις για ολόκληρη τη διάρκεια της ωφέλιμης ζωής της επένδυσης.

9. Προσδιορισμός της βιωσιμότητας της επιχείρησης.
10. Εκτίμηση των δυνατοτήτων περαιτέρω ανάπτυξης της επιχείρησης, βάσει των περιθωρίων που εμφανίζονται στη μήτρα μεριδίων της αγοράς.
11. Μεγιστοποίηση του μεριδίου της αγοράς με τη στρατηγική που εξασφαλίζει μακροχρόνια βιωσιμότητα με ελαχιστοποίηση της αβεβαιότητας.
12. Εκτίμηση της κερδοφορίας της επιχείρησης.
13. Χάραξη πολιτικής αποθεμάτων και επανεπένδυσης.
14. Προσδιορισμός των νέων παγίων έντασης κεφαλαίου, υπολογισμός των αντίστοιχων αποσβέσεων και του συνεπαγόμενου πρόσθετου κεφαλαιακού κόστους συναρτήσει της ποσότητας και του είδους των παραγόμενων προϊόντων.
15. Εκτίμηση των πρόσθετων μεταβλητών δαπανών (για αμοιβές περισσότερο εξειδικευμένης εργασίας) και του αντίστοιχου λειτουργικού κόστους.
16. Προσδιορισμός της επέκτασης του εξοπλισμού με νέα πάγια ίδιας έντασης εργασίας, υπολογισμός των αντίστοιχων αποσβέσεων και του συνεπαγόμενου πρόσθετου κεφαλαιακού κόστους συναρτήσει της ποσότητας και του είδους των παραγόμενων προϊόντων.
17. Εκτίμηση των μεταβλητών δαπανών και του αντίστοιχου λειτουργικού κόστους, όπως στο στάδιο 3.
18. Προσδιορισμός του απαιτούμενου δικτύου παροχής υπηρεσιών ελέγχου ποιότητας υλικών/προϊόντων και τυποποίησης διαδικασιών, περιλαμβανομένων επισκευών/συντήρησης και γενικότερα τεχνικής υποστήριξης.
19. Εκτίμηση της αύξησης της απασχόλησης στην ευρύτερη περιοχή, περιλαμβανομένων των εκτός περιοχής υπεργολαβιών που όμως δημιουργούν/συντηρούν και δραστηριότητες/απασχόληση σε τοπικό επίπεδο.
20. Προσδιορισμός της αύξησης του εισοδήματος (και του αντίστοιχου ακαθάριστου προϊόντος) στην περιοχή καθώς και της απασχόλησης σε τοπικό επίπεδο, λαμβανομένων υπ' όψη τόσο των άμεσων όσο και των έμμεσων (λόγω αλληλεπίδρασης πολλαπλασιαστή/επιταχυντή – multiplier/accelerator interaction κατά Samuelson και Duesenberry) ευνοϊκών επιτάσεων.
21. Δημιουργία/λειτουργία/εμπλουτισμός Βάσης Γνώσης (Knowledge Base) για την αξιοποίηση της εσωτερικά αποκτώμενης εμπειρίας, περιλαμβανομένου ευέλικτου/ ημι-αυτόνομου ευφυούς μηχανισμού (Intelligent agent) για την αναζήτηση πληροφοριών και την ανακάλυψη γνώσης (data mining) σε εξωτερικές Βάσεις [1].

- A. Εκτιμάται ως βιώσιμη επιχείρηση;
- B. Είναι τα περιθώρια αυτά αξιοποιήσιμα;
- C. Υποδεικνύεται συγκεκριμένη επανεπένδυση ως συμφέρουσα εναλλακτική λύση;
- D. Πρόκειται για επανεπένδυση έντασης κεφαλαίου ή εργασίας (*K* ή *L*, αντίστοιχα);
- E. Απαιτείται επανεκτίμηση των δυνατοτήτων περαιτέρω ανάπτυξης της επιχείρησης, βάσει των περιθωρίων που εμφανίζονται στη μήτρα μεριδίων της αγοράς;

Σημαντικό μέρος του προσδιορισμού του περιγραφόμενου στο στάδιο 18 δικτύου είναι δυνατόν να υλοποιηθεί με την υιοθέτηση ενός συστήματος (προ)τυποποίησης (standardization), ευρείας εφαρμογής λόγω υποστήριξης από διεθνή Οργανισμό, ή/και περιορισμένης *ad hoc* εφαρμογής, όταν δεν υπάρχουν αντίστοιχα πρότυπα (standards). Οι κόμβοι του δικτύου είναι κατ'αρχήν πρότυπες μέθοδοι/πρακτικές/κατηγοριοποιήσεις/ονοματολογίες ενώ στη συνέχεια προσδιορίζονται τα ενδεχομένως υπάρχοντα κενά, προκειμένου να συμπληρωθούν κατάλληλα. Η απαραίτητη δικτύωση για την υλοποίηση συγκεκριμένης διαδικασίας παραγωγής/ελέγχου/ταξινόμησης βασίζεται κυρίως στις αναφορές κάθε προτύπου σε άλλα πρότυπα (Referenced Documents – RDs) που είναι απαραίτητα για την υλοποίηση αυτή [2,3]<sup>††</sup>.

Αν  $RD_1, RD_2, \dots, RD_n$ , είναι οι αναφορές πρώτης, δεύτερης, ..., νιοστής γενιάς (generation, βλ. Παράρτημα), ως προς το αρχικό πρότυπο που περιγράφει την υπό εξέταση διαδικασία παραγωγής/ελέγχου/ταξινόμησης, τότε το ίδιο πρότυπο μπορεί να εμφανίζεται σε περισσότερες από μία γενιές, καθιστάμενο διακριτό από τον δρόμο (path) που οδηγεί σε αυτό από το αρχικό πρότυπο. Συγκεκριμένα, ο δρόμος που οδηγεί σε ένα πρότυπο νιοστής γενιάς αποτελείται από  $n$  συνδέσεις μεταξύ διαδοχικών προτύπων:  $0 \rightarrow 1, 1 \rightarrow 2, \dots, (n-1) \rightarrow n$ . Κάθε ένας σύνδεσμος μπορεί να οριστεί ως ένα διάνυσμα, μέτρο του οποίου είναι ο βαθμός εξάρτησης του προηγούμενου από το επόμενο πρότυπο, όπως αυτός ορίζεται σε ένα συμφωνημένο διάστημα τιμών, π.χ.,  $[0,1]$ , όπου οι τιμές πλησίον του μηδενός δείχνουν αμελητέα πρακτική εξάρτηση ενώ οι τιμές πλησίον της μονάδας δείχνουν ισχυρή πρακτική εξάρτηση. Για παράδειγμα, η πρακτική εξάρτηση της κατασκευής μιας μήτρας (κοινώς καλουπιού), σύμφωνα με συγκεκριμένη πρότυπη μέθοδο, από την πρότυπη ονοματολογία των

<sup>††</sup> Ο όρος αυτός έχει υιοθετηθεί από την ASTM (American Society for Testing and Materials), η οποία είναι ένας από τους μεγαλύτερους Οργανισμούς τυποποίησης παγκοσμίως. Ο ίδιος οργανισμός χρησιμοποιούσε παλαιότερα τον όρο 'Applicable Documents', του οποίου η συνδήλωση (connotation) είναι περισσότερο επιτακτική/υποχρεωτική, δεδομένου ότι οι συνδέσεις μεταξύ των ASTM-προτύπων εμφανίζονται περισσότερο ισχυρές από τις συνδέσεις αντίστοιχων κόμβων σε άλλους φορείς/συστήματα τυποποίησης (π.χ. ISO, EN, BS, AFNOR). Όμως, με την πάροδο του χρόνου, άρχισαν να εμφανίζονται στην πράξη μεικτά δίκτυα, με κόμβους/πρότυπα διαφορετικών οργανισμών, οπότε επήλθε μία χαλάρωση, με αποτέλεσμα η υποκατάσταση



συναφών όρων είναι αμελητέα, επειδή η αναγκαία πληροφόρηση παρέχεται άμεσα, ταχύτατα και με αμελητέο κόστος, ενώ δεν απαιτάται η παραγωγή κάποιου υλικού αντικειμένου, η οποία με τη σειρά της θα είχε ως προϋπόθεση τη γνώση/υλοποίηση ενός άλλου προτύπου κ.ο.κ. Αντίθετα, η πρακτική εξάρτηση της κατασκευής της ίδιας μήτρας, σύμφωνα με την ίδια πρότυπη μέθοδο, από τις πρότυπες μεθόδους προσδιορισμού της χημικής σύστασης και φυσικής/κοκκομετρικής ανάλυσης της άμμου που θα χρησιμοποιηθεί είναι ισχυρή, επειδή είναι περιορισμένοι οι φορείς που διαθέτουν άμεσα (δηλ., στον επιθυμητό χώρο και χρόνο) αντίστοιχη τεχνογνωσία, και δυνατότητα παραγωγής/ελέγχου, και κατάλληλη διαπίστευση, προκειμένου να αποδεικνύεται η αξιοπιστία τους.

Στο Παράρτημα, φαίνεται η κατασκευή ενός τέτοιου δικτύου (με άπαξ αναφερόμενους κόμβους/πρότυπα), των αντίστοιχων μητρών συνάφειας (adjacency matrices), και ενός δένδρου με επαναλαμβανόμενους κόμβους/πρότυπα, από όπου φαίνεται η διαφοροποίηση κάθε ενός από τους πολλαπλώς εμφανιζόμενους κόμβους, μέσω του ακολουθούμενου διαφορετικού δρόμου (path). Η αναλυόμενη περίπτωση είναι της εγκατάστασης ναυπηγοεπισκευαστικής μονάδας στην νησιωτική ή ηπειρωτική περιφέρεια και το υπό εξέταση πρότυπο ASTM F2016-00(2006) [4] αναφέρεται στην ποιότητα της κατασκευής /επισκευής ενός σκάφους. Απεικονίζονται 7 γενιές προτύπων [5-11], τα οποία είναι σχεδόν στο σύνολό τους τεχνικής υφής, και στις αντίστοιχες μήτρες συνάφειας έχει υιοθετηθεί, χάριν απλότητας, ως μέτρο εξάρτησης η μονάδα (δηλ., ισχυρή εξάρτηση), αφού η πραγματική εκτίμηση των βαθμών στο διάστημα [0,1] διενεργείται από εμπειρογνώμονες σε συγκεκριμένο χώρο και χρόνο.

Μία κατηγοριοποίηση των προτύπων του δικτύου είναι δυνατόν να διευκολύνει τη βαθμολόγηση, όπως φαίνεται στην επόμενη αναλυόμενη περίπτωση των διαδικασιών συγκόλλησης μεταλλικών υλικών με τη μέθοδο του ηλεκτρικού τόξου (BS EN ISO 15609-1:2004) [12]. Η κατηγοριοποίηση αυτή διευκολύνει και τη συνεργασία της υπό μελέτη βιομηχανικής επιχείρησης με υφιστάμενες ή νεοδημιουργούμενες μικρές δορυφορικές μονάδες κατασκευής/επισκευής εξαρτημάτων ή παροχής υπηρεσιών στις οποίες αναθέτει υπεργολαβία επιμέρους εργασίες (outsourcing). Με τον τρόπο αυτόν, τόσο η βιομηχανική επιχείρηση όσο και οι δορυφορικές μονάδες εξασφαλίζουν ευελιξία, η μεν πρώτη με διατήρηση του πρώτου νεκρού σημείου σε χαμηλό επίπεδο, η δε δεύτερη με τη δυνατότητα να αναλαμβάνουν και εργασίες ανεξάρτητες των δραστηριοτήτων της βιομηχανικής επιχείρησης. Η διασφαλιζόμενη ευελιξία του είδους αυτού είναι εξαιρετικά χρήσιμη σε

---

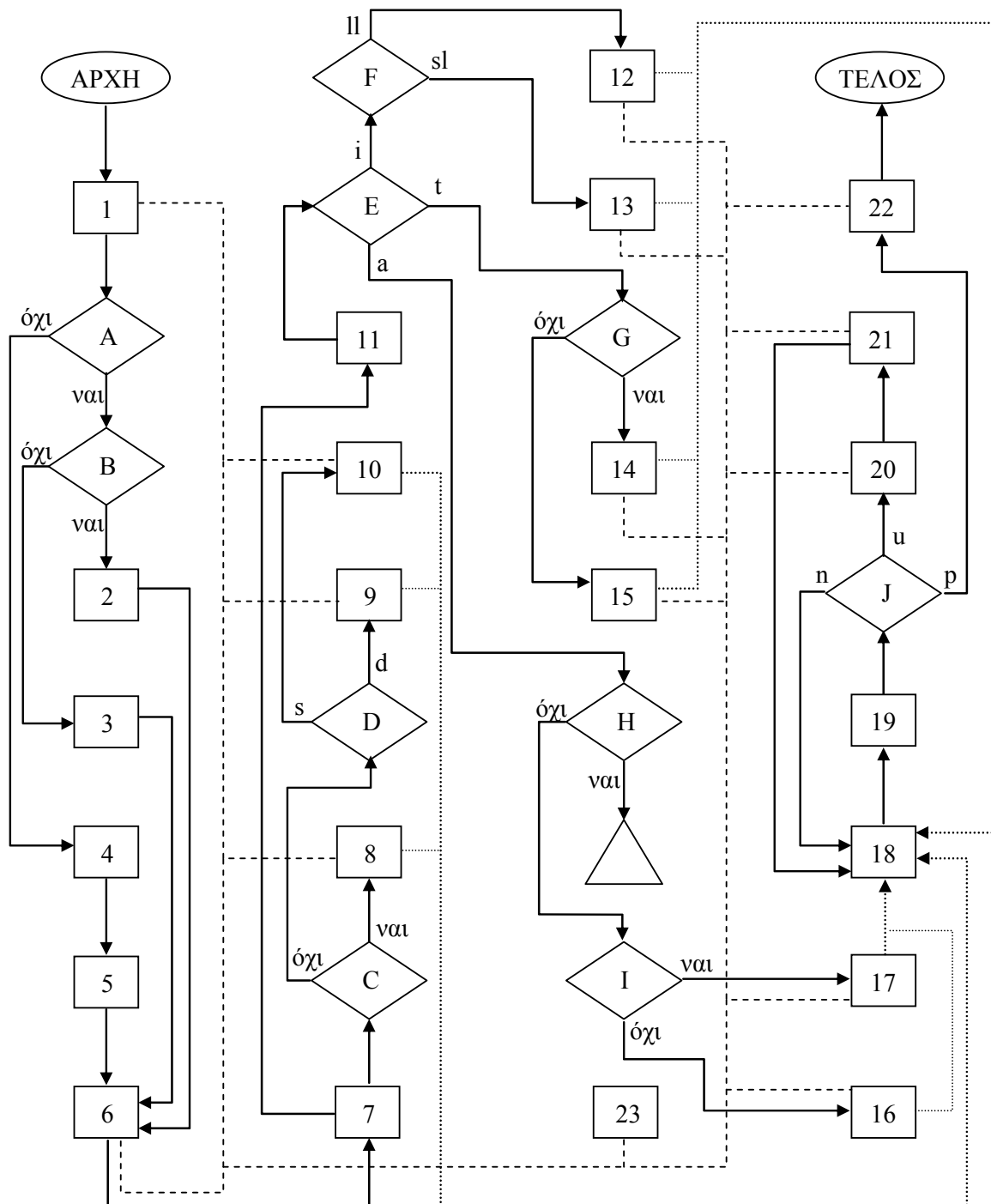
του επιθετικού προσδιορισμού 'applicable' από τον προσδιορισμό 'referenced' να φαίνεται ως μία εύλογη

περιόδους γενικευμένης ή/και κλαδικής κρίσης, επειδή οι επιτυγχανόμενες εξωτερικές οικονομίες αντισταθμίζουν διαχρονικά τα ενδεχομένως διαφυγόντα κέρδη λόγω μη επίτευξης οικονομικών κλίμακας (δηλ., παραγωγής με χαμηλότερο κόστος, αν η βιομηχανική επιχείρηση είχε υψηλή δυναμικότητα, προκειμένου να την αξιοποιήσει κατά την περίοδο των ‘παχέων αγελάδων’).

Σημειώνεται ότι ενώ οι δορυφορικές μονάδες (περιλαμβανομένων των φυσικών προσώπων που παρέχουν εξειδικευμένη εργασία) υποστηρίζουν την βιομηχανική επιχείρηση σε διαδικασίες παραγωγής/συντήρησης/ελέγχου, η ίδια η επιχείρηση παρέχει τεχνογνωσία στους υποστηρίζοντας τις παραπάνω διαδικασίες δια μέσου της KB που διαρκώς εμπλουτίζεται με την αξιοποίηση της εσωτερικά αποκτώμενης εμπειρίας, περιλαμβανομένου ευέλικτου/ ημι-αυτόνομου ευφυούς μηχανισμού (Intelligent agent) για την αναζήτηση πληροφοριών και την ανακάλυψη γνώσης (data mining) σε εξωτερικές Βάσεις (στάδιο 21). Η ανάδραση αυτή δημιουργεί περαιτέρω εξειδίκευση της εργασίας που παρέχεται από φυσικά πρόσωπα, τα οποία μπορεί να απασχολούνται σε μεγάλη απόσταση από τη βιομηχανική επιχείρηση και σχετικά ανεξάρτητα από αυτήν, ιδιαίτερα όταν το αντικείμενο της απασχόλησης είναι ο έλεγχος των προϊόντων ή κατασκευών που ενδεχομένως κατανέμονται ευρέως στο χώρο. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι ο *in situ* έλεγχος επικαλύψεων, βασιζόμενος στο πρότυπο ASTM D5043-04 «Standard Practice for Field Identification of Coatings» [13] και σε άλλες πρακτικές που ενδεχομένως υποδεικνύονται από την κατασκευαστική/βιομηχανική επιχείρηση που έχει την ευθύνη της συντήρησης των αντίστοιχων εξαρτημάτων και υλικών των κατασκευών [14-19]. Για την περίπτωση αυτή, έχουμε συνθέσει το ακόλουθο παράδειγμα υπό μορφή αλγοριθμικής διαδικασίας με 23 δραστηριότητες και 10 κόμβους απόφασης (για τη διασύνδεση αυτών βλ. Σχήμα 4.6), με διατύπωση στην αγγλική ώστε να είναι άμεσα εφικτή η ενεργοποίηση της αναφερόμενης στο στάδιο 23 τοπικής KB μέσω του αντίστοιχου IA, σύμφωνα με την περιγραφόμενη μέθοδο στην [1].

1. Determination of the surface part to be examined.
2. Flaking.
3. Scraping with a knife.
4. Sanding.
5. Brushing.
6. Experimental design.

## 7. Pyrolysis.



**Σχήμα 4.6.** Το μεθοδολογικό πλαίσιο που έχουμε σχεδιάσει/αναπτύξει, υπό μορφή αλγοριθμικής διαδικασίας για τον *in situ* έλεγχο επικαλύψεων, βασισμένο στο πρότυπο ASTM D5043-04 «Standard Practice for Field Identification of Coatings» και σε άλλες πρακτικές που ενδεχομένως υποδεικνύονται από την κατασκευαστική/βιομηχανική επιχείρηση που έχει την ευθύνη της συντήρησης των αντίστοιχων εξαρτημάτων και υλικών των κατασκευών.

8. KA at higher granularity level as regards inorganic coatings, since this is the material most likely to have been used in the film making.

9. KA at higher granularity level as regards cellulose nitrate coatings, since this is the material most likely to have been used in the film making.
  10. KA at higher granularity level as regards vinyl type coatings, since this is the material most likely to have been used in the film making.
  11. Conduction of the Beilstein test by (i) initially heating a bare copper wire in flame until no color is imparted to the flame, (ii) subsequently inserting the heated wire into hot fume in the test tube briefly, and (iii) finally withdrawing the copper wire from the test tube and setting it in the flame again in order to observe the color of the flame.
  12. KA at higher granularity level as regards chlorinated rubber or vinyl coatings, since this is the material most likely to have been used in the film making.
  13. KA at higher granularity level as regards coatings with chlorinated plasticizer in non-chlorinated resin binder, since this is the material most likely to have been used in the film making.
  14. KA at higher granularity level as regards possible contamination species within the materials used in coating production.
  15. KA at higher granularity level as regards possible contamination species within the environment during coating production.
  16. KA at higher granularity level as regards epoxy or polyester coatings, since this is the material most likely to have been used in the film making.
  17. KA at higher granularity level as regards acrylic, polyvinyl acetate or styrene-butadiene combinations for coatings, since this is the material most likely to have been used in the film making.
  18. Performance of Rules Based Reasoning (RBR).
  19. Testing to confirm the most likely suggestion (i.e., ranked first in the RBR-output), according to a multicriteria decision making scheme.
  20. Further experimentation to obtain information at higher granularity level.
  21. Extraction of additional rules and re-formulation (if necessary) of the whole set of (old and new) rules to ensure compatibility, consistency, compactness and completeness.
  22. Suggestion of remedial proposals.
  23. Creation/operation/enrichment of a local KB connected with external Bases through an Intelligent Agent (IA), according to [1].
- A. Is exfoliation possible?

- B. Is adhesion weak?
- C. Is there a substantial shape and color change during the initial stage of pyrolysis followed by sample glowing red during the intermediate stages?
- D. Is rapid deterioration (d) or swelling (s) observed?
- E. Is the color without green (a), with very little green (t) or with intense green (i)?
- F. Is the green flame long-lasting (ll) or short-lived (sl)?
- G. Is there a possibility of a existing a minor chloride component within the coating?
- H. Do the fumes (flowing toward the open end of the test tube) have a distinctive odor?
- I. Is the coating soluble in ethanol?
- J. Is the result positive (p), negative (n) or uncertain (u)?

#### 4.6 Σύνοψη – Συμπεράσματα

Στο παρόν Κεφάλαιο, διερευνώνται οι παράγοντες της αλληλεπίδρασης βιωσιμότητας/κερδοφορίας και δημιουργίας θέσεων εργασίας (κριτήρια  $f_4 / f_5$  και  $f_7$ ), οι οποίες εσωτερικοποιούνται άμεσα ή έμμεσα σε συναρτήσεις παραγωγής (production functions). Επειδή η κοινωνική ωφέλεια  $Y$  (social benefit) είναι το βασικό οικονομικό μέγεθος από το οποίο εξαρτάται η κρατική επιχορήγηση που δίνεται στο πλαίσιο της προσανατολισμένης περιφερειακής ανάπτυξης (αφού αποτελεί το αντιστάθμισμα της επιχορήγησης που λαμβάνεται από το κοινωνικό σύνολο μέσω του φορολογικού συστήματος), είναι λογικό να τη θεωρήσουμε ως την κύρια εξαρτημένη μεταβλητή στην ανάλυση που έχουμε υιοθετήσει.

Οι χρησιμοποιούμενες συναρτήσεις συνολικής παραγωγής προσφέρουν τη δυνατότητα αξιοποίησης λεπτομερούς πληροφορίας αλλά δεν μπορούν να απεικονίσουν τη συντελούμενη διαφοροποίηση στα χαρακτηριστικά της απασχόλησης και της μεταφοράς/διάχυσης τεχνογνωσίας σε περιφερειακό επίπεδο. Αυτό συμβαίνει, επειδή η λειτουργία μίας νέας βιομηχανικής δραστηριότητας συνεπάγεται τη δημιουργία ενός δικτύου εξυπηρέτησης που περιλαμβάνει αφ'ενός μεν κατάλληλα εξοπλισμένες μονάδες ικανές να αναλάβουν ως υπεργολάβοι μέρος της ίδιας της παραγωγικής δραστηριότητας (περιλαμβανομένων επισκευών και συντήρησης) αφ'ετέρου δε φορείς παροχής υπηρεσιών (π.χ. ποιότητας, ασφάλειας και υγιεινής της εργασίας, παρακολούθησης/ελέγχου περιβαλλοντικών παραμέτρων/επιπτώσεων, διαχείρισης υγρών αποβλήτων και στερεών απορριμμάτων). Επομένως, η εργασία (ως συντελεστής της παραγωγής) δεν ποσοτικοποιείται διακρινόμενη απλώς σε δύο κατηγορίες (ανειδίκευτη και εξειδικευμένη) και αποτιμώμενη σε

ανθρωποώρες ή αμοιβές ανά κατηγορία αλλά ποσοτικοποιείται σε ένα συνεχές (continuum) που αντιστοιχεί στη συνεκτικότητα του παραπάνω αναφερόμενου δικτύου και την αναγκαιότητα ύπαρξης κάθε κόμβου σε συγκεκριμένο γνωσιολογικό επίπεδο.

Η σχέση μεταξύ των κριτηρίων της συμβολής στην περιφερειακή ανάπτυξη (λόγω της αναβάθμισης του δικτύου και της συνεπαγόμενης αύξησης της απασχόλησης) και την κερδοφορία της νέας βιομηχανικής επένδυσης διερευνάται με τη βοήθεια της ανάλυσης της συνολικής ωφέλειας  $B(S)$  σε δύο συνιστώσες  $B_1(S)$  και  $B_2(S)$ , όπου  $S$  η συνολική δαπάνη για τις νέες θέσεις εργασίας (εξαρτώμενη άμεσα από την ποσότητα και την ποιότητα, δηλ., το επίπεδο της απαιτούμενης ή/και αποκτώμενης εξειδίκευσης, των θέσεων αυτών), όταν αυτές επιχορηγούνται. Η συνάρτηση  $B_1(S)$  απεικονίζει την εξάρτηση της ωφέλειας από το επίπεδο του περιφερειακού εισοδήματος (κατ'αντιστοιχία προς την απασχόληση και τη μεταφορά/διάχυση τεχνολογίας).

Η συνάρτηση  $B_2(S)$  απεικονίζει την εξάρτηση της ωφέλειας από την επιχορήγηση των θέσεων εργασίας (κατ'αντιστοιχία προς την απασχόληση), όπως η επιχορήγηση αυτή λογίζεται άμεσα με *a priori* συνολική αποτίμηση (κατά την έγκριση της επιχορήγησης) ή έμμεσα με την *a posteriori* αναγωγή ανά νεοδημιουργούμενη θέση εργασίας, λαμβανομένων υπ'όψη και των πλευρικών επιδράσεων (side effects), λόγω επένδυσης με κεφάλαια εξωγενούς προέλευσης (υποδείγματα πολλαπλασιαστή/επιταχυντή σε επιφανειακό επίπεδο κατά Samuelson και σε βαθύτερο/εξηγητικό επίπεδο κατά Duesenberry). Η συνάρτηση αυτή είναι φθίνουσα αφού η συνολική ωφέλεια μειώνεται όταν αυξάνονται οι επιχορηγούμενες (άμεσα ή έμμεσα) θέσεις εργασίας, και μάλιστα με απολύτως άξοντα ή αλγεβρικές φθίνοντα) ρυθμό, δηλ.,  $dB_2/dS < 0$  και  $d|dB_2/dS|/dS > 0$  ή  $d^2B_2/dS^2 < 0$ , λόγω της ισχύος του Νόμου της φθίνουσας απόδοσης (απότεινος και εφεξής) στη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας.

Σημειώνεται ότι η συνάρτηση  $B_1(S)$  είναι θετικοαναλυτική (positive/analytic) αφού απεικονίζει σχέση αιτίας-αποτελέσματος, ενώ η συνάρτηση  $B_2(S)$  είναι κανονιστική (normative), αφού απεικονίζει δυνατότητα άσκησης/μεταβολής πολιτικής (policymaking). Επομένως, η προσθετικότητα (additivity) των δύο συναρτήσεων καθώς και η εσωτερικοποίηση (internalization) αυτών εντός της ίδιας συνάρτησης συνολικής ωφέλειας  $B(S)$  διασφαλίζονται μόνο με *ad hoc* ανθρώπινη παρέμβαση δια της επιλογής μεταξύ εναλλακτικών λύσεων. Ο προσδιορισμός της αύξησης του εισοδήματος (και του αντίστοιχου ακαθάριστου προϊόντος) στη μελετώμενη περιοχή, λόγω εγκατάστασης/λειτουργίας της συγκεκριμένης βιομηχανικής δραστηριότητας, καθώς και της απασχόλησης σε τοπικό

επίπεδο, δίνεται υπό μορφή αλγοριθμικής διαδικασίας σε λογικό διάγραμμα που περιλαμβάνει 21 στάδια δραστηριότητας και 5 κόμβους απόφασης.

Τέλος, διαπιστώνεται ότι σημαντικό μέρος του προσδιορισμού του περιγραφόμενου στο στάδιο 18 δικτύου είναι δυνατόν να υλοποιηθεί με την υιοθέτηση ενός συστήματος (προ)τυποποίησης (standardization), ευρείας εφαρμογής λόγω υποστήριξης από διεθνή Οργανισμό, ή/και περιορισμένης *ad hoc* εφαρμογής, όταν δεν υπάρχουν αντίστοιχα πρότυπα (standards). Οι κόμβοι του δικτύου είναι κατ' αρχήν πρότυπες μέθοδοι/πρακτικές/κατηγοριοποιήσεις/ ονοματολογίες ενώ στη συνέχεια προσδιορίζονται τα ενδεχομένως υπάρχοντα κενά, προκειμένου να συμπληρωθούν κατάλληλα. Η απαραίτητη δικτύωση για την υλοποίηση συγκεκριμένης διαδικασίας παραγωγής/ελέγχου/ταξινόμησης βασίζεται κυρίως στις αναφορές κάθε προτύπου σε άλλα πρότυπα (Referenced Documents – RDs) που είναι απαραίτητα για την υλοποίηση αυτή.

Ως παράδειγμα, χρησιμοποιείται η πρακτική εξάρτηση της κατασκευής μιας μήτρας (κοινώς καλουπιού), σύμφωνα με συγκεκριμένη πρότυπη μέθοδο, από την πρότυπη ονοματολογία των συναφών όρων είναι αμελητέα, επειδή η αναγκαία πληροφόρηση παρέχεται άμεσα, ταχύτατα και με αμελητέο κόστος, ενώ δεν απαιτείται η παραγωγή κάποιου υλικού αντικειμένου, η οποία με τη σειρά της θα είχε ως προϋπόθεση τη γνώση/υλοποίηση ενός άλλου προτύπου κ.ο.κ. Αντίθετα, η πρακτική εξάρτηση της κατασκευής της ίδιας μήτρας, σύμφωνα με την ίδια πρότυπη μέθοδο, από τις πρότυπες μεθόδους προσδιορισμού της χημικής σύστασης και φυσικής/κοκκομετρικής ανάλυσης της άμμου που θα χρησιμοποιηθεί είναι ισχυρή, επειδή είναι περιορισμένοι οι φορείς που διαθέτουν άμεσα (δηλ., στον επιθυμητό χώρο και χρόνο) αντίστοιχη τεχνογνωσία, και δυνατότητα παραγωγής/ελέγχου, και κατάλληλη διαπίστευση, προκειμένου να αποδεικνύεται η αξιοπιστία τους.

Στο Παράρτημα, φαίνεται η κατασκευή ενός τέτοιου δικτύου (με άπαξ αναφερόμενους κόμβους/πρότυπα), των αντίστοιχων μητρών συνάφειας (adjacency matrices), και ενός δένδρου με επαναλαμβανόμενους κόμβους/πρότυπα, από όπου φαίνεται η διαφοροποίηση κάθε ενός από τους πολλαπλώς εμφανιζόμενους κόμβους, μέσω του ακολουθούμενου διαφορετικού δρόμου (path). Η αναλυόμενη περίπτωση είναι της εγκατάστασης ναυπηγοεπισκευαστικής μονάδας στην νησιωτική ή ηπειρωτική περιφέρεια και το υπό εξέταση πρότυπο ASTM F2016-00(2006) αναφέρεται στην ποιότητα της κατασκευής/επισκευής ενός σκάφους. Απεικονίζονται 7 γενιές προτύπων, τα οποία είναι σχεδόν στο σύνολό τους τεχνικής υφής, και στις αντίστοιχες μήτρες συνάφειας έχει

υιοθετηθεί, χάριν απλότητας, ως μέτρο εξάρτησης η μονάδα (δηλ., ισχυρή εξάρτηση), αφού η πραγματική εκτίμηση των βαθμών στο διάστημα  $[0,1]$  διενεργείται από εμπειρογνώμονες σε συγκεκριμένο χώρο και χρόνο.

Η κατηγοριοποίηση των προτύπων του δικτύου διευκολύνει τη βαθμολόγηση, όπως φαίνεται στην επόμενη αναλυόμενη περίπτωση των διαδικασιών συγκόλλησης μεταλλικών υλικών με τη μέθοδο του ηλεκτρικού τόξου (BS EN ISO 15609-1:2004). Η κατηγοριοποίηση αυτή διευκολύνει και τη συνεργασία της υπό μελέτη βιομηχανικής επιχείρησης με υφιστάμενες ή νεοδημιουργούμενες μικρές δορυφορικές μονάδες κατασκευής/επισκευής εξαρτημάτων ή παροχής υπηρεσιών στις οποίες αναθέτει υπεργολαβία επιμέρους εργασίες (outsourcing). Με τον τρόπο αυτόν, τόσο η βιομηχανική επιχείρηση όσο και οι δορυφορικές μονάδες εξασφαλίζουν ευελιξία, η μεν πρώτη με διατήρηση του πρώτου νεκρού σημείου σε χαμηλό επίπεδο, η δε δεύτερη με τη δυνατότητα να αναλαμβάνουν και εργασίες ανεξάρτητες των δραστηριοτήτων της βιομηχανικής επιχείρησης. Η διασφαλιζόμενη ευελιξία του είδους αυτού είναι εξαιρετικά χρήσιμη σε περιόδους γενικευμένης ή/και κλαδικής κρίσης, επειδή οι επιτυγχανόμενες εξωτερικές οικονομίες αντισταθμίζουν διαχρονικά τα ενδεχομένως διαφυγόντα κέρδη λόγω μη επίτευξης οικονομιών κλίμακας (δηλ., παραγωγής με χαμηλότερο κόστος, αν η βιομηχανική επιχείρηση είχε υψηλή δυναμικότητα, προκειμένου να την αξιοποιήσει κατά την περίοδο των 'παχέων αγελάδων').

Σημειώνεται ότι ενώ οι δορυφορικές μονάδες (περιλαμβανομένων των φυσικών προσώπων που παρέχουν εξειδικευμένη εργασία) υποστηρίζουν την βιομηχανική επιχείρηση σε διαδικασίες παραγωγής/συντήρησης/έλεγχου, η ίδια η επιχείρηση παρέχει τεχνογνωσία στους υποστηρίζοντας τις παραπάνω διαδικασίες δια μέσου της KB που διαρκώς εμπλουτίζεται με την αξιοποίηση της εσωτερικά αποκτώμενης εμπειρίας, περιλαμβανομένου ευέλικτου/ ημι-αυτόνομου ευφυούς μηχανισμού (Intelligent agent) για την αναζήτηση πληροφοριών και την ανακάλυψη γνώσης (data mining) σε εξωτερικές Βάσεις (στάδιο 21). Η ανάδραση αυτή δημιουργεί περαιτέρω εξειδίκευση της εργασίας που παρέχεται από φυσικά πρόσωπα, τα οποία μπορεί να απασχολούνται σε μεγάλη απόσταση από τη βιομηχανική επιχείρηση και σχετικά ανεξάρτητα από αυτήν, ιδιαίτερα όταν το αντικείμενο της απασχόλησης είναι ο έλεγχος των προϊόντων ή κατασκευών που ενδεχομένως κατανέμονται ευρέως στο χώρο. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι ο *in situ* έλεγχος επικαλύψεων, βασιζόμενος στο πρότυπο ASTM D5043-04 «Standard Practice for Field Identification of Coatings» και σε άλλες πρακτικές που ενδεχομένως υποδεικνύονται από την κατασκευαστική/βιομηχανική επιχείρηση που έχει την ευθύνη της συντήρησης των αντίστοιχων εξαρτημάτων και υλικών



των κατασκευών. Για την περίπτωση αυτή, έχουμε συνθέσει ένα παράδειγμα υπό μορφή αλγοριθμικής διαδικασίας με 23 δραστηριότητες και 10 κόμβους απόφασης.

### Βιβλιογραφία

1. F.A. Batzias, E.C. Marcoulaki, Restructuring the keywords interface to enhance CAPE knowledge via an intelligent agent, *Computer-Aided Chemical Engineering* **10** (2002), 829-834.
2. D. Batzias, S. Karvounis, Technology transfer through a network of standard methods and recommended practices – The case of petrochemicals, *7th International Conference of Computational Methods in Sciences and Engineering* (2009), forthcoming.
3. D. Batzias, D. Karalekas, C. Siontorou, Design of a Dedicated Knowledge Base Under the Form of a Network of Standard Methods/Practices for Biomass Evaluation by Certified Laboratorie,. *Proc. 17th European Biomass Conference*, Germany (2009), 2562-2568.
4. ASTM F2016 - 00(2006) Standard Practice for Establishing Shipbuilding Quality Requirements for Hull Structure, Outfitting, and Coatings
5. SEE SSPC 96-02 - Measurement of Dry Film Thickness with Magnetic Gages - Included in a set (96-02) with PA 1, 2, 3, 4, 5 and QP1 and QP2I
6. ASTM F1130 - 99(2005) Standard Practice for Inspecting the Coating System of a Ship
7. ASTM D772 - 86(2005) Standard Test Method for Evaluating Degree of Flaking (Scaling) of Exterior Paints
8. ASTM D4712 - 87a(2005) Standard Guide for Testing Industrial Water-Reducible Coatings
9. ASTM D1654 - 08 Standard Test Method for Evaluation of Painted or Coated Specimens Subjected to Corrosive Environments
10. ASTM G87 - 02(2007) Standard Practice for Conducting Moist SO<sub>2</sub> Tests
11. ASTM G46 - 94(2005) Standard Guide for Examination and Evaluation of Pitting Corrosion
12. ASTM D5043-04 Standard Practice for Field Identification of Coatings.
13. BS EN ISO 15609-1:2004. Specification and qualification of welding procedures for metallic materials. Welding procedure specification. Arc welding
14. BS EN ISO 15607:2003. Specification and qualification of welding procedures for metallic materials. General rules
15. ISO 14732:1998. Welding personnel - Approval testing of welding operators for fusion welding and of resistance weld setters for fully mechanized and automatic welding of metallic materials
16. BS EN ISO 3834-5:2005. Quality requirements for fusion welding of metallic materials. Documents with which it is necessary to conform to claim conformity to the quality requirements of ISO 3834-2, ISO 3834-3 or ISO 3834-4
17. ISO 14731:2006. Welding coordination - Tasks and responsibilities
18. BS PD CEN ISO/TR 3834-6:2007 - Quality requirements for fusion welding of metallic materials. Guidelines on implementing ISO 3834
19. ISO 3834-1:2005 - Quality requirements for fusion welding of metallic materials - Part 1: Criteria for the selection of the appropriate level of quality requirements

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας των αναφερόμενων στην εγκατάσταση ναυπηγοεπισκευαστική μονάδας και περιλαμβανομένων στο Σχήμα Π.-1 προτύπων (standards). Με έντονους (Bold) χαρακτήρες είναι γραμμένα τα πρότυπα τα οποία επιλέγονται ως αντιπροσωπευτικά δείγματα για περαιτέρω ανάλυση και κατά συνέπεια χρησιμοποιούνται ως 'γέφυρες' που ενώνουν δύο διαδοχικές γενιές.

### **1. ASTM F2016 - 00(2006) Standard Practice for Establishing Shipbuilding Quality Requirements for Hull Structure, Outfitting, and Coatings**

D4417 Test Methods for Field Measurement of Surface Profile of Blast Cleaned Steel  
E337 Test Method for Measuring Humidity with a Psychrometer (the Measurement of Wet- and Dry-Bulb Temperatures)  
ISO 8502-3 Assessment of Dust on Steel Surfaces Prepared for Painting (Pressure-Sensitive Tape Method)  
ISO 8502-6 Extraction of Soluble Contaminants for Analysis-The Bresle Method  
NACE No. 5 Surface Preparation and Cleaning of Steel and Other Hard Materials by High-and Ultrahigh-Pressure Water Jetting Prior to Re-coating (SSPC-SP 12)  
NACE No. 7 Interim Guide and Visual Reference Photographs for Steel Cleaned by Water Jetting (SSPC-VIS 4(1))  
SSPC-AB 1 Mineral and Slag Abrasives  
SSPC-AB 2 Specification for Cleanliness of Recycled Ferrous Metallic Abrasives  
SSPC-PA 2 Measurement of Dry Coating Thickness With Magnetic Gages

### **2. SEE SSPC 96-02 - Measurement of Dry Film Thickness with Magnetic Gages - Included in a set (96-02) with PA 1, 2, 3, 4, 5 and QP1 and QP2I**

ASTM D5499-94(1999) - Standard Test Methods for Heat Resistance of Polymer Linings for Flue Gas Desulfurization Systems  
ASTM D5163-91(1996) - Standard Guide for Establishing Procedures to Monitor the Performance of Safety Related Coatings in an Operating Nuclear Power Plant  
ASTM F1130-99 - Standard Practice for Inspecting the Coating System of a Ship  
ASTM F941-99 - Standard Practice for Inspection of Marine Surface Preparation and Coating Application

### **3. ASTM F1130 - 99(2005) Standard Practice for Inspecting the Coating System of a Ship**

D660 Test Method for Evaluating Degree of Checking of Exterior Paints  
D714 Test Method for Evaluating Degree of Blistering of Paints  
D772 Test Method for Evaluating Degree of Flaking (Scaling) of Exterior Paints  
SSPC-PA-2 Measurement of Dry Paint Thickness With Magnetic Gages

### **4. ASTM D772 - 86(2005) Standard Test Method for Evaluating Degree of Flaking (Scaling) of Exterior Paints**

D4712 - 87a(2005) Standard Guide for Testing Industrial Water-Reducible Coatings

### **5. ASTM D4712 - 87a(2005) Standard Guide for Testing Industrial Water-Reducible Coatings**

B117 Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus  
D1005 Test Method for Measurement of Dry-Film Thickness of Organic Coatings Using Micrometers  
D1014 Practice for Conducting Exterior Exposure Tests of Paints and Coatings on Metal Substrates  
D1212 Test Methods for Measurement of Wet Film Thickness of Organic Coatings  
D1308 Test Method for Effect of Household Chemicals on Clear and Pigmented Organic Finishes  
D1474 Test Methods for Indentation Hardness of Organic Coatings  
D1475 Test Method for Density of Liquid Coatings, Inks, and Related Products  
D1535 Practice for Specifying Color by the Munsell System  
D1640 Test Methods for Drying, Curing, or Film Formation of Organic Coatings at Room Temperature  
D1653 Test Methods for Water Vapor Transmission of Organic Coating Films

D1654 Test Method for Evaluation of Painted or Coated Specimens Subjected to Corrosive Environments  
D1729 Practice for Visual Appraisal of Colors and Color Differences of Diffusely-Illuminated Opaque Materials  
D1730 Practices for Preparation of Aluminum and Aluminum-Alloy Surfaces for Painting  
D1731 Practices for Preparation of Hot-Dip Aluminum Surfaces for Painting  
D185 Test Methods for Coarse Particles in Pigments, Pastes, and Paints  
D2201 Practice for Preparation of Zinc-Coated and Zinc-Alloy-Coated Steel Panels for Testing Paint and Related Coating Products  
D2574 Test Method for Resistance of Emulsion Paints in the Container to Attack by Microorganisms  
D2616 Test Method for Evaluation of Visual Color Difference With a Gray Scale  
D660 Test Method for Evaluating Degree of Checking of Exterior Paints  
D772 Test Method for Evaluating Degree of Flaking (Scaling) of Exterior Paints

**6. ASTM D1654 - 08 Standard Test Method for Evaluation of Painted or Coated Specimens Subjected to Corrosive Environments**

B117 Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus  
D1014 Practice for Conducting Exterior Exposure Tests of Paints and Coatings on Metal Substrates  
D1735 Practice for Testing Water Resistance of Coatings Using Water Fog Apparatus  
D2247 Practice for Testing Water Resistance of Coatings in 100% Relative Humidity  
D2803 Guide for Testing Filiform Corrosion Resistance of Organic Coatings on Metal  
D4141 Practice for Conducting Black Box and Solar Concentrating Exposures of Coatings  
D4585 Practice for Testing Water Resistance of Coatings Using Controlled Condensation  
D4587 Practice for Fluorescent UV-Condensation Exposures of Paint and Related Coatings  
D610 Test Method for Evaluating Degree of Rusting on Painted Steel Surfaces  
D6695 Practice for Xenon-Arc Exposures of Paint and Related Coatings  
D714 Test Method for Evaluating Degree of Blistering of Paints  
D822 Practice for Filtered Open-Flame Carbon-Arc Exposures of Paint and Related Coatings  
D870 Practice for Testing Water Resistance of Coatings Using Water Immersion  
E3 Practice for Preparation of Metallographic Specimens  
G85 Practice for Modified Salt Spray (Fog) Testing  
G87 Practice for Conducting Moist SO Tests

**7. ASTM G87 - 02(2007) Standard Practice for Conducting Moist SO<sub>2</sub> Tests**

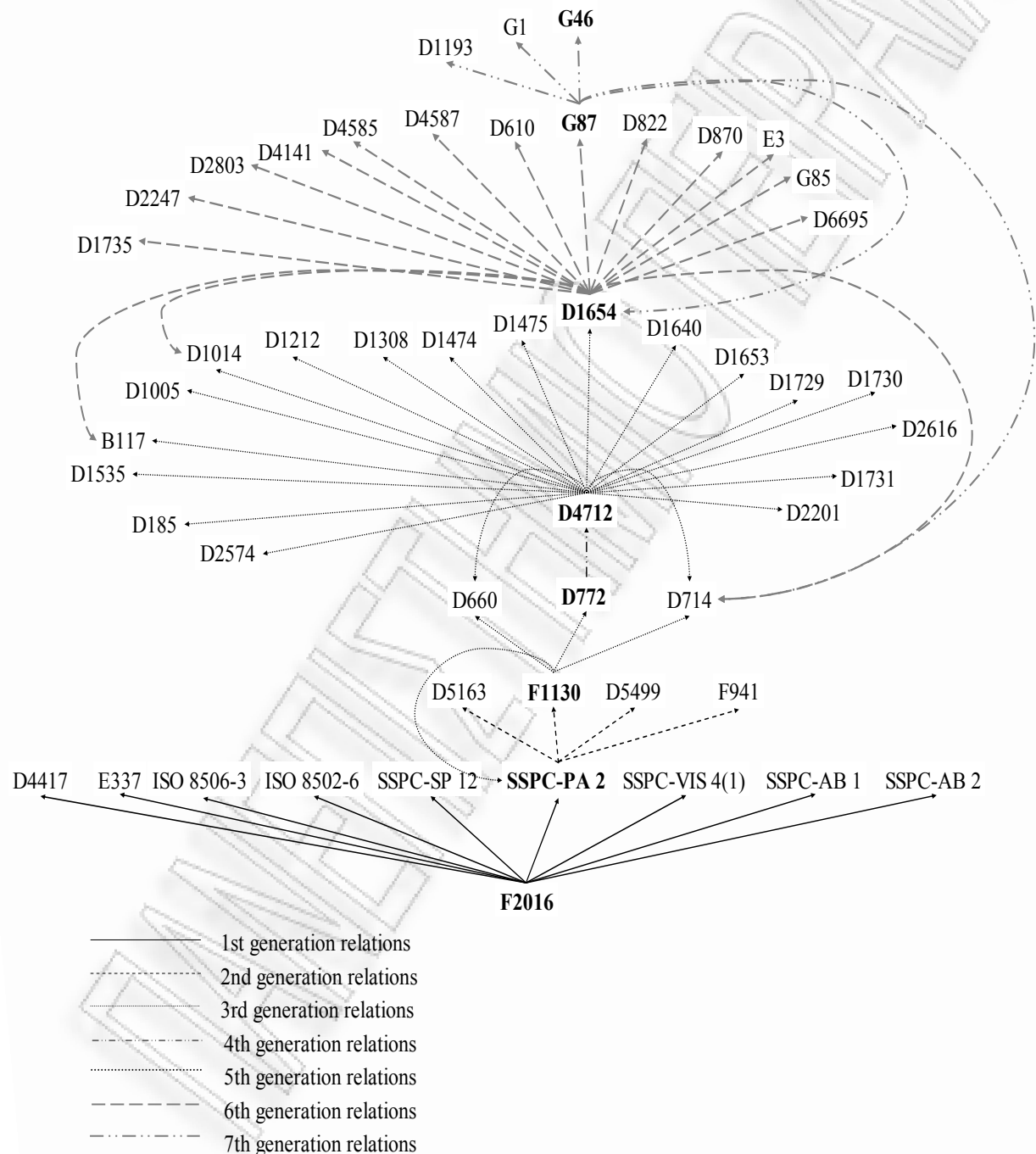
D1193 Specification for Reagent Water  
D1654 Test Method for Evaluation of Painted or Coated Specimens Subjected to Corrosive Environments  
D714 Test Method for Evaluating Degree of Blistering of Paints  
G1 Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimens  
G46 Guide for Examination and Evaluation of Pitting Corrosion

**8. ASTM G46 - 94(2005) Standard Guide for Examination and Evaluation of Pitting Corrosion**

E3 Methods of Preparation of Metallographic Specimens  
G1 Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimens  
G15 Terminology Relating to Corrosion and Corrosion Testing  
G16 Guide for Applying Statistics to Analysis of Corrosion Data  
NACE RP-01-73 Collection and Identification of Corrosion Products

**Σχήμα Π.-1.** (I) Μέρος του δικτύου των υποδειγμάτων, όταν η αναλυόμενη περίπτωση είναι της εγκατάστασης ναυπηγοεπισκευαστικής μονάδας και το υπό εξέταση πρότυπο ASTM F2016-00(2006) αναφέρεται στην ποιότητα της κατασκευής/επισκευής ενός σκάφους. (II) Μήτρες συνάφειας για την πρώτη και μέρος της δεύτερης γενιάς. (III) Το ισοδύναμο (προς το δίκτυο) δένδρο με πολλαπλά/επαναλαμβανόμενα υποδείγματα.

**(I)**

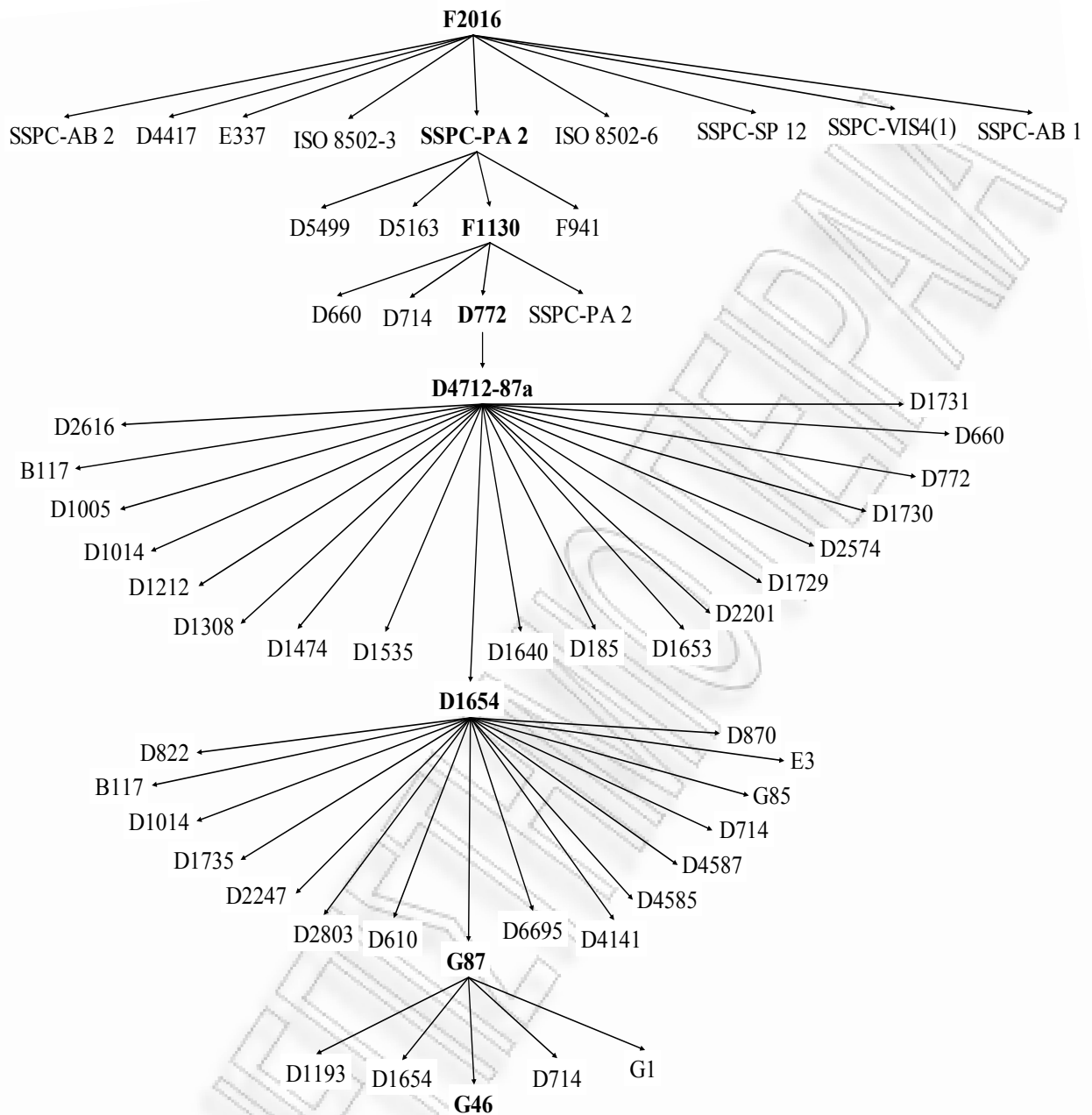


**(II)**

→	F2016	D4417	E337	ISO 8506-3	ISO 8502-6	SSPC-SP 12	SSPC-PA 2	SSPC-VIS 4(1)	SSPC-AB 1	SSPC-AB 2
F2016	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
D4417	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E337	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ISO 8506-3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
ISO 8502-6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
SSPC-SP 12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSPC-PA 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSPC-VIS 4(1)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSPC-AB 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
SSPC-AB 2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

→	SSPC-PA 2	D5163	F1130	D5499	F941
SSPC-PA 2	0	1	1	1	0
D5163	1	0	0	0	0
F1130	1	0	0	0	0
D5499	1	0	0	0	0
F941	1	0	0	0	0

(III)



Πίνακας των αναφερόμενων στις διαδικασίες συγκόλλησης μεταλλικών υλικών με τη μέθοδο του ηλεκτρικού τόξου και περιλαμβανομένων στο Σχήμα Π.-2 προτύπων (standards). Με

έντονους (Bold) χαρακτήρες είναι γραμμένα τα πρότυπα τα οποία επιλέγονται ως αντιπροσωπευτικά δείγματα για περαιτέρω ανάλυση και κατά συνέπεια χρησιμοποιούνται ως 'γέφυρες' που ενώνουν δύο διαδοχικές γενιές.

**BS EN ISO 15609-1:2004. Specification and qualification of welding procedures for metallic materials. Welding procedure specification. Arc welding**

- BS EN ISO 15607:2003 - Specification and qualification of welding procedures for metallic materials. General rules
- ISO 4063:1998 - Welding and allied processes - Nomenclature of processes and reference numbers
- ISO 15607:2003 - Specification and qualification of welding procedures for metallic materials - General rules
- ISO 14175:1997 - Welding consumables - Shielding gases for arc welding and cutting

**BS EN ISO 15607:2003. Specification and qualification of welding procedures for metallic materials. General rules**

- ISO 14555:1998 - Welding - Arc stud welding of metallic materials
- ISO 15620:2000 - Welding -- Friction welding of metallic materials
- ISO 9606-2 - Approval testing of welders - Fusion welding - Part 2: Aluminium and aluminium alloys
- ISO 9606-3:1999 - Approval testing of welders -- Fusion welding -- Part 3: Copper and copper alloys
- ISO 6520-2:2001 - Welding and allied processes - Classification of geometric imperfections in metallic materials - Part 2: Welding with pressure
- ISO 15614-8:2002 - Specification and qualification of welding procedures for metallic materials - Welding procedure test - Part 8: Welding of tubes to tube-plate joints
- ISO 4063:1998 - Welding and allied processes - Nomenclature of processes and reference numbers
- ISO 9606-4:1999 - Approval testing of welders -- Fusion welding -- Part 4: Nickel and nickel alloys
- ISO 9606-5:2000 - Approval testing of welders - Fusion welding - Part 5: Titanium and titanium alloys, zirconium and zirconium alloys
- ISO 6520-1:1998 - Welding and allied processes - Classification of geometric imperfections in metallic materials - Part 1: Fusion welding
- ISO 15614-11:2002 - Specification and qualification of welding procedures for metallic materials - Welding procedure test - Part 11: Electron and laser beam welding
- ISO 15611:2003 - Specification and qualification of welding procedures for metallic materials - Qualification based on previous welding experience
- ISO 15609-2:2001 - Specification and qualification of welding procedures for metallic materials - Welding procedure specification - Part 2: Gas welding
- ISO 15610:2003 - Specification and qualification of welding procedures for metallic materials - Qualification based on tested welding consumables
- ISO 857-1:1998 - Welding and allied processes - Vocabulary - Part 1: Metal welding processes
- ISO 14732:1998 - Welding personnel - Approval testing of welding operators for fusion welding and of resistance weld setters for fully mechanized and automatic welding of metallic materials
- ISO 9606-1:1994 - Approval testing of welders - Fusion welding - Part 1: Steels

**ISO 14732:1998. Welding personnel - Approval testing of welding operators for fusion welding and of resistance weld setters for fully mechanized and automatic welding of metallic materials**

- BS EN ISO 3834-5:2005 - Quality requirements for fusion welding of metallic materials. Documents with which it is necessary to conform to claim conformity to the quality requirements of ISO 3834-2, ISO 3834-3 or ISO 3834-4

- BS EN 14163:2001 - Petroleum and natural gas industries. Pipeline transportation systems. Welding of pipelines
- BS EN ISO 15614-12:2004 - Specification and qualification of welding procedures for metallic materials. Welding procedure test. Spot, seam and projection welding
- ISO 15614-11:2002 - Specification and qualification of welding procedures for metallic materials - Welding procedure test - Part 11: Electron and laser beam welding
- BS EN ISO 15607:2003 - Specification and qualification of welding procedures for metallic materials. General rules
- ISO 15614-8:2002 - Specification and qualification of welding procedures for metallic materials - Welding procedure test - Part 8: Welding of tubes to tube-plate joints
- BS ISO 13628-5:2002 - Petroleum and natural gas industries. Design and operation of subsea production systems. Subsea umbilicals
- BS ISO 14661:2000 - Thermal turbines for industrial applications (steam turbines, gas expansion turbines). General requirements
- BS EN ISO 9606-2:2004 - Qualification test of welders. Fusion welding. Aluminium and aluminium alloys
- ISO 14555:1998 - Welding - Arc stud welding of metallic materials

**BS EN ISO 3834-5:2005. Quality requirements for fusion welding of metallic materials. Documents with which it is necessary to conform to claim conformity to the quality requirements of ISO 3834-2, ISO 3834-3 or ISO 3834-4**

- ISO 9606-1:1994 - Approval testing of welders - Fusion welding - Part 1: Steels
- ISO 15614-4:2005 - Specification and qualification of welding procedures for metallic materials - Welding procedure test - Part 4: Finishing welding of aluminium castings
- ISO 15614-2:2005 - Specification and qualification of welding procedures for metallic materials - Welding procedure test - Part 2: Arc welding of aluminium and its alloys
- ISO 15614-1:2004 - Specification and qualification of welding procedures for metallic materials - Welding procedure test - Part 1: Arc and gas welding of steels and arc welding of nickel and nickel alloys
- ISO 15612:2004 - Specification and qualification of welding procedures for metallic materials - Qualification by adoption of a standard welding procedure
- ISO 15611:2003 - Specification and qualification of welding procedures for metallic materials - Qualification based on previous welding experience
- ISO 15610:2003 - Specification and qualification of welding procedures for metallic materials - Qualification based on tested welding consumables
- ISO 15609-4:2004 - Specification and qualification of welding procedures for metallic materials - Welding procedure specification - Part 4: Laser beam welding
- ISO 15609-3:2004 - Specification and qualification of welding procedures for metallic materials - Welding procedure specification - Part 3: Electron beam welding
- ISO 15609-2:2001 - Specification and qualification of welding procedures for metallic materials - Welding procedure specification - Part 2: Gas welding
- ISO 15620:2000 - Welding -- Friction welding of metallic materials
- ISO 14555:1998 - Welding - Arc stud welding of metallic materials
- ISO 17636:2003 - Non-destructive testing of welds -- Radiographic testing of fusion-welded joints
- ISO 15613:2004 - Specification and qualification of welding procedures for metallic materials - Qualification based on pre-production welding test
- ISO 13916:1996 - Welding - Guidance on the measurement of preheating temperature, interpass temperature and preheat maintenance temperature
- ISO 17639:2003 - Destructive tests on welds in metallic materials -- Macroscopic and microscopic examination of welds
- ISO 17638:2003 - Non-destructive testing of welds - Magnetic particle testing
- ISO 17637:2003 - Non-destructive testing of welds -- Visual testing of fusion-welded joints



- ISO 17635:2003 - Non-destructive testing of welds -- General rules for fusion welds in metallic materials
- ISO 15618-2:2001 - Qualification testing of welders for underwater welding - Part 2: Diver-welders and welding operators for hyperbaric dry welding
- ISO 15618-1:2001 - Qualification testing of welders for underwater welding - Part 1: Diver-welders for hyperbaric wet welding
- ISO 15614-10:2005 - Specification and qualification of welding procedures for metallic materials - Welding procedure test - Part 10: Hyperbaric dry welding
- ISO 15614-8:2002 - Specification and qualification of welding procedures for metallic materials - Welding procedure test - Part 8: Welding of tubes to tube-plate joints
- ISO 15614-5:2004 - Specification and qualification of welding procedures for metallic materials - Welding procedure test - Part 5: Arc welding of titanium, zirconium and their alloys
- ISO 17662:2005 - Welding - Calibration, verification and validation of equipment used for welding, including ancillary activities
- ISO 17640:2005 - Non-destructive testing of welds - Ultrasonic testing of welded joints
- ISO 9606-5:2000 - Approval testing of welders - Fusion welding - Part 5: Titanium and titanium alloys, zirconium and zirconium alloys
- ISO 14731:2006 - Welding coordination - Tasks and responsibilities
- ISO 14732:1998 - Welding personnel - Approval testing of welding operators for fusion welding and of resistance weld setters for fully mechanized and automatic welding of metallic materials
- ISO 15609-1:2004 - Specification and qualification of welding procedures for metallic materials - Welding procedure specification - Part 1: Arc welding
- ISO 15607:2003 - Specification and qualification of welding procedures for metallic materials - General rules
- ISO 9606-4:1999 - Approval testing of welders -- Fusion welding -- Part 4: Nickel and nickel alloys
- ISO 9606-3:1999 - Approval testing of welders -- Fusion welding -- Part 3: Copper and copper alloys
- ISO 9606-2: 1999 - Approval testing of welders - Fusion welding - Part 2: Aluminium and aluminium alloys

**ISO 14731:2006. Welding coordination - Tasks and responsibilities**

- BS 07/30158903 DC - BS EN 1011-1. Welding. Recommendations for welding of metallic materials. Part 1. General guidance for arc welding
- BS PD CEN ISO/TR 3834-6:2007 - Quality requirements for fusion welding of metallic materials. Guidelines on implementing ISO 3834
- BS EN 1090-3:2008 - Execution of steel structures and aluminium structures. Technical requirements for aluminium structures
- BS 08/30184309 DC - BS EN 12952-5. Water-tube boilers and auxiliary installations. Part 5. Workmanship and construction of pressure parts of the boiler
- BS EN 1090-2:2008 - Execution of steel structures and aluminium structures. Technical requirements for the execution of steel structures
- BS 09/30186448 DC - BS EN 13941. Design and installation of preinsulated bonded pipe systems for district heating

**BS PD CEN ISO/TR 3834-6:2007 - Quality requirements for fusion welding of metallic materials. Guidelines on implementing ISO 3834**

- ISO 3834-1:2005 - Quality requirements for fusion welding of metallic materials - Part 1: Criteria for the selection of the appropriate level of quality requirements
- ISO 3834-4:2005 - Quality requirements for welding - Fusion welding of metallic materials - Part 4: Elementary quality requirements
- ISO 9001:2000 - Quality management systems -- Requirements

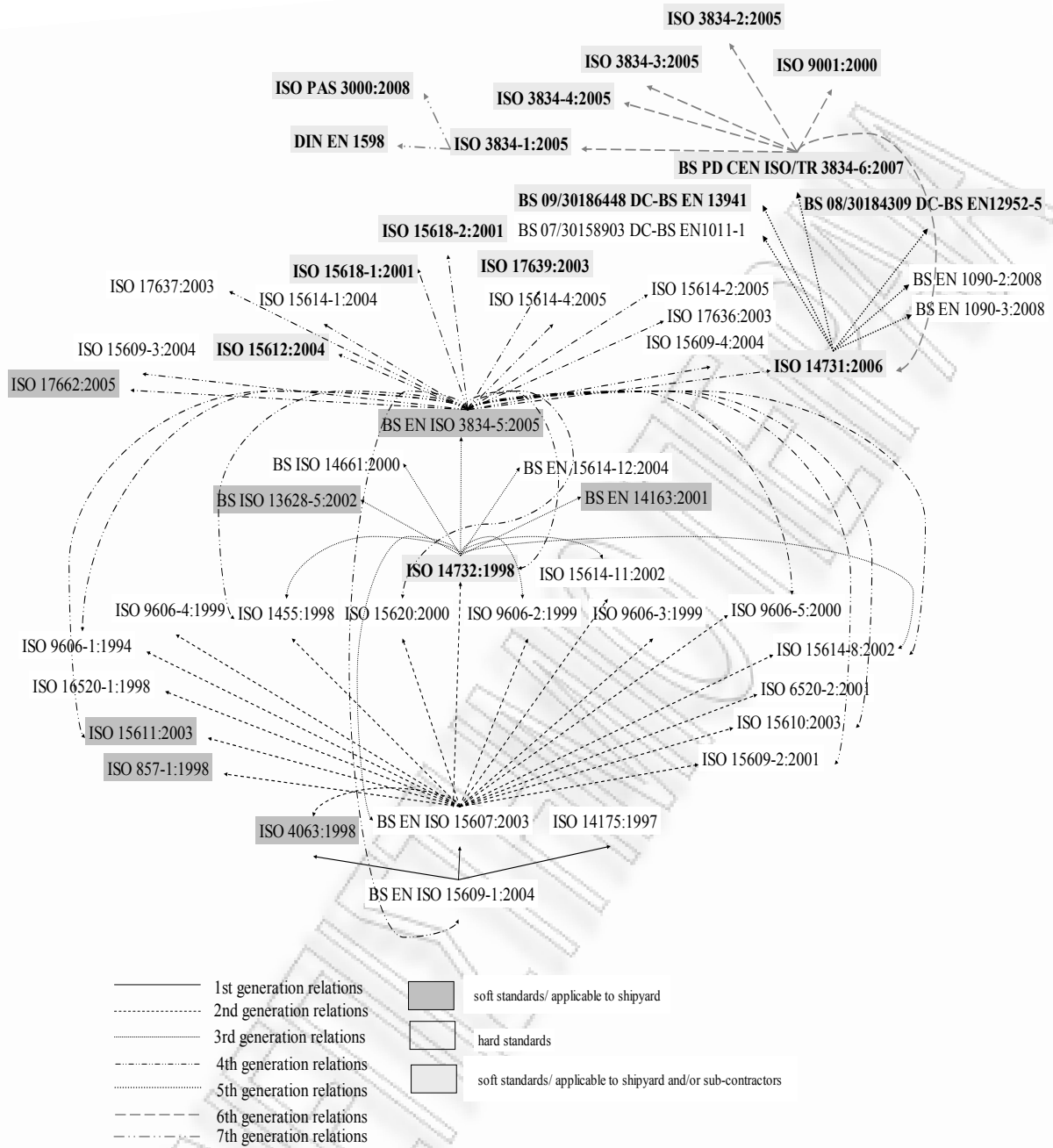
- ISO 3834-3:2005- Quality requirements for welding - Fusion welding of metallic materials - Part 3: Standards quality requirements
- ISO 3834-2:2005 - Quality requirements for welding - Fusion welding of metallic materials - Part 2: Comprehensive quality requirements
- ISO 14731:2006 - Welding coordination - Tasks and responsibilities

**ISO 3834-1:2005 - Quality requirements for fusion welding of metallic materials - Part 1: Criteria for the selection of the appropriate level of quality requirements**

- DIN EN 1598 01-Apr-2002 Health and safety in welding and allied processes - Transparent welding curtains, strips and screens for arc welding processes (includes Amendment A1:2001); German version EN 1598:1997 + A1:2001
- ISO/PAS 30000:2008 01-Jan-2008 Ships and marine technology - Ship recycling management systems - Specifications for management systems for safe and environmentally sound ship recycling facilities

**Σχήμα Π.-2.** (I) Μέρος του δικτύου των υποδειγμάτων, όταν η αναλύόμενη περίπτωση είναι των διαδικασιών συγκόλλησης μεταλλικών υλικών με τη μέθοδο του ηλεκτρικού τόξου (BS EN ISO 15609-1:2004). (II) Μήτρες συνάφειας για την πρώτη και μέρος της δεύτερης γενιάς. (III) Το ισοδύναμο (προς το δίκτυο) δένδρο με πολλαπλά/επαναλαμβανόμενα υποδείγματα.

(I)



## (II)

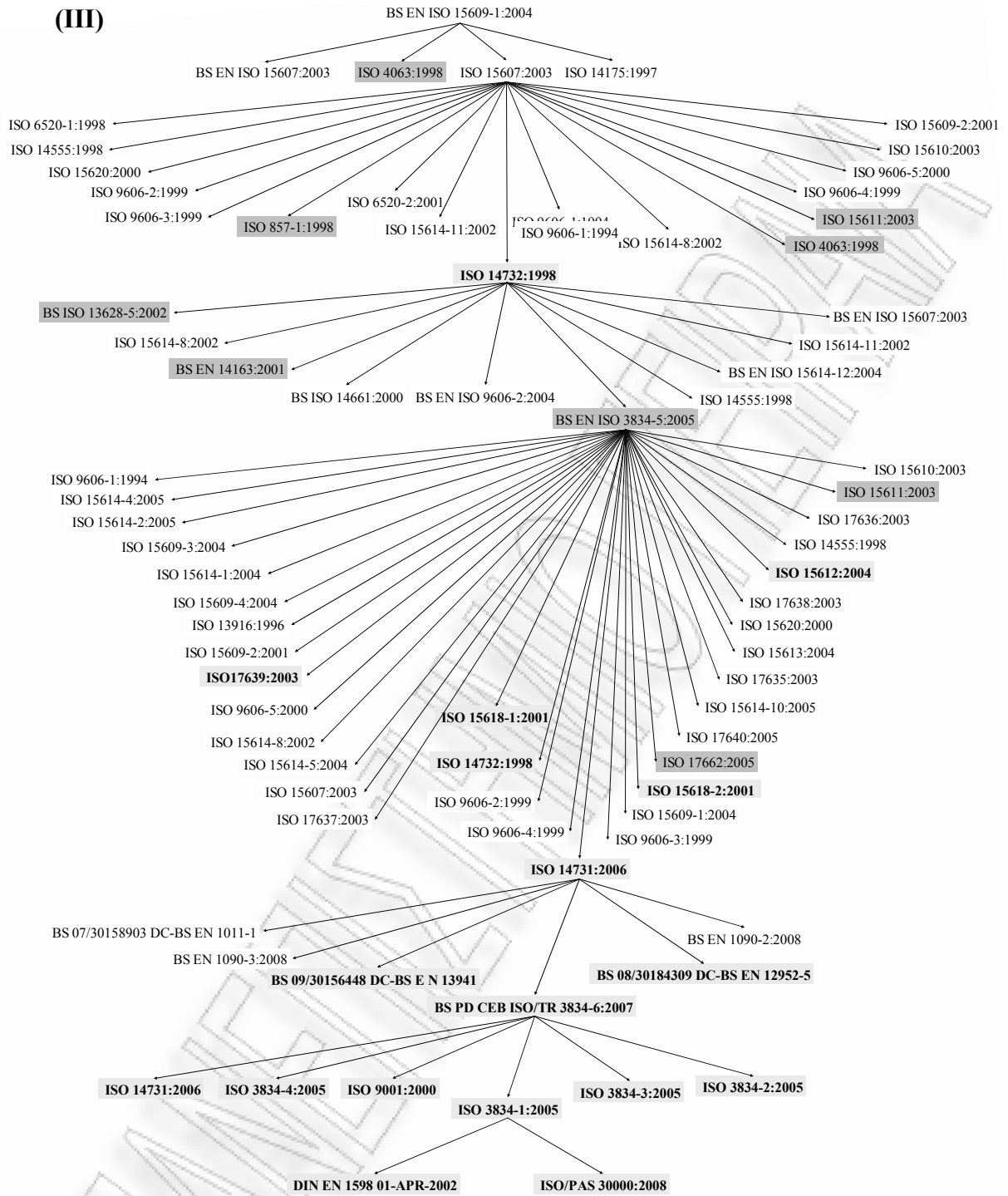
→	BS EN ISO 15609-1:2004	ISO 4063:1998	BS EN ISO 15607:2003	ISO 14175:1997
BS EN ISO 15609-1:2004	0	1	1	1
ISO 4063:1998	0	0	0	0
BS EN ISO 15607:2003	0	1	0	0
ISO 14175:1997	0	0	0	0

→	BS EN ISO 15607:2003	ISO 4063:1998	ISO 857-1:1998	ISO 15611:2003	ISO 16520-1:1998	ISO 9606-1:1994	ISO 9606-4:1999	ISO 1455:1998	ISO 15620:2000	ISO 14732:1998	ISO 9606-2:1999	ISO 15614-11:2002	ISO 9606-3:1999	ISO 9606-5:2000	ISO 15614-8:2002	ISO 6520-2:2001	ISO 15610:2003	ISO 15609-2:2001
BS EN ISO 15607:2003	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ISO 4063:1998	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ISO 857-1:1998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ISO 15611:2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0
ISO 16520-1:1998	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ISO 9606-1:1994	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ISO 9606- 4:1999	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1
ISO 1455: 1998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ISO 15620: 2000	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
ISO 14732: 1998	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0
ISO 9606- 2:1999	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
ISO 15614- 11:200 2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ISO 9606- 3:1999	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
ISO 9606- 5:2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ISO 15614- 8:2002	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
ISO 6520- 2:2001	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ISO 15610: 2003	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
ISO 15609- 2:2001	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

# РАНЕЕЗНАКО ПЕРПАА

(III)



## 5 Διερεύνηση των Παραγόντων που Επιδρούν στη Μεταφορά/Διάχυση Τεχνολογίας (Κριτήριο $f_8$ )

### 5.1 Εισαγωγή

Το κριτήριο  $f_8$  επηρεάζει τα υπόλοιπα κριτήρια, άμεσα μεν όταν πρόκειται για τεχνολογική καινοτομία (TK) έμμεσα δε όταν πρόκειται για πολλαπλασιαστικά αποτελέσματα που προκύπτουν από διαδικασίες μάθησης στην πράξη (learning by doing), οι οποίες συμβάλλουν στην αύξηση της παραγωγικότητας τόσο της εργασίας (άμεσα) όσο και του κεφαλαίου (έμμεσα, λόγω αλληλεπιδραστικής σύνδεσης με την εργασιακή εξειδίκευση). Τα κίνητρα παραγωγής και διάθεσης προϊόντων/μεθόδων/διεργασιών που ενσωματώνουν TK είναι (i) η αύξηση του κέρδους ή/και η επικράτηση στην αγορά, από την πλευρά των παραγωγών/προμηθευτών, δηλ. της προσφοράς, και (ii) η εξυπηρέτηση υπαρχουσών ή νεοδημιουργούμενων αναγκών από την πλευρά των πελατών/χρηστών, δηλ. της ζήτησης. Η αύξηση του κέρδους είναι δυνατόν να επιτευχθεί με την παραγωγή/διάθεση (i) μεγαλύτερης ποσότητας (προκειμένου να έχουμε μείωση του κόστους, στην περίπτωση που η εισαγωγή TK επιφέρει πρόσθετες οικονομίες κλίμακας) και (ii) φθηνότερου ή/και καλύτερου ως προς τις ιδιότητες προϊόντος.

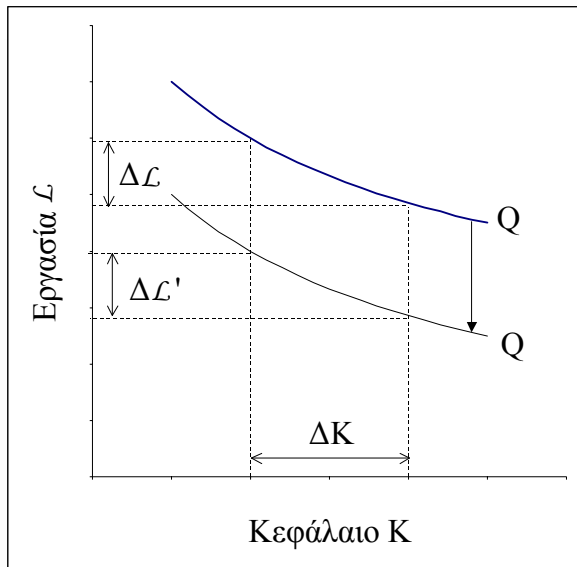
Η αύξηση αυτή όμως είναι δυνατόν να επιτευχθεί και με διάθεση καινοτομικού προϊόντος στην αγορά, συνοδευόμενη από μείωση της παραγωγής και αύξηση του κόστους, αν το μικρότερο τμήμα της αγοράς προς το οποίο απευθύνεται το διαφοροποιημένο/καινοτομικό προϊόν μπορεί να ανταποκριθεί σε μια υψηλότερη τιμή πώλησης. Η διάθεση ενός τέτοιου προϊόντος είναι ενδεχόμενο να διευκολύνεται από την απαξίωση του συμβατικού προϊόντος, το οποίο (εν μέρει, τουλάχιστον) υποκαθίσταται, όπως αυτό συμβαίνει για παράδειγμα με την εμφάνιση των βιολογικών τροφίμων, τα οποία υποκαθιστούν συμβατικού τύπου τρόφιμα που έχουν απαξιωθεί λόγω αυξημένης ρύπανσης, χρήσης μεγαλύτερης ποσότητας συντηρητικών ή/και τροποποίησης των καλλιεργούμενων ποικιλιών (με χειροτέρευση της ποιότητας) για την αύξηση της παραγωγικότητας.

Ειδικότερα για την λήψη απόφασης υιοθέτησης TK παραγωγικής διεργασίας, πρέπει να εξετασθεί με ποιο τρόπο επηρεάζονται οι συντελεστές της παραγωγής. Δεχόμενοι, χάριν απλότητας, ότι οι συντελεστές της παραγωγής είναι το κεφάλαιο  $K$  και η εργασία  $L$ , τότε η TK είναι δυνατόν είτε να υποκαθιστά (με την έννοια της εξοικονόμησης πόρων ή της συμβολής στην υποκατάσταση ενός συντελεστή από άλλον, με σύγχρονη αύξηση της συνολικής απόδοσης) εξίσου τους συντελεστές αυτούς είτε να υποκαθιστά περισσότερο τον

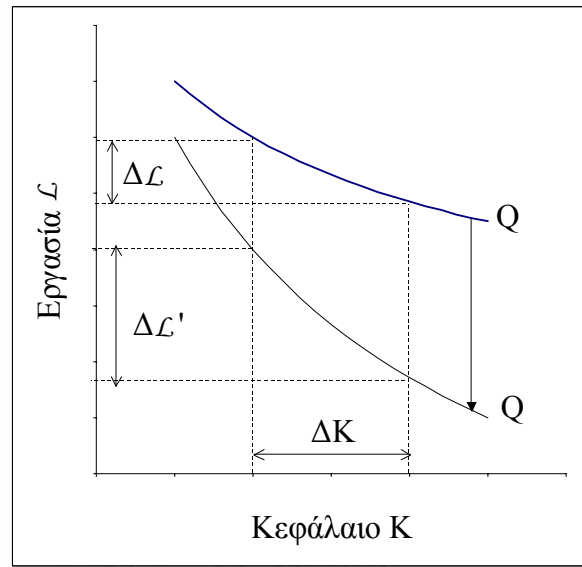


ένα από αυτούς, συνηθέστερα την εργασία με αυτοματισμούς ή/και ρομποτικούς μηχανισμούς ή/και πληροφοριακά συστήματα διοίκησης. Αυτό φαίνεται διαγραμματικά στο Σχήμα 5.1, όπου η υπερβολική (hyperbolic) έντονη καμπύλη ίσης παραγωγής, η οποία αποτελεί το γεωμετρικό τόπο των σημείων όπου όλοι οι συνδυασμοί τιμών  $(K, L)$  δίνουν την ίδια ποσότητα προϊόντος  $Q$ , μετατοπίζεται στη νέα θέση που σημειώνεται με λεπτή γραμμή. Στην περίπτωση (α) η TK είναι ουδέτερη, επειδή μια συγκεκριμένη αύξηση κατά  $\Delta K$  του κεφαλαίου συνεπάγεται ίδια μείωση της εργασίας πριν και μετά την εισαγωγή της TK. Στην περίπτωση (β) οι συνεπαγόμενες μειώσεις (για την ακρίβεια, υποκαταστάσεις) της εργασίας είναι  $\Delta L$  και  $\Delta L'$ , αντίστοιχα, όπου  $\Delta L' > \Delta L$ . Υπολογίζοντας το κόστος εισαγωγής (εγκατάστασης/λειτουργίας) της TK, λαμβάνεται η απόφαση υιοθέτησης ή μη αυτής.

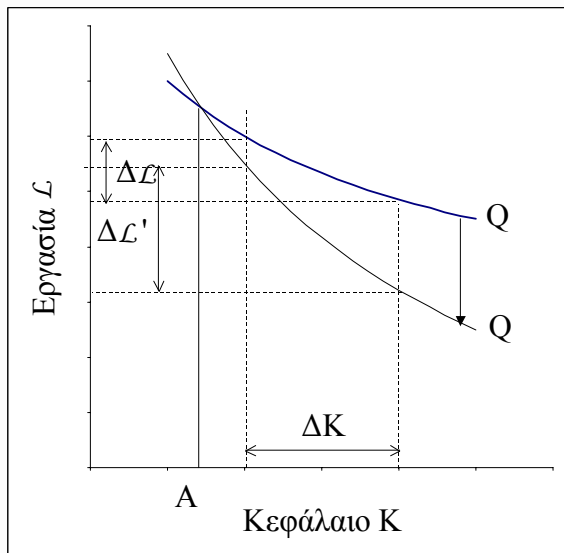
Στις συναρτήσεις παραγωγής τύπου Cobb-Douglas (C-D), το παραγόμενο προϊόν  $Q$  δίνεται από τη σχέση  $Q = AL^{\alpha}K^{\beta}$ , η οποία είναι ομογενής, με βαθμό ομογένειας  $(\alpha+\beta)$ , αφού  $Q(qL, qK) = A(qL)^{\alpha}(qK)^{\beta} = q^{\alpha+\beta}AL^{\alpha}K^{\beta}$ . Στην περίπτωση που η τεχνολογική πρόοδος είναι συνεχής ως προς τον χρόνο  $t$  και λαμβάνει χώρα χωρίς υποκατάσταση μεταξύ  $L$  και  $K$ , δηλ. είναι 'ουδέτερη' (neutral), η συνάρτηση C-D γράφεται  $Q = \exp(pt + c)L^{\alpha}K^{\beta}$ , όπου  $\exp(c)=A$ . Η παραδοχή της 'ουδετερότητας' είναι ισχυρή για σχετικά μικρή χρονική περίοδο (με την προϋπόθεση ότι δεν επισυμβαίνει συγχρόνως διάχυση σημαντικής TK στην παραγωγή/διάθεση προϊόντων/υπηρεσιών στον εξεταζόμενο χώρο) και είναι χρήσιμη στην ανάλυση δεδομένων διατομής (cross-section analysis). Αντίθετα, έχει παρατηρηθεί ότι μεσο-μακρο-πρόθεσμα έχουμε μερική υποκατάσταση της εργασίας από το κεφάλαιο, επειδή η εργασία γίνεται ακριβότερη και το κεφάλαιο φθηνότερο, κυρίως λόγω αύξησης των μισθών της (πλέον εξειδικευμένης) εργασίας και μείωση των επιτοκίων (απόψεις των Hicks και Harrod, αντίστοιχα). Σημειώνεται ότι, πέραν αυτών των καθαρά οικονομικών παραγόντων, η δημιουργία/διάδοση TK εξαρτάται και από καθαρά επιστημονικούς/τεχνολογικούς παράγοντες που συμβάλλουν αυτοδύναμα στην έρευνα και ανάπτυξη (R&D), ανεξάρτητα ύψους επιτοκίου ή αμοιβής της εργασίας. Η σύνθετη/οικονομοτεχνική θεώρηση έχει οπωσδήποτε μεγαλύτερη ερμηνευτική/αποδεικτική ισχύ, χωρίς όμως αυτή να δύναται να ερμηνεύσει όλες τις περιπτώσεις εφαρμογής TK, ιδιαίτερα όταν αυτή είναι άμεσο αποτέλεσμα νέας επιστημονικής γνώσης, η οποία προκύπτει (πολλές φορές τυχαία) σε εργαστηριακό επίπεδο και μπορεί να μεταφερθεί στο βιομηχανικό επίπεδο και την αγορά χωρίς αυξημένη δαπάνη για κλιμάκωση μεγέθους (scale-up) του παραγωγικού εξοπλισμού. Η περίπτωση αυτή απαντάται πολύ συχνά στη φαρμακοβιομηχανία και στους τομείς της



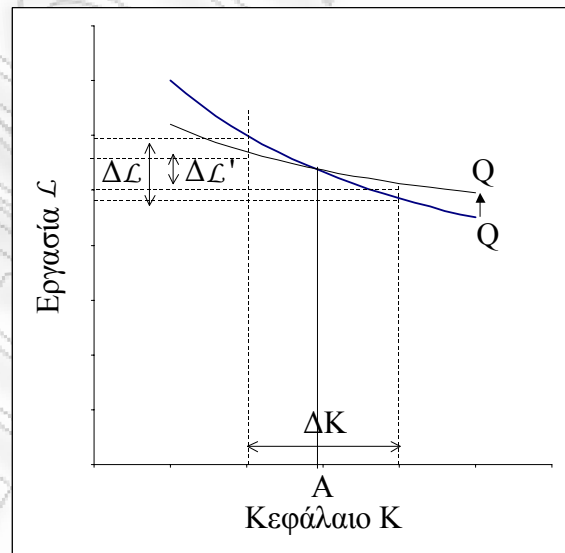
(α)



(β)



(γ)



(δ)

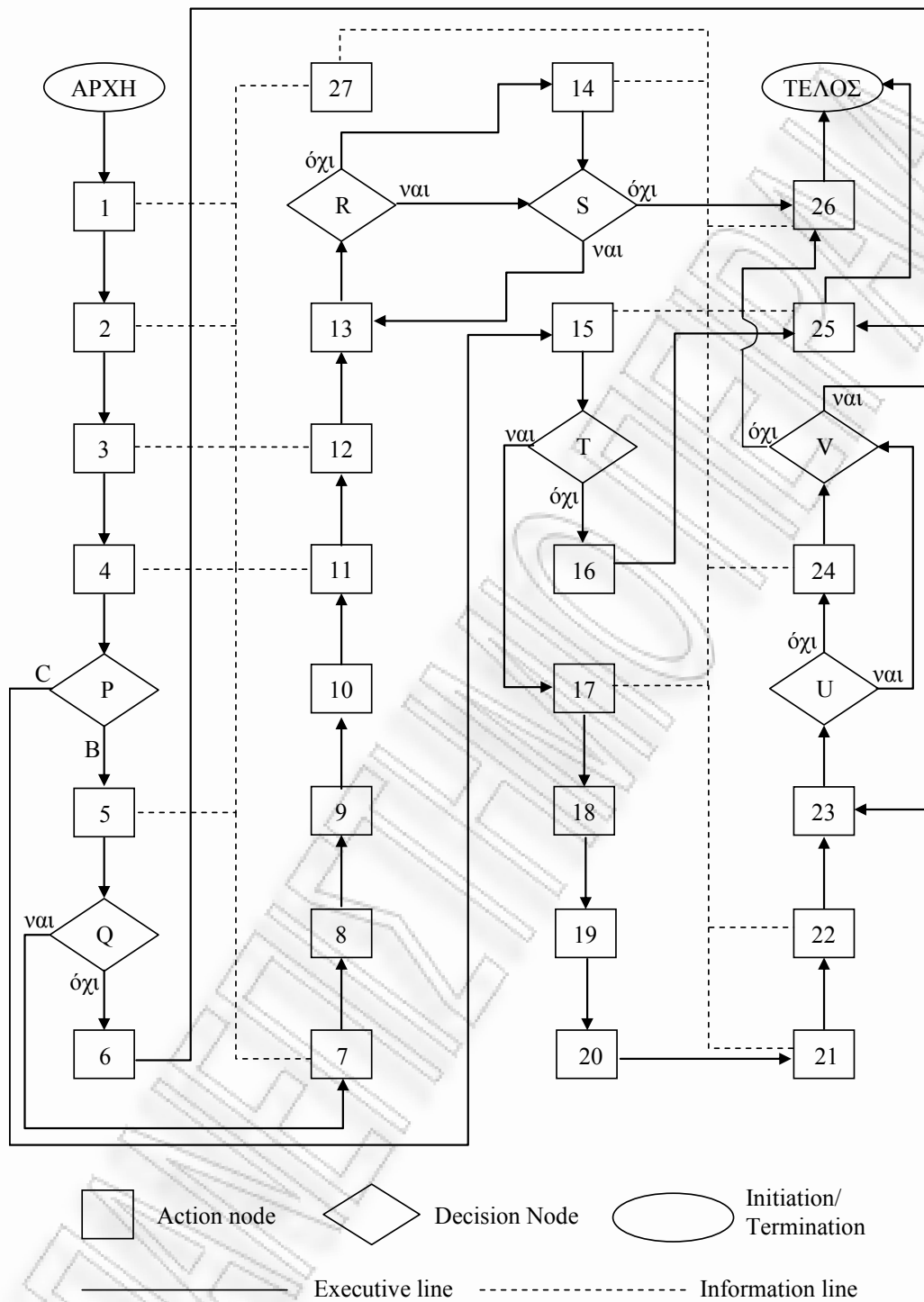
**Σχήμα 5.1.** (α) Εισαγωγή ουδέτερης TK, αφού  $\Delta L' = \Delta L$ , (β) εισαγωγή TK που εξοικονομεί εργασία, αφού  $\Delta L' > \Delta L$ , (γ) εισαγωγή TK που εξοικονομεί εργασία, αφού  $\Delta L' > \Delta L$ , αλλά είναι οικονομικά συμφέρουσα μόνο για  $K > A$ , (δ) εισαγωγή TK που δεν εξοικονομεί εργασία, αφού  $\Delta L' < \Delta L$ , και είναι οικονομικά συμφέρουσα μόνον για  $K < A$ . Σε όλες τις περιπτώσεις, η μεταβολή του κεφαλαίου  $\Delta K$  είναι ίδια και αναφέρεται σε κάθε καμπύλη χωριστά (δηλ. δεν σχετίζεται με την μετατόπιση της καμπύλης ή το κόστος εισαγωγής της TK).

βιοτεχνολογίας, της γενετικής μηχανικής (και άλλους υπο-τομείς της νανοτεχνολογίας) και της δημιουργίας νέου εξοπλισμού ιατρικής διαγνωστικής, δηλ. σε βιομηχανικούς υποκλάδους και τομείς της τεχνολογίας εξαιρετικά ταχείας ανάπτυξης που δεν σχετίζονται άμεσα με μακρο-οικονομικές συναρτήσεις, των οποίων οι τιμές των παραμέτρων εκτιμώνται με βάση μέσες τιμές (που μάλιστα διατίθενται για οικονομετρική χρήση με σημαντική χρονική υστέρηση) των αντίστοιχων εξαρτημένων και ανεξάρτητων μεταβλητών.

## 5.2 Μεθοδολογία Βελτιστοποίησης

Στη συνέχεια, περιγράφεται το μεθοδολογικό πλαίσιο, υπό μορφή αλγοριθμικής διαδικασίας, με 27 στάδια δραστηριότητας και 7 κόμβους απόφασης, που έχουμε σχεδιάσει/αναπτύξει για την διερεύνηση των παραγόντων που επιδρούν στη μεταφορά/διάχυση τεχνολογίας (κριτήριο  $f_8$ ) και τη βελτιστοποίηση αυτής. Η διασύνδεση σταδίων-κόμβων φαίνεται στο Σχήμα 5.2.

1. Προσδιορισμός του χώρου δημιουργίας/μεταφοράς και προσαρμογής/διάχυσης καινοτομικής τεχνολογίας/τεχνογνωσίας και των οικονομικών/κοινωνικών/τεχνολογικών συνθηκών που επικρατούν σε αυτόν.
2. Επιλογή/ταυτοποίηση μεταβλητών και παραμέτρων που περιλαμβάνονται σε ποσοτικές ή ημι-ποσοτικές/σύνθετες (υπό αναλυτική/explicit μορφή ή πεπλεγμένη/implicit μορφή) σχέσεις, οι οποίες χρησιμοποιούνται για την περιγραφή των αναφερόμενων στο προηγούμενο στάδιο δραστηριοτήτων/αποτελεσμάτων.
3. Διάκριση/κατηγοριοποίηση των οικονομικών/τεχνολογικών/επιχειρησιακών μεγεθών/σχέσεων αυτών και κατάταξή τους κατά σειρά φθίνουσας σημαντικότητας, σύμφωνα με τη μέθοδο της οντολογικής απεικόνισης (ontological mapping), ώστε να προκύψει το υψηλότερης δυνατής συνεκτικότητας δίκτυο εννοιών/συναρτήσεων.
4. Επιλογή ανεξάρτητης μεταβλητής ελέγχου  $X$  (control variable).
5. Εμπειρικός προσδιορισμός της περιοχής όπου αναμένεται η ύπαρξη  $B_{max}$ .
6. Εφαρμογή μεθόδου Delphi για τον κατ'έκτιμηση προσδιορισμό του βέλτιστου διαστήματος (interval) αριθμητικών τιμών της ανεξάρτητης μεταβλητής ελέγχου, στο οποίο αναμένεται ότι  $B=B_{max}$ .
7. Συλλογή όλων των επί μέρους σχέσεων (περιλαμβανομένων των αναφερόμενων σε εμπειρική γνώση, η οποία δεν εξωτερικεύεται/κοινοποιείται με συμβατικού τύπου αντικειμενική έκφραση) που συνιστούν/συγκροτούν τη συνάρτηση ωφέλειας  $B$ .
8. Κατηγοριοποίηση και σύνθεση των σχέσεων αυτών σε δύο εξαρτημένες αντιμαχόμενες μεταβλητές (conflict variables)  $B_1(X)$  και  $B_2(X)$ , ώστε  $dB_1/dX > 0$ ,  $d^2B_1/dX^2 < 0$  και  $dB_2/dX < 0$ ,  $d^2B_2/dX^2 < 0$ .
9. Προσδιορισμός της βέλτιστης τιμής  $X_{opt}$  για την οποία  $B=B_{max}$ .
10. Ανάλυση ευαισθησίας της  $B$  στο διάστημα (interval) αναμενόμενης διακύμανσης των αριθμητικών τιμών της  $X$ .



**Σχήμα 5.2.** Το μεθοδολογικό πλαίσιο, υπό μορφή αλγοριθμικής διαδικασίας, που αναπτύχθηκε για την διερεύνηση των παραγόντων που επιδρούν στη μεταφορά/διάχυση τεχνολογίας (κριτήριο  $f_8$ ).

11. Προσδιορισμός των παραμέτρων/παραγόντων που συνδιαμορφώνουν τις  $B_1, B_2$ .
12. Κατάταξη των παραμέτρων/παραγόντων αυτών κατά σειρά φθίνουσας σημαντικότητας της εκτιμώμενης επίδρασης στις  $B_1, B_2$ .

13. Βελτιστοποίηση με εισαγωγή του πλέον σημαντικού παράγοντα, σύμφωνα με την κατάταξη του προηγούμενου σταδίου στην αντίστοιχη συνάρτηση ωφέλειας και ανάλυση ευαισθησίας.
14. Προσδιορισμός της απαιτούμενης ελάχιστης μεταβολής των συνθηκών, ώστε να καταστεί πραγματοποιήσιμη η εκτιμώμενη τιμή  $X_{opt}$ .
15. Εμπειρικός προσδιορισμός της περιοχής όπου αναμένεται η ύπαρξη  $C_{min}$ .
16. Εφαρμογή μεθόδου Delphi για τον κατ'έκτιμηση προσδιορισμό του βέλτιστου διαστήματος (interval) αριθμητικών τιμών της ανεξάρτητης μεταβλητής ελέγχου, στο οποίο αναμένεται ότι  $C=C_{min}$ .
17. Συλλογή όλων των επί μέρους σχέσεων (περιλαμβανομένων των αναφερόμενων σε εμπειρική γνώση, η οποία δεν εξωτερικεύεται/κοινοποιείται με συμβατικού τύπου αντικειμενική έκφραση) που συνιστούν/συγκροτούν τη συνάρτηση κόστους  $C$ .
18. Κατηγοριοποίηση και σύνθεση των σχέσεων αυτών σε δύο εξαρτημένες αντιμαχόμενες μεταβλητές (conflict variables)  $C_1(X)$  και  $C_2(X)$ , ώστε  $dC_1/dX > 0$ ,  $d^2C_1/dX^2 < 0$  και  $dC_2/dX < 0$ ,  $d^2C_2/dX^2 < 0$ .
19. Προσδιορισμός της βέλτιστης τιμής  $X_{opt}$  για την οποία  $C=C_{min}$ .
20. Ανάλυση ευαισθησίας της  $C$  στο διάστημα (interval) αναμενόμενης διακύμανσης των αριθμητικών τιμών της  $X$ .
21. Προσδιορισμός των παραμέτρων/παραγόντων που συνδιαμορφώνουν τις  $C_1$ ,  $C_2$ .
22. Κατάταξη των παραμέτρων/παραγόντων αυτών κατά σειρά φθίνουσας σημαντικότητας της εκτιμώμενης επίδρασης στις  $C_1$ ,  $C_2$ .
23. Βελτιστοποίηση με εισαγωγή του πλέον σημαντικού παράγοντα, σύμφωνα με την κατάταξη του προηγούμενου σταδίου στην αντίστοιχη συνάρτηση κόστους και ανάλυση ευαισθησίας.
24. Προσδιορισμός της απαιτούμενης ελάχιστης μεταβολής των συνθηκών, ώστε να καταστεί πραγματοποιήσιμη η εκτιμώμενη τιμή  $X_{opt}$ .
25. Εφαρμογή ενός post-Delphi σταδίου για την αξιολόγηση (από τους ίδιους ή/και εμπειρογνώμονες/experts) των αποτελεσμάτων που έδωσε η συγκεκριμένη μέθοδος, πριν αυτά τεθούν υπ' όψη του αρμόδιου φορέα για τη λήψη απόφασης.
26. Συγκριτική αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των παραγόντων που έδωσαν  $B_{max}$  ή/και  $C_{min}$  σε σχέση με τη δυνατότητα επίτευξης των αντίστοιχων τιμών  $X_{opt}$ , πριν αυτά τεθούν υπ' όψη του αρμόδιου φορέα για τη λήψη απόφασης.
27. Δημιουργία/λειτουργία Βάσης Γνώσης για τις ανάγκες της παρούσας αλγοριθμικής διαδικασίας, εμπλουτιζόμενης ενδογενώς (όπως υποδεικνύεται από τις γραμμές

- P. Εντάσσεται, κατά προτίμηση, η μεταβλητή αυτή σε συνάρτηση ωφέλειας ή κόστους (εξαρτημένες συναρτήσεις  $B$  ή  $C$ , αντίστοιχα);
- Q. Είναι εφικτή η διαμόρφωση μονότονης/συνεχούς  $B$ -συνάρτησης στην περιοχή αυτή;
- R. Εκτιμάται ότι η προσδιοριζόμενη τιμή  $X_{opt}$  είναι πραγματοποιήσιμη υπό τις συνθήκες που έχουν καταγραφεί στο στάδιο 1;
- S. Υπάρχει άλλος παράγοντας στην κατάταξη του σταδίου 12 που δεν έχει συμμετάσχει στη διαδικασία βελτιστοποίησης;
- T. Είναι εφικτή η διαμόρφωση μονότονης/συνεχούς  $C$ -συνάρτησης στην περιοχή αυτή;
- U. Εκτιμάται ότι η προσδιοριζόμενη τιμή  $X_{opt}$  είναι πραγματοποιήσιμη υπό τις συνθήκες που έχουν καταγραφεί στο στάδιο 1;
- V. Υπάρχει άλλος παράγοντας στην κατάταξη του σταδίου 12 που δεν έχει συμμετάσχει στη διαδικασία βελτιστοποίησης;

### 5.3. Εφαρμογές Βελτιστοποίησης

Παρουσιάζονται δύο εφαρμογές της παραπάνω περιγραφόμενης μεθοδολογίας. Η πρώτη αναφέρεται στον προσδιορισμό της βέλτιστης τιμής (ή τιμής ισορροπίας της αντίστοιχης διελκυστίνδας – trade off)  $D_{opt}$  του βαθμού διάχυσης  $D$  μιας TK, μετρούμενου ως κλάσμα ή ποσοστό αυτών που την έχουν υιοθετήσει ( $y$ ) σε σχέση με αυτούς που αναμένεται να την υιοθετήσουν τελικά ( $K$ ), δηλ.  $D=y/K$  ή  $D=100y/K\%$ ). Για παράδειγμα, στην περίπτωση της λογιστικής σιγμοειδούς συνάρτησης  $y = K/[1 + m \exp(-bt)]$ , έχουμε

$$D = [1 + m \exp(-bt)]^{-1} \quad (1)$$

όπου  $b$  η παράμετρος που δείχνει την ταχύτητα υιοθέτησης της TK,  $m$  μία παράμετρος θέσης της αντίστοιχης καμπύλης  $D=f(t)$  και  $K=\lim(y)$  όταν  $t \rightarrow \infty$ . Η συνάρτηση αυτή έχει χρησιμοποιηθεί, με ποικίλες παραλλαγές/επεκτάσεις της, στη διάδοση TK σε εντελώς διαφορετικούς (προκαθορισμένους) χώρους/αγορές, από κινητά τηλέφωνα [2] μέχρι φαρμακευτικά προϊόντα [3], ενώ οι σχετικές υπολογιστικές μέθοδοι περιλαμβάνουν τόσο απλές ντετερμινιστικές τεχνικές όσο και σχετικά πολύπλοκες στοχαστικές διαδικασίες (από πιθανοτικές τύπου Bayes [3] μέχρι ασαφούς παλινδρόμησης κλασικών υποδειγμάτων, όπως του Bass [4]).

Η ταχύτητα διάχυσης/υιοθέτησης της TK και ο ρυθμός μεταβολής της (δηλ., η επιτάχυνση) δίνονται από τις σχέσεις

$$\frac{dy}{dt} = \frac{Kmb e^{-bt}}{(1 + me^{-bt})^2} \quad (2)$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} = \frac{-Kmb^2 e^{-bt} (1 + me^{-bt})^2 + 2Km^2 b^2 e^{-2bt} (1 + me^{-bt})}{(1 + me^{-bt})^4} \quad (3)$$

Η γραφική παράσταση της συνάρτησης  $dy/dt=f(t)$  έχει μορφή καμπάνας ενώ ο χρόνος, στον οποίο η ταχύτητα γίνεται μέγιστη, δίνεται από τη σχέση

$$\frac{d^2y}{dt^2} = 0 \Rightarrow Kmb^2 e^{-bt} (1 + me^{-bt})^2 = 2Km^2 b^2 e^{-2bt} (1 + me^{-bt}) \Rightarrow me^{-bt} = 1 \Rightarrow t = (\ln m) / b$$

Με αντικατάσταση της τιμής αυτής του  $t$  στη σχέση της ταχύτητας, λαμβάνουμε

$$y = \frac{K}{1 + me^{-b(\ln m)/b}} \Rightarrow y = \frac{K}{1 + m/m} \Rightarrow y = \frac{K}{2} \quad (4)$$

δηλ. η μέγιστη ταχύτητα υιοθέτησης ΤΚ αναμένεται όταν έχει καλυφθεί το 50% των πελατών/χρηστών (potential users) και αυτό συμβαίνει σε χρόνο  $t=[\ln(m)]/b$ . Η εκτίμηση των τιμών των παραμέτρων  $K$ ,  $m$ ,  $b$  μπορεί να γίνει με εφαρμογή της μεθόδου των ελαχίστων τετραγώνων

(α) στη γραμμικοποιημένη σχέση  $\ln(K/y - 1) = \ln m - bt$ , όπου η τιμή της παραμέτρου  $K$  προσδιορίζεται (α<sub>1</sub>) εξωγενώς, με ανεξάρτητη εκτίμηση του  $y_{max}$ , ή (α<sub>2</sub>) ενδογενώς, με υπολογισμό του  $K$  για την ελάχιστη τιμή του τυπικού σφάλματος της εκτίμησης SEE (Standard Error of Estimate), το οποίο δίνεται από την έκφραση

$$SEE_j = \left\{ \left[ \sum_{i=1}^n (z_i - \hat{z}_i)^2 \right] / (n - p) \right\}_j^{1/2} \quad (j=1,2,\dots,m) \quad (5)$$

όπου  $m$  ο αριθμός των ισαπεχουσών τιμών του  $K$  στο εξεταζόμενο διάστημα  $[K_{min}, K_{max}]$ ,  $z_i = \ln(K/y_i - 1)$ ,  $\hat{z}_i$  η εκτιμώμενη τιμή του  $z$  από τη γραμμική σχέση  $z = \lambda + \mu t$ ,  $\lambda = \ln(m)$ ,  $\mu = -b$ ,  $n$  ο αριθμός των δεδομένων  $(t_i, z_i)$ ,  $p$  ο αριθμός των παραμέτρων (ίσως με 2, επειδή μόνο η τιμές των παραμέτρων  $(\lambda, \mu)$  ή  $(m, b)$  εκτιμώνται μέσω της γραμμικής παλινδρόμησης)

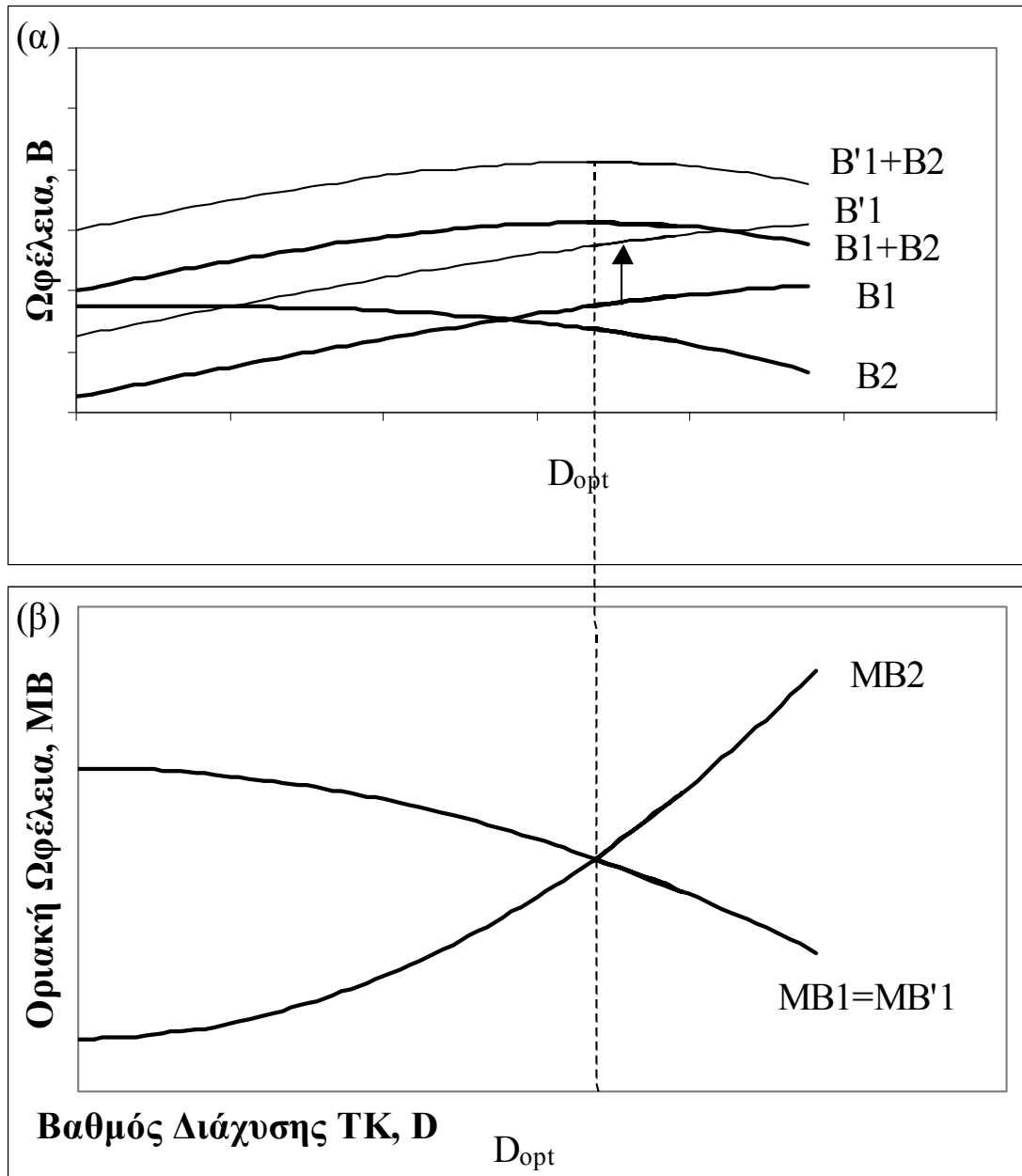
(β) στην αρχική μη-γραμμική σχέση  $y=f(t)$ , οπότε οι εκτιμήσεις των  $K$ ,  $m$ ,  $b$ , που έγιναν με την προηγούμενη μέθοδο (α), χρησιμοποιούνται για την εκκίνηση της αλγοριθμικής διαδικασίας αριθμητικής ανάλυσης (π.χ., Complex/Simplex, Taylor, Marquand/steepest-descent), προκειμένου να αποφευχθούν μεροληπτικές εκτιμήσεις λόγω αστάθειας της μεθόδου ως προς τις ενδιάμεσες μεταβολές των εκτιμώμενων τιμών της παραμέτρου  $K$ .

Αλγεβρικές (δηλ. μη-στατιστικές) εκτιμήσεις (α) των τιμών των  $K$ ,  $m$ ,  $b$ , όταν δίνονται τρεις ισαπέχουσες  $(t_3 - t_2 = t_2 - t_1)$  τιμές ζευγών  $(t_i, y_i)$ , ή (β) των τιμών των  $m$ ,  $b$ , όταν δίνονται δύο τιμές τέτοιων ζευγών και προσδιορίζεται εξωγενώς η τιμή της  $K$ , είναι κατάλληλες μόνον

για χονδρικές προσεγγίσεις και με την προϋπόθεση της ισχύος της λογιστικής συνάρτησης, δηλ. δεν είναι δυνατή η αξιολόγηση της προσαρμογής της (goodness of fitting) στα αριθμητικά δεδομένα  $(t_i, y_i)$ .

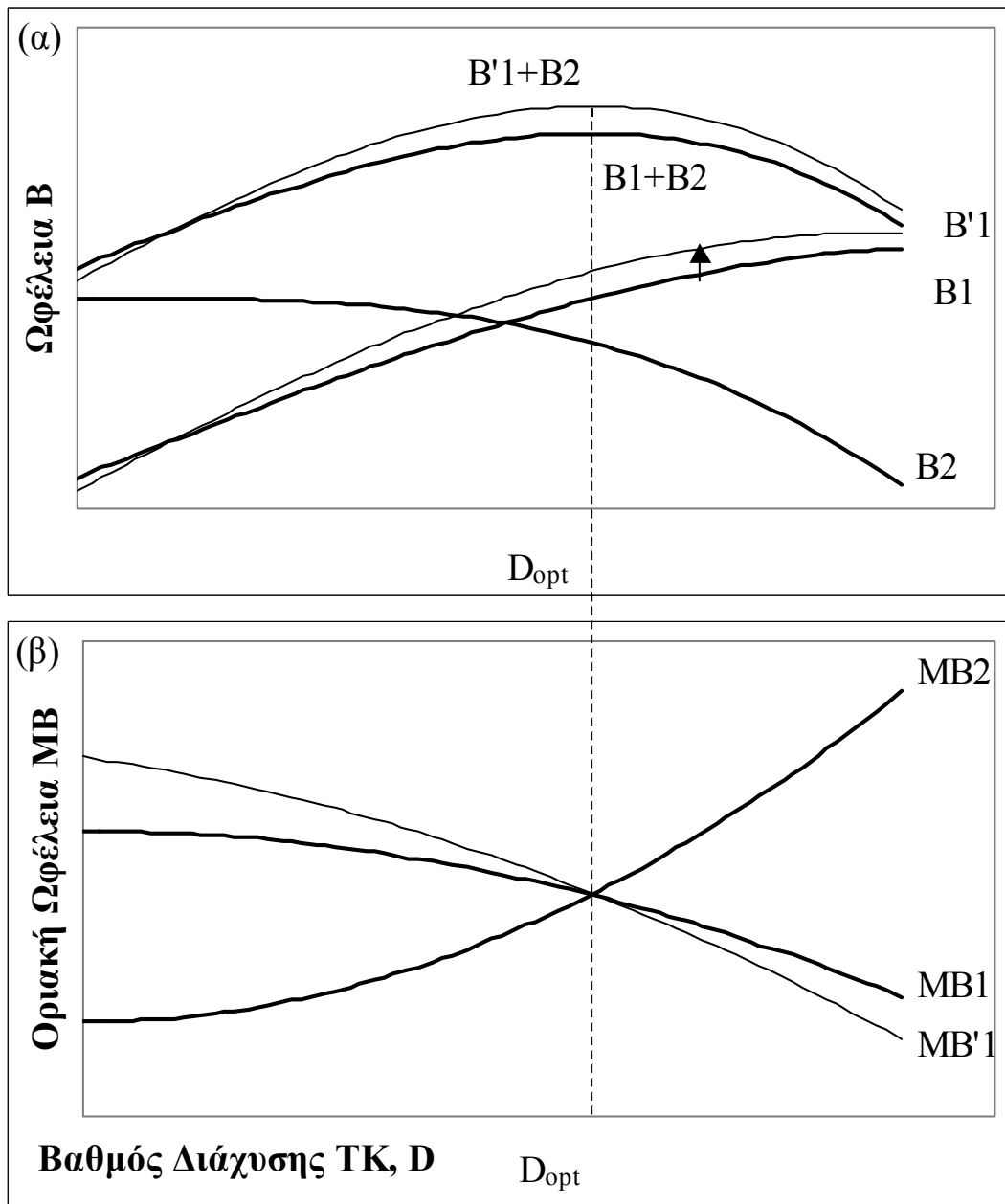
Οι συνιστώσες της  $B(D)$ ,  $B_1$  και  $B_2$ , παριστούν η μεν πρώτη τις ευμενείς επιδράσεις της διάχυσης TK λόγω δημιουργίας ευνοϊκών συνθηκών προμήθειας/συντήρησης/επισκευής προηγμένου εξοπλισμού και εύρεσης αντίστοιχης εξειδικευμένης εργασίας, η δε δεύτερη τις δυσμενείς επιδράσεις της διάχυσης σε μία επιχείρηση, λόγω έντασης/επέκτασης του ανταγωνισμού, ο οποίος σε υψηλά επίπεδα διάχυσης (συνθήκες κορεσμού της αγοράς) μπορεί να είναι απαγορευτικός για την είσοδο νέων επιχειρήσεων (π.χ., αξιοποίησης ανακυκλούμενων λιγνοκυτταρινούχων απορριμμάτων, των οποίων τόσο η προσφορά όσο και η ζήτηση υπόκειται σε περιορισμούς) ή/και καταστροφικός για άλλες που εισήλθαν στην αγορά σε πρώιμα στάδια διάχυσης και δεν πρόλαβαν να προσαρμοσθούν σε τεχνικές κατάλληλες για την επιβίωση χρησιμοποιώντας τα επίπεδα αυτά (π.χ., συνασπισμός σε διαδικτυακές μορφές οργάνωσης ή/και χρήση προηγμένων πληροφοριακών συστημάτων). Για τις ευνοϊκές επιδράσεις, οι θετικές οικονομίες κλίμακας (όπου το κλιμακούμενο μέγεθος είναι η διάχυση  $D$ ) δίνουν  $dB_1/dD > 0$ , αλλά ο νόμος της φθίνουσας απόδοσης επιβάλλει  $d^2B_1/dD^2 < 0$ . Για τις δυσμενείς επιδράσεις, οι αρνητικές οικονομίες κλίμακας (όπου το κλιμακούμενο μέγεθος είναι η διάχυση  $D$ ) δίνουν  $dB_2/dD < 0$ , ενώ ο νόμος της φθίνουσας απόδοσης επιβάλλει και πάλι  $d^2B_2/dD^2 < 0$ . Για τον προσδιορισμό της τιμής  $D_{opt}$ , για την οποία έχουμε  $B_{max} = (B_1 + B_2)_{max}$ , θέτουμε  $dB/dD = 0$  ή  $d(B_1 + B_2)/dD = 0$  ή  $dB_1/dD = |dB_2/dD|$  ή  $MB_1 = MB_2$ , όπου  $MB$  η οριακή ωφέλεια, υπό τη συνθήκη δευτέρας τάξεως  $d^2B/dD^2 < 0$ . Η απαραίτητη προϋπόθεση (για την ύπαρξη  $B_{max}$ ) της εξίσωσης των εκφράσεων οριακής ωφέλειας,  $MB_1 = MB_2$ , δείχνει ότι η μεταβολή των συνιστωσών  $B_1$  και  $B_2$  κατά μία σταθερή ποσότητα θα αφήσει αμετάβλητη την τιμή  $D_{opt}$ , όπως φαίνεται και στο Σχήμα 5.3, όπου  $(B'_1 + B_2)_{max} > (B_1 + B_2)_{max}$  ή  $B'_{max} > B_{max}$  αλλά χωρίς μεταβολή της τιμής  $D_{opt}$  αφού η καμπύλη  $MB'_1$  ταυτίζεται με την καμπύλη  $MB_1$  (δηλ.  $MB'_1 \equiv MB_1$ ), με αποτέλεσμα να παραμένει αμετάβλητη και η ευαισθησία στην περιοχή της βέλτιστης τιμής  $D'_{opt} = D_{opt}$ . Από την άλλη πλευρά, η απαραίτητη προϋπόθεση (για την ύπαρξη  $B_{max}$ ) της εξίσωσης των εκφράσεων οριακής ωφέλειας  $MB_1 = MB_2$ , δείχνει ότι είναι δυνατόν να έχουμε μεταβολή της  $B_1$  τέτοια ώστε να ισχύει η εξίσωση μόνον όταν  $D'_{opt} = D_{opt}$ , παρόλο ότι  $MB'_1 \neq MB_1$ , με αποτέλεσμα να μεταβάλλεται η ευαισθησία στην περιοχή της βέλτιστης τιμής, όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.4, όπου η ευαισθησία είναι μεγαλύτερη για τιμές  $D < D_{opt}$  (όπου  $MB'_1 > MB_1$ ) και μικρότερη για τιμές  $D > D_{opt}$  (όπου  $MB'_1 < MB_1$ ).





**Σχήμα 5.3.** Διαφοροποίηση της καμπύλης ωφέλειας  $B_1$ , χωρίς μετατόπιση του  $D_{opt}$  και χωρίς μεταβολή της οριακής ωφέλειας  $MB_1$ , οπότε παραμένει αμετάβλητη και η ευαισθησία στην περιοχή της βέλτιστης τιμής, όπου η συνολική ωφέλεια  $B$  γίνεται μέγιστη.

Στη γενικότερη περίπτωση, όπου  $MB'_1 \neq MB_1$  χωρίς να ισχύει ότι  $D'_{opt} = D_{opt}$ , η μετατόπιση της βέλτιστης τιμής  $D_{opt}$  θα εξαρτηθεί από τις διαφορικές οικονομίες κλίμακας, δηλ. το πρόσημο της έκφρασης  $d(B'_1 - B_1)/dD$ : αν είναι θετικό, οπότε  $dB'_1/dD > dB_1/dD$ , τότε θα αυξηθεί ( $D'_{opt} > D_{opt}$ ) ενώ αν είναι αρνητικό, οπότε  $dB'_1/dD < dB_1/dD$ , τότε θα ελαττωθεί ( $D'_{opt} < D_{opt}$ ). Στην αντίστοιχη γενικότερη περίπτωση, όπου  $MB'_2 \neq MB_2$  χωρίς να ισχύει ότι  $D'_{opt} = D_{opt}$ , η μετατόπιση της βέλτιστης τιμής  $D_{opt}$  θα εξαρτηθεί από τις διαφορικές οικονομίες κλίμακας, δηλ. το πρόσημο της έκφρασης  $d(B'_2 - B_2)/dD$ : αν είναι θετικό, οπότε



**Σχήμα 5.4.** Διαφοροποίηση της καμπύλης ωφέλειας  $B_1$ , χωρίς μετατόπιση του  $D_{opt}$  παρόλο ότι μεταβάλλεται η οριακή ωφέλεια  $MB_1$ , με αποτέλεσμα να παρατηρείται μεταβολή της ευαισθησίας (αύξηση για  $D < D_{opt}$  και μείωση για  $D > D_{opt}$ ) στην περιοχή της βέλτιστης τιμής, όπου η συνολική ωφέλεια  $B$  γίνεται μέγιστη.

$dB'_2/dD > dB_2/dD$ , τότε θα μειωθεί ( $D'_{opt} < D_{opt}$ ) ενώ αν είναι αρνητικό, οπότε  $dB'_2/dD < dB_2/dD$ , τότε θα αυξηθεί ( $D'_{opt} > D_{opt}$ ).

Μεταξύ των παραγόντων που είναι δυνατόν να μεταβάλλουν την εξαρτημένη μεταβλητή  $B_1$  είναι (i) η βελτίωση της αρχικής TK με την *a posteriori* εισαγωγή ενδογενούς ή εξωγενούς (λόγω μάθησης ή εφαρμογής συμπληρωματικής καινοτομίας, αντίστοιχα)

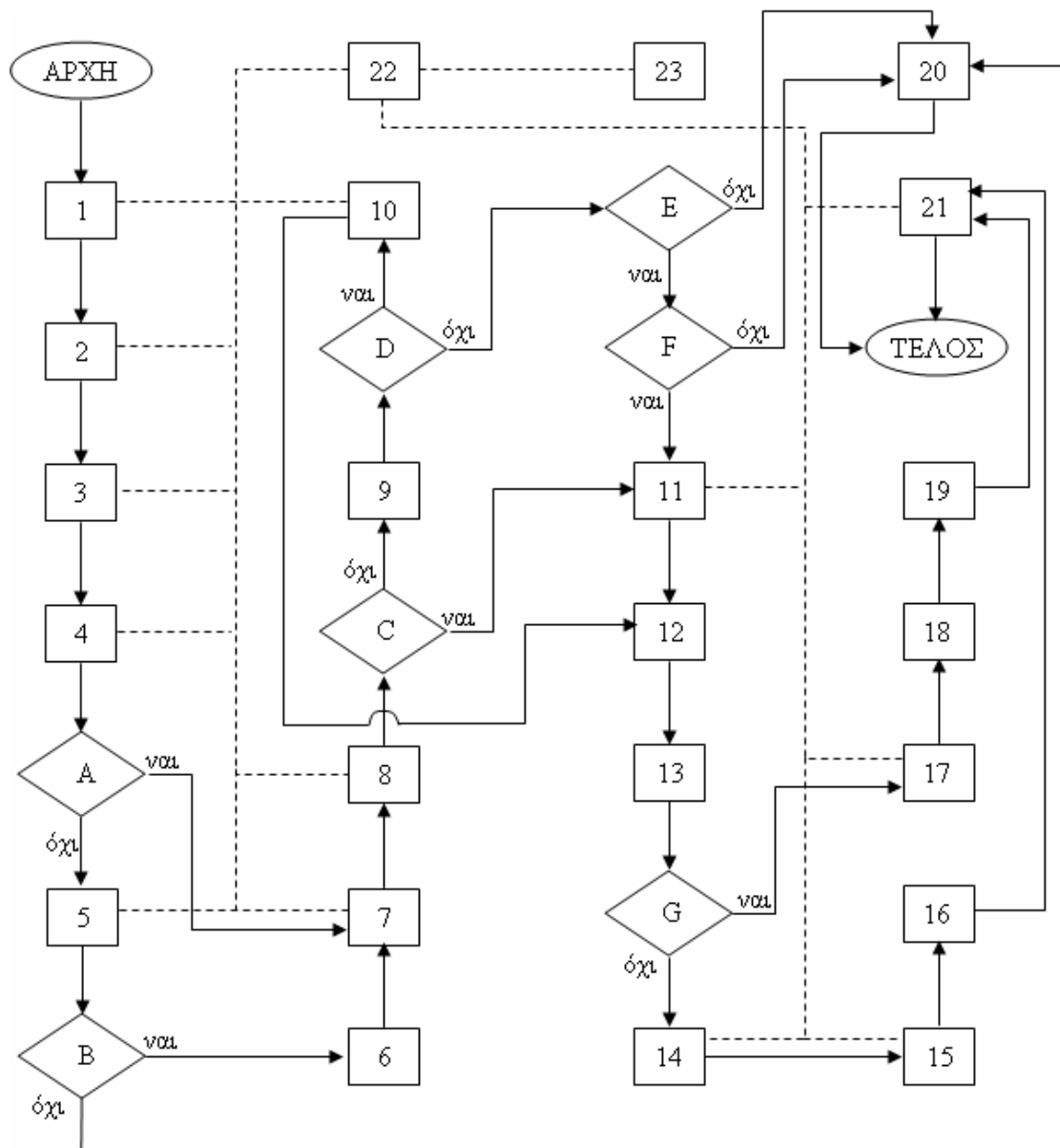
τεχνογνωσίας, (ii) η πρόσθετη κρατική επιχορήγηση στις επιχειρήσεις που επενδύουν κατά τα αρχικά στάδια της διάχυσης, προκειμένου να επιταχυνθεί η υιοθέτηση TK, (iii) η εμφανιζόμενη δυσκολία διείσδυσης/καθιέρωσης του καινοτομικού προϊόντος στην αγορά, κατά τα πρώτα στάδια της διάχυσης λόγω σφάλματος στο σχεδιασμό του, και (iv) η εμφανιζόμενη δυσκολία παραμονής του προϊόντος στην αγορά, κατά τα ύστερα στάδια της διάχυσης λόγω κακής χρήσης αυτού (π.χ. μείωση δραστηριότητας αντιβιοτικού φαρμάκου λόγω υπερκατανάλωσής του, με συνέπεια την ανάπτυξη ανθεκτικών μικροβιακών πληθυσμών). Οι συνεπαγόμενες διαφορικές οικονομίες κλίμακας και τα αποτελέσματα στη μετατόπιση του  $D_{opt}$  φαίνονται στα Σχήματα Π.Ι-1-Π.Ι-4.

Μεταξύ των παραγόντων που είναι δυνατόν να μεταβάλλουν την εξαρτημένη μεταβλητή  $B_2$  είναι (i) η εμφανιζόμενη έλλειψη κατάλληλης τεχνογνωσίας στην αγορά, κατά τα πρώτα στάδια της διάχυσης TK, (ii) ο μειωμένος (σε σχέση με τις προβλέψεις κατά την περίοδο του σχεδιασμού της συνάρτησης  $B_2$ ) ανταγωνισμός λόγω υιοθέτησης της TK από πολλές μικρές επιχειρήσεις χωρίς τεχνογνωσία για τον έλεγχο της παραγωγής και της ποιότητας ενδιάμεσων/τελικών προϊόντων (αδυναμία που θεραπεύεται με την πάροδο του χρόνου μέσω διαδικασιών μάθησης), (iii) ο αυξημένος (σε σχέση με τις προβλέψεις, κατά την περίοδο του σχεδιασμού της συνάρτησης  $B_2$ ) ανταγωνισμός, λόγω υιοθέτησης της TK από πολλές μικρές επιχειρήσεις με κατάλληλο εξοπλισμό/τεχνογνωσία και διαδικτυακά υποστηριζόμενες (των δυνατοτήτων του δικτύου αυξανόμενων όταν αυξάνεται ο  $D$ ) για τον έλεγχο της παραγωγής και της ποιότητας ενδιάμεσων/τελικών προϊόντων, και (iv) ο αυξημένος (σε σχέση με τις προβλέψεις, κατά την περίοδο του σχεδιασμού της συνάρτησης  $B_2$ ) ανταγωνισμός, λόγω υιοθέτησης της TK από σχετικά μεγάλες επιχειρήσεις με προηγμένο και αυτοδύναμο τεχνολογικό υπόβαθρο (που τις καθιστά αποτελεσματικές και για μικρές τιμές του  $D$ ) για τον έλεγχο της παραγωγής και της ποιότητας ενδιάμεσων/τελικών προϊόντων. Οι συνεπαγόμενες διαφορικές οικονομίες κλίμακας και τα αποτελέσματα στη μετατόπιση του  $D_{opt}$  φαίνονται στα Σχήματα Π.Ι-5 – Π.Ι-8.

Για τη μελέτη/βελτιστοποίηση της διάχυσης TK και τον προσδιορισμό της  $y=f(t)$ , άρα και του  $D$ , έχουμε σχεδιάσει/αναπτύξει ένα μεθοδολογικό πλαίσιο υπό τη μορφή μιας αλγοριθμικής διαδικασίας που περιλαμβάνει τα παρακάτω περιγραφόμενα 23 εκτελεστικά στάδια, τα οποία ενεργοποιούνται/ελέγχονται μέσω 7 κόμβων απόφασης (βλ. Σχήμα 5.5).

1. Περιγραφή της μελετώμενης TK (παραγωγή και χρήσεις, με έμφαση στην ενδεχόμενη υποκατάσταση προηγούμενου προϊόντος ή διεργασίας).

2. Οριοθέτηση του βιομηχανικού απόκλαδου παραγωγής του καινοτομικού προϊόντος ή του εξοπλισμού που ενσωματώνει την καινοτομική διεργασία (ανάλυση από την πλευρά της προσφοράς – supply side analysis).
3. Οριοθέτηση της αντίστοιχης αγοράς (ανάλυση από την πλευρά της ζήτησης – demand side analysis).
4. Έρευνα της αγοράς για την καταγραφή των επιθυμητών προδιαγραφών ποιότητας των προϊόντων/διεργασιών που ανήκουν στην ίδια κατηγορία, σύμφωνα με τα αντικειμενικά κριτήρια της τεχνολογίας και τα υποκειμενικά κριτήρια των αγοραστών/χρηστών.
5. Σύγκριση του διανύσματος των τιμών των πραγματικών ιδιοτήτων με το διάνυσμα των τιμών των επιθυμητών ιδιοτήτων.
6. Υλοποίηση των αναγκαίων προσαρμογών για την επίτευξη της επιδιωκόμενης σύγκλισης του πρώτου προς το δεύτερο διάνυσμα.
7. Επιλογή μεταβλητής  $Y$  (φυσικού ή οικονομικού μεγέθους) αντιπροσωπευτικής της διάχυσης της TK.
8. Επιλογή υποδειγμάτων της μορφής  $y=f(t)$ , για τη διάχυση της TK συναρτήσει του χρόνου  $t$ .
9. Σχηματίζεται ένα υποσύνολο υποδειγμάτων κατάλληλο για χρήση, όταν διαπιστώνεται ετερογένεια του χώρου της διάχυσης και διαμερίζεται ο συνολικός χώρος σε υπο-χώρους, όπου είναι εφικτή η εφαρμογή των υποδειγμάτων αυτών.
10. Πολυκριτηριακή επιλογή υποδείγματος για ετερογενή χώρο.
11. Πολυκριτηριακή επιλογή υποδείγματος για ομοιογενή χώρο.
12. Προσεγγιστική εκτίμηση των τιμών των παραμέτρων του χρησιμοποιούμενου υποδείγματος με προσαρμογή απλοποιημένης μορφής αυτού στα αριθμητικά δεδομένα.
13. Ακριβής εκτίμηση των τιμών των παραμέτρων του χρησιμοποιούμενου υποδείγματος με προσαρμογή της ολοκληρωμένης (από τη διαφορική εξίσωση που αντιπροσωπεύει τον μηχανισμό διάχυσης) μορφής αυτού στα αριθμητικά δεδομένα.



**Σχήμα 5.5.** Το μεθοδολογικό πλαίσιο, υπό μορφή αλγοριθμικής διαδικασίας που αναπτύχθηκε για την μελέτη/βελτιστοποίηση της διάχυσης TK και τον προσδιορισμό της  $y=f(t)$ , άρα και του  $D$ .

14. Περιορισμός του αποδεκτού διαστήματος μεταβολής των τιμών των παραμέτρων ή/και του αριθμού αυτών μέσω υιοθέτησης εξωγενώς προσδιοριζόμενων τιμών και εναλλακτικών σεναρίων.
15. Εξαγωγή αποτελεσμάτων συναρτήσει των πιθανοτήτων που έχουν εξωγενώς προσδιοριστεί για κάθε σενάριο.
16. Ανάλυση ευαισθησίας με βάση κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή για κάθε σενάριο.

17. Ταυτοποίηση παραμέτρων (parameter identification) σε βαθύτερα γνωσιολογικά επίπεδα, όπου αυτές μεν τίθενται ως εξαρτημένες μεταβλητές οι δε νέες παράμετροι τίθενται ως ανεξάρτητες μεταβλητές.
18. Επανεκτίμηση των τιμών των παραμέτρων είτε με ενσωμάτωση των νέων παραμέτρων στο αρχικό υπόδειγμα, αν η έμφαση δίνεται στην καλύτερη στατιστική προσαρμογή (goodness of fitting) στα αριθμητικά δεδομένα, είτε με ανεξάρτητη παλινδρόμηση στα ποσοτικά δεδομένα του σταδίου 17, αν η έμφαση δίνεται στη διαφάνεια και την εξηγητική/διερευνητική (explanatory/exploratory) ισχύ του υποδείγματος.
19. Ανάλυση ευαισθησίας με βάση κάθε παλαιά και νέα ανεξάρτητη μεταβλητή.
20. Αναπροσαρμογή της TK, ώστε να ανταποκρίνεται στις ανάγκες και οικονομικές δυνατότητες μεγαλύτερου μέρους της αναμενόμενης ζήτησης του καινοτομικού προϊόντος ή διεργασίας.
21. Τελική αξιολόγηση του υποδείγματος μέσω σύγκρισης των δεδομένων τιμών της εξαρτημένης συνάρτησης  $Y$  για τα δύο τελευταία έτη και των αντίστοιχων τιμών πρόγνωσης όταν στα δεδομένα της παλινδρόμησης της χρησιμοποιούμενης χρονολογικής σειράς δεν λαμβάνονται υπ' όψη τα έτη αυτά.
22. Δημιουργία/εμπλουτισμός/αναδόμηση Βάσης Γνώσης (KB) για τις λειτουργικές ανάγκες της αλγοριθμικής διαδικασίας.
23. Δημιουργία/λειτουργία μηχανισμού αναζήτησης (intelligent agent) σε άλλες Βάσεις Πληροφοριών/Γνώσης, σύμφωνα με τη μεθοδολογία που έχει αναπτυχθεί στην [1].
  - A. Ανταποκρίνεται η TK στην υπάρχουσα/προβλεπόμενη ζήτηση χωρίς τις αναγκαίες προσαρμογές για την επικράτηση έναντι ανταγωνιστικών προϊόντων/διεργασιών;
  - B. Είναι δυνατή η σύγκλιση των τιμών του πρώτου διανύσματος, ώστε να θεωρηθεί ότι ανήκουν στο διάστημα τιμών των στοιχείων του δεύτερου διανύσματος, χωρίς η επιβάρυνση του κόστους της σύγκλισης να καθιστά την επένδυση ασύμφορη;
  - C. Είναι επαρκώς ομοιογενής ο χώρος διάχυσης της TK, ώστε να μην απαιτείται περαιτέρω διαμερισμός του προκειμένου να εφαρμοσθούν/συγκριθούν ικανοποιητικά όλα τα προεπιλεγμένα υποδείγματα για να προκύψει το καταλληλότερο από αυτά;
  - D. Υπάρχουν επαρκή δεδομένα κατά υπο-χώρο για την εφαρμογή των υποδειγμάτων αυτών;
  - E. Είναι δυνατή η αντικατάσταση του αρχικού/γενικού χώρου μελέτης της διάχυσης της TK με ένα συγκεκριμένο υπο-χώρο είτε επειδή εκεί συγκεντρώνεται μεγάλο μέρος της

μελετώμενης δραστηριότητας είτε επειδή θεωρείται ως αντιπροσωπευτικός των περισσότερων υπο-χώρων;

F. Υπάρχουν επαρκή δεδομένα για το συγκεκριμένο υπο-χώρο;

G. Εμφανίζεται ως επαρκώς αξιόπιστη η προγνωστική ικανότητα του υποδείγματος;

Στην ΚΒ (στάδιο 22) ελέγχονται τα υποδείγματα  $y=f(t)$  που αντιπροσωπεύουν αντίστοιχους μηχανισμούς διάχυσης ΤΚ. Μία προκαταρκτική αυτόματη διαδικασία ελέγχου είναι η διαστασιακή ανάλυση, προκειμένου να διαπιστωθεί αν υπάρχει διαστασιακή ομοιογένεια, η οποία αποτελεί αναγκαία (αλλά όχι και ικανή) προϋπόθεση επιβεβαίωσης της ορθότητας ενός υποδείγματος. Ως παράδειγμα, αναλύεται το αναφερόμενο στην [5] υπόδειγμα Bass με αρχικές συνθήκες  $N_0=y_0$  σε χρόνο  $t=t_0$ , το οποίο καταγράφεται στην [5] ως εξής:

$$N = \frac{m - \frac{p(m - N_0)}{p + q(N_0 - m)} \exp(-(p + q)(t - t_0))}{\frac{q(1 - N_0/m)}{p + q(N_0 - m)} \exp(-(p + q)(t - t_0))} \quad (6)$$

όπου  $N=y$ ,  $m=K$ ,  $p$  και  $q$  οι συντελεστές πρωτογενούς και δευτερογενούς διάχυσης ΤΚ, αντίστοιχα. Οι απαιτούμενες διαστάσεις για την ποσοτική απεικόνιση των μεγεθών αυτών είναι ο χρόνος [T] και η διαχεόμενη ενσωματωμένη ΤΚ, εκφραζόμενη σε φυσικές μονάδες [G] και μετρούμενη είτε ως τεμάχια, μάζα, όγκος, αν είναι προϊόν, είτε ως ηλεκτρική ισχύς, παραγωγική δυναμικότητα αν είναι βιομηχανικός εξοπλισμός.

Οι διαστάσεις του αριθμητή του μικρού/απλού κλάσματος που ευρίσκεται στον αριθμητή του μεγάλου/σύνθετου κλάσματος είναι  $[GT^{-1}]$  ενώ ο παρονομαστής του ίδιου απλού κλάσματος είναι χωρίς νόημα αφού εμφανίζει την πρόσθεση δύο όρων διαστασιακά ανομοιογενών καθώς ο πρώτος έχει διαστάσεις  $[T^{-1}]$  ενώ ο δεύτερος έχει διαστάσεις  $[GT^{-1}]$ . Ομοίως, οι διαστάσεις του αριθμητή του μικρού/απλού κλάσματος που ευρίσκεται στον παρονομαστή του μεγάλου/σύνθετου κλάσματος είναι  $[T^{-1}]$  ενώ ο παρονομαστής του ίδιου απλού κλάσματος είναι χωρίς νόημα αφού εμφανίζει την πρόσθεση δύο όρων διαστασιακά ανομοιογενών καθώς ο πρώτος έχει διαστάσεις  $[T^{-1}]$  ενώ ο δεύτερος έχει διαστάσεις  $[GT^{-1}]$ . Πέραν αυτών, υπάρχει διαστασιακή ανομοιογένεια μεταξύ των όρων του αριθμητή του σύνθετου κλάσματος, δηλ. μεταξύ του  $m$  και του  $p(m-N_0)/[p+q(N_0-m)]$ , η οποία διορθώνεται μόνον αν λυθεί σωστά η διαφορική εξίσωση Riccati που αντιπροσωπεύει τον μηχανισμό διάχυσης της ΤΚ:

$$dy/dt = a(F - y) + by(F - y)/F \quad \text{ή} \quad dy/dt = aF - ay + by - (b/F)y^2, \quad a=p, b=q, F=m \quad (7)$$

$$dy/dt + (b/F)y^2 + (a-b)y - aF = 0 \quad (8)$$

δηλ. διαφορική εξίσωση Riccati, η οποία έχει τη γενική μορφή  $dy/dx + \sigma_2(x)y^2 + \sigma_1(x)y + \sigma_0(x) = 0$ . Επειδή η προς επίλυση συγκεκριμένη διαφορική εξίσωση έχει σταθερούς συντελεστές, προσδιορίζουμε μία μερική λύση αυτής  $y_p$ , λύνοντας την δευτεροβάθμια εξίσωση  $(b/F)y_p^2 + (a-b)y_p - aF = 0$  (9)

$$y_p = \frac{(b-a) \pm \sqrt{(a-b)^2 + 4aF(b/F)}}{2(b/F)} \Rightarrow y_p = \frac{(b-a) \pm (a+b)}{2(b/F)} \Rightarrow y = F \quad (10)$$

$$\Thetaέτουμε  $y = F - (1/z)$ , οπότε  $dy/dt = (dz/dt)/z^2$  και  $z = 1/(F-y) \Rightarrow z_0 = 1/(F-y_0)$  (11)$$

$$(dz/dt)/z^2 = aF - a(F-1/z) + b(F-1/z) - (b/F)(F-1/z)^2 \quad (12)$$

$$dz/dt = (a+b)z - b/F \quad (13)$$

Στην ειδική περίπτωση, όπου  $y=0$  για  $t=0$  (οπότε  $z_0 = 1/F$ ), έχουμε

$$\int_{1/F}^z \frac{dz}{(a+b)z - b/F} = \int_0^t dt \Rightarrow \frac{1}{a+b} \ln[(a+b)z - b/F] \Big|_{1/F}^z = t \quad (14)$$

$$\ln \frac{(a+b)z - b/F}{(a+b)/F - b/F} = (a+b)t \quad (15)$$

$$y = F \frac{1 - \exp[-(a+b)t]}{1 + (b/a)\exp[-(a+b)t]} \quad (16)$$

Στη γενική περίπτωση, όπου  $y=y_0$  για  $t=0$ , οπότε  $z_0 = 1/(F-y_0)$ , έχουμε

$$\ln \frac{(a+b)z - b/F}{(a+b)z_0 - b/F} = (a+b)t \Rightarrow z = \frac{[(a+b)z_0 - b/F] \exp[(a+b)t] + b/F}{(a+b)} \quad (17)$$

$$z = \frac{[(a+b)/(F-y_0)] - b/F \exp[(a+b)t] + b/F}{(a+b)} \quad (18)$$

$$y = F \left[ 1 - \frac{a+b}{\left[ \frac{(a+b)F}{F-y_0} - b \right] \exp[(a+b)t] + b} \right] \quad (19)$$

$$y = F \frac{1 - a \frac{F-y_0}{aF+by_0} \exp[-(a+b)t]}{1 + b \frac{F-y_0}{aF+by_0} \exp[-(a+b)t]} \quad \text{ή} \quad y = F \frac{1 - ag \exp[-(a+b)t]}{1 + bg \exp[-(a+b)t]}, \quad g = \frac{F-y_0}{aF+by_0} \quad (20)$$

Στο ίδιο αποτέλεσμα μπορούμε να καταλήξουμε με άμεση ολοκλήρωση της (7), βάσει του τύπου



$$\int \frac{dx}{ax^2 + bx + c} = \frac{1}{P} \ln \frac{Q-P}{Q+P}, \text{ όπου } P = \sqrt{b^2 - 4ac}, Q = 2ax + b, b^2 > 4ac \quad (21)$$

Πράγματι, με εφαρμογή του τύπου (21) στην (7), έχουμε

$$\int_{y_0}^y \frac{dy}{(b/F)y^2 + (a-b)y - aF} = \int_0^t dt \quad (22)$$

$$\frac{1}{a+b} \left[ \ln \frac{2(b/F)y + (a-b) - (a+b)}{2(b/F)y + (a-b) + (a+b)} \right]_{y_0}^y = -t \quad (23)$$

$$\ln \frac{(b/F)y - b}{(b/F)y + a} - \ln \frac{(b/F)y_0 - b}{(b/F)y_0 + a} = -(a+b)t \quad (24)$$

$$\ln \frac{[(b/F)y - b] [(b/F)y_0 + a]}{[(b/F)y + a] [(b/F)y_0 + b]} = -(a+b)t \quad (25)$$

$$\frac{(by - bF)(by_0 + aF)}{(by + aF)(by_0 - bF)} = e^{-(a+b)t} \quad (26)$$

$$\frac{by - bF}{by + aF} = \frac{by_0 - bF}{by_0 + aF} e^{-(a+b)t} \quad (27)$$

Σε αυτήν την αναλογία, αφαιρώ τους αριθμητές από τους παρονομαστές:

$$\frac{by - bF}{(a+b)F} = \frac{(by_0 - bF)e^{-(a+b)t}}{(by_0 + aF) - (by_0 - bF)e^{-(a+b)t}} \quad (28)$$

$$y = \frac{(a+b)F(y_0 - F)e^{-(a+b)t}}{(by_0 + aF) - (by_0 - bF)e^{-(a+b)t}} + F \quad (29)$$

$$y = F \left[ \frac{(a+b)(y_0 - F)e^{-(a+b)t}}{(by_0 + aF) - (by_0 - bF)e^{-(a+b)t}} + 1 \right] \quad (30)$$

$$y = F \frac{(by_0 + aF) + [(a+b)(y_0 - F) - (by_0 - bF)]e^{-(a+b)t}}{(by_0 + aF) - (by_0 - bF)e^{-(a+b)t}} \quad (31)$$

$$y = F \frac{1 + \left( \frac{ay_0 - aF + by_0 - bF}{by_0 + aF} - \frac{by_0 - bF}{by_0 + aF} \right) e^{-(a+b)t}}{1 - \frac{by_0 - bF}{by_0 + aF} e^{-(a+b)t}} \quad (32)$$

$$y = \frac{1 + a \frac{y_0 - F}{by_0 + aF} e^{-(a+b)t}}{1 + b \frac{F - y_0}{aF + by_0} e^{-(a+b)t}} \quad \text{ή} \quad y = \frac{1 - age^{-(a+b)t}}{1 + bge^{-(a+b)t}} \quad (33)$$

η οποία ταυτίζεται με την (20). Εντούτοις, ακολουθήθηκε βασικά η πρώτη μέθοδος, η οποία είναι αναλυτική, προκειμένου να υποδειχθεί ο ρόλος του μετασχηματισμού (11) που οδηγεί σε άμεση ολοκλήρωση του αρχικού υποδείγματος στη γενική του μορφή, όταν γνωρίζουμε μία μερική λύση  $y_p(t)$ , οπότε ο μετασχηματισμός  $y(t)=y_p(t)+1/z(t)$ , δίνει τελικά

$$dz/dt = -[2\sigma_2(t)y_p(t) + \sigma_1(t)]z + \sigma_2(t)$$

η οποία είναι γραμμική εξίσωση πρώτης τάξεως με την ακόλουθη λύση

$$z = \left\{ C + \int \sigma_2(t) \exp\left[-\int [\sigma_2(t)y_p(t) + \sigma_1(t)] dt\right] dt \right\} \exp\left\{\int [\sigma_2(t)y_p(t) + \sigma_1(t)] dt\right\}$$

από όπου υπολογίζεται το  $y$ , βάσει του μετασχηματισμού  $y=F-(1/z)$ .

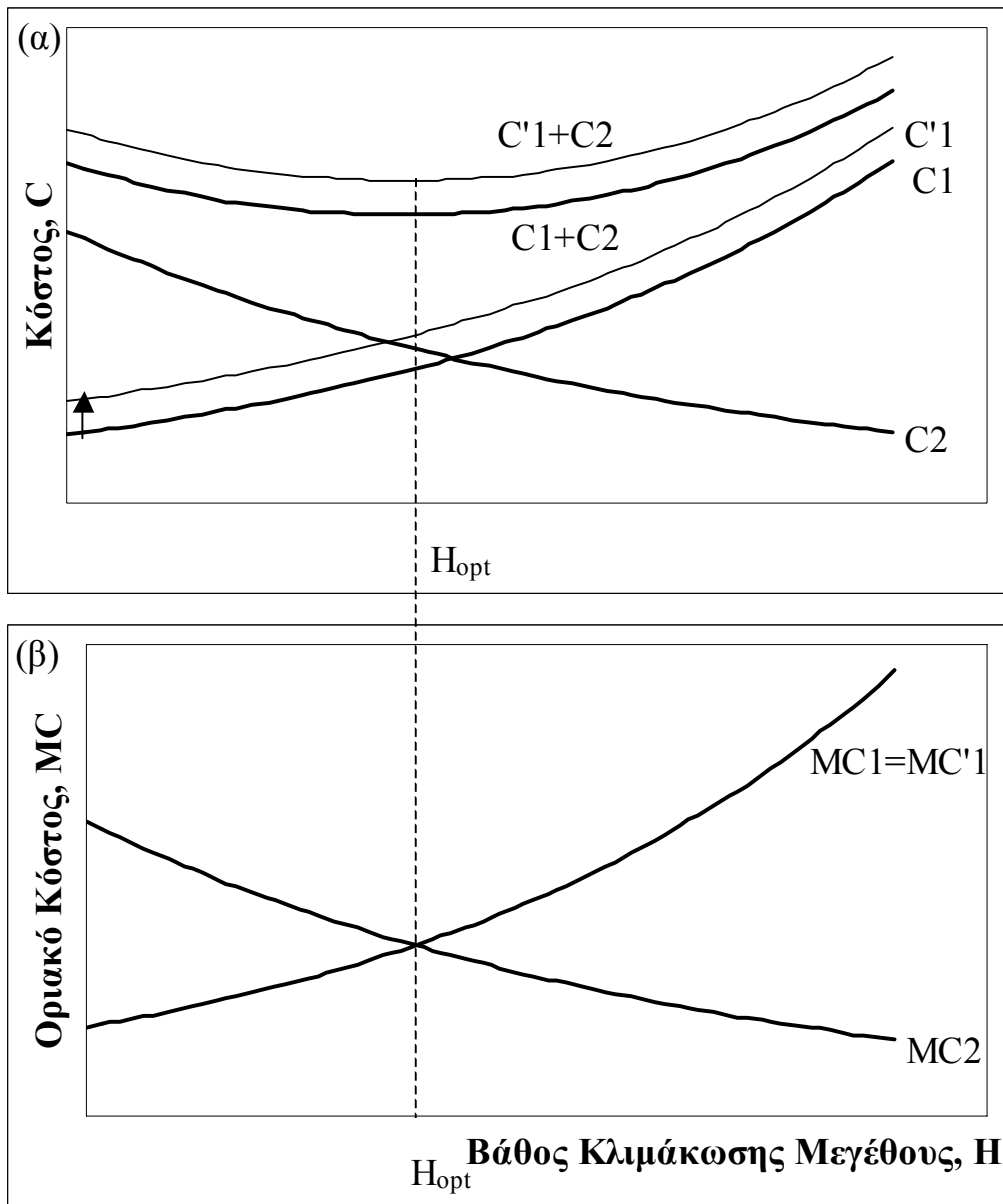
Η δεύτερη εφαρμογή, που παρουσιάζεται στην ενότητα αυτή, αναφέρεται στον προσδιορισμό της βέλτιστης τιμής  $H_{opt}$  του βάθους κλιμάκωσης μεγέθους  $H$ , μέτρο του οποίου αποτελεί η πληροφοριακή μονάδα ή το επίπεδο ανάλυσης της πληροφορίας (information unit ή information granularity level, αντίστοιχα) που χρησιμοποιούνται για τη συγκριτική ποιοτική/ημι-ποσοτική αξιολόγηση της απόκτησης τεχνογνωσίας κατά τη διαδικασία μεταφοράς μιας τεχνολογικής διεργασίας παραγωγής/επεξεργασίας (production/treatment process) από μικρή/εργαστηριακή σε μεγάλη/βιομηχανική κλίμακα μέσω της θεωρίας ομοιότητας (similarity theory, [6-18]).

Οι συνιστώσες της  $C(H)$ ,  $C_1$  και  $C_2$ , παριστούν η μεν πρώτη την αύξηση του κόστους όταν αυξάνεται το βάθος κλιμάκωσης  $H$ , λόγω αυξημένων δαπανών (ιδιαίτερα στις μεγάλες κλίμακες, όπου το μεγάλο μέγεθος συνεπάγεται μεγάλες δαπάνες), η δε δεύτερη τη μείωση του κόστους όταν αυξάνεται το  $H$ , επειδή η αποκτώμενη επιπλέον πληροφορία συνεπάγεται ελάττωση δαπανών συντήρησης/επισκευής και γενικότερα στοχαστικών μεγεθών που συνδέονται με αβεβαιότητα στη βιομηχανική παραγωγή (π.χ. αξιοπιστία, ποιότητα, ωφέλιμο χρόνο ζωής εξοπλισμού). Ως προς την πρώτη συνιστώσα, έχουμε  $dC_1/dH > 0$ , ενώ ο νόμος της φθίνουσας απόδοσης επιβάλλει  $d^2C_1/dH^2 > 0$ . Ως προς τη δεύτερα συνιστώσα, έχουμε  $dC_2/dH < 0$ , ενώ ο νόμος της φθίνουσας απόδοσης επιβάλλει και πάλι  $d^2C_2/dH^2 > 0$ . Για τον προσδιορισμό της τιμής  $H_{opt}$ , για την οποία έχουμε  $C_{min}=(C_1+C_2)_{min}$ , θέτουμε  $dC/dH=0$  ή  $d(C_1+C_2)/dH=0$  ή  $dC_1/dH=|dC_2/dH|$  ή  $MC_1=MC_2$ , όπου  $MC$  το οριακό κόστος, υπό τη συνθήκη δευτέρας τάξεως  $d^2C/dH^2 > 0$ . Η απαραίτητη προϋπόθεση (για την ύπαρξη  $C_{min}$ ) της εξίσωσης των εκφράσεων οριακής ωφέλειας,  $MC_1=MC_2$ , δείχνει ότι η μεταβολή των συνιστωσών  $C_1$  και  $C_2$  κατά μία σταθερή ποσότητα θα αφήσει αμετάβλητη την τιμή  $H_{opt}$ , όπως φαίνεται και στο Σχήμα 5.6, όπου  $(C'_1+C_2)_{min} > (C_1+C_2)_{min}$  ή  $C'_{min} > C_{min}$  αλλά χωρίς μεταβολή της τιμής  $H_{opt}$  αφού η καμπύλη  $MC'_1$  ταυτίζεται με την καμπύλη  $MC_1$  (δηλ.

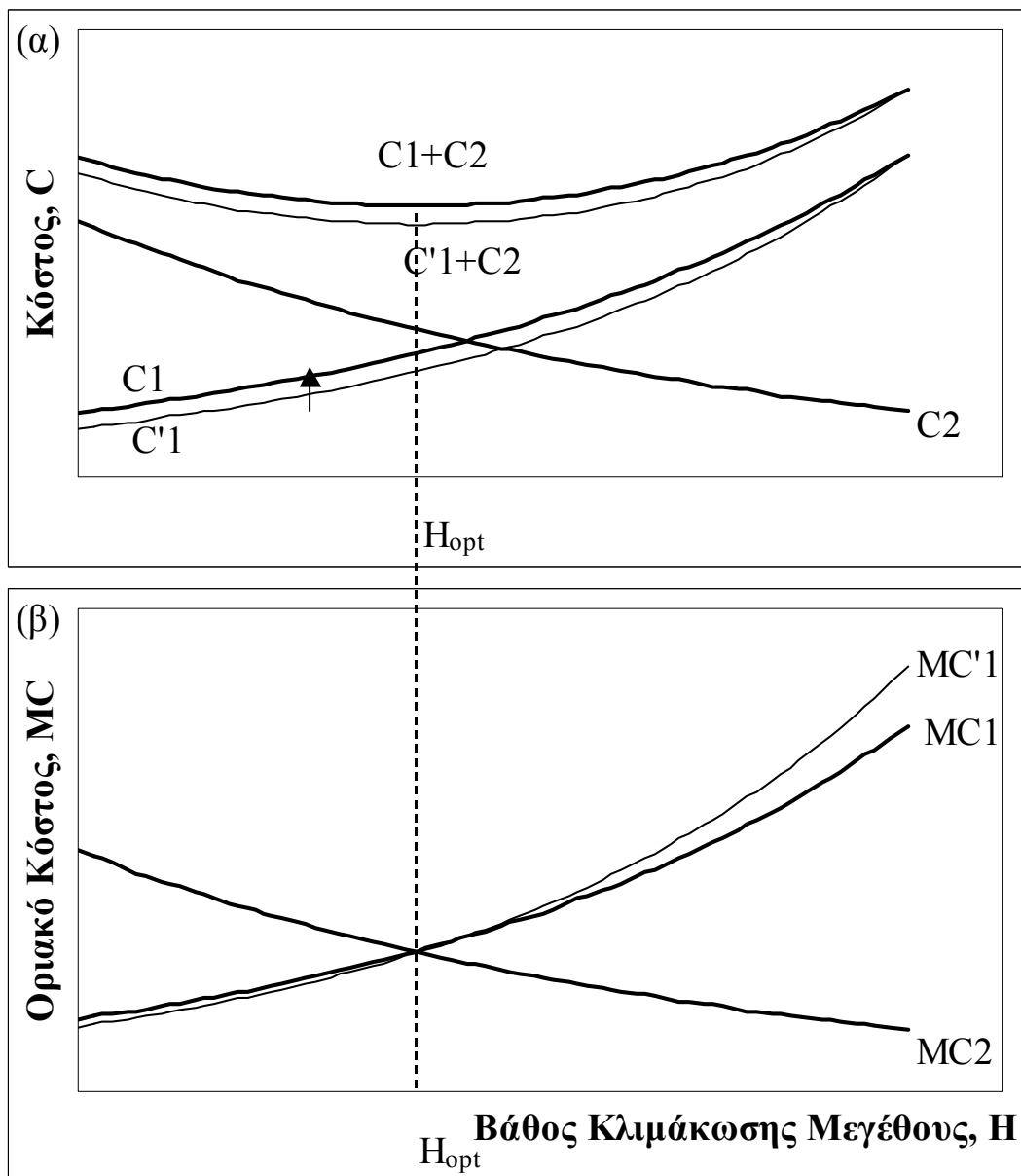
$MC'_1 \equiv MC_1$ ), με αποτέλεσμα να παραμένει αμετάβλητη και η ευαισθησία στην περιοχή της βέλτιστης τιμής  $H'_{opt} = H_{opt}$ . Από την άλλη πλευρά, η απαραίτητη προϋπόθεση (για την ύπαρξη  $C_{min}$ ) της εξίσωσης των εκφράσεων οριακού κόστους  $MC_1 = MC_2$ , δείχνει ότι είναι δυνατόν να έχουμε μεταβολή της  $C_1$  τέτοια ώστε να ισχύει η εξίσωση μόνον όταν  $H'_{opt} = H_{opt}$ , παρόλο ότι  $MC'_1 \neq MC_1$ , με αποτέλεσμα να μεταβάλλεται η ευαισθησία στην περιοχή της βέλτιστης τιμής, όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.7, όπου η ευαισθησία είναι μεγαλύτερη για τιμές  $H > H_{opt}$  (όπου  $MC'_1 > MC_1$ ) και μικρότερη για τιμές  $H < H_{opt}$  (όπου  $MC'_1 < MC_1$ ).

Στη γενικότερη περίπτωση, όπου  $MC'_1 \neq MC_1$  χωρίς να ισχύει ότι  $H'_{opt} = H_{opt}$ , η μετατόπιση της βέλτιστης τιμής  $H_{opt}$  θα εξαρτηθεί από τις διαφορικές οικονομίες κλίμακας, δηλ. το πρόσημο της έκφρασης  $d(C'_1 - C_1)/dH$ : αν είναι θετικό, οπότε  $dC'_1/dH > dC_1/dH$ , τότε θα μειωθεί ( $H'_{opt} < H_{opt}$ ) ενώ αν είναι αρνητικό, οπότε  $dC'_1/dH < dC_1/dH$ , τότε θα αυξηθεί ( $H'_{opt} > H_{opt}$ ). Στην αντίστοιχη γενικότερη περίπτωση, όπου  $MC'_2 \neq MC_2$  χωρίς να ισχύει ότι  $H'_{opt} = H_{opt}$ , η μετατόπιση της βέλτιστης τιμής  $H_{opt}$  θα εξαρτηθεί από τις διαφορικές οικονομίες κλίμακας, δηλ. το πρόσημο της έκφρασης  $d(C'_2 - C_2)/dH$ : αν είναι θετικό, οπότε  $dC'_2/dH > dC_2/dH$ , τότε θα αυξηθεί ( $H'_{opt} > H_{opt}$ ) ενώ αν είναι αρνητικό, οπότε  $dC'_2/dH < dC_2/dH$ , τότε θα μειωθεί ( $H'_{opt} < H_{opt}$ ).

Μεταξύ των παραγόντων που είναι δυνατόν να μεταβάλλουν την εξαρτημένη μεταβλητή  $C_1$  είναι το *a posteriori* διαπιστούμενο (i) αυξημένο κόστος (δηλ. αρχική υποεκτίμηση) απόκτησης επιφανειακής / αδρομερούς γνώσης, λόγω εσφαλμένης προσέγγισης παραδοχών (π.χ. για την επάρκεια φυσικών προσομοιωτών προηγμένης τεχνολογίας ή τη διαθεσιμότητα αντίστοιχου εξειδικευμένου επιστημονικού προσωπικού) κατά τη φάση της εκτίμησης των τιμών των παραμέτρων της συνάρτησης  $C_1$ , (ii) αυξημένο κόστος (δηλ. αρχική υποεκτίμηση) απόκτησης βαθείας/λεπτομερούς γνώσης, λόγω εσφαλμένης προσέγγισης παραδοχών (π.χ. για την επάρκεια φυσικών προσομοιωτών προηγμένης τεχνολογίας ή τη διαθεσιμότητα αντίστοιχου εξειδικευμένου επιστημονικού προσωπικού) κατά τη φάση της εκτίμησης των τιμών των παραμέτρων της συνάρτησης  $C_1$ , (iii) μειωμένο κόστος προσομοίωσης στην περιοχή των μεγάλων  $H$ -τιμών, λόγω επιτυχούς εφαρμογής βοηθούμενων από ΗΥ μεθόδων, και (iv) μειωμένο κόστος προσομοίωσης στην περιοχή των χαμηλών  $H$ -τιμών, λόγω προσφοράς φθηνής επιφανειακής γνώσης από εξωτερικές Βάσεις πληροφοριών (αποκτώμενης με τη βοήθεια τεχνικών 'εξόρυξης δεδομένων'). Οι συνεπαγόμενες διαφορικές οικονομίες κλίμακας και τα αποτελέσματα στη μετατόπιση του  $H_{opt}$  φαίνονται στα Σχήματα Π.Π-1-Π.Π-4.



**Σχήμα 5.6.** Διαφοροποίηση της καμπύλης κόστους  $C_1$ , χωρίς μετατόπιση του  $H_{opt}$  και χωρίς μεταβολή του οριακού κόστους  $MC_1$ , οπότε παραμένει αμετάβλητη και η ευαισθησία στην περιοχή της βέλτιστης τιμής, όπου το συνολικό κόστος  $C$  γίνεται ελάχιστο.



**Σχήμα 5.7.** Διαφοροποίηση της καμπύλης κόστους  $C_1$ , χωρίς μετατόπιση του  $H_{opt}$  παρόλο ότι μεταβάλλεται το οριακό κόστος  $MC_1$ , με αποτέλεσμα να παρατηρείται μεταβολή της ευαισθησίας (αύξηση για  $H > H_{opt}$  και μείωση για  $H < H_{opt}$ ) στην περιοχή της βέλτιστης τιμής, όπου το συνολικό κόστος  $C$  γίνεται ελάχιστο.

Μεταξύ των παραγόντων που είναι δυνατόν να μεταβάλλουν την εξαρτημένη μεταβλητή  $C_2$  είναι το *a posteriori* διαπιστούμενο (i) αυξημένο κόστος (δηλ. αρχική υποεκτίμηση κόστους ή υπερεκτίμηση δυνατοτήτων) μεταφοράς/προσαρμογής της αποκτώμενης, μέσω κλιμάκωσης μεγέθους (scale up/down), υψηλού επιπέδου τεχνογνωσίας λόγω εσφαλμένης/αισιόδοξης προσέγγισης παραδοχών (π.χ. για τη δυνατότητα προσαρμογής του πάγιου εξοπλισμού της παραγωγής) κατά τη φάση της εκτίμησης των τιμών των παραμέτρων της συνάρτησης  $C_2$ , (ii) αυξημένο κόστος (δηλ. αρχική υποεκτίμηση κόστους ή υπερεκτίμηση δυνατοτήτων) μεταφοράς/προσαρμογής της αποκτώμενης, μέσω κλιμάκωσης μεγέθους (scale up/down), χαμηλού/επιφανειακού επιπέδου τεχνογνωσίας λόγω εσφαλμένης/αισιόδοξης προσέγγισης παραδοχών (π.χ. για τη δυνατότητα προσαρμογής του πάγιου εξοπλισμού της παραγωγής) κατά τη φάση της εκτίμησης των τιμών των παραμέτρων της συνάρτησης  $C_2$ , (iii) ελαττωμένο κόστος (δηλ. υπερεκτίμηση κόστους ή υποεκτίμηση δυνατοτήτων) απόκτησης κατάλληλου επιφανειακού επιπέδου τεχνογνωσίας, λόγω εσφαλμένης/απαισιόδοξης προσέγγισης παραδοχών (π.χ. για τη δυνατότητα προσαρμογής του πάγιου εξοπλισμού της παραγωγής) κατά τη φάση της εκτίμησης των τιμών των παραμέτρων της συνάρτησης  $C_2$ , ενώ το ίδιο αποτέλεσμα επιφέρει η εισαγωγή TK (συνεπαγόμενης μείωσης κόστους) στη διαδικασία μεταφοράς/παραγωγής τεχνογνωσίας στην περιοχή των χαμηλών  $H$ -τιμών, και (iv) ελαττωμένο κόστος (δηλ. υπερεκτίμηση κόστους ή υποεκτίμηση δυνατοτήτων) απόκτησης υψηλού επιπέδου τεχνογνωσίας, λόγω εσφαλμένης/απαισιόδοξης προσέγγισης παραδοχών (π.χ. για τη δυνατότητα προσαρμογής του πάγιου εξοπλισμού της παραγωγής) κατά τη φάση της εκτίμησης των τιμών των παραμέτρων της συνάρτησης  $C_2$ , ενώ το ίδιο αποτέλεσμα επιφέρει η εισαγωγή TK (συνεπαγόμενης μείωσης κόστους) στη διαδικασία μεταφοράς/παραγωγής τεχνογνωσίας στην περιοχή των υψηλών  $H$ -τιμών. Οι συνεπαγόμενες διαφορικές οικονομίες κλίμακας και τα αποτελέσματα στη μετατόπιση του  $H_{opt}$  φαίνονται στα Σχήματα Π.Π-5-Π.Π-8.

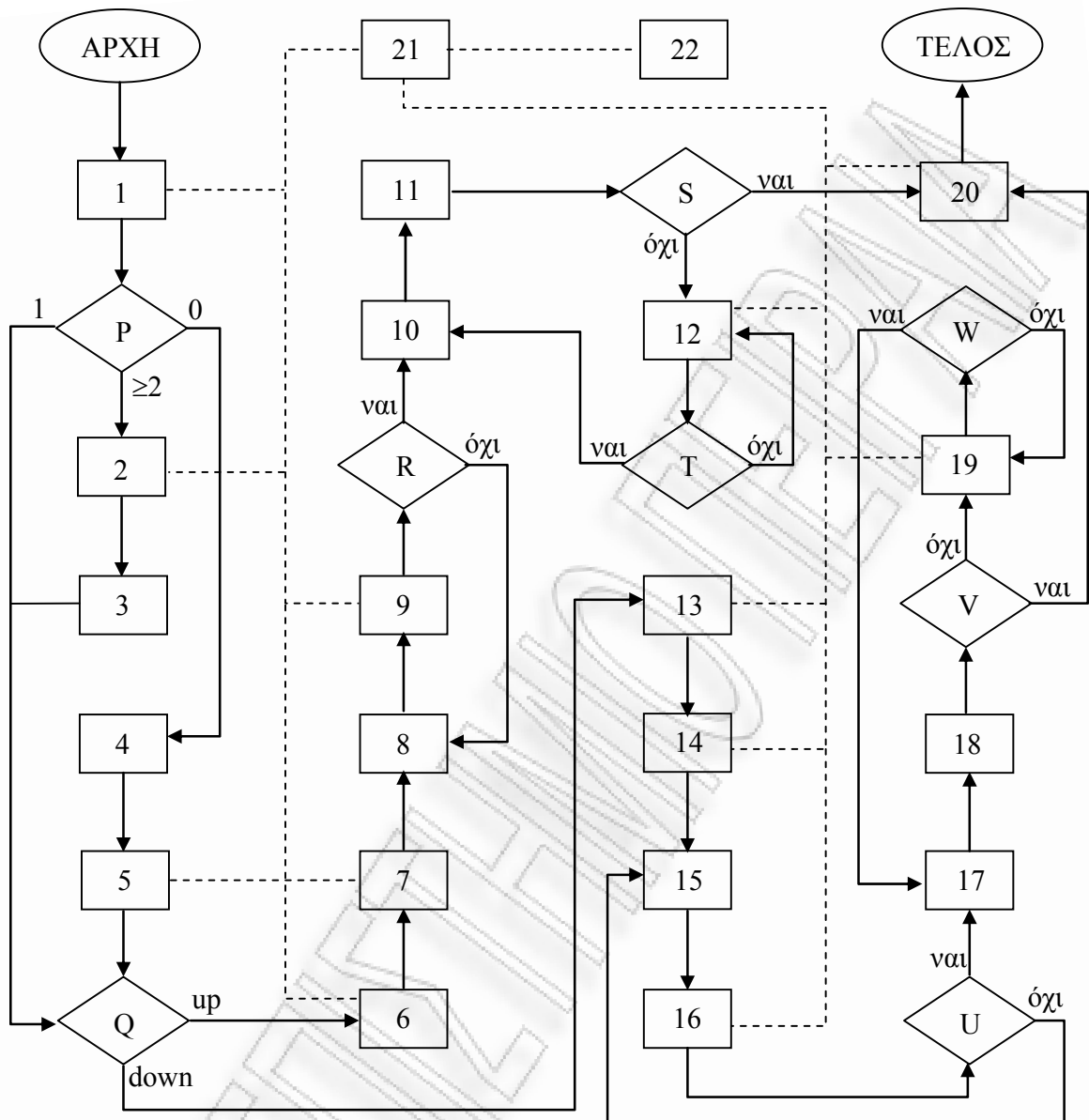
Για τη μελέτη/βελτιστοποίηση του αναγκαίου βάθους κλιμάκωσης  $H$ , έχουμε σχεδιάσει/αναπτύξει ένα μεθοδολογικό πλαίσιο υπό τη μορφή μιας αλγοριθμικής διαδικασίας που περιλαμβάνει τα παρακάτω περιγραφόμενα 22 εκτελεστικά στάδια, τα οποία ενεργοποιούνται/ελέγχονται μέσω 8 κόμβων απόφασης (βλ. Σχήμα 5.8).

1. Περιγραφή της διεργασίας παραγωγής που ενσωματώνει TK και πρόκειται να μεταφερθεί από εργαστηριακή σε βιομηχανική κλίμακα, περιλαμβανομένων όλων των απαιτούμενων οικονομικών και τεχνολογικών μεταβλητών/παραμέτρων των σχέσεων που τις συνδέουν μεταξύ τους (οντολογική προσέγγιση).

2. Προσδιορισμός κριτηρίων και συγκρότηση ομάδας εμπειρογνομόνων, κατάλληλης για αξιολόγηση υποδειγμάτων με τη μέθοδο Delphi.
3. Πολυκριτηριακή επιλογή υποδείγματος.
4. Διαστασιακή ανάλυση με εφαρμογή αλγοριθμικών διαδικασιών γραμμικής άλγεβρας, σύμφωνα με το θεώρημα Buckingham και τη μέθοδο Rayleigh.
5. Πολυκριτηριακή επιλογή ενός πλήρους συνόλου αδιάστατων ομάδων  $\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_k$ , όπου  $k = n - m$ ,  $n$  ο αριθμός των μεταβλητών/παραμέτρων που έχουν ταυτοποιηθεί στο στάδιο 1 και  $m$  ο ελάχιστος αριθμός των πρωτογενών διαστάσεων που απαιτούνται για τον προσδιορισμό των συγκεκριμένων μεταβλητών/παραμέτρων.
6. Εκτίμηση απαιτήσεων σε πληροφορία/τεχνογνωσία σε κλίμακα βιομηχανικής παραγωγής.
7. Αρχική διάκριση/περιγραφή σταδίων κλιμάκωσης (κάθετη ολοκλήρωση ανάπτυξης) και προσδιορισμός απαιτούμενης πληροφορίας (information granularity level), προκειμένου να επιτευχθεί οριζόντια ολοκλήρωση ανάπτυξης.
8. Οριζόντια ολοκλήρωση στο πρώτο/εργαστηριακό στάδιο.
9. Επαναπροσδιορισμός επόμενου σταδίου.
10. Εφαρμογή κλιμάκωσης στο επόμενο στάδιο, το οποίον καθίσταται τρέχον με βάση τη χρησιμοποιούμενη αλγοριθμική διαδικασία.
11. Οριζόντια ολοκλήρωση του τρέχοντος σταδίου και προσωρινή κάθετη ολοκλήρωση.
12. Επαναπροσδιορισμός επόμενου σταδίου.
13. Περιγραφή/ταυτοποίηση του εμφανιζόμενου σε βιομηχανική κλίμακα προβλήματος και μεταφορά του σε εργαστηριακή κλίμακα μέσω σχεδιασμού ενδιάμεσων σταδίων αυξημένου βαθμού αντιστρεψιμότητας, δηλ. επίτευξης της αντίστροφης διαδικασίας από τη μικρή στη μεγάλη κλίμακα (scale down).
14. Επίλυση του προβλήματος σε μικρή/εργαστηριακή κλίμακα.
15. Οριζόντια ολοκλήρωση στο εργαστηριακό στάδιο, ώστε να καλύπτεται η ευρύτερη δυνατή περιοχή λύσεων, καθ'όσον η περιοχή αυτή είναι ενδεχόμενο να συρρικνωθεί κατά τη διαδικασία της κλιμάκωσης μέχρι το τελικό στάδιο της βιομηχανικής εφαρμογής.
16. Ανασχεδιασμός επόμενου σταδίου για την επίτευξη της αντίστροφης διαδικασίας.
17. Εφαρμογή κλιμάκωσης στο επόμενο στάδιο, το οποίον καθίσταται τρέχον με βάση τη χρησιμοποιούμενη αλγοριθμική διαδικασία.

18. Οριζόντια ολοκλήρωση του τρέχοντος σταδίου και προσωρινή κάθετη ολοκλήρωση, λαμβάνοντας επιπλέον υπ' όψη εκτιμήσεις για τα μη πραγματοποιηθέντα στάδια μέχρι τη βιομηχανική παραγωγή.
  19. Ανασχεδιασμός επόμενου σταδίου, με βάση τις εκτιμήσεις του σταδίου 18.
  20. Εφαρμογή σε βιομηχανική κλίμακα με σύγχρονη απόκτηση νέας τεχνογνωσίας, λόγω αναγκών *ad hoc* προσαρμογών, χωρίς περαιτέρω αύξηση του βάθους της κλιμάκωσης.
  21. Δημιουργία/εμπλουτισμός/αναδόμηση Βάσης Γνώσης (KB) για τις λειτουργικές ανάγκες της αλγοριθμικής διαδικασίας.
  22. Δημιουργία/λειτουργία μηχανισμού αναζήτησης (intelligent agent) σε άλλες Βάσεις Πληροφοριών/Γνώσης, σύμφωνα με τη μεθοδολογία που έχει αναπτυχθεί στην [1].
- P. Ποιός είναι ο αριθμός  $(0,1, \geq 2)$  των διαθέσιμων ποσοτικών υποδειγμάτων, τα οποία κρίνονται ως κατ' αρχήν κατάλληλα για τη συγκεκριμένη διαδικασία μεταφοράς;
- Q. Πρόκειται (i) για πρωτοεμφανιζόμενη διεργασία που οδηγεί μέσω κλιμάκωσης μεγέθους (scale up) στη δημιουργία πρωτοτύπου (prototype) ή (ii) για προυπάρχουσα σε μεγάλη/βιομηχανική κλίμακα διεργασία της οποίας επιχειρείται αρχικά η διόρθωση/βελτίωση σε μικρή/εργαστηριακή κλίμακα (scale down) και στη συνέχεια η μεταφορά της αναπτυχθείσας τεχνογνωσίας σε βιομηχανική κλίμακα;
- R. Είναι ικανοποιητικό το επίπεδο ολοκλήρωσης για την επιτυχή διεξαγωγή του επομένου σταδίου;
- S. Είναι η αποκτηθείσα τεχνογνωσία (δηλ. το βάθος της κλιμάκωσης) επαρκής για βιομηχανική παραγωγή;
- T. Είναι ικανοποιητικό το επίπεδο ολοκλήρωσης για την επιτυχή διεξαγωγή του επομένου σταδίου;
- U. Είναι ικανοποιητικό το επίπεδο ολοκλήρωσης για την επιτυχή διεξαγωγή του επομένου σταδίου;
- V. Είναι η αποκτηθείσα τεχνογνωσία (δηλ. το βάθος της κλιμάκωσης) επαρκής για την επίλυση του προβλήματος σε βιομηχανική κλίμακα;
- W. Είναι ικανοποιητικό το επίπεδο ολοκλήρωσης για την επιτυχή διεξαγωγή του επομένου σταδίου;





**Σχήμα 5.8.** Το μεθοδολογικό πλαίσιο που έχουμε σχεδιάσει/αναπτύξει, υπό μορφή αλγοριθμικής διαδικασίας για τη μελέτη/βελτιστοποίηση του αναγκαίου βάθους κλιμάκωσης  $H$ .

Μία ουσιαστική συμβολή της παραπάνω περιγραφόμενης αλγοριθμικής διαδικασίας στη χρήση της διαστασιακής ανάλυσης σε οικονομοτεχνικές συναρτήσεις παραγωγής είναι η εισαγωγή κατάλληλης διάκρισης των φυσικών διαστάσεων που συνδέονται με οικονομικά μεγέθη, ώστε τα τελευταία αυτά να ανάγονται σε συγκρίσιμες δαπάνες στην ίδια αδιάστατη ομάδα. Ως παράδειγμα, μελετάται η περίπτωση της ανάλυσης διαστάσεων κατά την κλιμάκωση μεγέθους εγκατάστασης επεξεργασίας υγρών αποβλήτων με τη μέθοδο των βιολογικών φίλτρων. Οι οικονομικές και τεχνολογικές μεταβλητές/παράμετροι που χρησιμοποιούνται για την περιγραφή της διεργασίας αυτής είναι οι ακόλουθες: (i)

συγκέντρωση βιολογικά αποδομήσιμων οργανικών ρύπων στην έξοδο και την είσοδο τη εγκατάστασης,  $S_e$  και  $S_i$ , αντίστοιχα, (ii) παράμετρος μεταφοράς μάζας σε συνθήκες τυρφώδους ροής,  $p$ , (iii) επιφάνεια πληρωτικών υλικών ανά μονάδα όγκου του φίλτρου,  $a$ , (iv) βάθος φίλτρου,  $Z$ , (v) ογκομετρική παροχή υγρών αποβλήτων,  $Q$ , (vi) επιφάνεια διατομής του φίλτρου,  $A$ , (vii) εκθετική παράμετρος,  $n$ , αδιάστατη, (viii) μέση χρονική περίοδος αντικατάστασης του πληρωτικού υλικού,  $t$ , (ix) λειτουργικό/ενεργειακό κόστος ανά μονάδα όγκου επεξεργαζόμενων υγρών αποβλήτων,  $C_1$ , (x) κεφαλαιακό κόστος ανά μονάδα όγκου του φίλτρου, λογιζόμενο μέσω των αποσβέσεων για την ίδια χρονική περίοδο,  $C_2$ . Λαμβάνοντας υπ' όψη ότι το  $S_e \in [ML^{-3}]$ ,  $S_i \in [ML^{-3}]$ ,  $p \in [L^n T^{-n}]$ ,  $a \in [L^{-1}]$ ,  $Z \in [L]$ ,  $Q \in [L^3 T^{-1}]$ ,  $A \in [L^2]$ ,  $n \in [1]$ ,  $t \in [T]$ ,  $C_1 \in [NL^{-3}]$ ,  $C_2 \in [NL^{-3}]$ , όπου M, L, T, N οι βασικές διαστάσεις που αντιπροσωπεύουν Μάζα, Μήκος, Χρόνο, Νομισματικές Μονάδες, διαμορφώνουμε τον ακόλουθο πίνακα/μήτρα (dimensional matrix):

<b>Παράμετρος:</b>	$S_e$	$S_i$	$p$	$a$	$Z$	$Q$	$A$	$t$	$C_1$	$C_2$
<b>Δείκτης:</b>	$J1$	$J2$	$J3$	$J4$	$J5$	$J6$	$J7$	$J8$	$J9$	$J10$
<b>M</b>	1	1								
<b>L</b>	-3	-3	$n$	-1	1	3	2		-3	-3
<b>T</b>			$-n$			-1		1		
<b>N</b>									1	1

Από τον Πίνακα αυτόν, προκύπτουν οι παρακάτω εξισώσεις:

$$M: J1+J2=0, \quad L: -3(J1)-3(J2)+n(J3)-J4+J5+3(J6)+2(J7)-3(J9)-3(J10)=0,$$

$$T: -n(J3)-J6+J8=0, \quad N: J9+J10=0$$

Λύνοντας ως προς  $J1$ ,  $J4$ ,  $J6$ ,  $J9$  συναρτήσεϊ των  $J2$ ,  $J3$ ,  $J5$ ,  $J7$ ,  $J8$ ,  $J10$ , λαμβάνουμε:

$$J1=-J2, \quad J4=3(J2)-3(J2)+n(J3)+J5-3n(J3)+3(J8)+2(J7)+3(J10)-3(J10)$$

$$J6=-n(J3)+J8, \quad J9=-J10$$

ή

$$J1=-J2, \quad J4=-2n(J3)+J5+3(J8)+2(J7)$$

$$J6=-n(J3)+J8, \quad J9=-J10$$

Από τη λύση αυτή, προκύπτουν άμεσα οι ακόλουθες  $10-4=6$  (σύμφωνα με το Θεώρημα Buckingham, αφού  $m=4$ ) αδιάστατες ομάδες  $\Pi(k)$ , όπου  $k=J2, J3, J5, J7, J8, J10$ :

$$\Pi(J2) = \frac{S_i}{S_e}, \quad \Pi(J3) = \frac{p}{a^{2n}Q^2}, \quad \Pi(J5) = Za, \quad \Pi(J7) = Aa^2, \quad \Pi(J8) = ta^3Q,$$

$$\Pi(J10) = \frac{C_2}{C_1}$$

Παρ'όλο ότι οι συγκεκριμένες αδιάστατες ομάδες είναι γενικώς συνεπείς (consistent) ως προς τις χρησιμοποιούμενες φυσικές διαστάσεις, αφού αυτές ανάγονται σε έναν ενιαίο χώρο, εντούτοις ειδικώς η αδιάστατη ομάδα  $\Pi(J10)$  που περιέχει τις παραμέτρους κόστους  $C_1, C_2$ , δεν είναι συνεπής από αυστηρά οικονομική άποψη, αφού η αναγωγή του κόστους γίνεται πάνω σε διαφορετικές βάσεις. Για την αποκατάσταση της διαστασιακής συνέπειας σε ολόκληρο το φάσμα των οικονομικών και φυσικών παραμέτρων διακρίνουμε τη διάσταση του μήκους  $L$  σε τρεις επιμέρους διαστάσεις  $L_p, L_f, L_\ell$ , με αναφορά στο πληρωτικό υλικό, το φίλτρο, τα υγρά απόβλητα, αντίστοιχα, οπότε η διαστασιακή μήτρα διαμορφώνεται ως εξής:

Παράμετρος:	$S_e$	$S_i$	$p$	$a$	$Z$	$Q$	$A$	$t$	$C_1$	$C_2$
Δείκτης:	$J1$	$J2$	$J3$	$J4$	$J5$	$J6$	$J7$	$J8$	$J9$	$J10$
<b>M</b>	1	1								
<b><math>L_p</math></b>			2	2						
<b><math>L_f</math></b>			$2(n-1)$	-3	1		2			-3
<b><math>L_\ell</math></b>	-3	-3	$3n$			3			-3	
<b>T</b>			$n$			-1		1		
<b>N</b>									1	1

Από τον Πίνακα αυτόν, προκύπτουν οι παρακάτω εξισώσεις:

$$M: J1+J2=0, \quad L_p: 2(J3)+2(J4)=0, \quad L_f: 2(n-1)(J3)-3(J4)+J5+2(J7)-3(J10)=0,$$

$$L_\ell: -3(J1)-3(J2)+3n(J3)+3(J6)-3(J9)=0 \quad T: n(J3)-J6+J8=0, \quad N: J9+J10=0$$

Λύνοντας ως προς  $J1, J3, J5, J6, J8, J9$  συναρτήσει των  $J2, J4, J7, J10$ , λαμβάνουμε:

$$J1=-J2, \quad J3=-J2, \quad J5=-2(n-1)(J3)+3(J4)-2(J7)+3(J10)$$

$$J6= J1+J2-n(J3)+J9 \quad J8=-n(J3)+J6, \quad J9=-J10$$

ή

$$J1=-J2, \quad J3=-J4, \quad J5=2(n+1)(J4)+ 2(J7)+3(J10)$$

$$J6= n(J4)-J10 \quad J8=2n(J4)-J10, \quad J9=-J10$$

Από τη λύση αυτή, προκύπτουν άμεσα οι ακόλουθες  $10-6=4$  (σύμφωνα με το Θεώρημα Buckingham, αφού  $m=6$ ) αδιάστατες ομάδες  $\Pi(k)$ , όπου  $k= J2, J4, J7, J10$ :

$$\Pi(J2) = \frac{S_i}{S_e}, \quad \Pi(J4) = \frac{aZ^{2n+1}Q^n t^{2n}}{p}, \quad \Pi(J7) = \frac{A}{Z^2}, \quad \Pi(J10) = \frac{C_2 Z^3}{C_1 Q t}$$

Παρατηρούμε ότι ο παρονομαστής της αδιάστατης ομάδας  $\Pi(J10)$  έχει σαφή οικονομική σημασία, αφού δηλώνει την ενεργειακή/λειτουργική δαπάνη  $E_1 = C_1 Q t$  κατά το χρονικό διάστημα  $t$ . Για να εκφραστεί και ο αριθμητής ομοίως ως δαπάνη  $E_2 = C_2 A Z$  για το ίδιο χρονικό διάστημα, ώστε να αποκτήσει ολόκληρη η αδιάστατη ομάδα οικονομική σημασία, αναζητούμε μια αδιάστατη ομάδα αναφερόμενη στον ίδιο υποχώρο (του φίλτρου) και με τις ίδιες παραμέτρους, οπότε εισάγεται η παράμετρος  $A$  στο  $\Pi(J10)$ :

$$\Pi(J10)^* = \Pi(J7) \cdot \Pi(J10) \Rightarrow \Pi(J10)^* = \frac{A}{Z^2} \cdot \frac{C_2 Z^3}{C_1 Q t} \Rightarrow \Pi(J10)^* = \frac{C_2 A Z}{C_1 Q t} \quad \text{ή} \quad \Pi(J10)^* = \frac{E_2}{E_1}$$

το οποίο έχει σαφή οικονομική σημασία.

Μπορούμε να γενικεύσουμε την προηγούμενη μέθοδο, διατυπώνοντας τον εξής κανόνα: Για τη διαμόρφωση ενός υποδείγματος βιομηχανικής παραγωγής, όπου οι παρεχόμενες απαραίτητες οικονομικές και φυσικές παράμετροι/μεταβλητές ευρίσκονται υπό μορφή αδιάστατων ομάδων, πρέπει οι φυσικές διστάσεις να υφίστανται *a priori* κατάλληλο διαχωρισμό (splitting) στις επιμέρους διαστάσεις που χρησιμοποιούνται για την αναγωγή/έκφραση των διαφόρων ειδών κόστους. Επισημαίνεται ότι μόνο με την εφαρμογή του κανόνα αυτού μπορούμε να αναπτύξουμε μία αλγοριθμική διαδικασία μετατροπής του πρωτογενούς συνόλου των αδιάστατων Π-ομάδων, δηλ. αυτών που λαμβάνονται άμεσα ως πρώτη λύση των εξισώσεων της διαστασιακής μήτρας, σε ένα νέο σύνολο, όπου οι ομάδες που περιέχουν παραμέτρους κόστους διαθέτουν εσωτερική συνέπεια και οικονομική σημασία, αναγόμενες τελικά σε απλές αναλογικές σχέσεις δαπανών, οι οποίες αντιστοιχούν σε κατάλληλα επιλεγμένες χρονικές περιόδους.

Η διαδικασία αυτή μπορεί να γίνεται αυτομάτως με τη βοήθεια προγράμματος H/Y, το οποίο έχουμε ήδη αναπτύξει στο Εργαστήριο Προσομοίωσης Βιομηχανικών Διεργασιών. Αντίθετα, η κατάληξη στις ίδιες οικονομικού χαρακτήρα συνεπείς αδιάστατες ομάδες, χωρίς να προηγηθεί ο παραπάνω υποδεικνυόμενος διαχωρισμός (splitting), ενώ φαίνεται ότι είναι θεωρητικά εφικτή, αφού όλα τα πλήρη σύνολα Π-ομάδων της ίδιας λύσης είναι ισοδύναμα μεταξύ τους (άρα είναι δυνατός ο εντοπισμός ενός τουλάχιστον συνόλου που να περιέχει προκαθορισμένη Π-ομάδα), εντούτοις πρακτικά ισοδυναμεί με *a priori* εισαγωγή αδιάστατων ομάδων πριν την λύση του απροσδιόριστου (under-defined) συστήματος των γραμμικών εξισώσεων που προκύπτουν από τη διαστασιακή μήτρα. Αν κατ' αρχήν αποδεχθούμε αυτόν τον εισαγόμενο περιορισμό των βαθμών ελευθερίας, τότε πρέπει να υιοθετήσουμε και τον

προκαθορισμό αδιάστατων ομάδων που προέρχονται από συμβατικού τύπου υποδείγματα, έστω και αν αυτά δεν έχει αποδειχθεί ότι προσαρμόζονται ικανοποιητικά στα αριθμητικά δεδομένα της συγκεκριμένης περίπτωσης.

Για παράδειγμα, ένα συμβατικού τύπου υπόδειγμα γενικής εφαρμογής στα βιολογικά φίλτρα είναι το ακόλουθο:  $S_e = S_i \exp[-(paZ)/(Q/A)^n]$ . Τροποποιώντας το υπόδειγμα αυτό, ώστε να περιλαμβάνει και τις παραμέτρους κόστους ( $C_1, C_2$ ), λαμβάνουμε  $\frac{S_e}{S_i} = \exp(-\frac{paZA^n C_2}{Q^n C_1})$  οπότε διακρίνονται οι παρακάτω τρεις αδιάστατες ομάδες (όταν οι λαμβανόμενες υπ' όψη βασικές διαστάσεις είναι M, L, T, N) έναντι έξι Π-ομάδων που προέκυψαν από την αντίστοιχη διαστασιακή ανάλυση.

$$\frac{S_e}{S_i}, \frac{paZA^n C_2}{Q^n C_1}, \frac{C_1}{C_2}$$

Τροποποιώντας το ίδιο υπόδειγμα, ώστε να περιλαμβάνονται επιπλέον και οι αντίστοιχες δαπάνες ( $E_1, E_2$ ), λαμβάνουμε  $\frac{S_e}{S_i} = \exp(-\frac{E_2}{E_1} \frac{patQ^{1-n}}{A^{1-n}(C_2/C_1)})$ , οπότε διακρίνονται οι παρακάτω τρεις αδιάστατες ομάδες (όταν οι λαμβανόμενες υπ' όψη βασικές διαστάσεις είναι M,  $L_p, L_f, L_\ell, T, N$ ) έναντι τεσσάρων Π-ομάδων που προέκυψαν από την αντίστοιχη διαστασιακή ανάλυση.

$$\frac{S_e}{S_i}, \frac{E_2}{E_1}, \frac{patQ^{1-n}}{A^{1-n}(C_2/C_1)}$$

Άρα, ακόμη και όταν λαμβάνεται υπ' όψη ένα συμβατικού τύπου υπόδειγμα, η χρήση των γενικών βασικών διαστάσεων περιορίζει τα μέλη του συνόλου των Π-ομάδων της λύσης κατά τρία ή κατά 50% ενώ η χρήση των ειδικών βασικών διαστάσεων (που προκύπτουν από το διαχωρισμό της βασικής διάστασης L στις επιμέρους διαστάσεις  $L_p, L_f, L_\ell$ ) περιορίζει τα μέλη του συνόλου των Π-ομάδων της λύσης κατά ένα ή κατά 25%.

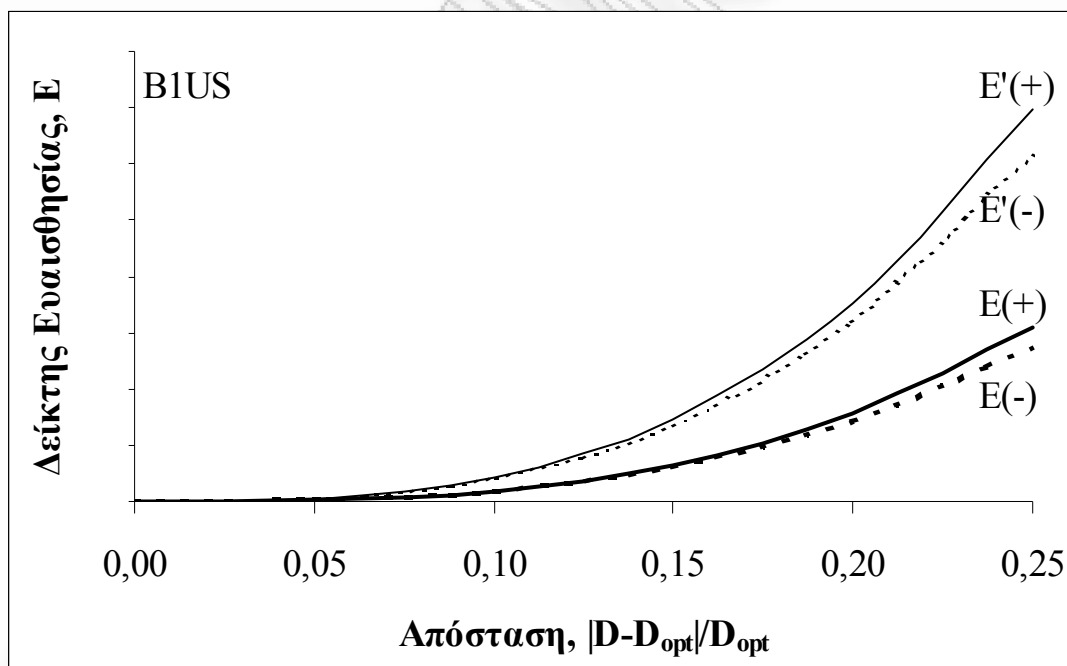
#### 5.4. Συζήτηση

Η εξάρτηση ενός σωρευτικού δείκτη ευαισθησίας,  $E$ , από τις σχετικές αποστάσεις  $T=|D-D_{opt}|/D_{opt}$  και  $Y=|H-H_{opt}|/H_{opt}$ , παρουσιάζεται στα διαγράμματα 5.9 και 5.10, αντίστοιχα, όπου η τιμή του  $E$  ορίζεται από τις εκφράσεις

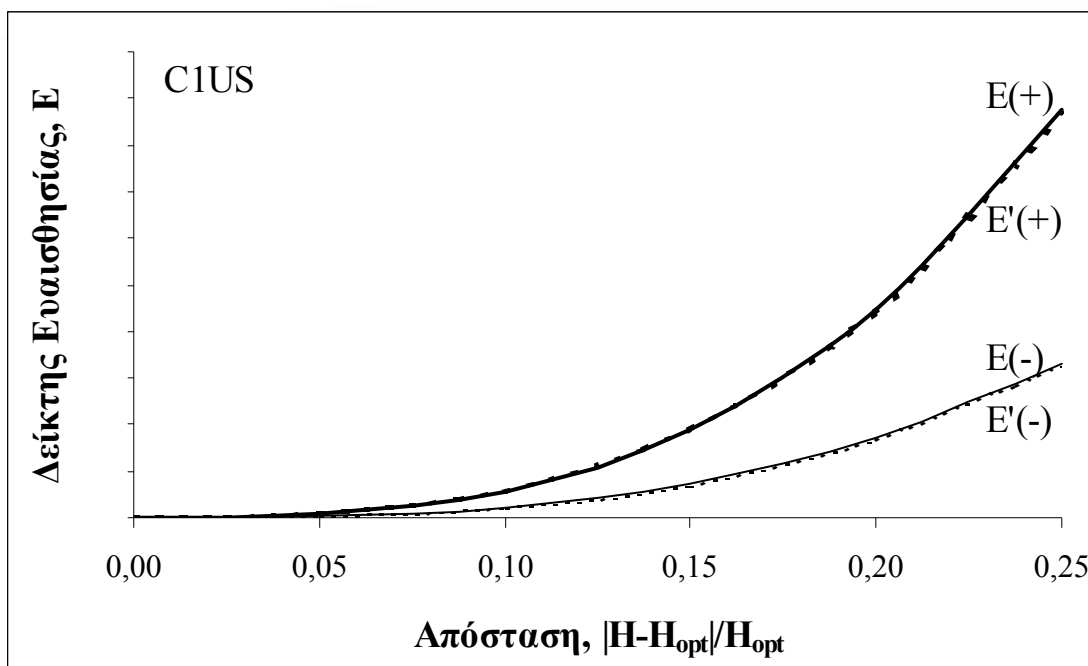
$$E = \pm \left\{ \left[ (D - D_{opt})(B_1(D) + B_2(D))_{\max} \right] - \int_{D_{opt}}^D (B_1(D) + B_2(D)) dD \right\}$$

$$E = \pm \left\{ \int_{H_{opt}}^H (C_1(H) + C_2(H)) dH - \left[ (H - H_{opt})(C_1(H) + C_2(H))_{\min} \right] \right\}$$

Στα Σχήματα Π.Ι-1-Π.Ι-8 και Π.ΙΙ-1-Π.ΙΙ-8, ο προσδιορισμός των  $D_{opt}$  και  $H_{opt}$  φαίνεται όχι μόνον από την τετμημένη του μεγίστου ή ελαχίστου του αθροίσματος των συνιστωσών καμπυλών (στην περίπτωση ωφέλειας ή συνολικού κόστους, αντίστοιχα) αλλά και από την τετμημένη της τομής των συνιστωσών καμπυλών οριακής ωφέλειας ή οριακού κόστους, οπότε στην αρχή του παραπάνω κωδικού των τεσσάρων χαρακτηριστικών μεταβλητών προστίθεται το γράμμα  $M$  (marginal). Οι κάθετες διακεκομμένες γραμμές, που συνδέουν τα διαγράμματα (α) και (β) σε κάθε Σχήμα, αντιστοιχούν στην παλαιά και τη νέα βέλτιστη τιμή των δεικτών  $D$  και  $H$ .



**Σχήμα 5.9.** Εξάρτηση του Σωρευτικού Δείκτη Ευαισθησίας  $E$  από τη Σχετική Απόσταση του Βαθμού Διάχυσης TK  $D$  από τη βέλτιστη τιμή αυτού, στην περίπτωση BIUS. Τα σύμβολα (+) και (-) αντιστοιχούν στο καθοδικό και ανοδικό τμήμα της καμπύλης συνολικής ωφέλειας. Η διακεκομμένη γραμμή αντιστοιχεί στη νέα θέση της  $B$ .



**Σχήμα 5.10.** Εξάρτηση του Σωρευτικού Δείκτη Ευαισθησίας  $E$  από τη Σχετική Απόσταση του Βάθους Κλιμάκωσης Μεγέθους  $H$  από τη βέλτιστη τιμή αυτού, στην περίπτωση C1US. Τα σύμβολα (+) και (-) αντιστοιχούν στο ανοδικό και καθοδικό τμήμα της καμπύλης συνολικού κόστους. Η διακεκομμένη γραμμή αντιστοιχεί στη νέα θέση της  $C$ .

Όλες οι περιπτώσεις των μεταβολών των τιμών  $D_{opt}$  και  $H_{opt}$  δίνονται στα διαγράμματα των Σχημάτων Π.Ι-1-Π.Ι-8 και Π.Η-1-Π.Η-8 που περιέχονται στα Παραρτήματα Ι και ΙΙ, αντίστοιχα, ενώ μια συνοπτική παρουσίαση εμφανίζεται στον Πίνακα 5.1, όπου οι τέσσερις θέσεις του κωδικού συμβολίζουν την μετακίνηση της καμπύλης  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $C_1$ ,  $C_2$ , προς τα άνω ή κάτω (U και L, αντίστοιχα) και τη μετατροπή της μορφή της σε περισσότερο ή λιγότερο απότομη (S και F, αντίστοιχα). Σημειώνεται ότι αν το εξεταζόμενο σύστημα, όπου εισάγεται/διαδίδεται η ΤΚ, είναι ασταθές, τότε είναι ενδεχόμενο μια μικρή μετατόπιση μίας των συνιστούσαν καμπυλών να προκαλέσει ισχυρές θετικές ή αρνητικές τοπικές διαφορικές οικονομίες κλίμακας, με ενδεχόμενο αποτέλεσμα την τομή νέας και παλαιάς καμπύλης. Σε μια τέτοια περίπτωση, αντίστοιχη τομή θα παρουσιαστεί και μεταξύ των συνολικών καμπυλών, οπότε διευκολύνεται η λήψη απόφασης στην περίπτωση που η μετακίνηση της καμπύλης είναι αποτέλεσμα επιλογής για την επίτευξη του προκαθορισμένου στόχου.

**Πίνακας 5.1.** Συνοπτική παρουσίαση της μεταβολής των βέλτιστων τιμών  $D_{opt}$  και  $H_{opt}$  στα διαγράμματα των Σχημάτων Π.Ι-1-Π.Ι-8 και Π.ΙΙ-1-Π.ΙΙ-8 που περιέχονται στα Παραρτήματα Ι και ΙΙ, αντίστοιχα.

Εξαρτημένη μεταβλητή: Ωφέλεια		Εξαρτημένη μεταβλητή: Κόστος		Μεταβολή των βέλτιστων τιμών $D_{opt}$ , $H_{opt}$	Οικονομίες κλίμακας
Σχήμα	Κωδικός	Σχήμα	Κωδικός		
16	B1US	24	C1UF	→	+
17	B1UF	25	C1US	←	-
18	B1LS	26	C1LF	→	+
19	B1LF	27	C1LS	←	-
20	B2US	28	C2UF	←	-
21	B2UF	29	C2US	→	+
22	B2LS	30	C2LF	←	-
23	B2LF	31	C2LS	→	+

Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 5.1, οι τιμές  $D_{opt}$  και  $H_{opt}$  μεταβάλλονται ομόρροπα (δηλ., προς την ίδια κατεύθυνση), όταν η αύξουσες ή φθίνουσες (1 ή 2, αντίστοιχα, στη δεύτερη θέση του κωδικού) καμπύλες ωφέλειας και κόστους (πρώτο γράμμα στον κωδικό B και C, αντίστοιχα) μετατρέπονται σε αντίθετες μορφές ως προς την μεταβολή της απόλυτης κλίσης, δηλ., όταν η  $d|dB_1/dD|/dD$  έχει αντίθετο πρόσημο από την  $d|dC_1/dH|/dH$ , κ.ο.κ., ανεξάρτητα της μετακίνησης προς τα άνω ή κάτω της αντίστοιχης καμπύλης. Αυτό συμβαίνει επειδή (i) οι καμπύλες ωφέλειας και κόστους είναι κοίλες ή κυρτές (ως προς την αρχή των αξόνων), αντίστοιχα, και (ii) η θέση της βέλτιστης τιμής στον άξονα των τετμημένων, δηλ., το σημείο ισορροπίας της διεκκυστίνας (trade off), εξαρτάται από τις τιμές των  $MB$  και  $MC$  και όχι από τις τιμές των  $B$  και  $C$ , συναρτήσει των  $D$  και  $H$ , αντίστοιχα, όπως φαίνεται από τα  $B$ -διαγράμματα των Σχημάτων Π.Ι-1-Π.Ι-8 και Π.ΙΙ-1-Π.ΙΙ-8, στα Παραρτήματα Ι και ΙΙ.

Πέραν αυτού, κρίνεται χρήσιμη η εισαγωγή του διαφορικού δείκτη  $S$  ως μέτρου ευαισθησίας της συνολικής ωφέλειας  $B$  και του συνολικού κόστους  $C$ , όταν μεταβάλλεται ο βαθμός διάχυσης  $TK$   $D$  ή το βάθος κλιμάκωσης μεγέθους  $H$ , αντίστοιχα (βλ. Σχήματα Π.Ι-9 και Π.ΙΙ-9).

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι το βασικό μειονέκτημα του ευρέως χρησιμοποιούμενου λογιστικού υποδείγματος  $dy/dt=f(t)$  είναι ότι οι υπό μορφή καμπάνας



αντίστοιχες καμπύλες είναι συμμετρικές ως προς την τιμή  $t = (\ln m)/b$ , όπως μπορούμε να αποδείξουμε αντικαθιστώντας την τιμή  $t$  στη συνάρτηση που δίνει την ταχύτητα διάχυσης TK με δύο  $t$ -τιμές, συμμετρικές ως προς  $t = (\ln m)/b$  (βλ. Σελ. 5-8), οπότε λαμβάνουμε  $t_1 = (\ln m)/b + \lambda$  και  $t_2 = (\ln m)/b - \lambda$ . Στην περίπτωση αυτή,  $me^{-bt_1} = me^{-b[(\ln m)/b + \lambda]} = e^{-b\lambda}$  και  $me^{-bt_2} = me^{-b[(\ln m)/b - \lambda]} = e^{b\lambda}$ . Κατά συνέπεια η συνάρτηση αυτή γίνεται

$$\left(\frac{dy}{dt}\right)_{t=t_1} = \frac{Kbe^{-b\lambda}}{(1+e^{-b\lambda})^2} = \frac{Kbe^{-b\lambda}}{(1+2e^{-b\lambda}+e^{-2b\lambda})} = \frac{Kb}{(e^{b\lambda}+2+e^{-b\lambda})}$$

$$\left(\frac{dy}{dt}\right)_{t=t_2} = \frac{Kbe^{b\lambda}}{(1+e^{b\lambda})^2} = \frac{Kbe^{b\lambda}}{(1+2e^{b\lambda}+e^{2b\lambda})} = \frac{Kb}{(e^{-b\lambda}+2+e^{b\lambda})}$$

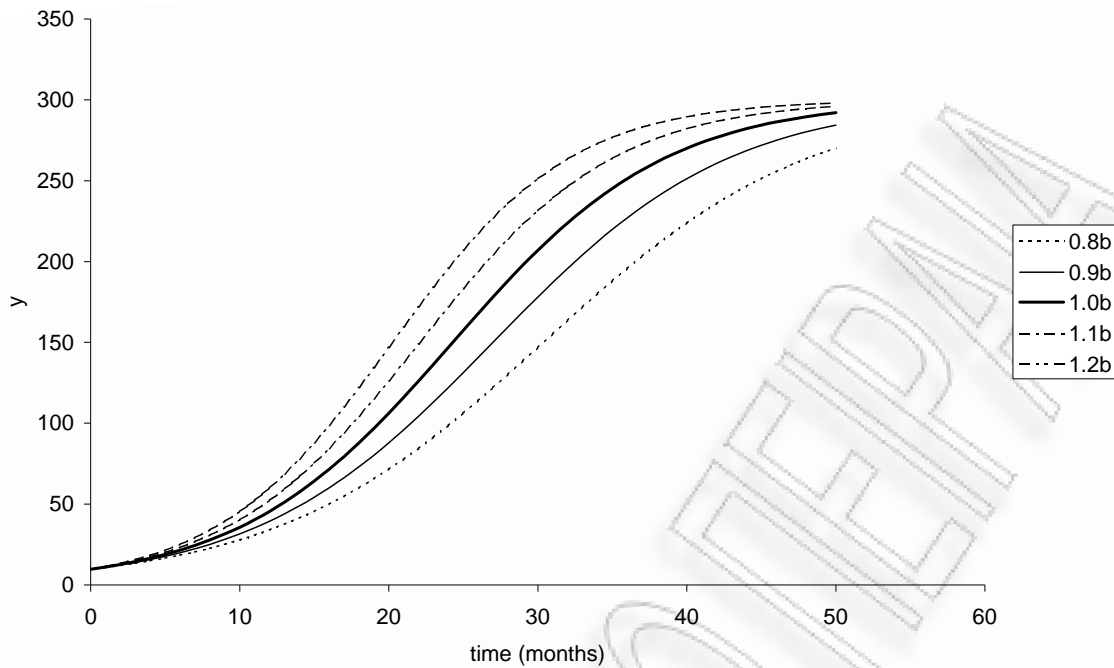
Ως εκ τούτου,  $\left(\frac{dy}{dt}\right)_{t=t_1} = \left(\frac{dy}{dt}\right)_{t=t_2}$ , δηλ. αποδεικνύεται η υπάρχουσα συμμετρία.

Οι απεικονίσεις της λογιστικής συνάρτησης διάχυσης TK  $y=f(t)$  παρουσιάζουν μέγιστα στις αντίστοιχες μέγιστες τιμές της εφαπτομένης (βλ. Σχήμα 5.11), δηλ. στην ταχύτητα διάχυσης  $dy/dt$  όπου οι αντίστοιχες καμπύλες του Σχήματος 5.12 παρουσιάζουν μέγιστο. Γενικώς, αν και οι τιμές  $dy/dt$  παρουσιάζονται να ταυτίζονται λόγω συμμετρίας ως προς την τιμή  $t = (\ln m)/b$ , οι καμπύλες του Σχήματος 5.13 δείχνουν σαφώς ότι η συμμετρία αναφέρεται μόνο στις απόλυτες τιμές  $|dy/dt|$ : για  $t < (\ln m)/b$  η ταχύτητα διάχυσης TK στην αγορά είναι αύξουσα συνάρτηση του χρόνου ενώ για  $t > (\ln m)/b$  η ταχύτητα αυτή είναι φθίνουσα.

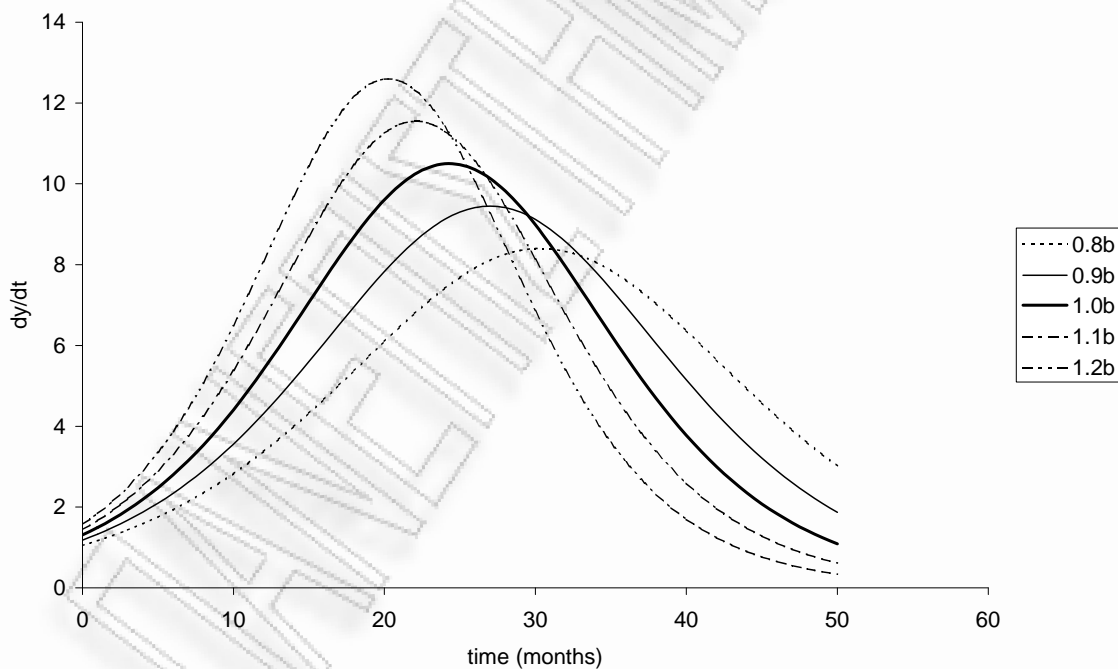
Στο Παράρτημα III μελετάται η προσαρμογή 17 υποδειγμάτων διάχυσης/υιοθέτησης TK σε δύο χρονολογικές σειρές εγκατεστημένης επιφάνειας (σε  $m^2$ ) ηλιακών συλλεκτών, αναφερόμενες οι μεν πρώτη (S1) στην περίοδο 1974-2000, η δε δεύτερη (S2) στην περίοδο 1978-2000 (δεδομένα ΕΒΗΕ και ΚΑΠΕ, αντίστοιχα, με διαφορετικές παραδοχές ως προς τον χρόνο αντικατάστασης, αφού τα πρωτογενή στοιχεία αναφέρονται σε πωλήσεις). Αποδεικνύεται ότι, με κριτήριο το τυπικό σφάλμα της εκτίμησης (Standard Error of Estimate)

$$SEE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n-p}},$$

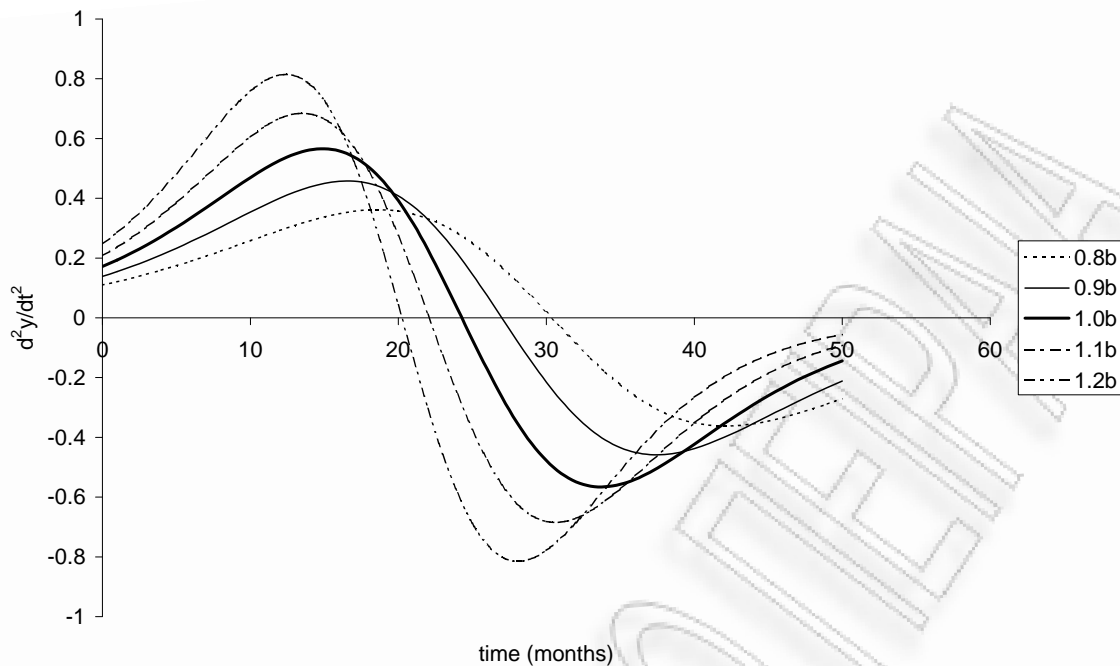
όπου  $n$  ο αριθμός των ζευγών των τιμών  $(t_i, y_i)$  και  $\hat{y}_i$  η εκτιμώμενη τιμή του  $y_i$  για  $t=t_i$ , με βάση το χρησιμοποιούμενο υπόδειγμα, και  $p$  ο αριθμός των παραμέτρων (άρα  $n-p$  είναι ο



**Σχήμα 5.11.** Γράφημα πρόβλεψης βασισμένο στο συμμετρικό (λογιστικό) σιγμοειδές υπόδειγμα για διάφορες τιμές της παραμέτρου ταχύτητας διάχυσης της TK  $b$  (μονοπαραμετρική δυναμική ανάλυση ευαισθησίας του κριτηρίου  $f_8$ ).



**Σχήμα 5.12.** Γράφημα της πρώτης παραγώγου της συνάρτησης πρόβλεψης βασισμένο στο συμμετρικό (λογιστικό) σιγμοειδές υπόδειγμα για διάφορες τιμές της παραμέτρου ταχύτητας διάχυσης της TK  $b$  (μονοπαραμετρική δυναμική ανάλυση ευαισθησίας του κριτηρίου  $f_8$ ).



**Σχήμα 5.13.** Γράφημα της δεύτερης παραγώγου της συνάρτησης πρόβλεψης βασισμένο στο συμμετρικό (λογιστικό) σιγμοειδές υπόδειγμα για διάφορες τιμές της παραμέτρου ταχύτητας διάχυσης της ΤΚ  $b$  (μονοπαραμετρική δυναμική ανάλυση ευαισθησίας του κριτηρίου  $f_8$ ).

αριθμός των βαθμών ελευθερίας), τα παρακάτω τέσσερα γενικευμένα υποδείγματα της λογιστικής συνάρτησης (με κωδικούς XIV - XVII) είναι και στις δύο περιπτώσεις καλύτερα του απλού υποδείγματος.

$$y = \frac{K}{1 + me^{-bt^a}}, \quad y = \frac{K}{(1 + me^{-bt})^a}, \quad y = \frac{K}{(1 + me^{-bat})^{1/a}}, \quad y = \frac{K}{(1 + me^{-bat})^a}$$

### 5.5 Σύνοψη - Συμπεράσματα

Στο παρόν Κεφάλαιο, διερευνώνται οι παράγοντες που επιδρούν στην μεταφορά/διάχυση τεχνολογίας, δηλ., στο κριτήριο  $f_8$ , το οποίον επηρεάζει τα υπόλοιπα κριτήρια, άμεσα μεν όταν πρόκειται για τεχνολογική καινοτομία (ΤΚ) έμμεσα δε όταν πρόκειται για πολλαπλασιαστικά αποτελέσματα που προκύπτουν από διαδικασίες μάθησης στην πράξη (learning by doing), οι οποίες συμβάλλουν στην αύξηση της παραγωγικότητας τόσο της εργασίας (άμεσα) όσο και του κεφαλαίου (έμμεσα, λόγω αλληλεπιδραστικής σύνδεσης με την εργασιακή εξειδίκευση). Τα κίνητρα παραγωγής και διάθεσης προϊόντων/ μεθόδων/διεργασιών που ενσωματώνουν ΤΚ είναι (i) η αύξηση του κέρδους ή/και η επικράτηση στην αγορά, από την πλευρά των παραγωγών/προμηθευτών, δηλ. της προσφοράς, και (ii) η εξυπηρέτηση υπαρχουσών ή νεοδημιουργούμενων αναγκών από την πλευρά των

πελατών/χρηστών, δηλ. της ζήτησης. Η αύξηση του κέρδους είναι δυνατόν να επιτευχθεί με την παραγωγή/διάθεση (i) μεγαλύτερης ποσότητας (προκειμένου να έχουμε μείωση του κόστους, στην περίπτωση που η εισαγωγή ΤΚ επιφέρει πρόσθετες οικονομίες κλίμακας) και (ii) φθηνότερου ή/και καλύτερου ως προς τις ιδιότητες προϊόντος.

Ειδικότερα για την λήψη απόφασης υιοθέτησης ΤΚ παραγωγικής διεργασίας, εξετάζεται με ποιο τρόπο επηρεάζονται οι συντελεστές της παραγωγής. Δεχόμενοι, χάριν απλότητας, ότι οι συντελεστές της παραγωγής είναι το κεφάλαιο  $K$  και η εργασία  $L$ , τότε η ΤΚ είναι δυνατόν είτε να υποκαθιστά (με την έννοια της εξοικονόμησης πόρων ή της συμβολής στην υποκατάσταση ενός συντελεστή από άλλον, με σύγχρονη αύξηση της συνολικής απόδοσης) εξίσου τους συντελεστές αυτούς είτε να υποκαθιστά περισσότερο τον ένα από αυτούς, συνηθέστερα την εργασία με αυτοματισμούς ή/και ρομποτικούς μηχανισμούς ή/και πληροφοριακά συστήματα διοίκησης. Η υποκατάσταση αυτή μελετάται γραφικά, προκειμένου να κατανοηθεί ο πολυμετρικός χαρακτήρας της και να εκτιμηθεί ο ρόλος της σε προβλήματα υιοθέτησης/προσαρμογής ΤΚ.

Στη συνέχεια, παρουσιάζεται το μεθοδολογικό πλαίσιο, υπό μορφή αλγοριθμικής διαδικασίας, με 27 στάδια δραστηριότητας και 7 κόμβους απόφασης, που έχουμε σχεδιάσει/αναπτύξει για την διερεύνηση των παραγόντων που επιδρούν στη μεταφορά/διάχυση τεχνολογίας και τη βελτιστοποίηση αυτής. Παρουσιάζονται δύο εφαρμογές της αναπτυχθείσας μεθοδολογίας. Η πρώτη αναφέρεται στον προσδιορισμό της βέλτιστης τιμής (ή τιμής ισορροπίας της αντίστοιχης διελευστίνας – trade off)  $D_{opt}$  του βαθμού διάχυσης  $D$  μιας ΤΚ, μετρούμενου ως κλάσμα ή ποσοστό αυτών που την έχουν υιοθετήσει ( $y$ ) σε σχέση με αυτούς που αναμένεται να την υιοθετήσουν τελικά ( $K$ ), δηλ.  $D=y/K$  ή  $D=100y/K\%$ ). Ως παράδειγμα, χρησιμοποιείται η περίπτωση της λογιστικής σιμοειδούς συνάρτησης  $y = K/[1 + m \exp(-bt)]$ , οπότε  $D = [1 + m \exp(-bt)]^{-1}$ , όπου  $b$  η παράμετρος που δείχνει την ταχύτητα υιοθέτησης της ΤΚ,  $m$  μία παράμετρος θέσης της αντίστοιχης καμπύλης  $D=f(t)$  και  $K=\lim(y)$  όταν  $t \rightarrow \infty$ . Η συνάρτηση αυτή έχει χρησιμοποιηθεί, με ποικίλες παραλλαγές/επεκτάσεις της, στη διάδοση ΤΚ σε εντελώς διαφορετικούς (προκαθορισμένους) χώρους/αγορές, από κινητά τηλέφωνα μέχρι φαρμακευτικά προϊόντα, ενώ οι σχετικές υπολογιστικές μέθοδοι περιλαμβάνουν τόσο απλές ντετερμινιστικές τεχνικές όσο και σχετικά πολύπλοκες στοχαστικές διαδικασίες (από πιθανοτικές τύπου Bayes μέχρι ασαφούς παλινδρόμησης κλασικών υποδειγμάτων, όπως του Bass).

Η δεύτερη εφαρμογή, που παρουσιάζεται στην ενότητα αυτή, αναφέρεται στον προσδιορισμό της βέλτιστης τιμής  $H_{opt}$  του βάθους κλιμάκωσης μεγέθους  $H$ , μέτρο του οποίου αποτελεί η πληροφοριακή μονάδα ή το επίπεδο ανάλυσης της πληροφορίας (information unit ή information granularity level, αντίστοιχα) που χρησιμοποιούνται για τη συγκριτική ποιοτική/ημι-ποσοτική αξιολόγηση της απόκτησης τεχνογνωσίας κατά τη διαδικασία μεταφοράς μιας τεχνολογικής διεργασίας παραγωγής/επεξεργασίας (production/treatment process) από μικρή/εργαστηριακή σε μεγάλη/βιομηχανική κλίμακα μέσω της θεωρίας ομοιότητας (similarity theory).

Οι συνιστώσες του κόστους  $C(H)$ ,  $C_1$  και  $C_2$ , παριστούν η μεν πρώτη την αύξηση του κόστους όταν αυξάνεται το βάθος κλιμάκωσης  $H$ , λόγω αυξημένων δαπανών (ιδιαίτερα στις μεγάλες κλίμακες, όπου το μεγάλο μέγεθος συνεπάγεται μεγάλες δαπάνες), η δε δεύτερη τη μείωση του κόστους όταν αυξάνεται το  $H$ , επειδή η αποκτώμενη επιπλέον πληροφορία συνεπάγεται ελάττωση δαπανών συντήρησης/επισκευής και γενικότερα στοχαστικών μεγεθών που συνδέονται με αβεβαιότητα στη βιομηχανική παραγωγή (π.χ. αξιοπιστία, ποιότητα, ωφέλιμο χρόνο ζωής εξοπλισμού). Για τη μελέτη/βελτιστοποίηση του αναγκαίου βάθους κλιμάκωσης  $H$ , έχουμε σχεδιάσει/αναπτύξει ένα μεθοδολογικό πλαίσιο υπό τη μορφή μιας αλγοριθμικής διαδικασίας που περιλαμβάνει 22 εκτελεστικά στάδια, τα οποία ενεργοποιούνται/ελέγχονται μέσω 8 κόμβων απόφασης.

Μία ουσιαστική συμβολή της αναπτυχθείσας αλγοριθμικής διαδικασίας στη χρήση της διαστασιακής ανάλυσης σε οικονομοτεχνικές συναρτήσεις παραγωγής είναι η εισαγωγή κατάλληλης διάκρισης των φυσικών διαστάσεων που συνδέονται με οικονομικά μεγέθη, ώστε τα τελευταία αυτά να ανάγονται σε συγκρίσιμες δαπάνες στην ίδια αδιάστατη ομάδα. Ως παράδειγμα, μελετάται η περίπτωση της ανάλυσης διαστάσεων κατά την κλιμάκωση μεγέθους εγκατάστασης επεξεργασίας υγρών αποβλήτων με τη μέθοδο των βιολογικών φίλτρων. Μπορούμε να γενικεύσουμε την μέθοδο αυτή, διατυπώνοντας τον εξής κανόνα: Για τη διαμόρφωση ενός υποδείγματος βιομηχανικής παραγωγής, όπου οι παρεχόμενες απαραίτητες οικονομικές και φυσικές παράμετροι/μεταβλητές ευρίσκονται υπό μορφή αδιάστατων ομάδων, πρέπει οι φυσικές διαστάσεις να υφίστανται *a priori* κατάλληλο διαχωρισμό (splitting) στις επιμέρους διαστάσεις που χρησιμοποιούνται για την αναγωγή/έκφραση των διαφόρων ειδών κόστους. Επισημαίνεται ότι μόνο με την εφαρμογή του κανόνα αυτού μπορούμε να αναπτύξουμε μία αλγοριθμική διαδικασία μετατροπής του πρωτογενούς συνόλου των αδιάστατων Π-ομάδων, δηλ. αυτών που λαμβάνονται άμεσα ως πρώτη λύση των εξισώσεων της διαστασιακής μήτρας, σε ένα νέο σύνολο, όπου οι ομάδες που περιέχουν παραμέτρους κόστους διαθέτουν εσωτερική συνέπεια και οικονομική

σημασία, αναγόμενες τελικά σε απλές αναλογικές σχέσεις δαπανών, οι οποίες αντιστοιχούν σε κατάλληλα επιλεγμένες χρονικές περιόδους.

Η διαδικασία αυτή μπορεί να γίνεται αυτομάτως με τη βοήθεια προγράμματος H/Y, το οποίο έχουμε ήδη αναπτύξει στο Εργαστήριο Προσομοίωσης Βιομηχανικών Διεργασιών. Αντίθετα, η κατάληξη στις ίδιες οικονομικού χαρακτήρα συνεπείς αδιάστατες ομάδες, χωρίς να προηγηθεί ο παραπάνω υποδεικνυόμενος διαχωρισμός (splitting), ενώ φαίνεται ότι είναι θεωρητικά εφικτή, αφού όλα τα πλήρη σύνολα Π-ομάδων της ίδιας λύσης είναι ισοδύναμα μεταξύ τους (άρα είναι δυνατός ο εντοπισμός ενός τουλάχιστον συνόλου που να περιέχει προκαθορισμένη Π-ομάδα), εντούτοις πρακτικά ισοδυναμεί με *a priori* εισαγωγή αδιάστατων ομάδων πριν την λύση του απροσδιόριστου (under-defined) συστήματος των γραμμικών εξισώσεων που προκύπτουν από τη διαστασιακή μήτρα. Αν κατ' αρχήν αποδεχθούμε αυτόν τον εισαγόμενο περιορισμό των βαθμών ελευθερίας, τότε πρέπει να υιοθετήσουμε και τον προκαθορισμό αδιάστατων ομάδων που προέρχονται από συμβατικού τύπου υποδείγματα, έστω και αν αυτά δεν έχει αποδειχθεί ότι προσαρμόζονται ικανοποιητικά στα αριθμητικά δεδομένα της συγκεκριμένης περίπτωσης.

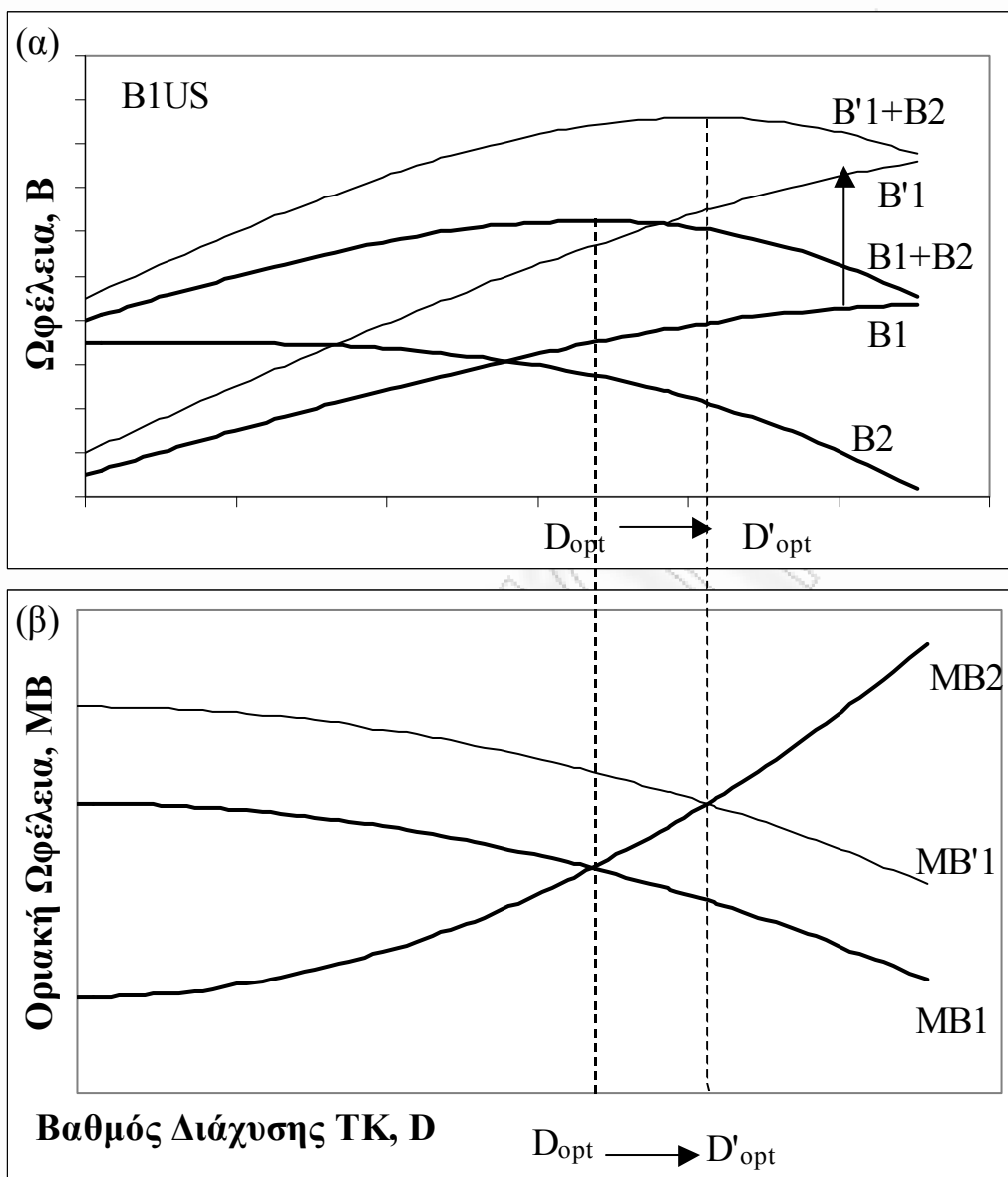
Στην Ενότητα της Συζήτησης, γίνεται λεπτομερής ανάλυση ευαισθησίας των βέλτιστων λύσεων και δίνονται αντίστοιχα γραφήματα στα Παρατήματα I και II. Τέλος, στο Παράρτημα III μελετάται η προσαρμογή 17 υποδειγμάτων μεταφοράς/διάχυσης τεχνολογίας σε δεδομένα που αναφέρονται σε εγκατεστημένη επιφάνεια ηλιακών συλλεκτών. Αποδεικνύεται ότι υπερέχει μία παραλλαγή της λογιστικής συνάρτησης, με τέσσερις παραμέτρους (για την αποφυγή των περιορισμών που εισάγει η συμμετρικότητα του αρχικού απλού υποδείγματος των τριών παραμέτρων), ενώ η συνάρτηση Gompertz δίνει επίσης καλά στατιστικά αποτελέσματα, κατάλληλα για βραχυ-μεσοπρόθεσμες προβλέψεις.

## Βιβλιογραφία

1. F.A. Batzias and E.C. Marcoulaki, Restructuring the keywords interface to enhance CAPE knowledge via an intelligent agent. *Computer-Aided Chemical Engineering*, **10** (2002), 829-834.
2. C. Michalakelis, D. Varoutas, T. Sphicopoulos, Diffusion models of mobile telephony in Greece, *Telecommunications Policy* **32** (2008), 234-245.
3. R. Desiraju, H. Nair, P. Chintagunta, Diffusion of new pharmaceutical drugs in developing and developed nations, *International Journal of Research in Marketing* **21** (2004), 341-357.
4. F.-M. Tseng, Y.-C. Hu, Quadratic-interval Bass model for new product sales diffusion, *Expert Systems with Applications* **36** (2009), 8496-8502.
5. K.U. Rao, V.V.N. Kishore, Wind power technology diffusion analysis in selected states of India, *Renewable Energy* **34** (2009), 983-988.

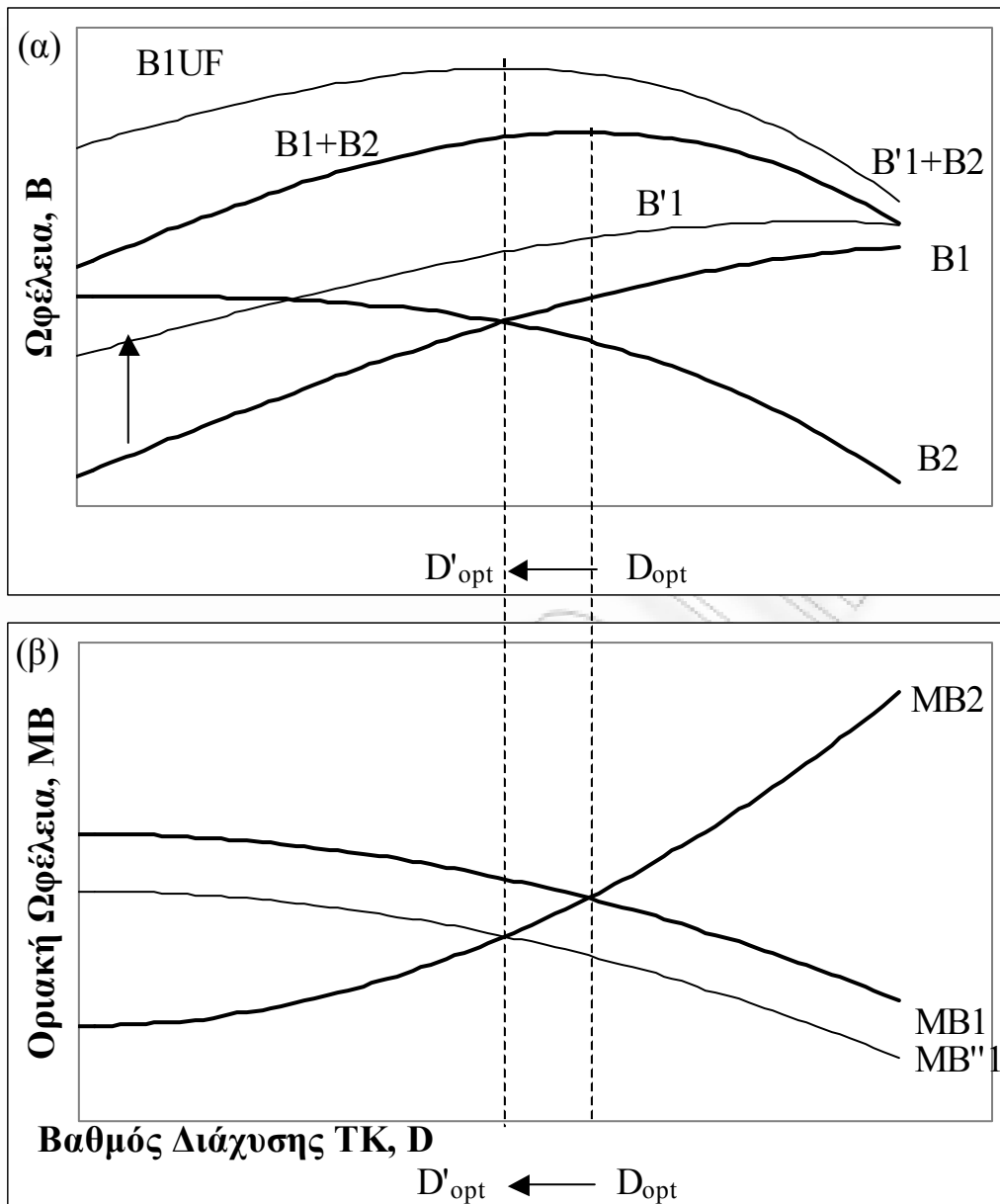
6. M.C. Ruzicka, On dimensionless numbers, *Chemical Engineering Research and Design* **86** (2008), 835-868.
7. K.M. Dhanasekharan, J. Sanyal, A. Jain, A. Haidari, A generalized approach to model oxygen transfer in bioreactors using population balances and computational fluid dynamics, *Chemical Engineering Science* **60** (2005), 213-218.
8. L.R. Glicksman, M.R. Hyre, P.A. Farrell, Dynamic similarity in fluidization, *International Journal of Multiphase Flow* **20** (1994), 331-386.
9. F. Garcia-Ochoa, E. Gomez, Bioreactor scale-up and oxygen transfer rate in microbial processes: An overview, *Biotechnology Advances* **27** (2009), 153-176.
10. E. Thurairajasingam, E. Shayan, S. Masood, Modelling of a continuous food pressing process by dimensional analysis, *Computers & Industrial Engineering* **42** (2002), 343-351.
11. M. Zlokarnik, Problems in the application of dimensional analysis and scale-up of mixing operations, *Chemical Engineering Science* **53** (1998), 3023-3030.
12. M.J. Mankosa, G.H. Luttrell, G.T. Adel, R.H. Yoon, A study of axial mixing in column flotation, *International Journal of Mineral Processing* **35** (1992), 51-64.
13. B.K. Lonsane, G. Saucedo-Castaneda, M. Raimbault, S. Roussos, G. Viniegra-Gonzalez, N.P. Ghildyal, M. Ramakrishna, M.M. Krishnaiah, Scale-up strategies for solid state fermentation systems, *process Biochemistry* **27** (1992), 259-273.
14. H. Chang, M. Louge, Fluid dynamic similarity of circulating fluidized beds, *Powder Technology* **70** (1992), 259-270.
15. K.M. van Geen, E. Zajdlik, M.-F. Reyniers, G.B. Marin, Dimensional analysis for scaling up and down steam cracking coils, *Chemical Engineering Journals* **134** (2007), 3-10.
16. A. Chavan, S. Mukherji, Dimensional analysis for modeling oxygen transfer in rotating biological contractor, *Bioresource Journal* **99** (2008), 3721-3728.
17. H. Leuenberger, New trends in the production of pharmaceutical granules: The classical batch concept and the problem of scale-up, *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics* **52** (2001), 279-288.
18. A. Laszlo, Systematization of dimensionless quantities by group theory, *International Journal of Heat Mass Transfer* **7** (1964), 423-430.
19. D.K. Sidiras, E.G. Koukios, Simulation of the solar hot water systems diffusion: The case of Greece, *Renewable Energy* **29** (2004), 907-919.
20. D.K. Sidiras, E.G. Koukios, Solar systems diffusion in local markets, *Energy Policy* **32** (2004), 2007-2018.
21. D.K. Sidiras, E.G. Koukios, The effect of payback time on solar hot water systems diffusion: The case of Greece, *Energy Conversion and Management*, **46** (2005), 269-280.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

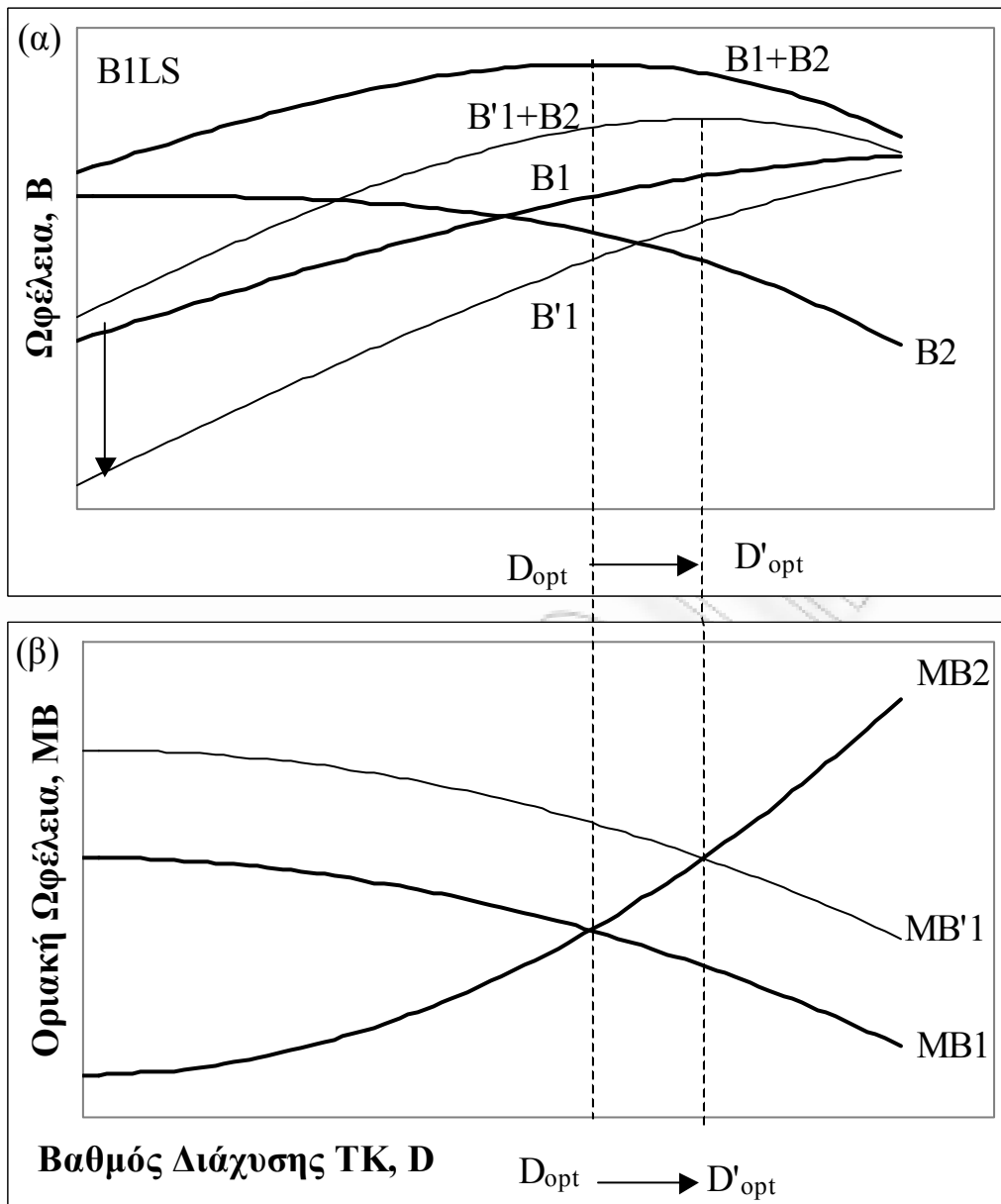


**Σχήμα Π.Ι-1.** Επίδραση της *a posteriori* ενδογενούς ή εξωγενούς (λόγω μάθησης ή εισαγωγής νέας/συμπληρωματικής καινοτομίας, αντίστοιχα) βελτίωσης της αρχικής ΤΚ, με συνέπεια την μετατόπιση της εκτιμώμενης βέλτιστης τιμής  $D_{opt}$  στη νέα θέση  $D'_{opt} > D_{opt}$ . Η περιοχή όπου οι θετικές διαφορικές οικονομίες κλίμακας είναι περισσότερο έντονες επισημαίνεται με ένα βέλος.

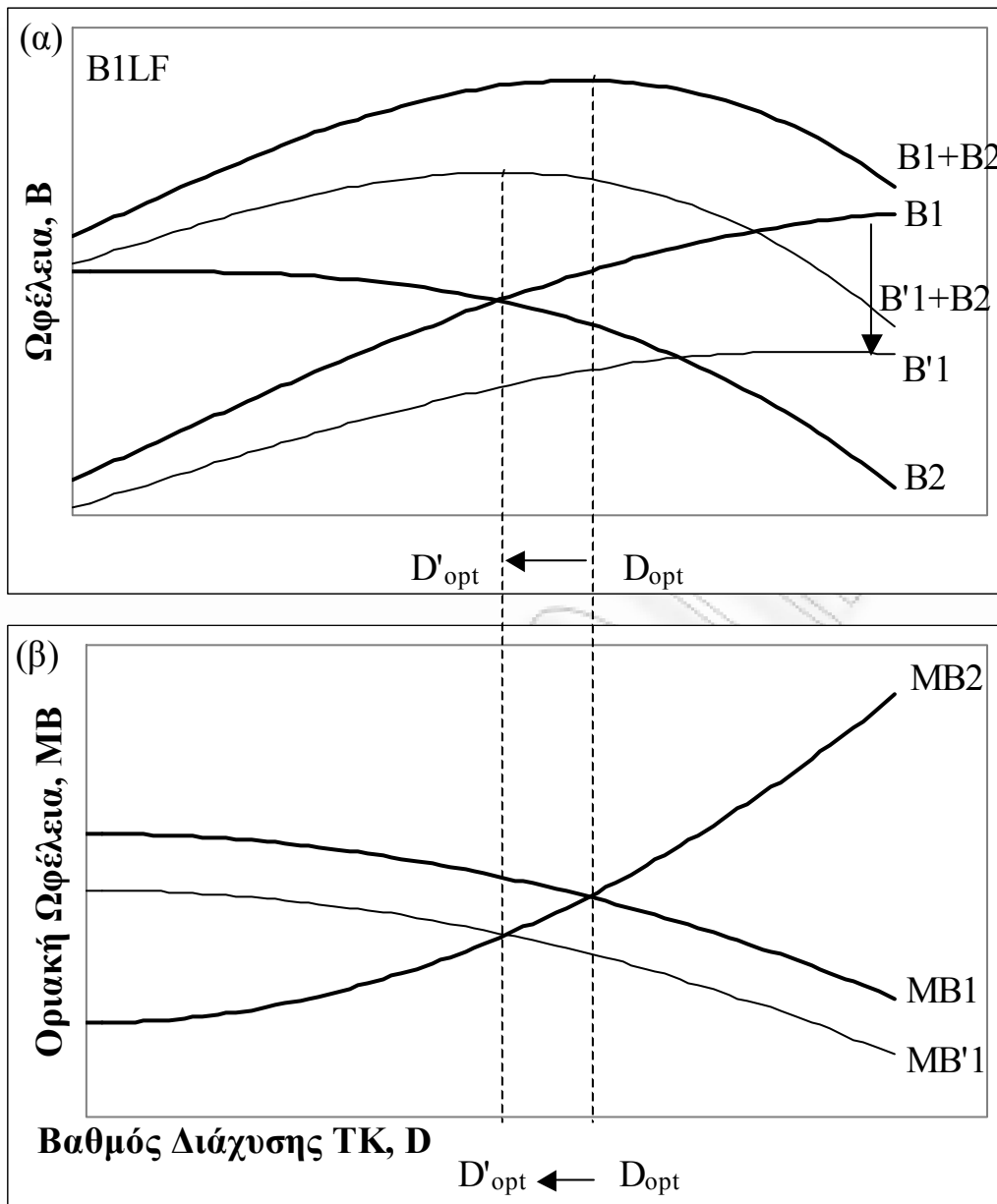




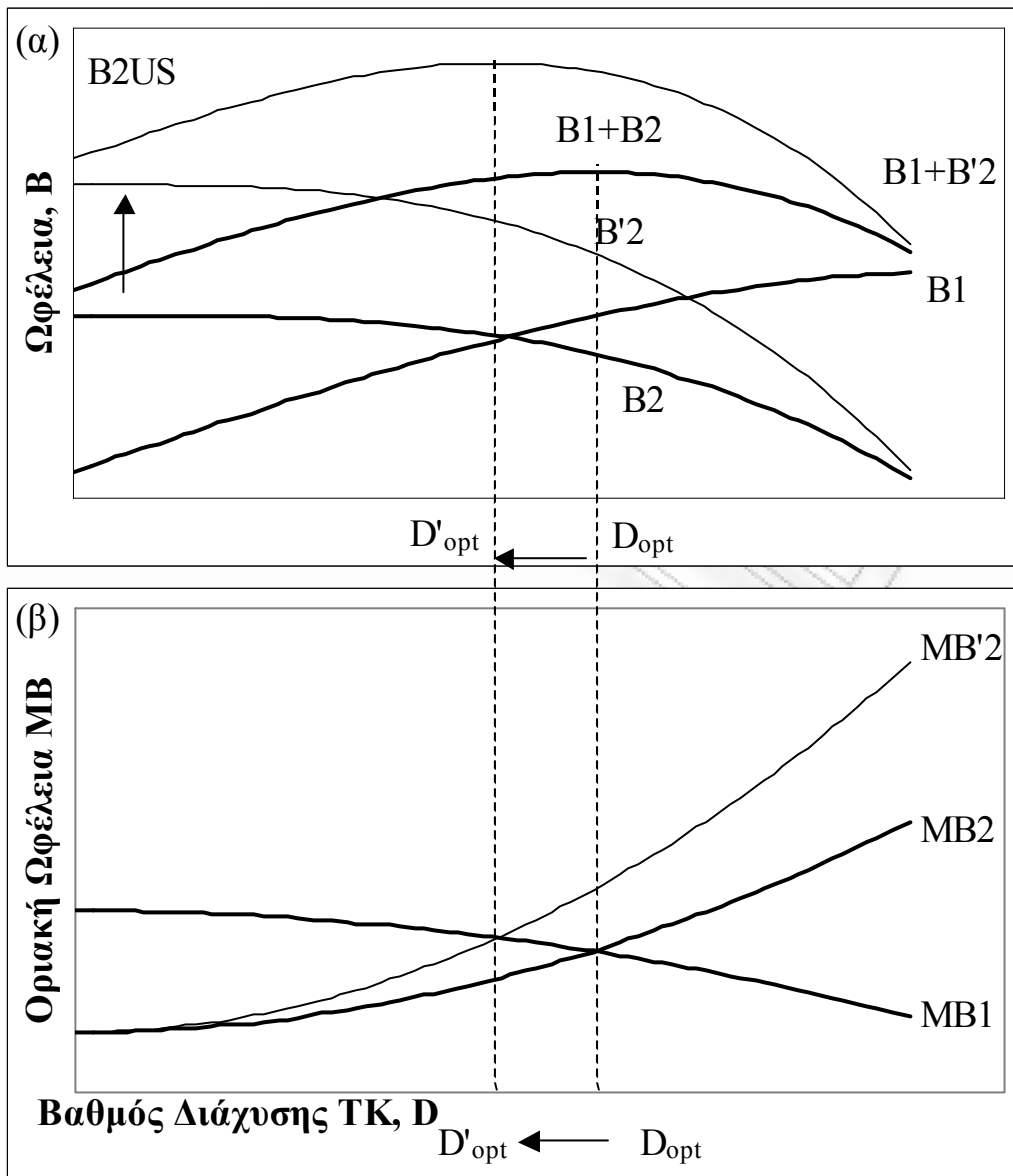
**Σχήμα Π.Ι-2.** Επίδραση της πρόσθετης κρατικής επιχορήγησης στις επιχειρήσεις που επενδύουν κατά τα αρχικά στάδια της διάχυσης, για την επιτάχυνσή της (δηλ. αύξηση του ρυθμού υιοθέτησης ΤΚ), με συνέπεια την μετατόπιση της εκτιμώμενης βέλτιστης τιμής  $D_{opt}$  στη νέα θέση  $D'_{opt} < D_{opt}$ . Η περιοχή όπου οι αρνητικές διαφορικές οικονομίες κλίμακας είναι περισσότερο έντονες επισημαίνεται με ένα βέλος.



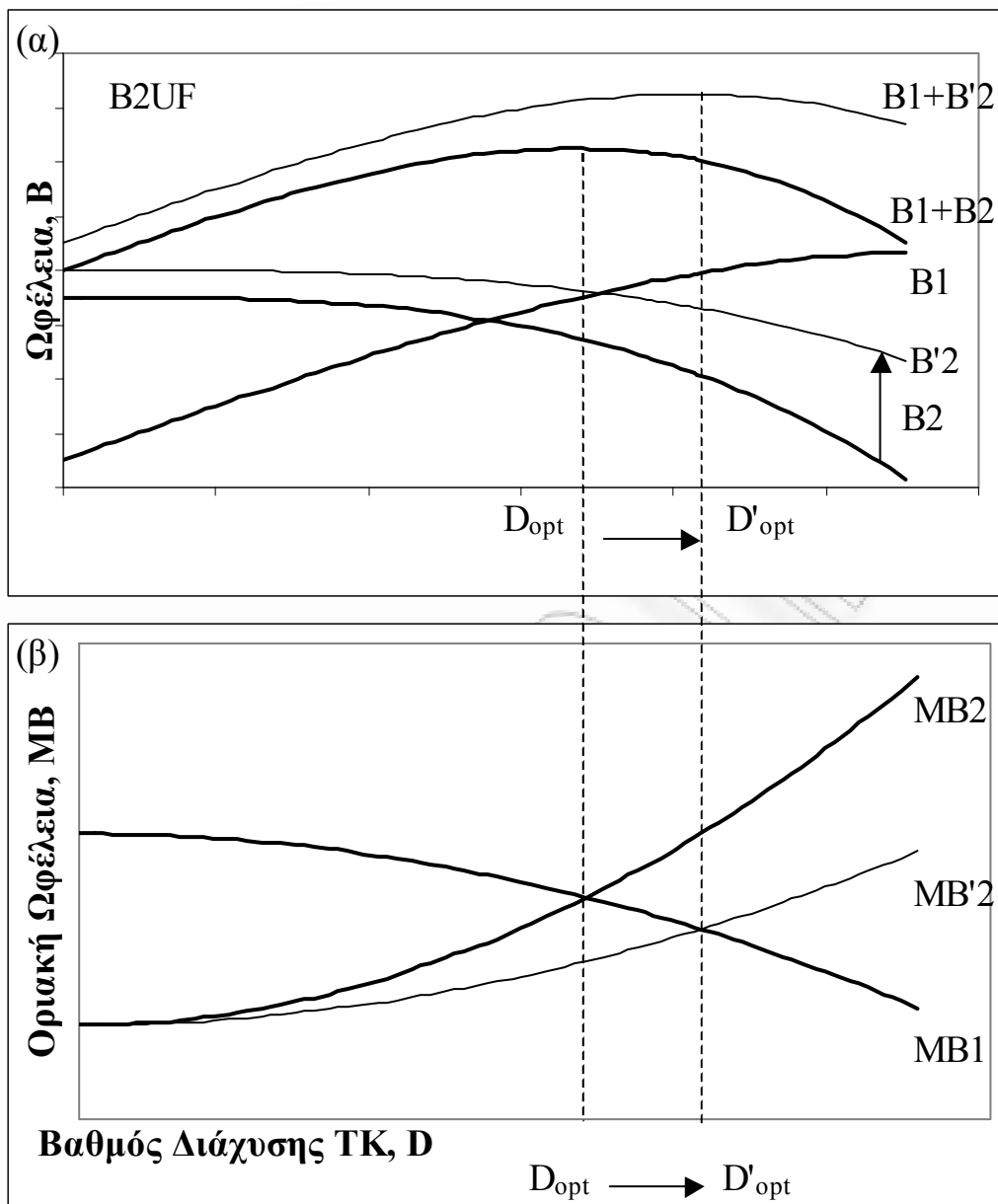
**Σχήμα Π.Ι-3.** Επίδραση της αποδεικνυόμενης κατά τα πρώτα στάδια της διάχυσης καινοτομικού προϊόντος στην αγορά δυσκολίας καθιέρωσης λόγω σφάλματος στο σχεδιασμό του, οπότε αναμένεται να επέλθει ισορροπία σε υψηλότερη τιμή του  $D$  (άρα και μακρύτερη χρονική περίοδο), δηλ.  $D'_{opt} > D_{opt}$ . Η περιοχή όπου οι θετικές διαφορικές οικονομίες κλίμακας είναι περισσότερο έντονες επισημαίνεται με ένα βέλος.



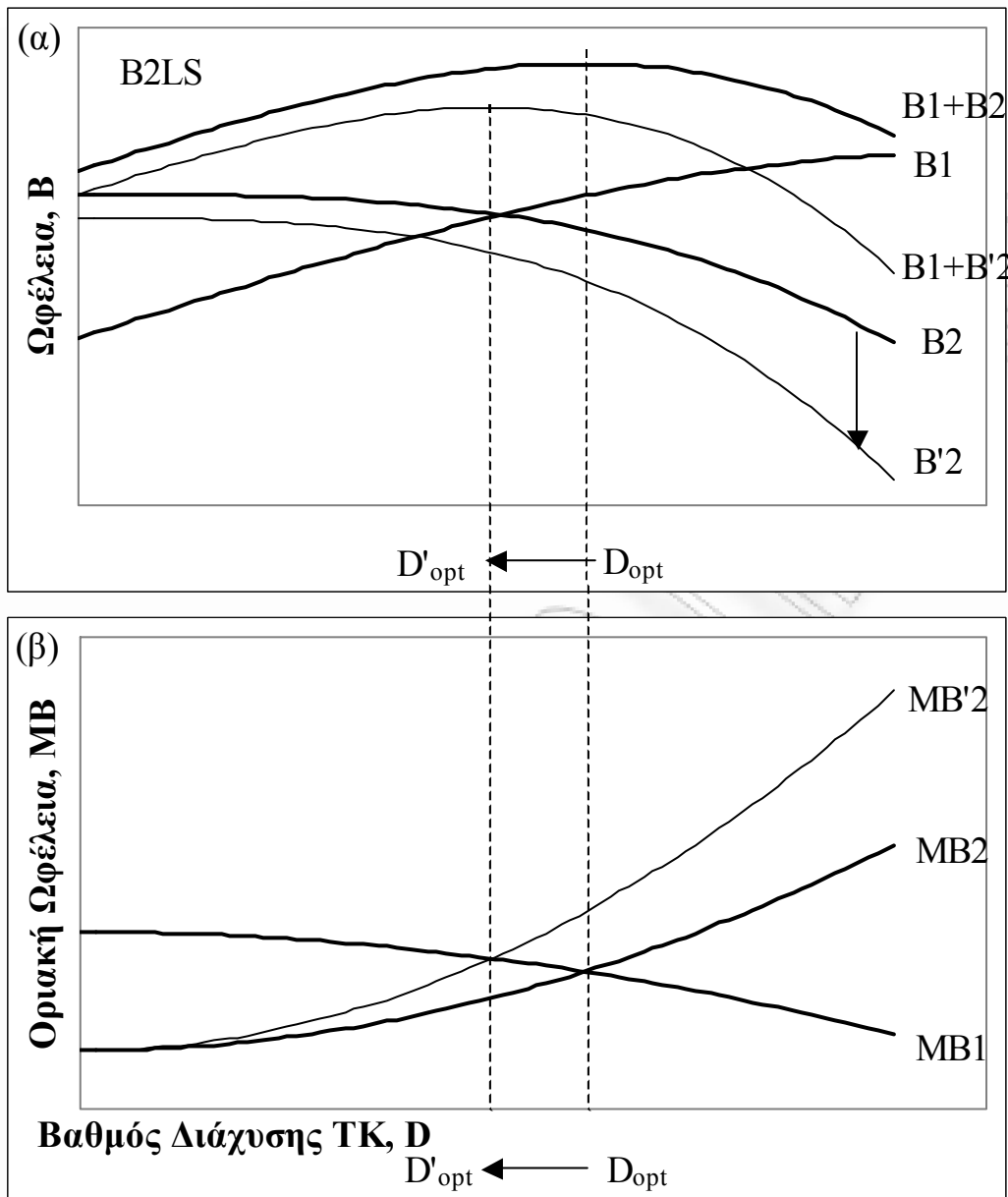
**Σχήμα Π.Ι-4.** Επίδραση της αποδεικνυόμενης κατά τα πρώτα στάδια της διάχυσης καινοτομικού προϊόντος στην αγορά δυσκολίας καθιέρωσης λόγω κακής χρήσης αυτού (π.χ. μείωση δραστηριότητας αντιβιοτικού φαρμάκου λόγω υπερκατανάλωσής του, με συνέπεια την ανάπτυξη ανθεκτικών μικροβιακών πληθυσμών), οπότε αναμένεται να επέλθει ισορροπία σε χαμηλότερη τιμή του  $D$  (άρα και μικρότερη χρονική περίοδο), δηλ.  $D'_{opt} < D_{opt}$ . Η περιοχή όπου οι αρνητικές διαφορικές οικονομίες κλίμακας είναι περισσότερο έντονες επισημαίνεται με ένα βέλος.



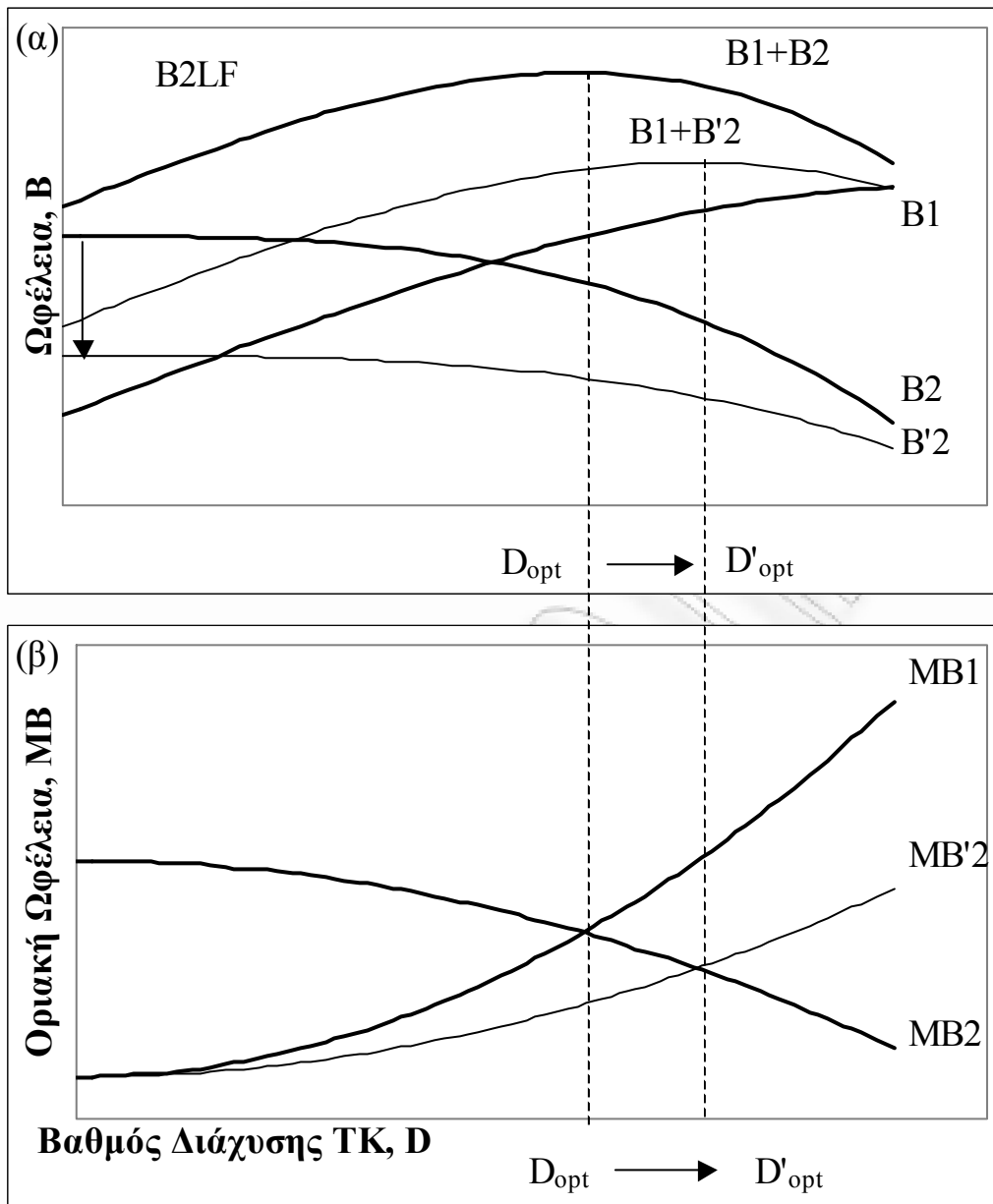
**Σχήμα Π.Ι-5.** Επίδραση *a posteriori* παρατηρούμενης έλλειψης κατάλληλης τεχνογνωσίας στην αγορά, κατά τα πρώτα στάδια της διάχυσης ΤΚ, με συνέπεια την μετατόπιση της εκτιμώμενης βέλτιστης τιμής  $D_{opt}$  στη νέα θέση  $D'_{opt} < D_{opt}$ . Η περιοχή όπου οι αρνητικές διαφορικές οικονομίες κλίμακας είναι περισσότερο έντονες επισημαίνεται με ένα βέλος.



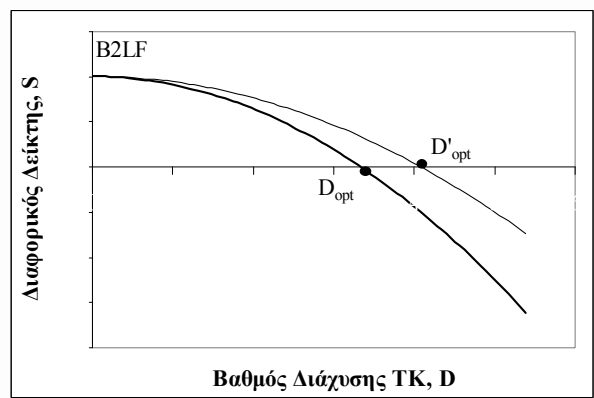
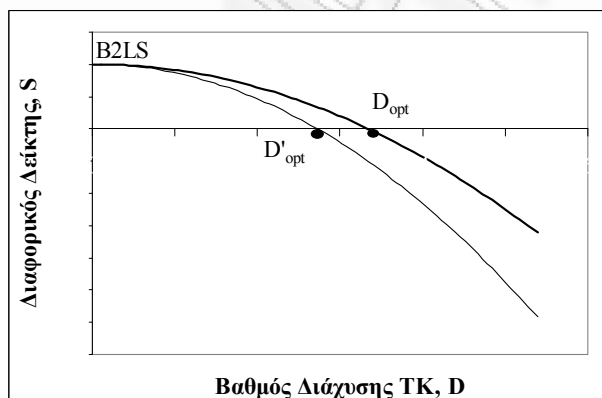
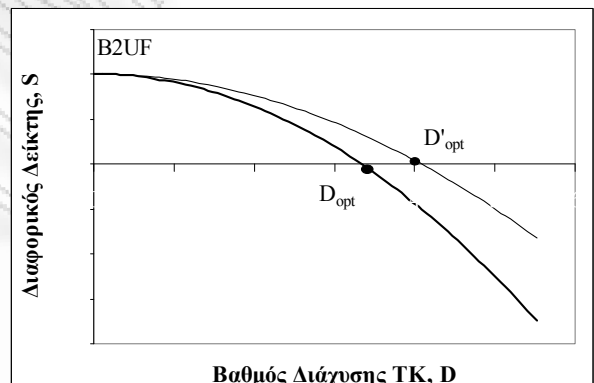
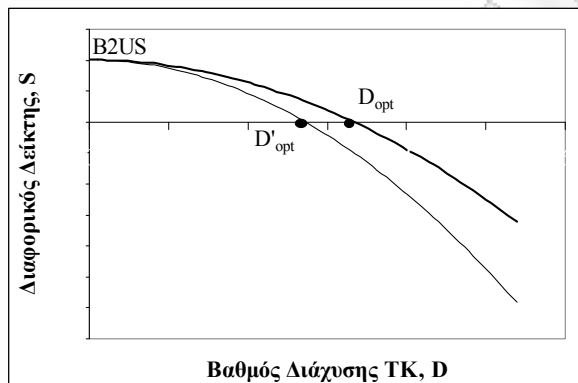
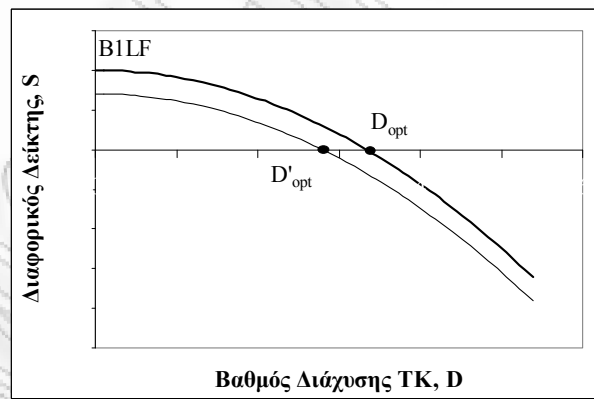
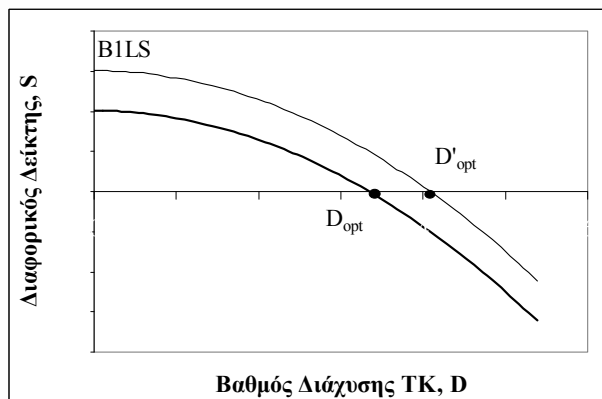
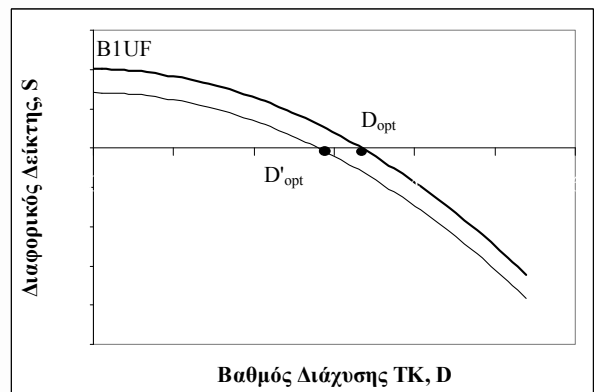
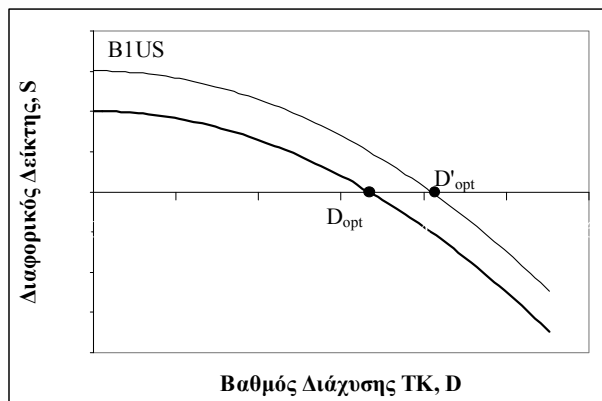
**Σχήμα Π.Ι-6.** Επίδραση *a posteriori* παρατηρούμενου μειωμένου (σε σχέση με τις προβλέψεις, κατά την περίοδο του σχεδιασμού της συνάρτησης  $B_2$ ) ανταγωνισμού, λόγω υιοθέτησης της ΤΚ από πολλές μικρές επιχειρήσεις χωρίς τεχνολογικό υπόβαθρο για τον έλεγχο της παραγωγής και της ποιότητας ενδιάμεσων/τελικών προϊόντων, οπότε αναμένεται να επέλθει ισορροπία σε υψηλότερη τιμή του  $D$  (άρα και μακρύτερη χρονική περίοδο), δηλ.  $D'_{opt} > D_{opt}$ . Η περιοχή όπου οι θετικές διαφορικές οικονομίες κλίμακας είναι περισσότερο έντονες επισημαίνεται με ένα βέλος.



**Σχήμα Π.Ι-7.** Επίδραση *a posteriori* παρατηρούμενου αυξημένου (σε σχέση με τις προβλέψεις, κατά την περίοδο του σχεδιασμού της συνάρτησης  $B_2$ ) ανταγωνισμού, λόγω υιοθέτησης της ΤΚ από πολλές μικρές επιχειρήσεις με κατάλληλο τεχνολογικό υπόβαθρο και διαδικτυακά υποστηριζόμενες (των δυνατοτήτων του δικτύου αυξανόμενων όταν αυξάνεται ο  $D$ ) για τον έλεγχο της παραγωγής και της ποιότητας ενδιάμεσων/τελικών προϊόντων, οπότε αναμένεται να επέλθει ισορροπία σε χαμηλότερη τιμή του  $D$  (άρα και μικρότερη χρονική περίοδο), δηλ.  $D'_{opt} < D_{opt}$ . Η περιοχή όπου οι αρνητικές διαφορικές οικονομίες κλίμακας είναι περισσότερο έντονες επισημαίνεται με ένα βέλος.



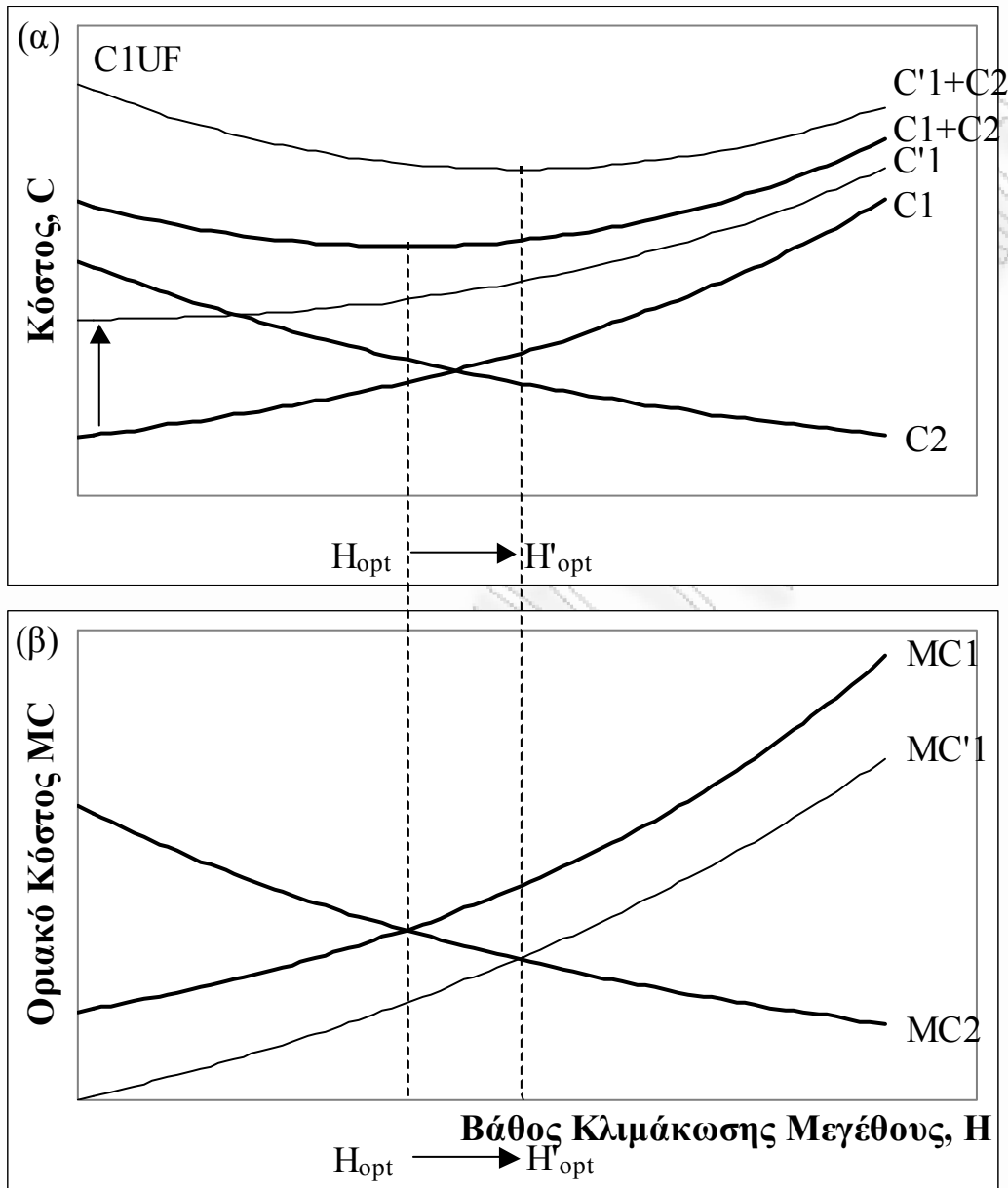
**Σχήμα Π.1-8.** Επίδραση *a posteriori* παρατηρούμενου αυξημένου (σε σχέση με τις προβλέψεις, κατά την περίοδο του σχεδιασμού της συνάρτησης  $B_2$ ) ανταγωνισμού, λόγω υιοθέτησης της ΤΚ από σχετικά μεγάλες επιχειρήσεις με προηγμένο και αυτοδύναμο τεχνολογικό υπόβαθρο (που τις καθιστά αποτελεσματικές και για μικρές τιμές του  $D$ ) για τον έλεγχο της παραγωγής και της ποιότητας ενδιάμεσων/τελικών προϊόντων, οπότε αναμένεται να επέλθει ισορροπία σε υψηλότερη τιμή του  $D$  (άρα και μακρύτερη χρονική περίοδο), δηλ.  $D'_{opt} > D_{opt}$ . Η περιοχή όπου οι θετικές διαφορικές οικονομίες κλίμακας είναι περισσότερο έντονες επισημαίνεται με ένα βέλος.



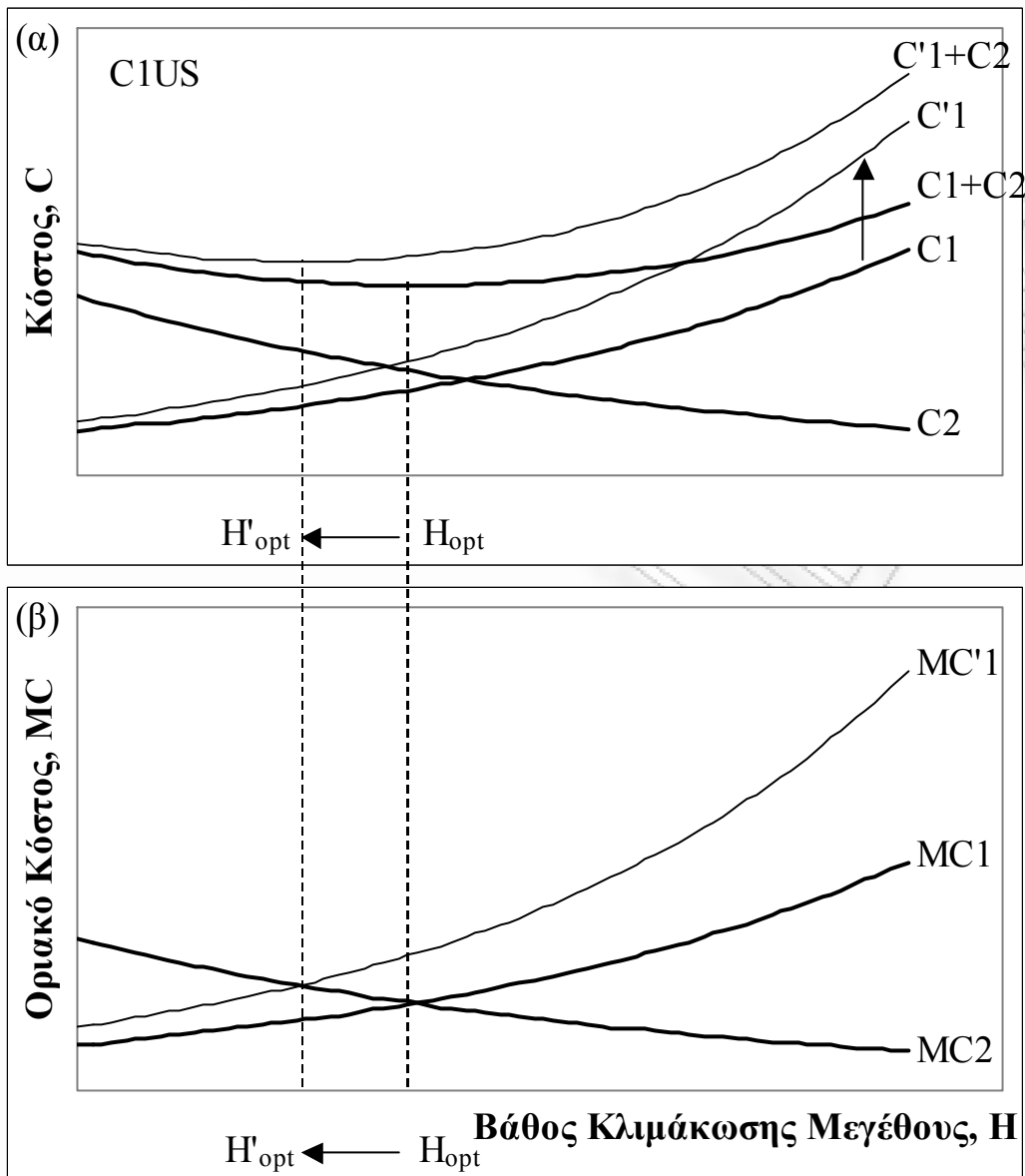
**Σχήμα Π.Ι-9.** Απεικόνιση του Διαφορικού Δείκτη  $S=dB/dD$ , χρησιμοποιούμενου ως μέτρο ευαισθησίας της συνολικής ωφέλειας  $B$ , όταν μεταβάλλεται ο Βαθμός Διάχυσης TK  $D$ , ο οποίος επέχει θέση ανεξάρτητης/εξηγητικής μεταβλητής. Η λεπτή γραμμή αντιστοιχεί στη νέα θέση της  $B$ , όπως αυτή φαίνεται στα προηγούμενα οκτώ διαγράμματα.



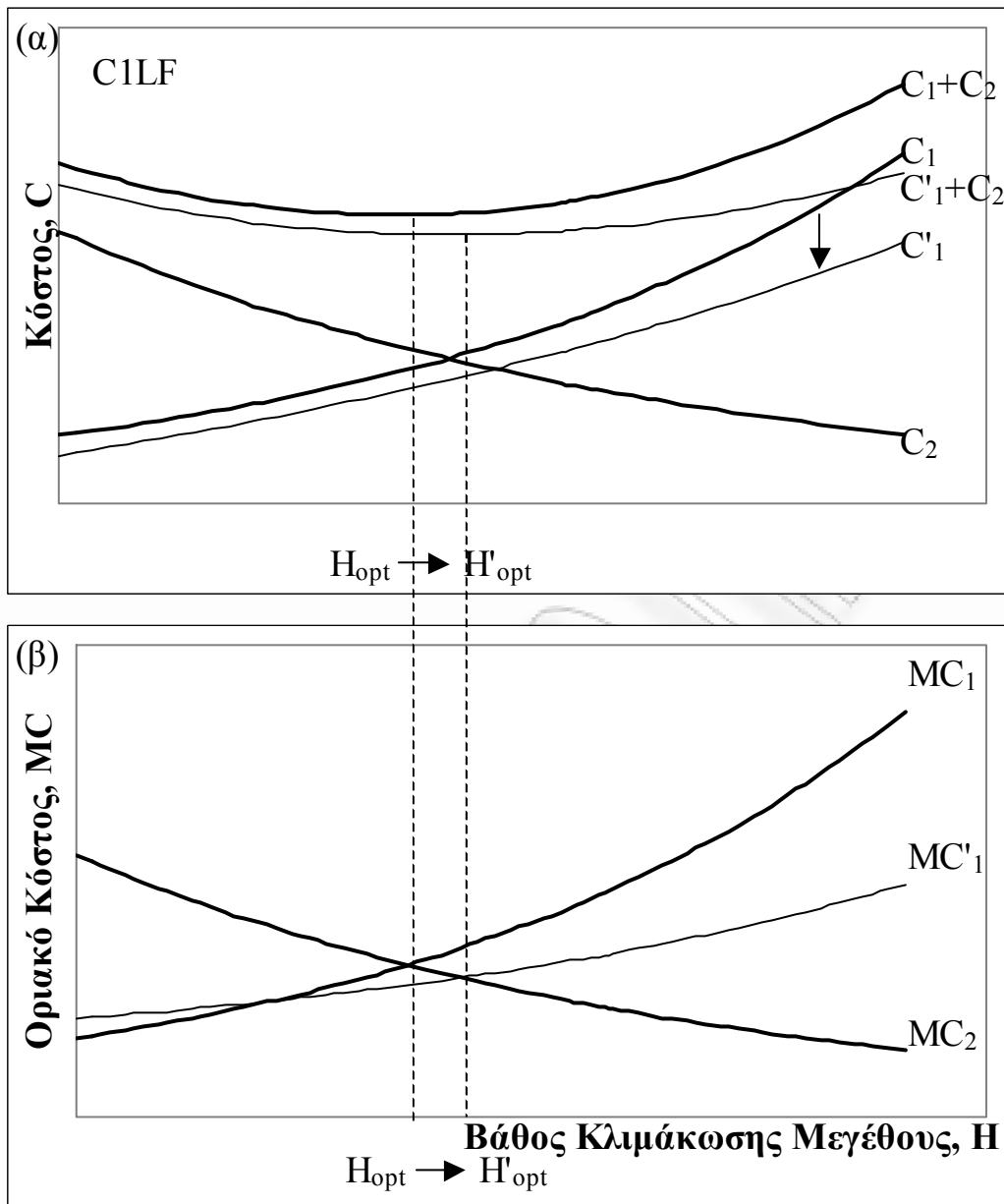
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ



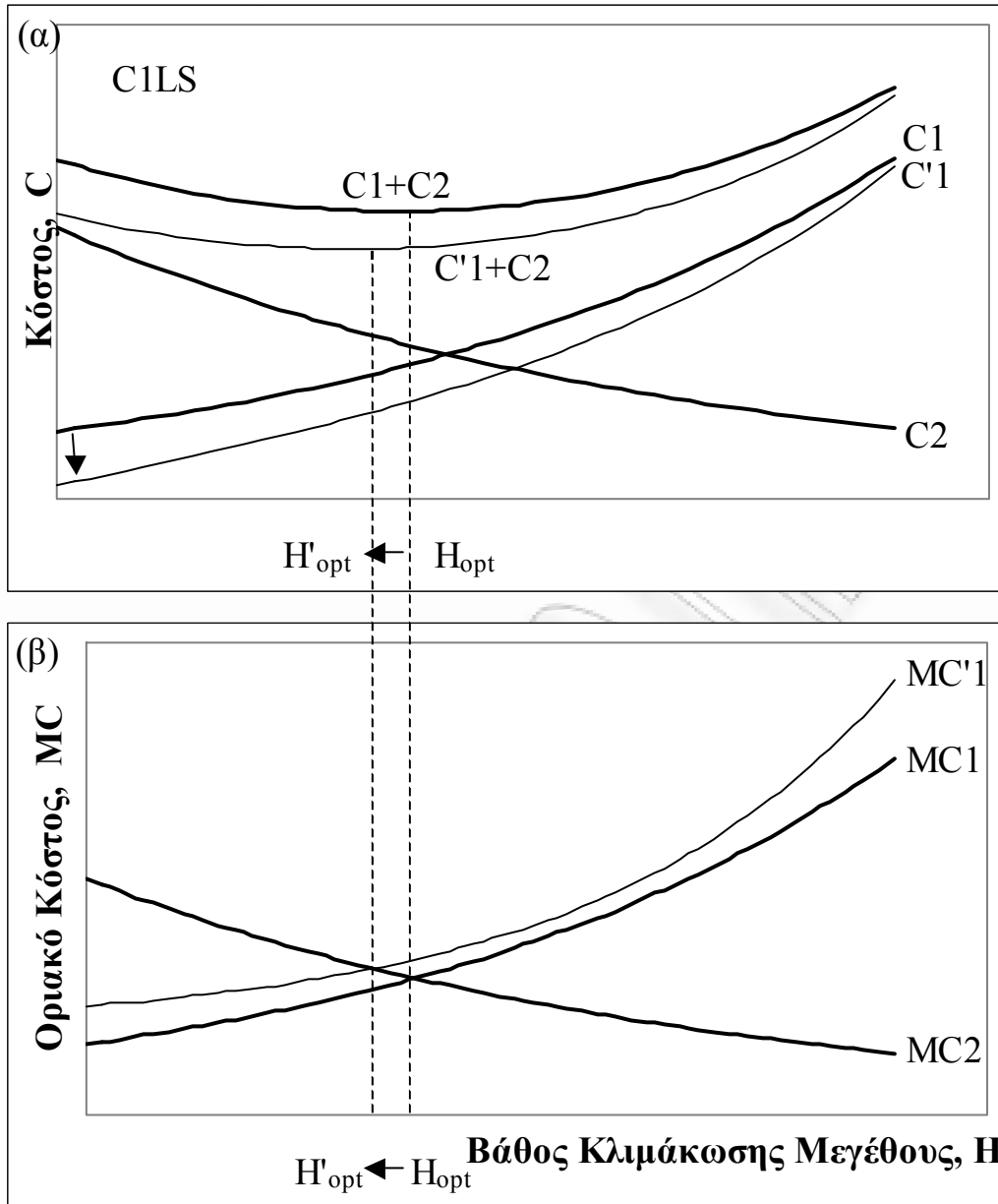
**Σχήμα Π.Π-1.** Επίδραση του *a posteriori* διαπιστούμενου αυξημένου κόστους (δηλ. αρχικής υποεκτίμησης) απόκτησης επιφανειακής/αδρομερούς γνώσης, λόγω εσφαλμένης προσέγγισης παραδοχών (π.χ. για την επάρκεια φυσικών προσομοιωτών προηγμένης τεχνολογίας ή τη διαθεσιμότητα αντίστοιχου εξειδικευμένου επιστημονικού προσωπικού) κατά τη φάση της εκτίμησης των τιμών των παραμέτρων της συνάρτησης  $C_1$  στη βέλτιστη τιμή  $H_{opt}$ , με συνέπεια την μετατόπιση στη νέα θέση  $H'_{opt} > H_{opt}$ . Η περιοχή όπου οι θετικές διαφορικές οικονομίες κλίμακας είναι περισσότερο έντονες επισημαίνεται με ένα βέλος.



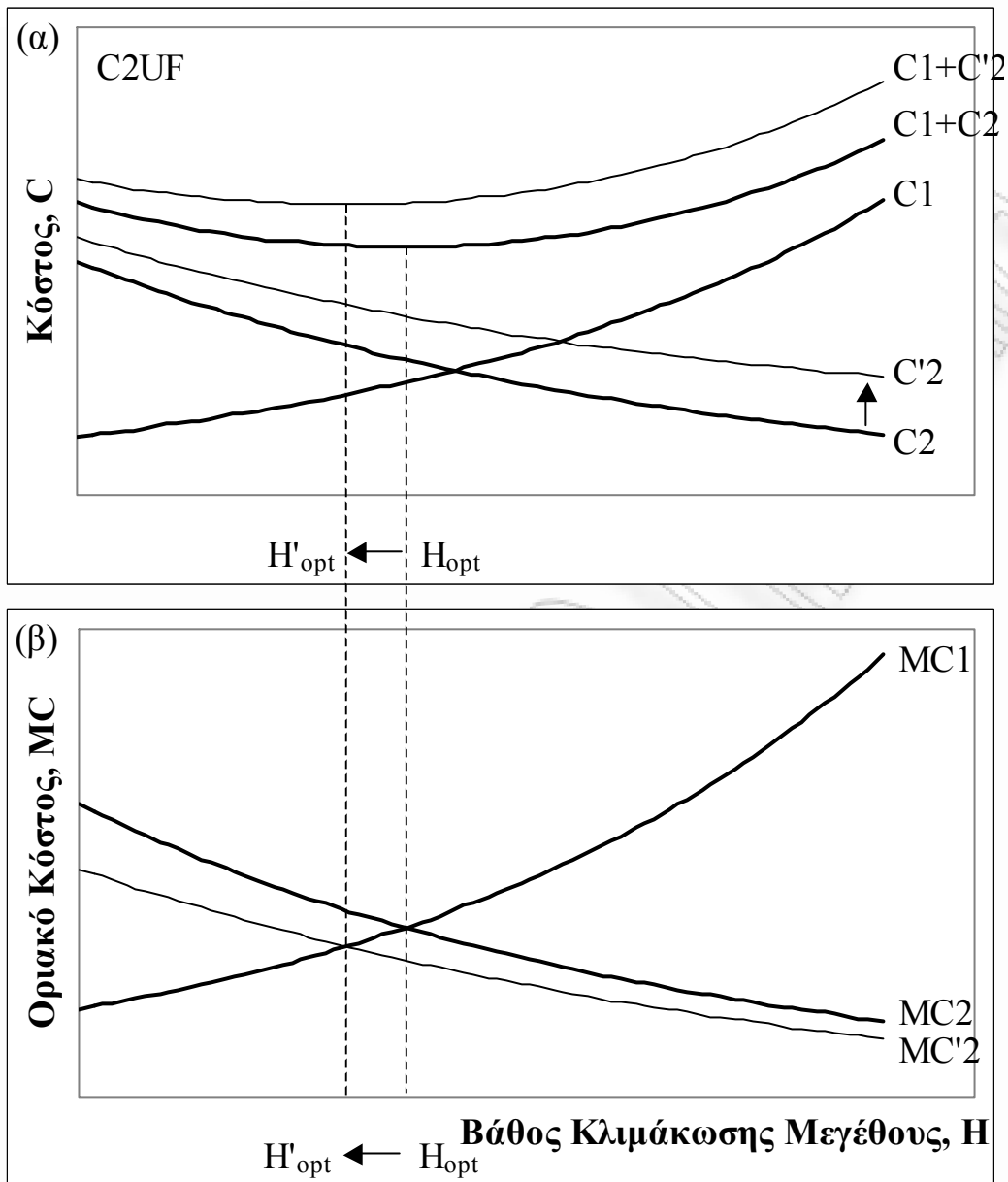
**Σχήμα Π.Π-2.** Επίδραση του *a posteriori* διαπιστούμενου αυξημένου κόστους (δηλ. αρχικής υποεκτίμησης) απόκτησης βαθείας/λεπτομερούς γνώσης, λόγω εσφαλμένης προσέγγισης παραδοχών (π.χ. για την επάρκεια φυσικών προσομοιωτών προηγμένης τεχνολογίας ή τη διαθεσιμότητα αντίστοιχου εξειδικευμένου επιστημονικού προσωπικού) κατά τη φάση της εκτίμησης των τιμών των παραμέτρων της συνάρτησης  $C_1$  στη βέλτιστη τιμή  $H_{opt}$ , με συνέπεια την μετατόπιση στη νέα θέση  $H'_{opt} < H_{opt}$ . Η περιοχή όπου οι αρνητικές διαφορικές οικονομίες κλίμακας είναι περισσότερο έντονες επισημαίνεται με ένα βέλος.



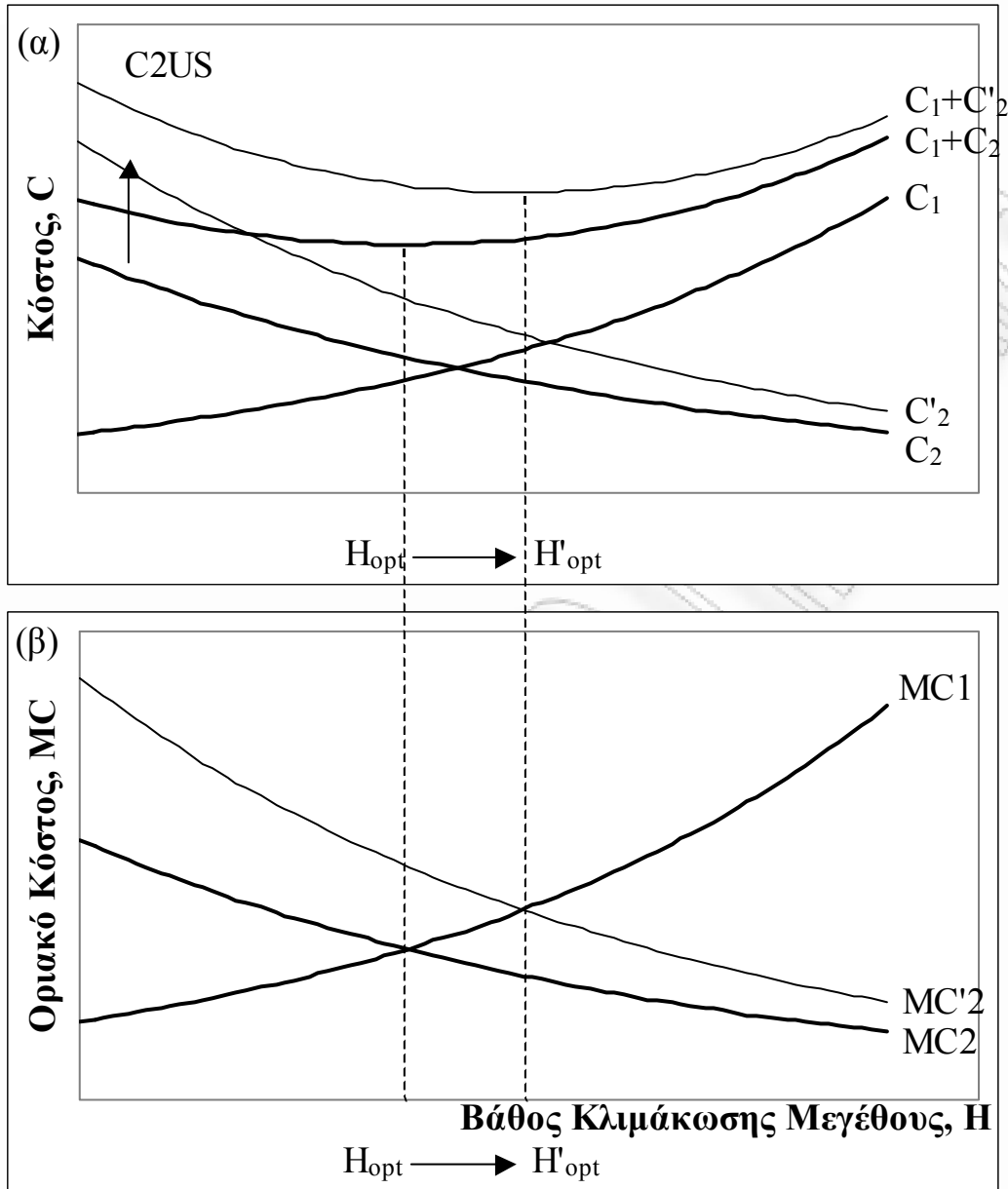
**Σχήμα Π.Π-3.** Επίδραση της *a posteriori* παρατηρούμενης μείωσης της δαπάνης προσομοίωσης στην περιοχή των μεγάλων  $H$ -τιμών, λόγω επιτυχούς εφαρμογής βοηθούμενων από H/Y μεθόδων, με συνέπεια την μετατόπιση της εκτιμώμενης βέλτιστης τιμής  $H_{opt}$  στη νέα θέση  $H'_{opt} > H_{opt}$ . Η περιοχή όπου οι θετικές διαφορικές οικονομίες κλίμακας είναι περισσότερο έντονες επισημαίνεται με ένα βέλος.



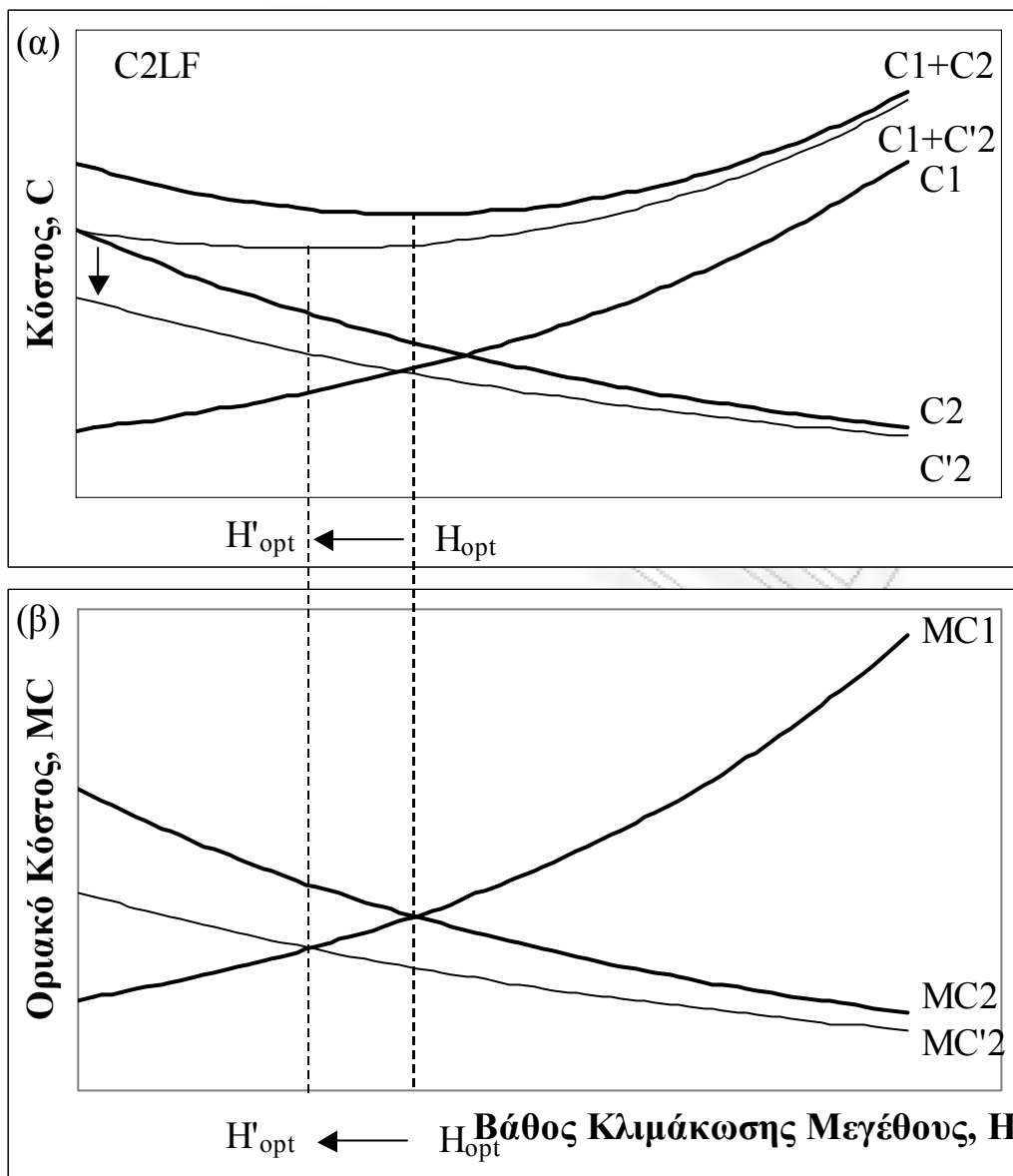
**Σχήμα Π.Π-4.** Επίδραση της *a posteriori* παρατηρούμενης μείωσης της δαπάνης προσομοίωσης στην περιοχή των χαμηλών  $H$ -τιμών, λόγω προσφοράς φθηνής επιφανειακής γνώσης από εξωτερικές Βάσεις πληροφοριών (αποκτώμενης με τη βοήθεια τεχνικών 'εξόρυξης δεδομένων'), με συνέπεια την μετατόπιση της εκτιμώμενης βέλτιστης τιμής  $H_{opt}$  στη νέα θέση  $H'_{opt} < H_{opt}$ . Η περιοχή όπου οι αρνητικές διαφορικές οικονομίες κλίμακας είναι περισσότερο έντονες επισημαίνεται με ένα βέλος.



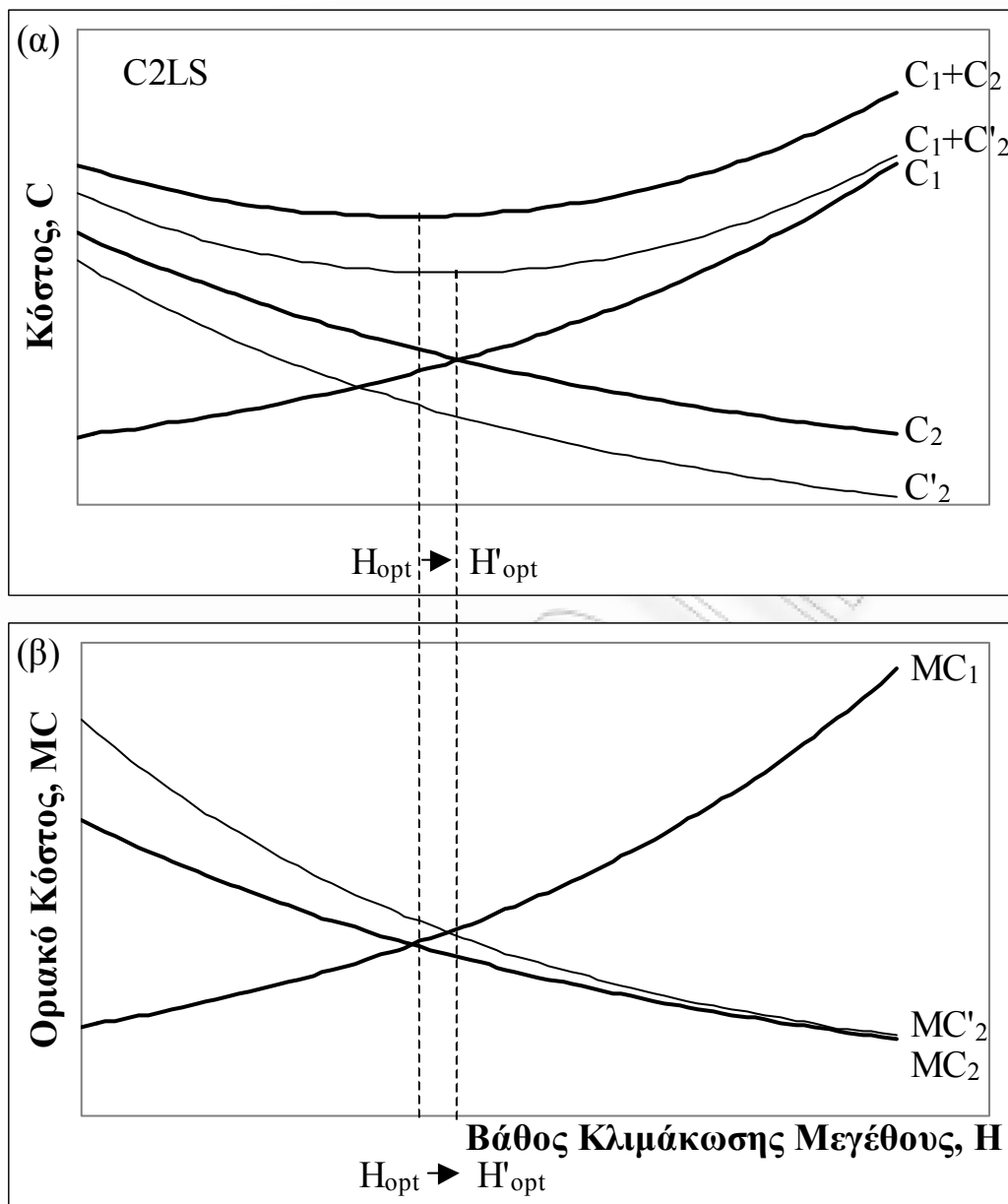
**Σχήμα Π.Π-5.** Επίδραση του *a posteriori* διαπιστούμενου αυξημένου κόστους (δηλ. αρχικής υποεκτίμησης κόστους ή υπερεκτίμησης δυνατοτήτων) μεταφοράς/προσαρμογής της αποκτώμενης, μέσω κλιμάκωσης μεγέθους (scale up/down), υψηλού επιπέδου τεχνογνωσίας λόγω εσφαλμένης/αισιόδοξης προσέγγισης παραδοχών (π.χ. για τη δυνατότητα προσαρμογής του πάγιου εξοπλισμού της παραγωγής) κατά τη φάση της εκτίμησης των τιμών των παραμέτρων της συνάρτησης  $C_2$ , με συνέπεια την μετατόπιση της εκτιμώμενης βέλτιστης τιμής  $H_{opt}$  στη νέα θέση  $H'_{opt} < H_{opt}$ . Η περιοχή όπου οι αρνητικές διαφορικές οικονομίες κλίμακας είναι περισσότερο έντονες επισημαίνεται με ένα βέλος.



**Σχήμα Π.Π-6.** Επίδραση του *a posteriori* διαπιστούμενου αυξημένου κόστους (δηλ. αρχικής υποεκτίμησης κόστους ή υπερεκτίμησης δυνατοτήτων) μεταφοράς/προσαρμογής της αποκτώμενης, μέσω κλιμάκωσης μεγέθους (scale up/down), κατάλληλου επιφανειακού επιπέδου τεχνογνωσίας λόγω εσφαλμένης/αισιόδοξης προσέγγισης παραδοχών (π.χ. για τη δυνατότητα προσαρμογής του πάγιου εξοπλισμού της παραγωγής) κατά τη φάση της εκτίμησης των τιμών των παραμέτρων της συνάρτησης  $C_2$ , με συνέπεια την μετατόπιση της εκτιμώμενης βέλτιστης τιμής  $H_{opt}$  στη νέα θέση  $H'_{opt} > H_{opt}$ . Η περιοχή όπου οι θετικές διαφορικές οικονομίες κλίμακας είναι περισσότερο έντονες επισημαίνεται με ένα βέλος.

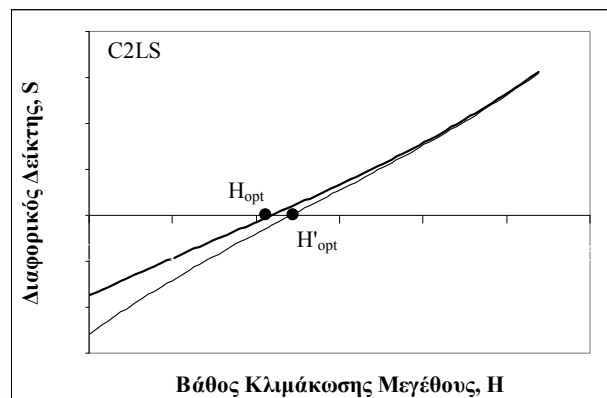
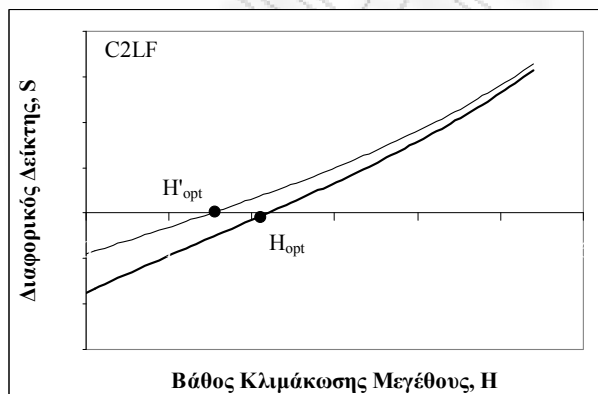
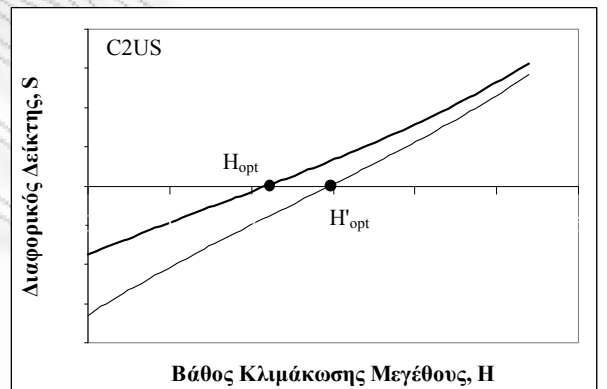
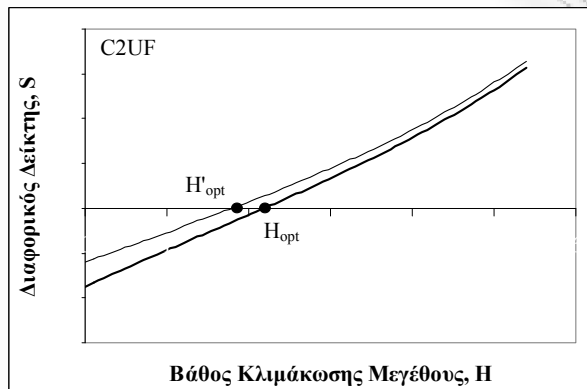
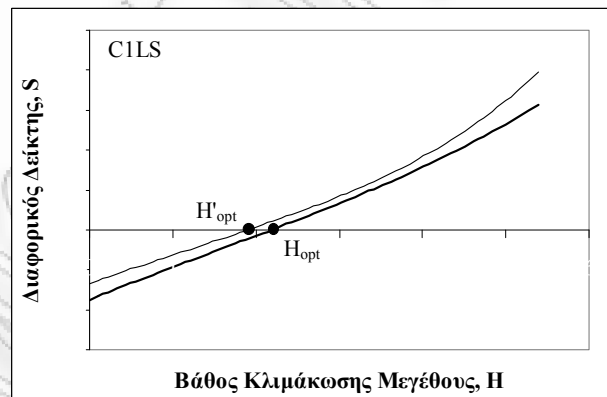
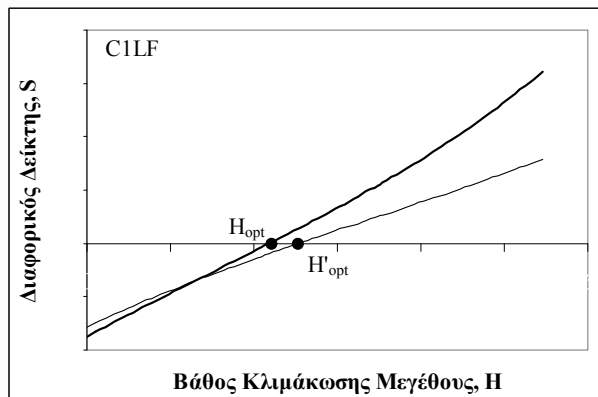
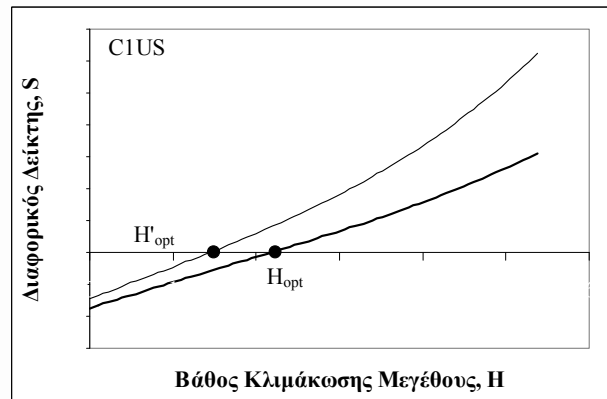
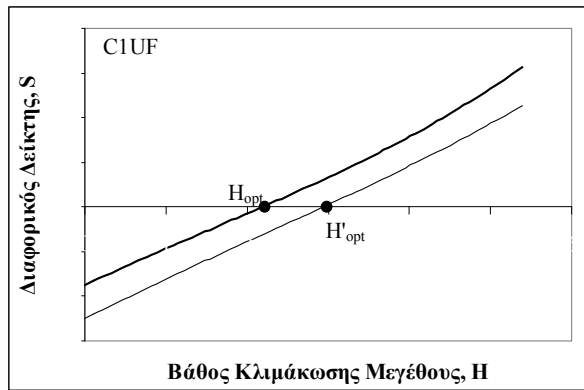


**Σχήμα Π.Π-7.** Επίδραση του *a posteriori* διαπιστούμενου ελαττωμένου κόστους (δηλ. υπερεκτίμησης κόστους ή υποεκτίμησης δυνατοτήτων) απόκτησης κατάλληλου επιφανειακού επιπέδου τεχνογνωσίας, λόγω εσφαλμένης /απαισιόδοξης προσέγγισης παραδοχών (π.χ. για τη δυνατότητα προσαρμογής του πάγιου εξοπλισμού της παραγωγής) κατά τη φάση της εκτίμησης των τιμών των παραμέτρων της συνάρτησης  $C_2$ , με συνέπεια την μετατόπιση της εκτιμώμενης βέλτιστης τιμής  $H_{opt}$  στη νέα θέση  $H'_{opt} < H_{opt}$ . Το ίδιο αποτέλεσμα επιφέρει η εισαγωγή TK (συνεπαγόμενης μείωσης κόστους) στη διαδικασία μεταφοράς/παραγωγής τεχνογνωσίας στην περιοχή των χαμηλών  $H$ -τιμών. Η περιοχή όπου οι αρνητικές διαφορικές οικονομίες κλίμακας είναι περισσότερο έντονες επισημαίνεται με ένα βέλος.



**Σχήμα Π.Π-8.** Επίδραση του *a posteriori* διαπιστούμενου ελαττωμένου κόστους (δηλ. υπερεκτίμησης κόστους ή υποεκτίμησης δυνατοτήτων) απόκτησης υψηλού επιπέδου τεχνογνωσίας, λόγω εσφαλμένης/απαισιόδοξης προσέγγισης παραδοχών (π.χ. για τη δυνατότητα προσαρμογής του πάγιου εξοπλισμού της παραγωγής) κατά τη φάση της εκτίμησης των τιμών των παραμέτρων της συνάρτησης  $C_2$ , με συνέπεια την μετατόπιση της εκτιμώμενης βέλτιστης τιμής  $H_{opt}$  στη νέα θέση  $H'_{opt} > H_{opt}$ . Το ίδιο αποτέλεσμα επιφέρει η εισαγωγή TK (συνεπαγόμενης μείωσης κόστους) στη διαδικασία μεταφοράς/παραγωγής τεχνογνωσίας στην περιοχή των υψηλών H-τιμών. Η περιοχή όπου οι θετικές διαφορικές οικονομίες κλίμακας είναι περισσότερο έντονες επισημαίνεται με ένα βέλος.



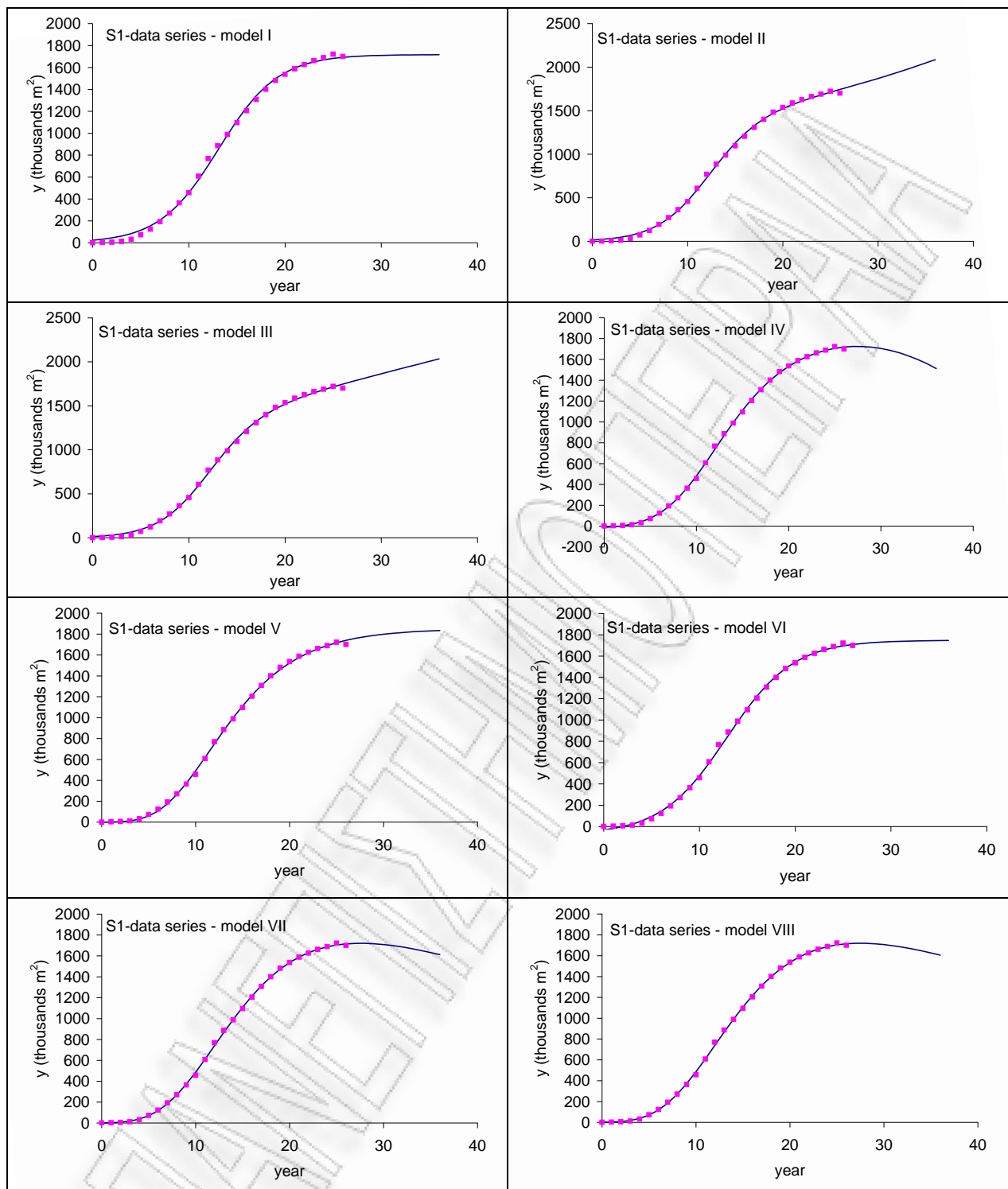


**Σχήμα Π.Π-9.** Απεικόνιση του Διαφορικού Δείκτη  $S=dC/dH$ , χρησιμοποιούμενου ως μέτρο ευαισθησίας του συνολικού κόστους  $C$ , όταν μεταβάλλεται το Βάθος Κλιμάκωσης Μεγέθους  $H$ , το οποίον επέχει θέση ανεξάρτητη/εξηγητικής μεταβλητής. Η λεπτή γραμμή αντιστοιχεί στη νέα θέση της  $C$ , όπως αυτή φαίνεται στα προηγούμενα οκτώ διαγράμματα.

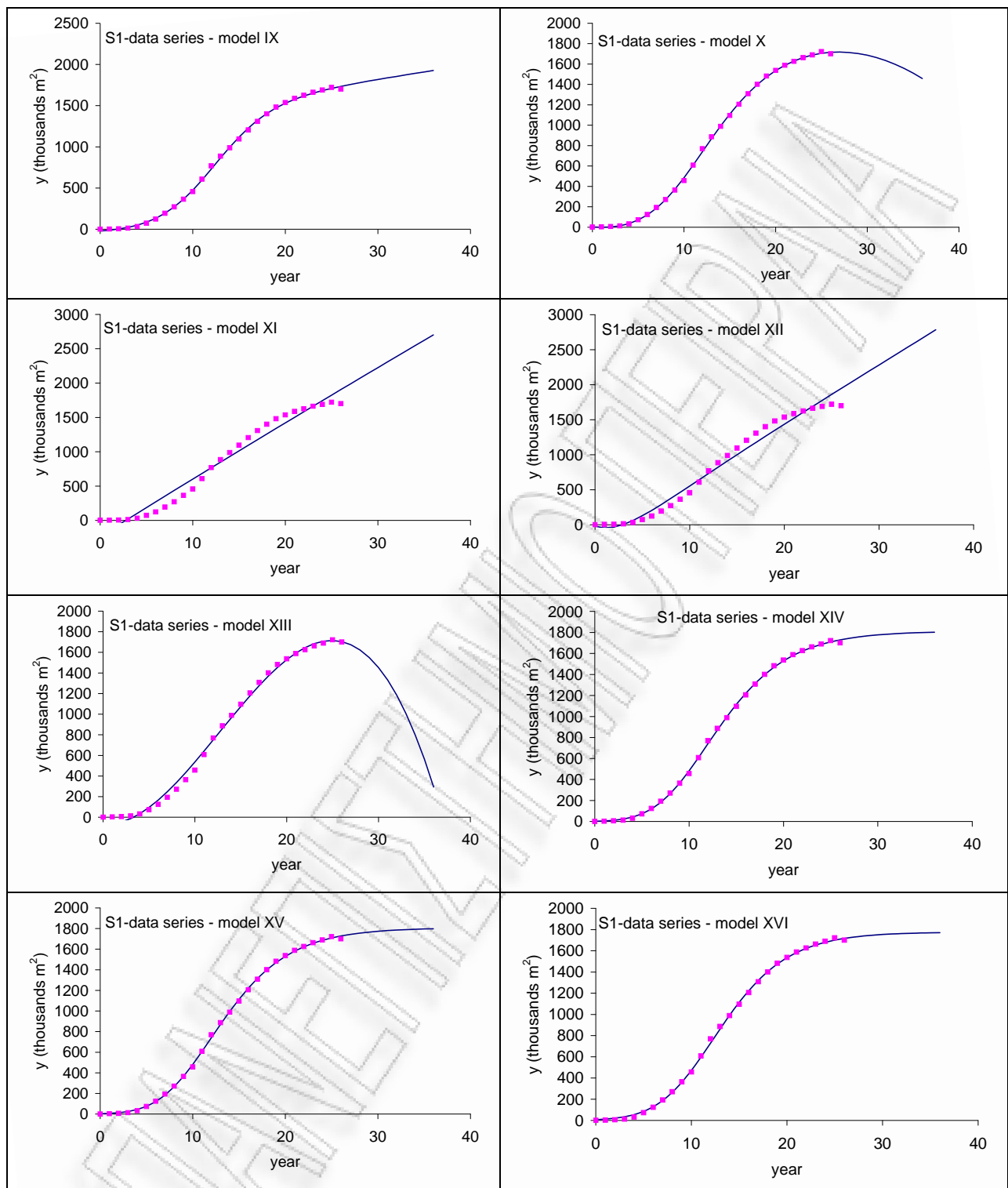
### ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ

**Πίνακας Π.ΙΙΙ-1. S1-data series. Αποτελέσματα εκτιμήσεων (βλ. Πίνακα Π.ΙΙΙ-3)**

model I		model II		model III		model IV		model V		model VI			
<i>K</i>	1717,71	<i>Ko</i>	190,02	<i>ao</i>	1029,29	<i>a0</i>	-242,95	<i>a</i>	1850,81	<i>F</i>	1748,26		
<i>m</i>	71,59	<i>m1</i>	79,37	<i>a1</i>	27,92	<i>a1</i>	146,39	<i>b</i>	-9,020	<i>a</i>	0,1485		
<i>b</i>	0,3259	<i>b1</i>	0,3664	<i>m</i>	74,44	<i>a2</i>	-2,71	<i>c</i>	-0,1917	<i>b</i>	0,1424		
		<i>m</i>	-0,8482	<i>b</i>	0,3714	<i>m</i>	21,70			<i>g</i>	297,47		
		<i>b</i>	-0,001921			<i>b</i>	0,3104						
Sum	23537,86	Sum	13101,08	Sum	11729,10	Sum	3633,24	Sum	5766,89	Sum	9157,70		
SEE	31,32	SEE	24,40	SEE	22,58	SEE	12,85	SEE	15,50	SEE	19,95		
<i>n-p</i>	24	<i>n-p</i>	22	<i>n-p</i>	23	<i>n-p</i>	22	<i>n-p</i>	24	<i>n-p</i>	23		
year	2010	year	2010	year	2010	year	2010	year	2010	year	2010		
<i>y</i> (000 m <sup>2</sup> )	1716,73	<i>y</i> (000 m <sup>2</sup> )	2086,60	<i>y</i> (000 m <sup>2</sup> )	2034,23	<i>y</i> (000 m <sup>2</sup> )	1512,30	<i>y</i> (000 m <sup>2</sup> )	1834,07	<i>y</i> (000 m <sup>2</sup> )	1746,08		
model VII		model VIII		model IX		model X		model XI		model XII		model XIII	
<i>ao</i>	2645,77	<i>ao</i>	2644,01	<i>Fo</i>	1301,32	<i>Fo</i>	-219,89	<i>F</i>	47450,46	<i>Fo</i>	-220,22	<i>Fo</i>	-
<i>a1</i>	-27,70	<i>a1</i>	-27,07	<i>F1</i>	17,39	<i>F1</i>	149,22	<i>yo</i>	-231,97	<i>F1</i>	83,49	<i>F1</i>	11985,14
<i>b</i>	-8,12	<i>a2</i>	-0,02	<i>a</i>	0,16	<i>F2</i>	-2,85	<i>b</i>	0,00	<i>yo</i>	-20,65	<i>F2</i>	314,031
<i>c</i>	-0,16	<i>b</i>	-8,11	<i>b</i>	0,16	<i>a</i>	0,15			<i>b</i>	0,23	<i>yo</i>	-
		<i>c</i>	-0,16	<i>g</i>	299,32	<i>b</i>	0,14					<i>b</i>	63,6188
													0,000783
Sum	3324,14	Sum	3323,14	Sum	6772,24	Sum	3252,28	Sum	384935,49	Sum	246777,98	Sum	40507,01
SEE	12,02	SEE	12,29	SEE	17,55	SEE	12,44	SEE	126,65	SEE	103,58	SEE	42,90953
<i>n-p</i>	23	<i>n-p</i>	22	<i>n-p</i>	22	<i>n-p</i>	21	<i>n-p</i>	24	<i>n-p</i>	23	<i>n-p</i>	22
year	2010	year	2010	year	2010	year	2010	year	2010	year	2010	year	2010
<i>y</i> (000 m <sup>2</sup> )	1611,78	<i>y</i> (000 m <sup>2</sup> )	1605,81	<i>y</i> (000 m <sup>2</sup> )	1926,55	<i>y</i> (000 m <sup>2</sup> )	1457,65	<i>y</i> (000 m <sup>2</sup> )	2702,02	<i>y</i> (000 m <sup>2</sup> )	2784,79	<i>y</i> (000 m <sup>2</sup> )	293,6077
model XIV		model XV		model XVI		model XVII							
<i>K</i>	1811,87	<i>K</i>	1806,73	<i>K</i>	1776,41	<i>K</i>	1838,98						
<i>m</i>	2,5486	<i>m</i>	3,0857	<i>m</i>	8,3205	<i>m</i>	114969						
<i>b</i>	0,2170	<i>b</i>	0,9978	<i>b</i>	0,0999	<i>b</i>	5,0755						
<i>a</i>	5,1812	<i>a</i>	0,2211	<i>a</i>	2,4572	<i>a</i>	0,3204						
Sum	4124,30	Sum	4161,38	Sum	5948,99	Sum	4251,11						
SEE	13,39	SEE	13,45	SEE	16,08	SEE	13,60						
<i>n-p</i>	23	<i>n-p</i>	23	<i>n-p</i>	23	<i>n-p</i>	23						
year	2010	year	2010	year	2010	year	2010						
<i>y</i> (000 m <sup>2</sup> )	1802,21	<i>y</i> (000 m <sup>2</sup> )	1797,78	<i>y</i> (000 m <sup>2</sup> )	1771,14	<i>y</i> (000 m <sup>2</sup> )	1815,43						



(συνεχίζεται...)



**Σχήμα Π.ΙΙΙ-1** Γραφική απεικόνιση των υποδειγμάτων βάσει των τιμών των παραμέτρων που εκτιμήθηκαν για τα δεδομένα S1, με μη-γραμμική παλινδρόμηση στην αρχική μορφή των υποδειγμάτων, όπως αυτά έχουν καταχωρηθεί στη δεύτερη στήλη του Πίνακα Π.ΙΙΙ-3.

**Πίνακας Π.ΙΙΙ-2. S2-data series. Αποτελέσματα εκτιμήσεων (βλ. Πίνακα Π.ΙΙΙ-3)**

model I		model II		model III		model IV		model V		model VI	
<i>K</i>	3020,95	<i>Ko</i>	190,30	<i>a</i>	663,31	<i>a0</i>	-716,45	<i>a</i>	3432,65	<i>F</i>	3268,53
<i>m</i>	49,84	<i>m1</i>	53,56	<i>b</i>	90,51	<i>a1</i>	231,82	<i>b</i>	-6,90	<i>a</i>	0,1039
<i>b</i>	0,2668	<i>b1</i>	0,3303	<i>m</i>	35,53	<i>a2</i>	-3,390	<i>c</i>	-0,1472	<i>b</i>	0,0913
		<i>m</i>	-0,8862	<i>b</i>	0,3326	<i>m</i>	7,67			<i>g</i>	167,57
		<i>b</i>	-0,002151			<i>b</i>	0,2299				
Sum	84362,2	Sum	28858,33	Sum	21348,0	Sum	10277,7	Sum	13143,92	Sum	12589,4
SEE	64,95	SEE	40,04	SEE	33,52	SEE	23,90	SEE	25,64	SEE	25,74
<i>n-p</i>	20	<i>n-p</i>	18	<i>n-p</i>	19	<i>n-p</i>	18	<i>n-p</i>	20	<i>n-p</i>	19
year	2010	year	2010	year	2010	year	2010	year	2010	year	2010
<i>y</i> (000 m <sup>2</sup> )	3010,85	<i>y</i> (000 m <sup>2</sup> )	4481,04	<i>y</i> (000 m <sup>2</sup> )	3920,91	<i>y</i> (000 m <sup>2</sup> )	3230,09	<i>y</i> (000 m <sup>2</sup> )	3316,26	<i>y</i> (000 m <sup>2</sup> )	3218,79

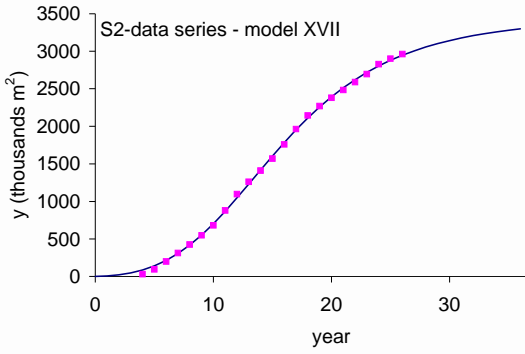
  

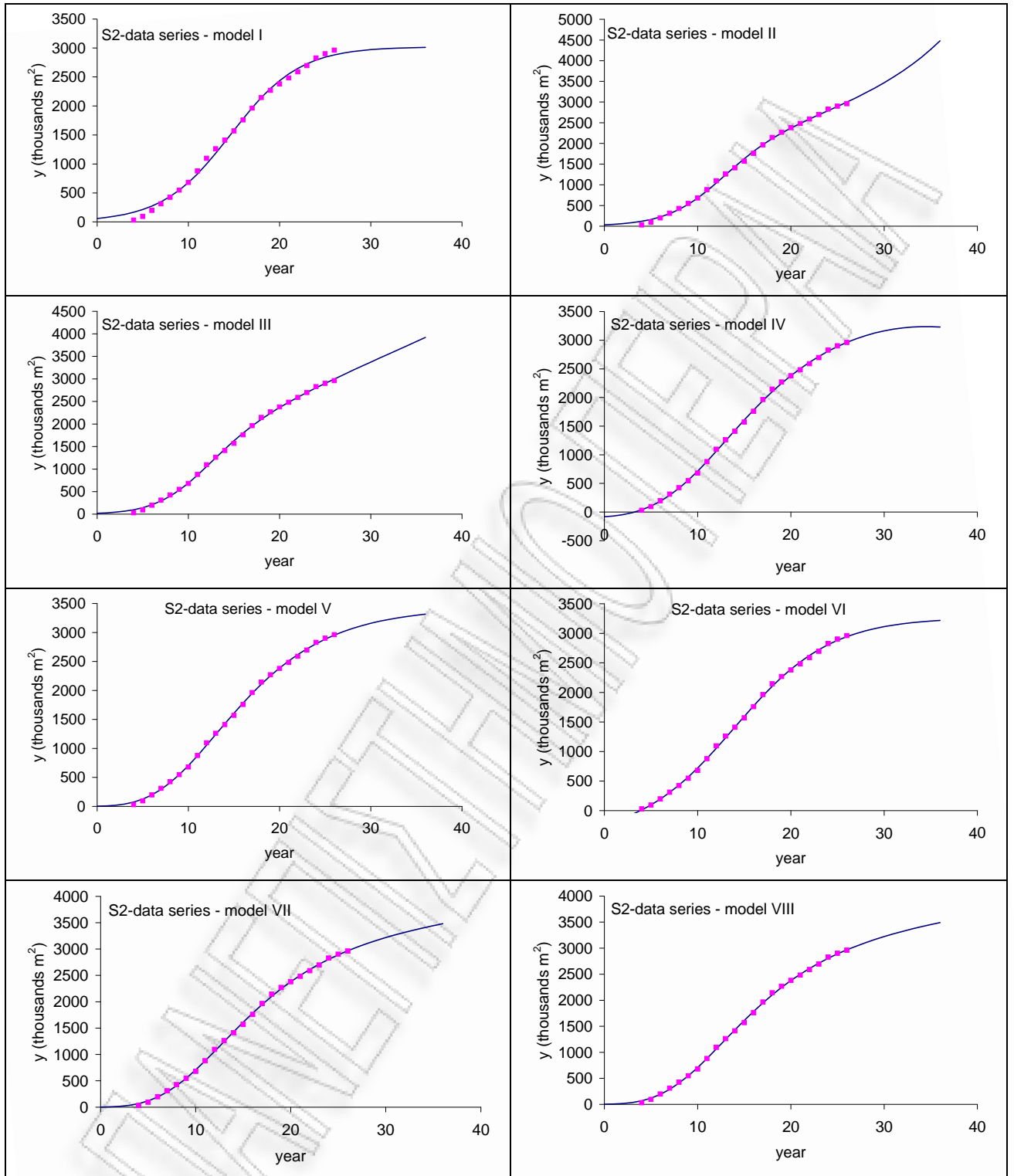
model VII		model VIII		model IX		model X		model XI		model XII		model XIII	
<i>ao</i>	2647,65	<i>ao</i>	2647,18	<i>Fo</i>	1292,73	<i>Fo</i>	-217,52	<i>F</i>	47450,75	<i>Fo</i>	-688,14	<i>Fo</i>	-
<i>a1</i>	25,21	<i>a1</i>	23,98	<i>F1</i>	67,72	<i>F1</i>	203,43	<i>yo</i>	-706,58	<i>F1</i>	148,36	<i>F1</i>	11985,6
<i>b</i>	-7,07	<i>a2</i>	0,04	<i>a</i>	0,14	<i>F2</i>	-2,97	<i>b</i>	0,00	<i>yo</i>	-20,61	<i>F2</i>	3
<i>c</i>	-0,16	<i>b</i>	-7,10	<i>b</i>	0,12	<i>a</i>	0,12			<i>b</i>	609,38	<i>yo</i>	-
		<i>c</i>	-0,16	<i>g</i>	144,22	<i>b</i>	0,09					<i>b</i>	0,00111
Sum	12068,5	Sum	12065,30	Sum	10307,7	Sum	10821,2	Sum	179296,36	Sum	179689,04	Sum	20178,0
SEE	24,56	SEE	25,89	SEE	23,93	SEE	25,23	SEE	94,68	SEE	97,25	SEE	33,4813
<i>n-p</i>	20	<i>n-p</i>	18	<i>n-p</i>	18	<i>n-p</i>	17	<i>n-p</i>	20	<i>n-p</i>	19	<i>n-p</i>	4
year	2010	year	2010	year	2010	year	2010	year	2010	year	2010	year	2010
<i>y</i> (000 m <sup>2</sup> )	3479,99	<i>y</i> (000 m <sup>2</sup> )	3492,88	<i>y</i> (000 m <sup>2</sup> )	3723,75	<i>y</i> (000 m <sup>2</sup> )	3241,55	<i>y</i> (000 m <sup>2</sup> )	4539,42	<i>y</i> (000 m <sup>2</sup> )	4652,65	<i>y</i> (000 m <sup>2</sup> )	1869,63

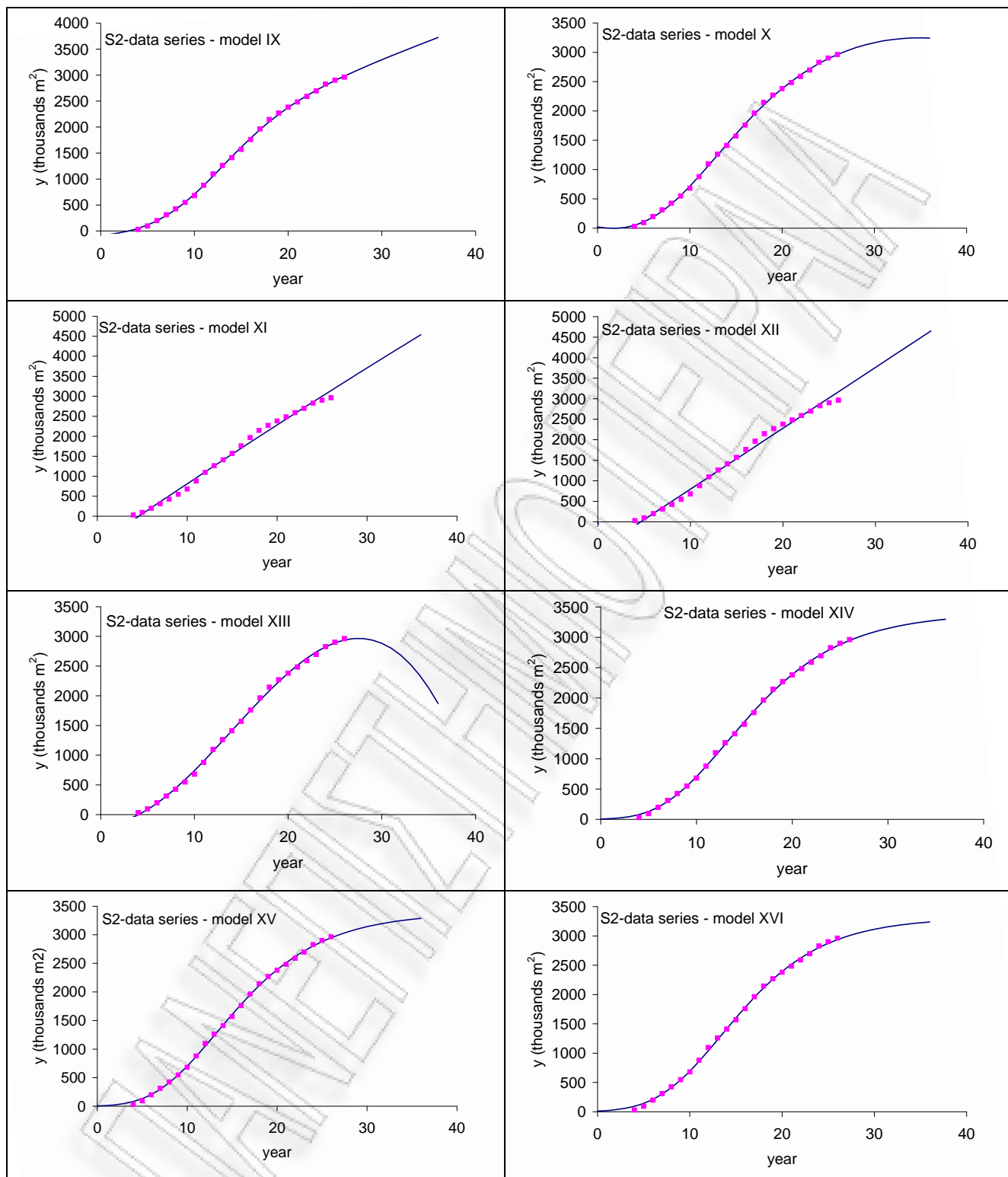
model XIV		model XV		model XVI		model XVII	
<i>K</i>	3403,34	<i>K</i>	3387,80	<i>K</i>	3310,07	<i>K</i>	3462,20
<i>m</i>	0,2786	<i>m</i>	0,4384	<i>m</i>	1,7663	<i>m</i>	114954
<i>b</i>	0,1518	<i>b</i>	2,7109	<i>b</i>	0,0306	<i>b</i>	5,4381
<i>a</i>	26,6209	<i>a</i>	0,0569	<i>a</i>	5,5164	<i>a</i>	0,2767
Sum	14145,8	Sum	14728,51	Sum	19840,1	Sum	16378,8
SEE	27,29	SEE	27,84	SEE	32,31	SEE	29,36
<i>n-p</i>	19	<i>n-p</i>	19	<i>n-p</i>	19	<i>n-p</i>	19
year	2010	year	2010	year	2010	year	2010
<i>y</i> (000 m <sup>2</sup> )	3298,35	<i>y</i> (000 m <sup>2</sup> )	3288,12	<i>y</i> (000 m <sup>2</sup> )	3236,72	<i>y</i> (000 m <sup>2</sup> )	3298,78





(συνεχίζεται...)



**Σχήμα Π.ΙΙΙ-2.** Γραφική απεικόνιση των υποδειγμάτων βάσει των τιμών των παραμέτρων που εκτιμήθηκαν για τα δεδομένα S2, με μη-γραμμική παλινδρόμηση στην αρχική μορφή των υποδειγμάτων, όπως αυτά έχουν καταχωρηθεί στη δεύτερη στήλη του Πίνακα Π.ΙΙΙ-3.

**Πίνακας Π.ΠΙ-3. Τυπικά σφάλματα εκτίμησης για κάθε σειρά και μέση τιμή αυτών (SEEm), χρησιμοποιούμενα για την κατάταξη (Ranking) για κάθε σειρά και ενδεικτική μέση τιμή (Rm).**

#	Model	SEE -S1	SEE-S2	SEEm	R-S1	R-S2	Rm
I	$y = \frac{K}{1 + me^{-bt}}$	31,3168	64,9470	49,70	14	15	14,5
II	$y = \frac{K_0}{(1 + me^{-bt})(1 + m_1 e^{b_1 t})}$	24,4029	40,0405	32,54	13	14	13,5
III	$y = \frac{a_0 + a_1 t}{(1 + me^{-bt})}$	22,5823	33,5199	28,15	12	13	12,5
IV	$y = \frac{a_0 + a_1 t + a_2 t^2}{(1 + me^{-bt})}$	12,8510	23,8953	18,76	4	1	2,5
V	$y = ae^{be^{ct}}$	15,5012	25,6358	20,79	8	5	6,5
VI	$y = F \frac{1 - age^{-(a+b)t}}{1 - bge^{-(a+b)t}}$	19,9540	25,7411	22,80	11	6	8,5
VII	$y = (a_0 + a_1 t)e^{be^{ct}}$	12,0220	24,5648	18,86	1	3	2,0
VIII	$y = (a_0 + a_1 t + a_2 t^2)e^{be^{ct}}$	12,2903	25,8900	19,75	2	7	4,5
IX	$y = (F_0 + F_1 t) \frac{1 - age^{-(a+b)t}}{1 - bge^{-(a+b)t}}$	17,5451	23,9302	20,73	10	2	6,0
X	$y = (F_0 + F_1 t + F_2 t^2) \frac{1 - age^{-(a+b)t}}{1 - bge^{-(a+b)t}}$	12,4447	25,2299	19,40	3	4	3,5
XI	$y = F - (F - y_0)e^{-bt}$	126,6451	94,6827	113,07	17	16	16,5
XII	$y = (F_0 + F_1 t) - [(F_0 + F_1 t) - y_0] e^{-bt}$	103,5832	97,2487	100,72	16	17	16,5
XIII	$y = (F_0 + F_1 t + F_2 t^2) - [(F_0 + F_1 t + F_2 t^2) - y_0] e^{-bt}$	42,9095	33,4813	38,86	15	12	13,5
XIV	$y = \frac{K}{(1 + me^{-bt})^a}$	13,3910	27,2858	20,96	5	8	6,5
XV	$y = \frac{K}{(1 + me^{-bat})^{1/a}}$	13,4510	27,8421	21,31	6	9	7,5
XVI	$y = \frac{K}{(1 + me^{-bat})^a}$	16,0827	32,3144	24,90	9	11	10,0
XVII	$y = \frac{K}{1 + me^{-bt^a}}$	13,5953	29,3606	22,28	7	10	8,5

Από τον παραπάνω Πίνακα φαίνεται ότι (α) μεταξύ των τριών υποδειγμάτων (I, V, XI) καλύτερο είναι το V, (β) μεταξύ των οκτώ υποδειγμάτων (III, VI, VII, XII, XIV, XV, XVI, XVII) με τέσσερις παραμέτρους, καλύτερο είναι το VII, (γ) μεταξύ των έξι υποδειγμάτων (II, IV, VIII, IX, X, XIII) με πέντε παραμέτρους, καλύτερο είναι το IV.



Σημειώνεται ότι το καλύτερο υπόδειγμα με τέσσερις παραμέτρους VII δεν είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί για βραχυ-μεσοπρόθεσμη πρόβλεψη (4-8 ετών), επειδή δεν είναι μονότονα αύξων στο πεδίο ορισμού που προκύπτει από τα συγκεκριμένα αριθμητικά δεδομένα. Από την κατηγορία των υποδειγμάτων με πέντε παραμέτρους, τα τρία καλύτερα δεν πληρούν το κριτήριο της μονοτονικότητας, πέραν του ότι έρχονται σε αντίθεση με την Αρχή της Απλότητας (Occam's Razor) ενώ εμφανίζεται και (συνεπαγόμενο) ισχυρό πρόβλημα αστάθειας κατά την εκτίμηση των τιμών των παραμέτρων με οποιαδήποτε μέθοδο μη γραμμικής παλινδρόμησης. Συμπερασματικά, καλύτερα εμφανίζονται τα υποδείγματα V και XIV. Το πρώτο από αυτά (συνάρτηση Gompertz) είναι το απλούστερο (με κριτήριο τον αριθμό των παραμέτρων) αλλά το δεύτερο έχει το σημαντικό πλεονέκτημα της συγκρισιμότητας με παραλλαγές της λογιστικής συνάρτησης, η οποία είναι ευρύτερα χρησιμοποιούμενη και επομένως με τις περισσότερες τιμές εκτιμηθεισών παραμέτρων στις αντίστοιχες Βάσεις Πληροφοριών. Δεδομένου μάλιστα ότι δεν υπόκειται στους περιορισμούς της συμμετρικότητας της απλής λογιστικής συνάρτησης ενώ παρουσιάζει την ίδια εκτιμηθείσα μέση τιμή SEE με την Gompertz, φαίνεται ότι υπερέχει κατά τι έναντι αυτής.

## **6 Διερεύνηση του Προβλήματος της Βέλτιστης Επιχορήγησης Επενδυτικού Σχεδίου με Έμφαση στην Εξοικονόμηση Ενέργειας/Υλικών και την Προστασία του Περιβάλλοντος (Κριτήρια $f_2$ και $f_3$ )**

### **6.1 Εισαγωγή**

Σύμφωνα με την κείμενη νομοθεσία, παρέχονται σε επενδυτικά σχέδια τα ακόλουθα είδη ενισχύσεων, με σκοπό την ενδυνάμωση της ισόρροπης ανάπτυξης, την αύξηση της απασχόλησης, τη βελτίωση της ανταγωνιστικότητας της οικονομίας, την ενίσχυση της επιχειρηματικότητας, την προώθηση της τεχνολογικής αλλαγής και της καινοτομίας, την προστασία του περιβάλλοντος, την εξοικονόμηση ενέργειας και την επίτευξη της περιφερειακής σύγκλισης:

- α) Επιχορήγηση που συνίσταται στη δωρεάν παροχή από το Δημόσιο χρηματικού ποσού για την κάλυψη τμήματος της ενισχυόμενης δαπάνης του επενδυτικού σχεδίου.
- β) Επιδότηση χρηματοδοτικής μίσθωσης που συνίσταται στην κάλυψη από το Δημόσιο τμήματος των καταβαλλόμενων δόσεων χρηματοδοτικής μίσθωσης που συνάπτεται για την απόκτηση καινούργιου μηχανολογικού και λοιπού εξοπλισμού.
- γ) Φορολογική απαλλαγή ύψους μέχρι ενός ποσοστού ή του συνόλου της αξίας της ενισχυόμενης δαπάνης του επενδυτικού σχεδίου ή και της αξίας της χρηματοδοτικής μίσθωσης καινούργιου μηχανολογικού και λοιπού εξοπλισμού του οποίου αποκτάται η χρήση. Η ενίσχυση αυτή συνίσταται στην απαλλαγή από την καταβολή φόρου εισοδήματος μη διανεμόμενων κερδών από το σύνολο των δραστηριοτήτων της επιχείρησης της πρώτης δεκαετίας από την πραγματοποίηση του επενδυτικού σχεδίου, με το σχηματισμό ισόποσου αφορολόγητου αποθεματικού.
- δ) Επιδότηση του κόστους της δημιουργούμενης από το επενδυτικό σχέδιο απασχόλησης που συνίσταται στην κάλυψη από το Δημόσιο, για μια διετία, τμήματος του μισθολογικού κόστους των δημιουργούμενων, εντός της πρώτης τριετίας από την ολοκλήρωση του επενδυτικού σχεδίου, θέσεων απασχόλησης.

Τα ανωτέρω είδη ενισχύσεων παρέχονται εναλλακτικά ως εξής:

- α) επιχορήγηση ή και επιδότηση χρηματοδοτικής μίσθωσης,
- β) φορολογική απαλλαγή,
- γ) επιδότηση του κόστους της δημιουργούμενης απασχόλησης.

Στα πλαίσια ισόρροπης περιφερειακής ανάπτυξης, είναι δυνατόν να θεσπίζονται ειδικά καθεστώτα ενίσχυσης περιφερειών της επικράτειας, ιδιαίτερα των νησιωτικών και ορεινών περιοχών ή τμημάτων τους ή ορισμένων κατηγοριών επιχειρήσεων ή επενδύσεων

ιδιάζουσας σημασίας για την οικονομική ανάπτυξης της χώρας. Για την σχετική έγκριση απαιτείται η έκδοση προεδρικού διατάγματος, αφού προηγηθεί η εκπόνηση ειδικής μελέτης σκοπιμότητας μέσω της οποίας να τεκμηριώνονται τα ανωτέρω. Σε όμοια ειδικά καθεστάτα υπάγονται επιχειρηματικά σχέδια διάσωσης και αναδιάρθρωσης, αναφερόμενα σε μεταποιητικές ή μεταλλευτικές επιχειρήσεις υφιστάμενων φορέων που απασχολούν τουλάχιστον 100 άτομα και ευρίσκονται σε ιδιαίτερα δυσμενή κατάσταση. Αυτές μπορούν να υποβάλλουν ένα ολοκληρωμένο πολυετές επιχειρηματικό σχέδιο διάσωσης και αναδιάρθρωσης, που θα περιλαμβάνει τον τεχνολογικό, διοικητικό, οργανωτικό και επιχειρησιακό εκσυγχρονισμό, την εξυγίανση και ανάπτυξή τους και ενδεχομένως τις απαραίτητες ενέργειες κατάρτισης των εργαζομένων.

Ακόμη, σε όμοια ειδικά καθεστάτα υπάγονται μεγάλες επενδύσεις, ύψους τουλάχιστον πενήντα εκατομμυρίων (50.000.000,00) ευρώ, με σημαντική επίπτωση στη διεθνή ανταγωνιστικότητα της χώρας και στην απασχόληση με τη δημιουργία τουλάχιστον εκατό είκοσι πέντε (125) θέσεων μόνιμης απασχόλησης, εκ των οποίων ένας αριθμός δύναται να δημιουργείται σε δορυφορικές επιχειρήσεις σαν άμεσο αποτέλεσμα της προτεινόμενης επένδυσης. Με σχετικές αποφάσεις ορίζονται για τις επενδύσεις του είδους αυτού, οι αναγκαίες παρεκκλίσεις από την κείμενη νομοθεσία που αφορούν στην ίδια συμμετοχή, στη διαδικασία παροχής των επιχορηγήσεων, στα ποσοστά και το ύψος της επιχορήγησης, στο ύψος του δανείου, στα ποσοστά επιδότησης της χρηματοδοτικής μίσθωσης και της επιδότησης του κόστους της δημιουργούμενης απασχόλησης, στις προϋποθέσεις μεταβίβασης των μετοχών της επιχείρησης, καθώς και στη δυνατότητα συμμετοχής στην επένδυση δημοσίων επιχειρήσεων. Επίσης με τις ίδιες αποφάσεις μπορεί να καθορίζεται η κατασκευή με δημόσια δαπάνη ειδικών έργων υποδομής προς διευκόλυνση της γενικότερης λειτουργίας της μονάδας.

## 6.2 Προσδιορισμός της βέλτιστης επιχορήγησης

Το βέλτιστο ποσοστό  $I_{opt}$  επιχορήγησης της επένδυσης, το οποίο παρέχει το υψηλότερο δυνατό κίνητρο (με αυτήν την έννοια,  $I_{opt} \equiv I_{max}$ ) χωρίς να είναι ζημιογόνο για το Δημόσιο, υπολογίζεται με την εξίσωση του αναμενόμενου οφέλους  $U$  με τα συνολικά διαφεύγοντα έσοδα (ζημία)  $Y$ . Η εκτίμηση του οφέλους  $U_1$ , που αντιστοιχεί στο πρώτο έτος της συνεπαγόμενης εξοικονόμησης εγκατάστασης γίνεται ως εξής: αν  $F$  το εξοικονομούμενο ποσό σε νομισματικές μονάδες (ν.μ.), λόγω της επιτυγχανόμενης εξοικονόμησης ενέργειας/υλικών, τότε το ποσό αυτό στο τέλος των  $t$  χρονικών περιόδων (συνήθως ετών) που

ορίζουν την ωφέλιμη ζωή της επιχορηγούμενης βιομηχανικής εγκατάστασης θα είναι  $F \cdot (1+i)^{t-1}$ , όπου  $i$  το επιτόκιο μακροπρόθεσμων τίτλων του Δημοσίου (λογιζόμενο ανά χρονική περίοδο, συνήθως ετήσια) που είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της ισοδύναμης αξίας του χρήματος σε διάφορες χρονικές στιγμές. Το ποσό  $F$  εξοικονομείται λόγω μείωσης των περιβαλλοντικών/ ενεργειακών δαπανών και της μείωσης των απαιτήσεων σε πρώτες ύλες, εργασία και εξοπλισμό. Στο ποσό αυτό, το Δημόσιο συμμετέχει με ποσοστό  $K$  λόγω της συμβολής της παραπάνω εξοικονόμησης στην αειφόρο ανάπτυξη και ειδικότερα στη συγκράτηση του ρυθμού ( $\alpha$ ) υποβάθμισης του περιβάλλοντος, το οποίο είναι κοινό αγαθό (common good), και ( $\beta$ ) εξάντλησης των εγχώριων μη ανανεώσιμων φυσικών πόρων που αποτελούν περιουσία του Δημοσίου. Αν π.χ.  $K=0,1$ , αυτό σημαίνει ότι 10% του  $F$  είναι το εκτιμώμενο από το Δημόσιο κεφάλαιο το οποίο θα ήταν δυνατό να συνεισφέρει προκειμένου να υλοποιηθεί ένα επενδυτικό σχέδιο εξοικονόμησης ενέργειας/υλικών συνολικού προϋπολογισμού  $F$ . Λαμβάνοντας μάλιστα υπόψη ότι το εξοικονομούμενο ποσό  $F$  αυξάνεται, σύμφωνα με ένα παραβολικό υπόδειγμα της μορφής  $(1+gt+ht^2)F$  (ώστε να περιλαμβάνεται το ενδεχόμενο της μη γραμμικής αύξησης, ως αποτέλεσμα επιταχυνόμενης ανάπτυξης και της συνεπαγόμενης μείωσης των αποθεμάτων ενεργειακών ορυκτών και πρώτων υλών), λόγω αύξησης των πραγματικών τιμών ενέργειας, πρώτων υλών και υπηρεσιών προστασίας περιβάλλοντος, τα ποσά συνεισφοράς του Δημοσίου  $U_1, U_2, \dots, U_t$ , στο τέλος των  $t$  χρονικών περιόδων θα είναι

$$U_1 = K \cdot F \cdot (1+i)^{t-1}$$

$$U_2 = K \cdot F \cdot (1+i)^{t-2} \cdot (1+g+1^2 \cdot h)$$

$$U_3 = K \cdot F \cdot (1+i)^{t-3} \cdot (1+2g+2^2 \cdot h)$$

.....

$$U_t = K \cdot F \cdot (1+i)^{t-t} \cdot [1+(t-1)g+(t-1)^2 \cdot h]$$

---


$$U = \sum_{i=1}^t U_i =$$

$$= K \cdot F \cdot (1+i)^{t-1} \cdot \left\{ \left[ 1 + \frac{1+g}{1+i} + \frac{1+2g}{(1+i)^2} + \dots + \frac{1+(t-1)g}{(1+i)^{t-1}} \right] + \left[ \frac{1^2 h}{1+i} + \frac{2^2 h}{(1+i)^2} + \dots + \frac{(t-1)^2 h}{(1+i)^{t-1}} \right] \right\} \quad (1)$$

$$U = K \cdot F \cdot (1+i)^{t-1} \cdot \left\{ \left[ 1 + \frac{1+g}{1+i} + \frac{1+2g}{(1+i)^2} + \dots + \frac{1+(t-1)g}{(1+i)^{t-1}} \right] + \frac{h}{1+i} \left[ 1 + \frac{2^2}{(1+i)} + \dots + \frac{(t-1)^2}{(1+i)^{t-2}} \right] \right\}$$

Θέτοντας  $1/(1+i) = x$ , λαμβάνουμε:

$$U = K \cdot F \cdot x^{1-t} \cdot \left\{ \left[ 1 + (1+g)x + (1+2g)x^2 + \dots + (1+(t-1)g)x^{t-1} \right] + h \cdot x \cdot W \right\} \quad (2)$$

$$\text{όπου } W = 1 + 2^2 x + 3^2 x^2 + \dots + (t-1)^2 x^{t-2}$$

$$xW = 1^2 x + 2^2 x^2 + 3^2 x^3 + \dots + (t-1)^2 x^{t-1}$$

$$(1-x)W = 1 + 3x + 5x^2 + 7x^3 + \dots + [2(t-2)-1]x^{t-3} + [2(t-1)-1]x^{t-2} - (t-1)^2 x^{t-1}$$

$$(1-x)W = Z - (t-1)^2 x^{t-1} \quad (3)$$

$$\text{όπου } Z = 1 + 3x + 5x^2 + 7x^3 + \dots + [2(t-2)-1]x^{t-3} + [2(t-1)-1]x^{t-2}$$

$$xZ = x + 3x^2 + 5x^3 + 7x^4 + \dots + [2(t-2)-1]x^{t-2} + [2(t-1)-1]x^{t-1}$$

$$(1-x)Z = 1 + 2x^2 + 2x^3 + 2x^4 + \dots + 2x^{t-2} - [2(t-1)-1]x^{t-1}$$

$$(1-x)Z = 1 + 2(x^2 + x^3 + x^4 + \dots + x^{t-2}) - [2(t-1)-1]x^{t-1}$$

$$(1-x)Z = 1 + 2 \frac{x^{t-1} - x}{x-1} - [2(t-1)-1]x^{t-1}$$

$$Z = \left( 1 + 2 \frac{x^{t-1} - x}{x-1} - [2(t-1)-1]x^{t-1} \right) / (1-x) \quad (4)$$

Λύνοντας την (3) ως προς  $W$ , λαμβάνουμε:

$W = (Z - (t-1)^2 x^{t-1}) / (1-x)$ , η οποία με την βοήθεια της (4), γράφεται

$$W = \left\{ \left( 1 + 2 \frac{x^{t-1} - x}{x-1} - [2(t-1)-1]x^{t-1} \right) / (1-x) - (t-1)^2 x^{t-1} \right\} / (1-x) \quad (5)$$

Από τη σχέση (2) προκύπτει ότι

$$U = K \cdot F \cdot x^{1-t} \cdot [(1+x+x^2+\dots+x^{t-1})+gxT+hxW] \text{ ή } U = K \cdot F \cdot x^{1-t} \cdot \left[ \frac{x^{t-1}x-1}{x-1} + gxT+ hxW \right] \quad (6)$$

$$\text{όπου } T = 1 + 2x + 3x^2 + \dots + (t-1)x^{t-2}$$

Για τον υπολογισμό του  $T$ , που είναι μία μεικτή αριθμητική/γεωμετρική σειρά, ακολουθούμε την παρακάτω διαδικασία:

$$xT = x + 2x^2 + 3x^3 + \dots + (t-1)x^{t-1}$$

$$(1-x)T = [1 + x + x^2 + \dots + x^{t-2}] - (t-1)x^{t-1}$$

Η έκφραση εντός των αγκυλών είναι μία γεωμετρική πρόοδος, το άθροισμα της οποίας δίνεται από την έκφραση  $(x^{t-2}x - a)/(x - 1)$ , όπου  $a = 1$  and  $x = 1/(1+i)$ , δηλ., ο πρώτος όρος και ο λόγος, αντίστοιχα.

$$(1-x)T = \frac{x^{t-1} - 1}{x-1} - (t-1)x^{t-1} \text{ or } T = \frac{1 - x^{t-1}}{(x-1)^2} + \frac{(t-1)x^{t-1}}{x-1} \quad (7)$$

Εισάγοντας την έκφραση αυτή στην εξίσωση (6), λαμβάνουμε

$$U = K \cdot F \cdot x^{1-t} \cdot \left[ \frac{x^t - 1}{x - 1} + gx \left( \frac{1 - x^{t-1}}{(x-1)^2} + \frac{(t-1)x^{t-1}}{x-1} \right) \right] + hxW \quad (8)$$

όπου  $F$  είναι η εξοικονόμηση ενέργειας και υλικών κατά την πρώτη περίοδο και  $t$  είναι ο αριθμός των περιόδων που λαμβάνονται υπ' όψη.

Από την άλλη πλευρά, μπορούμε να εκτιμήσουμε το κόστος ευκαιρίας (opportunity cost) υπό την μορφή των εσόδων  $Y$  που διαφεύγουν. Αυτό ισοδυναμεί με την αξία των εναλλακτικών ευκαιριών που χάνονται προκειμένου να επιχορηγηθεί (με ποσό  $IS$ ) το προτεινόμενο επενδυτικό σχέδιο με αρχική επένδυση ύψους  $S$  που συνεπάγεται την παραπάνω αποτιμώμενη εξοικονόμηση ενέργειας και υλικών. Εάν  $r$  είναι η απόδοση της καλύτερης εναλλακτικής επένδυσης (η οποία καλείται 'second best' σε σχέση με την εξεταζόμενη από το Δημόσιο για επιχορήγηση) για  $t-m$  χρονικές περιόδους, τότε η τιμή της  $Y$ , εκφραζόμενη στο τέλος των  $t$  περιόδων, δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$Y = I \cdot S \cdot (1+r)^{t-m} (1+i)^m \quad (9)$$

Το βέλτιστο και συγχρόνως μέγιστο ποσοστό  $I_{opt}$  επιχορήγησης της επένδυσης, το οποίο παρέχει το υψηλότερο δυνατό κίνητρο για τον επενδυτή χωρίς να είναι ζημιογόνο για το Δημόσιο, προσδιορίζεται από την εξίσωση:

$$U = Y \quad \text{ή} \quad K \cdot F \cdot x^{1-t} \cdot \left[ \frac{x^t - 1}{x - 1} + gx \left( \frac{1 - x^{t-1}}{(x-1)^2} + \frac{(t-1)x^{t-1}}{x-1} \right) \right] + hxW = I_{opt} S \cdot (1+r)^t \quad (10)$$

$$I_{opt} = \frac{K \cdot F \cdot x^{1-t} \left[ \frac{x^t - 1}{x - 1} + gx \left( \frac{1 - x^{t-1}}{(x-1)^2} + \frac{(t-1)x^{t-1}}{x-1} \right) \right] + h \cdot x \cdot W}{S(1+r)^{t-m} (1+i)^m} \quad (11)$$

Με την αντικατάσταση  $x = 1/(1+i)$ , λαμβάνουμε τελικά

$$I_{opt} = \frac{\frac{K \cdot F / S}{(1+i)^{1-t}} \cdot \left[ \frac{[1/(1+i)]^t - 1}{[1/(1+i)] - 1} + \frac{g}{1+i} \left( \frac{1 - [1/(1+i)]^{t-1}}{([1/(1+i)] - 1)^2} + \frac{(t-1)[1/(1+i)]^{t-1}}{[1/(1+i)] - 1} \right) \right] + h \cdot x \cdot W}{(1+r)^{t-m} (1+i)^m} \quad (12)$$

Στα Σχήματα 6.1-6.5 φαίνεται η επίδραση των πραγματικών τιμών των  $i$ ,  $g$ ,  $r$ ,  $t$ ,  $m$ , λαμβανομένου του κάθε ενός χωριστά, στο βέλτιστο ποσοστό επιχορήγησης  $I_{opt}$  (μονοπαραμετρική ανάλυση ευαισθησίας). Στο Σχήμα 6.6 φαίνεται η εξάρτηση του  $I_{opt}$  από κάθε μία οικονομική παράμετρο στο διάστημα  $P_0 \pm 0,25P_0$ , δηλ. από  $0,75P_0$  έως  $1,25P_0$ , όπου  $P_0$  η κεντρική τιμή της παραμέτρου  $P$  (δηλ.  $i$ ,  $g$ ,  $r$ ,  $t$ ,  $m$ ). Στον οριζόντιο άξονα απεικονίζονται οι αδιάστατες (δηλ. χωρίς διαστάσεις) τιμές  $p = P/P_0$ . Για παράδειγμα, θα υπολογίσουμε το σημείο τομής του κάθετου άξονα με την καμπύλη εξάρτησης του  $I_{opt}$  από το επιτόκιο  $i$ : στο

σημείο αυτό η τιμή του  $i$  είναι  $0,75 \cdot 0,015 = 0,0113$ , και επομένως, εφαρμόζοντας την εξίσωση (12), λαμβάνουμε

$$I_{opt} = \frac{0,12 \cdot 0,11}{(1+0,0113)^{-19}} \cdot \left[ \frac{0,9889^{20} - 1}{0,9889 - 1} + \frac{0,065}{1+0,0113} \left( \frac{1 - 0,9889^{19}}{(0,9889 - 1)^2} + \frac{(20 - 1) \cdot 0,9889^{19}}{0,9889 - 1} \right) + 0,01 \cdot 0,9889 \cdot 2123 \right] \\ (1+0,04)^{20-2} (1+0,0113)^2$$

ή  $I_{opt} = 0,392$ , δηλ., 39,2%, όπου  $x = 1/(1+i) = 1/(1+0,0113) = 0,9889$  και

$$W = \left\{ \left( 1 + 2 \frac{0,9889^{19} - 0,9889}{0,9889 - 1} - [2 \cdot 19 - 1] 0,9889^{19} \right) / (1 - 0,9889) - 19^2 \cdot 0,9889^{19} \right\} / (1 - 0,9889)$$

ή  $W = 2123$ .

Σημειώνεται ότι όλες οι καμπύλες του Σχήματος 6.6 διέρχονται από το ίδιο σημείο, το οποίο έχει τετμημένη  $p=1$  (δηλ.  $P=P_0$ , π.χ.  $i=0,015$ ) και τεταγμένη

$$I_{opt} = \frac{0,12 \cdot 0,11}{(1+0,015)^{-19}} \cdot \left[ \frac{0,9852^{20} - 1}{0,9852 - 1} + \frac{0,065}{1+0,015} \left( \frac{1 - 0,9852^{19}}{(0,9852 - 1)^2} + \frac{(20 - 1) \cdot 0,9852^{19}}{0,9852 - 1} \right) + 0,01 \cdot 0,9852 \cdot 2020 \right] \\ (1+0,04)^{20-2} (1+0,015)^2$$

ή  $I_{opt} = 0,399$ , όπου  $x = 1/(1+i) = 1/(1+0,015) = 0,9852$  και

$$W = \left\{ \left( 1 + 2 \frac{0,9852^{19} - 0,9852}{0,9852 - 1} - [2 \cdot 19 - 1] 0,9852^{19} \right) / (1 - 0,9852) - 19^2 \cdot 0,9852^{19} \right\} / (1 - 0,9852)$$

ή  $W = 2020$ .

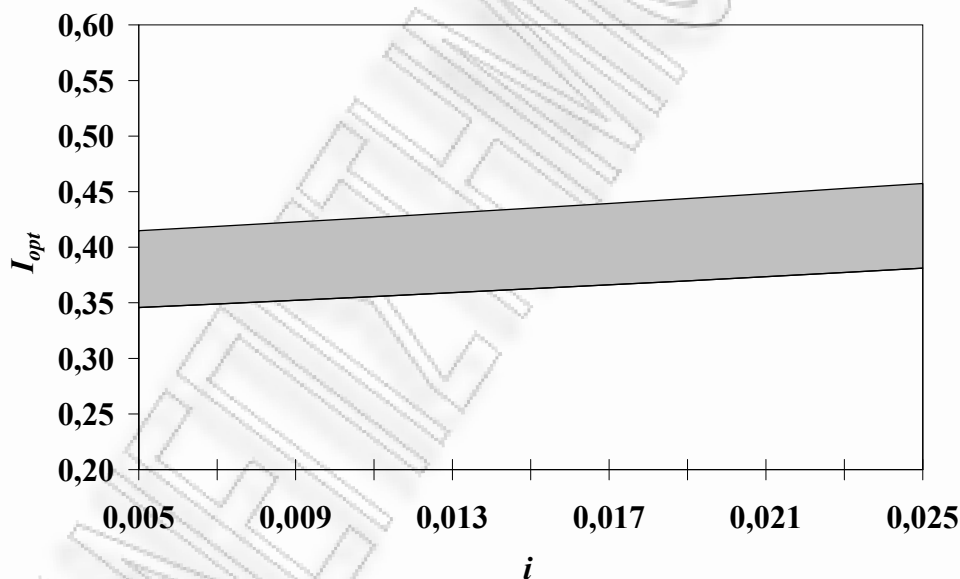
Στο Σχήμα 6.7 φαίνεται η εξάρτηση της σχετικής μεταβολής του  $I_{opt}$  (δηλ. του λόγου  $\Delta I_{opt} / \Delta p$ ) από κάθε μία οικονομική παράμετρο στο διάστημα  $P_0 \pm 0,25P_0$ , όπου  $P_0$  η κεντρική τιμή της παραμέτρου  $P$  (δηλ.  $i, g, r, t, m$ ). Στον οριζόντιο άξονα απεικονίζονται οι αδιάστατες τιμές  $p = P/P_0$ . Τα σημεία κάθε καμπύλης υπολογίζονται ως εξής: Διαιρούμε το συνολικό διάστημα  $1,25 - 0,75 = 0,5$  σε δέκα ίσα μέρη, προκειμένου να πάρουμε δέκα σημεία και να σχεδιάσουμε την καμπύλη. Προφανώς, κάθε υποδιάστημα  $\Delta p = p_{k+1} - p_k$  (όπου  $k=0, 1, 2, \dots, 10$ ) είναι 0,05. Έστω ότι οι αντίστοιχες τιμές του  $I_{opt}$  για  $p_{k+1}$  και  $p_k$  είναι  $I_{opt}(k+1)$  και  $I_{opt}(k)$ , αντίστοιχα. Επομένως, το υπολογιζόμενο σημείο έχει συντεταγμένες

$$\left[ \frac{p_{k+1} + p_k}{2}, \frac{I_{opt}(k+1) - I_{opt}(k)}{p_{k+1} - p_k} \right].$$

Για παράδειγμα, θα υπολογίσουμε το σημείο της καμπύλης που αναφέρεται στο επιτόκιο  $i$  για  $p_k = 0,75$  και  $p_{k+1} = 0,80$ . Εφαρμόζοντας την εξίσωση (12) για  $i_k = 0,75 \cdot 0,015 = 0,0113$  και  $i_{k+1} = 0,80 \cdot 0,015 = 0,0120$ , λαμβάνουμε μετά την εκτέλεση των

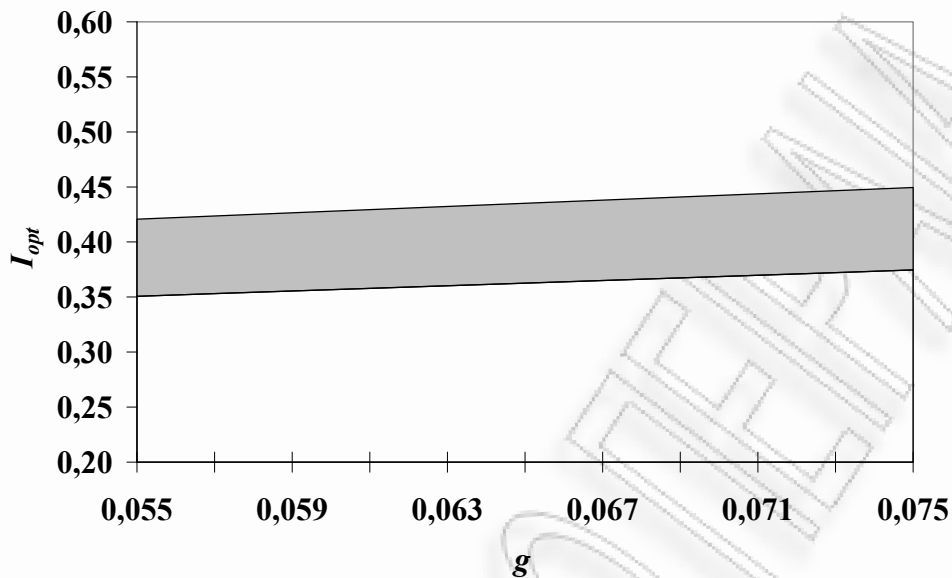
πράξεων  $I_{opt}(k)=0,3917$  και  $I_{opt}(k+1)=0,3931$ , αντίστοιχα. Επομένως η ζητούμενη τετμημένη είναι  $(0,75+0,80)/2=0,775$  και η ζητούμενη τεταγμένη είναι  $(0,3931-0,3917)/0,05=0,0282$ .

Στο τρισδιάστατο διάγραμμα του Σχήματος 6.8 απεικονίζεται η ανάλυση ευαισθησίας του  $I_{opt}$  ως προς την τιμή του επιτοκίου  $i$  και την τιμή της ετήσιας απόδοσης  $r$  της καλύτερης εναλλακτικής επένδυσης (second best). Για παράδειγμα, θα δείξουμε πως υπολογίζεται το σημείο τομής της εικονιζόμενης επιφάνειας με τον κάθετο άξονα: εφαρμόζουμε την εξίσωση (12) για  $i=0,005$ ,  $r=0,03$ ,  $K=0,12$ ,  $F/S=0,11$ ,  $t=20$ , οπότε προκύπτει  $I_{opt}=0,453$ , όπως φαίνεται και στο Σχήμα 6.8, κατά προσέγγιση. Με όμοιο τρόπο, στο τρισδιάστατο διάγραμμα του Σχήματος 6.9 απεικονίζεται η ανάλυση ευαισθησίας του  $I_{opt}$  ως προς την τιμή του ρυθμού  $g$  της ανά περίοδο (συνήθως ετήσιας) συνολικής αύξησης της εξοικονόμησης, αποτιμώμενης πάντοτε σε νομισματικές μονάδες (π.χ., λόγω της αύξησης της τιμής του πετρελαίου) και την τιμή εκτιμώμενης διάρκειας ζωής  $t$  της επένδυσης.

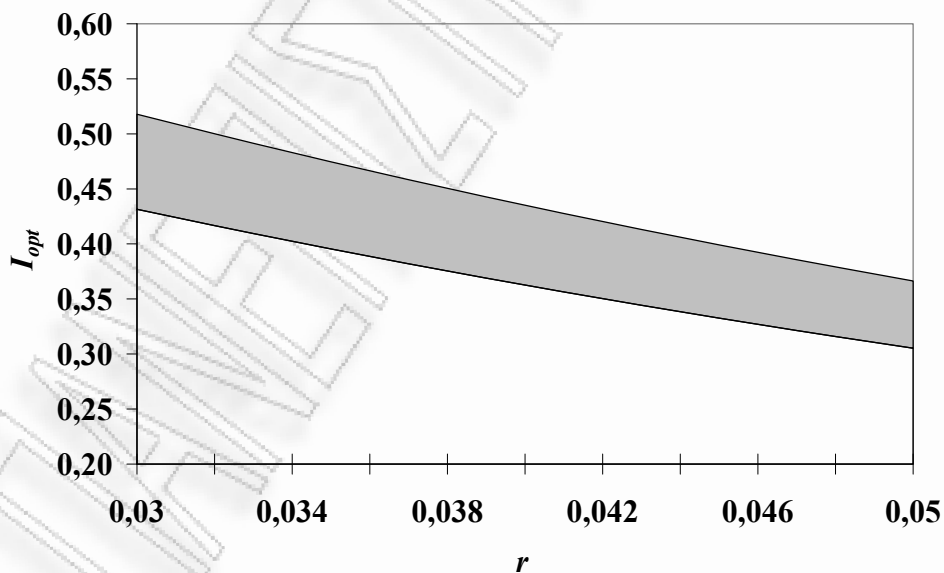


**Σχήμα 6.1.** Μονοπαραμετρική ανάλυση ευαισθησίας της βέλτιστης επιχορήγησης  $I_{opt}$  ως προς την τιμή του επιτοκίου για εύρος τιμών 0,005-0,025 (αντίστοιχες τιμές της εκτίμησης για  $I_{opt}$ : 0,346-0,415 και 0,381-0,457),  $K=0,12$ ,  $F/S=0,10-0,12$ ,  $t=20$ ,  $g=0,065$ ,  $r=0,04$ ,  $h=0,01$ ,  $m=2$ .

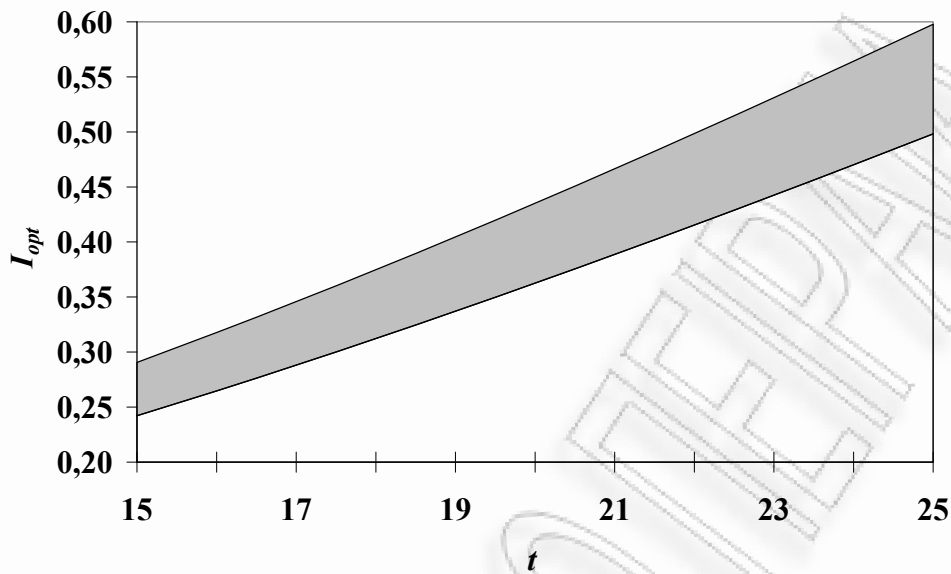




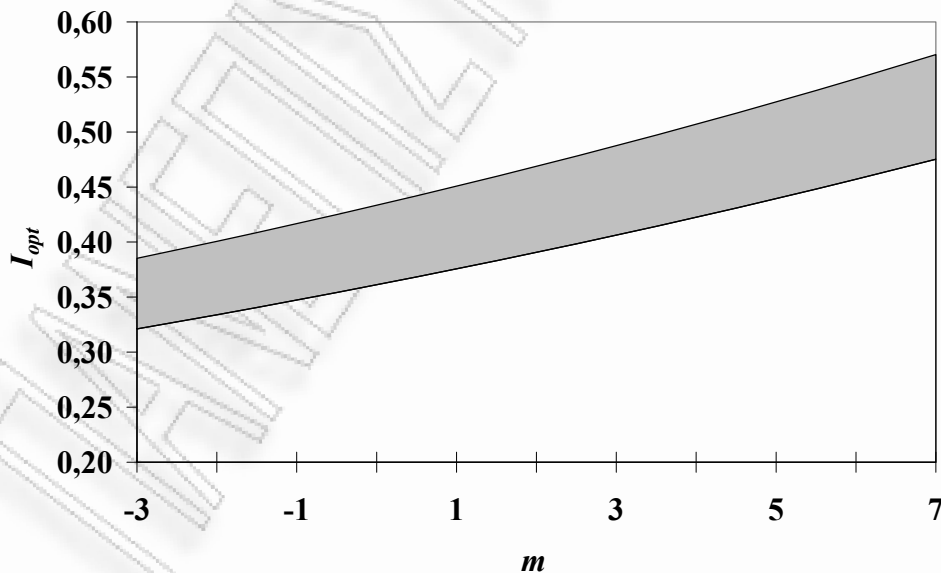
**Σχήμα 6.2.** Μονοπαραμετρική ανάλυση ευαισθησίας της βέλτιστης επιχορήγησης  $I_{opt}$  ως προς το ρυθμό αύξησης του ενεργειακού κόστους  $g$  για εύρος τιμών 0,055-0,075 (αντίστοιχες τιμές της εκτίμησης για  $I_{opt}$ : 0,351-0,421 και 0,375-0,450),  $K=0,12$ ,  $F/S=0,10-0,12$ ,  $t=20$ ,  $i=0,015$ ,  $r=0,04$ ,  $h=0,01$ ,  $m=2$ .



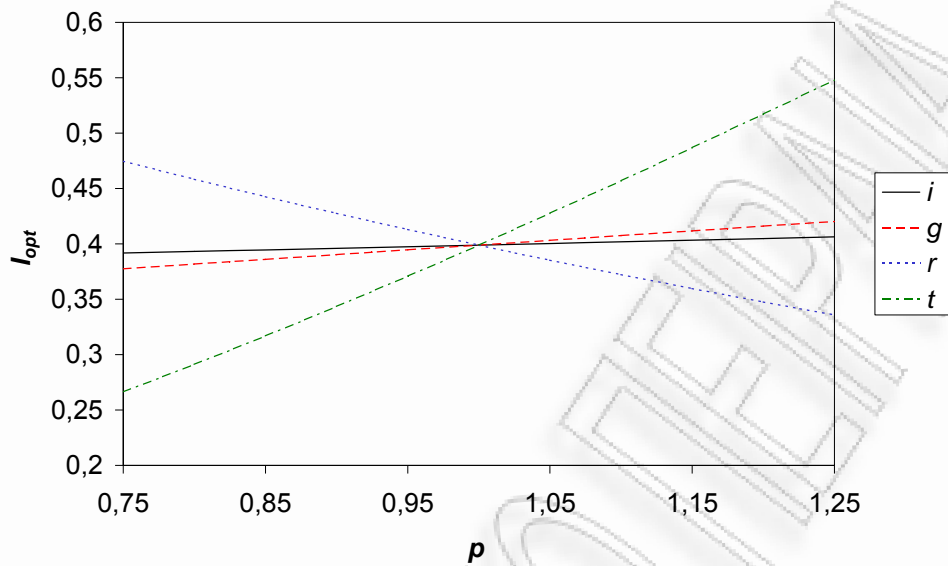
**Σχήμα 6.3.** Μονοπαραμετρική ανάλυση ευαισθησίας της βέλτιστης επιχορήγησης  $I_{opt}$  ως προς την τιμή της ετήσιας απόδοσης  $r$  της καλύτερης για το Δημόσιο εναλλακτικής επένδυσης για εύρος τιμών 0,03-0,05 (αντίστοιχες τιμές της εκτίμησης για  $I_{opt}$ : 0,432-0,518 και 0,305-0,366),  $K=0,12$ ,  $F/S=0,10-0,12$ ,  $t=20$ ,  $g=0,065$ ,  $i=0,015$ ,  $h=0,01$ ,  $m=2$ .



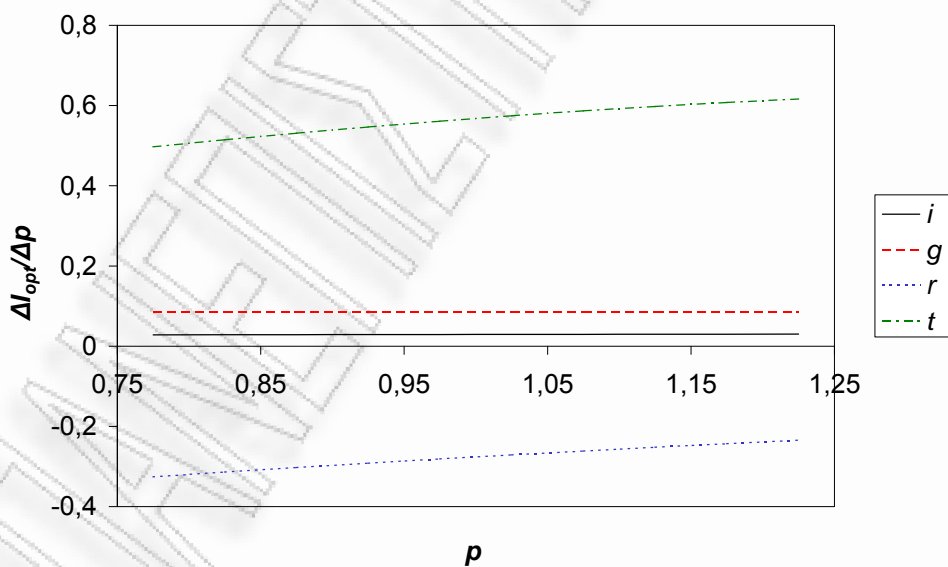
**Σχήμα 6.4.** Μονοπαραμετρική ανάλυση ευαισθησίας της βέλτιστης επιχορήγησης  $I_{opt}$  ως προς την εκτιμώμενη διάρκεια ζωής  $t$  της επένδυσης για εύρος τιμών 15-25 (αντίστοιχες τιμές της εκτίμησης για  $I_{opt}$ : 0,242-0,291 και 0,498-0,598),  $K=0,12$ ,  $F/S=0,10-0,12$ ,  $r=0,04$ ,  $g=0,065$ ,  $i=0,015$ ,  $h=0,01$ ,  $m=2$ .



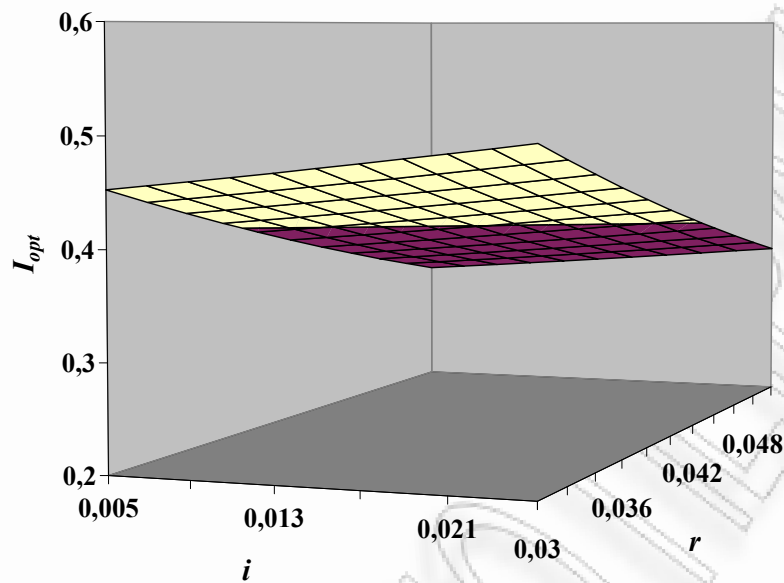
**Σχήμα 6.5.** Μονοπαραμετρική ανάλυση ευαισθησίας της βέλτιστης επιχορήγησης  $I_{opt}$  ως προς τις περιόδους  $m$  για εύρος τιμών από -3 έως 7 (αντίστοιχες τιμές της εκτίμησης για  $I_{opt}$ : 0,321-0,385 και 0,475-0,570),  $K=0,12$ ,  $F/S=0,10-0,12$ ,  $r=0,040$ ,  $g=0,065$ ,  $i=0,015$ ,  $h=0,01$ ,  $m=2$ .



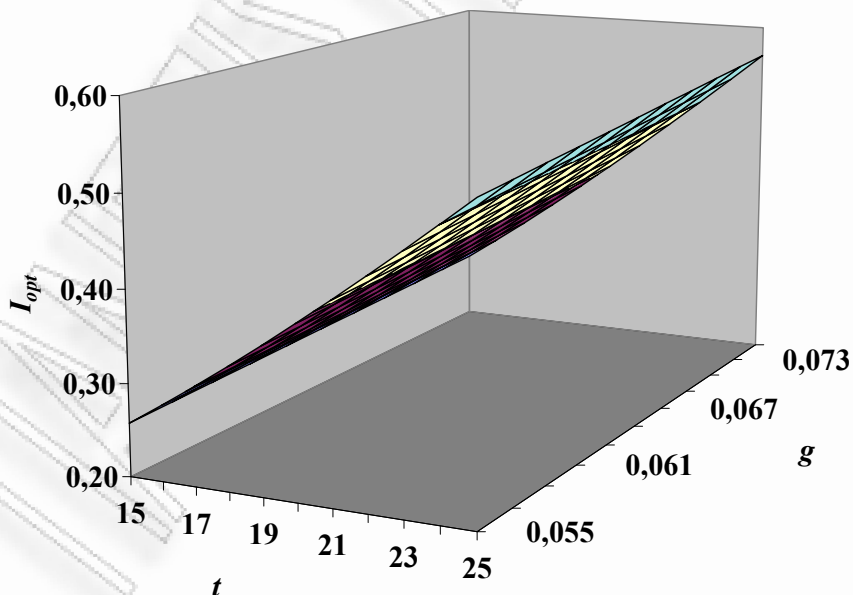
**Σχήμα 6.6.** Ανάλυση ευαισθησίας πρώτης τάξης της  $I_{opt}$  στο διάστημα  $P_0 \pm 0,25P_0$ , όπου  $P_0$  είναι η μέση τιμή της παραμέτρου  $P$  (δηλ.,  $i, g, r, t$ ). Ο οριζόντιος άξονας απεικονίζει τις αδιάστατες τιμές  $p=P/P_0$ .



**Σχήμα 6.7.** Ανάλυση ευαισθησίας δεύτερης τάξεως του  $I_{opt}$  στο διάστημα  $P_0 \pm 0,25P_0$ , όπου  $P_0$  η κεντρική τιμή της παραμέτρου  $P$  (δηλ.,  $i, g, r, t$ ). Ο οριζόντιος άξονας απεικονίζει τις αδιάστατες τιμές  $p=P/P_0$ .



**Σχήμα 6.8.** Διπαραμετρική ανάλυση ευαισθησίας του  $I_{opt}$  ως προς την τιμή (α) του επιτοκίου  $i$  για εύρος τιμών 0,005-0,025, και (β) της ετήσιας απόδοσης  $r$  της καλύτερης εναλλακτικής επένδυσης για εύρος τιμών 0,03-0,05 (η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή εκτίμησης της  $I_{opt}$  : 0,320-0,499,  $K=0,12$  ,  $F/S=0,11$ ,  $t=20$ ,  $g=0,065$ ,  $h=0,01$ ,  $m=2$ ).



**Σχήμα 6.9.** Διπαραμετρική ανάλυση ευαισθησίας του  $I_{opt}$  ως προς την τιμή (α) της εκτιμώμενης διάρκειας ζωής  $t$  της επένδυσης για εύρος τιμών 15-25 και (β) του ρυθμού  $g$  της ετήσιας συνολικής αύξησης της εξοικονόμησης για εύρος τιμών 0,055-0,075 (η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή εκτίμησης της  $I_{opt}$ : 0,258-0,566), for  $K=0,12$ ,  $F/S=0,11$ ,  $i=0,015$ ,  $r=0,04$ ,  $h=0,01$ ,  $m=2$ ).

### 6.3 Στατιστική εκτίμηση της εξοικονόμησης ενέργειας $F$

Για την εκτίμηση της εξοικονόμησης ενέργειας, απαιτείται, πέραν του υπολογισμού της ενεργειακής ανάλωσης της νέας βιομηχανικής μονάδας (βάσει του προτεινόμενου επενδυτικού σχεδίου), και η πρότυπη ειδική ενεργειακή ανάλωση (Specific Energy Consumption – SEC), δηλ., αυτή που θα πραγματοποιηθεί χωρίς την εισαγωγή νέας τεχνολογίας. Επειδή, όμως, η τελευταία αυτή είναι δύσκολο να προσδιορισθεί αντικειμενικά, αφού αυτός που θα υποβάλει το επενδυτικό σχέδιο θα υπερτιμήσει την SEC, ώστε να φαίνεται μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας με την εισαγωγή της προτεινόμενης νέας τεχνολογίας (άρα μεγαλύτερη επιχορήγηση του επενδυτικού σχεδίου), υπάρχει η δυνατότητα προσέγγισης της τιμής της SEC μέσω ενός εμπειρικού υποδείγματος συσχέτισής της με την πρότυπη θερμότητα της αντίδρασης (Standard Heat of Reaction – SHR), όπως αυτή προκύπτει από τους αντίστοιχους θερμοδυναμικούς υπολογισμούς.

**Πίνακας 6.1.** Τα αριθμητικά δεδομένα SHR και SEC που ελήφθησαν υπ’όψη (μετά από μία διαδικασία εξόρυξης γνώσης – data mining) για την εκτίμηση των στατιστικών παραμέτρων των εξεταζόμενων υποδειγμάτων. Οι τιμές  $SEC_{est}$  είναι οι εκτιμήσεις της εξαρτημένης μεταβλητής για παραβολικό υπόδειγμα όταν δεν γίνεται διάκριση μεταξύ ενδόθερμων και εξώθερμων βιομηχανικών χημικών διεργασιών.

Προϊόν	Πρώτες Ύλες	SHR	SEC	SEC est	Dev.
Ακεταλδεΐδη	Αιθυλένιο, Οξυγόνο	-2135	2239	-659,92	2898,92
Ακεταλδεΐδη	Αιθυλένιο, Οξυγόνο	-2135	1500	-659,92	2159,92
Ακεταλδεΐδη	Αιθυλένιο, Οξυγόνο	-2135	1457	-659,92	2116,92
Θειικό αργίλιο	Αλουμίνα, Θειικό οξύ	-280	2420	4596,56	-2176,56
Νιτρικό αμμώνιο	Αμμωνία, Νιτρικό οξύ	-783	2197	3002,96	-805,96
Δισφαινόλη Α	Φαινόλη, Ακετόνη	-145	7810	5045,58	2764,42
Δισφαινόλη Α	Φαινόλη, Ακετόνη	-145	7140	5045,58	2094,42
Δευτεροταγής βουτυλική αλκοόλη	κ-Βουτένιο, Νερό	-329	5250	4435,82	814,18
Δευτεροταγής βουτυλική αλκοόλη	κ-Βουτένιο, Νερό	-329	5338	4435,82	902,18
Χλώριο (και καυστική σόδα)	Άλμη	2710	18260	16653,53	1606,47
Χλώριο (και καυστική σόδα)	Άλμη	2710	17000	16653,53	346,47
Χλώριο	Υδροχλωρικό οξύ, Οξυγόνο	-614	100	3524,42	-3424,42
Κυκλοεξάνιο	Βενζόλιο, Υδρογόνο	-1049	0	2210,83	-2210,83
Κυκλοεξάνιο	Βενζόλιο, Υδρογόνο	-1049	1188	2210,83	-1022,83
Τερεφθαλικός διμεθυλεστέρας	Τερεφθαλικό οξύ, Μεθανόλη	26	6250	5627,28	622,72
Τερεφθαλικός διμεθυλεστέρας	Τερεφθαλικό οξύ, Μεθανόλη	26	5128	5627,28	-499,28
Αιθανόλη	Αιθυλένιο, Νερό	-412	6290	4166,24	2123,76
Αιθανόλη	Αιθυλένιο, Νερό	-412	5346	4166,24	1179,76
Οξείκος αιθυλεστέρας	Ακεταλδεΐδη	-714	1802	3214,16	-1412,16
Αιθυλοβενζόλιο	Αιθυλένιο, Βενζόλιο	-461	51	4008,70	-3957,70
Οξείδιο του αιθυλενίου	Αιθυλένιο, Οξυγόνο	-1009	3018	2327,71	690,29
Οξείδιο του αιθυλενίου	Αιθυλένιο, Οξυγόνο	-1009	-660	2327,71	-2987,71
Φορμαλδεΐδη	Μεθανόλη, Οξυγόνο	-2337	-400	-1129,51	729,51
Φορμαλδεΐδη	Μεθανόλη, Οξυγόνο	-2337	-1730	-1129,51	-600,49
Φορμαλδεΐδη	Μεθανόλη, Οξυγόνο	-2337	-1895	-1129,51	-765,49

Φορμαδεύδη	Μεθανόλη, Οξυγόνο	-2337	-1828	-1129,51	-698,49
Υδροφθορικό οξύ	Φθοριούχο ασβέστιο, Θεικό οξύ	602	7220	7693,15	-473,15
Υδροφθορικό οξύ	Φθοριούχο ασβέστιο, Θεικό οξύ	602	6680	7693,15	-1013,15
Υπεροξειδίο υδρογόνου	Νερό	4813	29570	27783,74	1786,26
Ισοπροπανόλη	Προπυλένιο, Νερό	-376	8190	4282,75	3907,25
Ισοπροπανόλη	Προπυλένιο, Νερό	-376	4417	4282,75	134,25
Μηλειικός ανυδρίτης	Βενζόλιο, Οξυγόνο	-8240	-7635	-5935,96	-1699,04
Μηλειικός ανυδρίτης	Βενζόλιο, Οξυγόνο	-8240	-5859	-5935,96	76,96
Ακρυλικό μεθύλιο	Ακρυλικό οξύ, Μεθανόλη	-489	6390	3919,21	2470,79
Νιτρικό οξύ	Αμμωνία, Οξυγόνο	-3046	-554	-2617,94	2063,94
Πολυαιθυλένιο (υψηλής πυκνότητας)	Αιθυλένιο	-1457	3970	1063,88	2906,12
Πολυαιθυλένιο (υψηλής πυκνότητας)	Αιθυλένιο	-1457	1893	1063,88	829,12
Πολυαιθυλένιο (υψηλής πυκνότητας)	Αιθυλένιο	-1457	2016	1063,88	952,12
Πολυαιθυλένιο (υψηλής πυκνότητας)	Αιθυλένιο	-1457	402	1063,88	-661,88
Πολυαιθυλένιο (χαμηλής πυκνότητας)	Αιθυλένιο	-1457	2367	1063,88	1303,12
Πολυαιθυλένιο (χαμηλής πυκνότητας)	Αιθυλένιο	-1457	3550	1063,88	2486,12
Πολυπροπυλένιο	Προπυλένιο	-877	2940	2719,04	220,96
Πολυπροπυλένιο	Προπυλένιο	-877	4272	2719,04	1552,96
Πολυστυρόλιο	Στυρόλιο	-289	2250	4566,95	-2316,95
Πολυβινυλοχλωρίδιο	Βινυλοχλωρίδιο	-660	6020	3381,08	2638,92
Πολυβινυλοχλωρίδιο	Βινυλοχλωρίδιο	-660	1355	3381,08	-2026,08
Πολυβινυλοχλωρίδιο	Βινυλοχλωρίδιο	-660	706	3381,08	-2675,08
Καυστικό κάλιο (και χλώριο)	Χλωριούχο κάλιο, Νερό	1713	11290	12141,57	-851,57
Ανθρακικό νάτριο	Χλωριούχο νάτριο, Ανθρακικό ασβέστιο	49	6500	5706,62	793,38
Πυριτικό νάτριο	Ανθρακικό νάτριο, Πυρετικός ανυδρίτης	275	3076	6500,19	-3424,19
Πυριτικό νάτριο	Ανθρακικό νάτριο, Πυρετικός ανυδρίτης	275	5000	6500,19	-1500,19
Θεικό νάτριο	Φυσικές άλμες	7	2560	5561,93	-3001,93
Στυρόλιο	Αιθυλένιο, Βενζόλιο	11	7020	5575,67	1444,33
Στυρόλιο	Αιθυλένιο, Βενζόλιο	11	4842	5575,67	-733,67
Θεικό οξύ	Θείο, Οξυγόνο, Νερό	-2305	9	-1056,47	1065,47
Θεικό οξύ	Θείο, Οξυγόνο, Νερό	-2305	-980	-1056,47	76,47
Τριγλωφοφορομεθάνιο	Τετραγλωφάνθρακας, Υδροφθορικό οξύ	98	1526	5876,53	-4350,53
Ουρία	Αμμωνία, Διοξειδίο του άνθρακα	-954	1337	2489,72	-1152,72
Ουρία	Αμμωνία, Διοξειδίο του άνθρακα	-954	1171	2489,72	-1318,72

Για τη συσχέτιση αυτή, χρησιμοποιούμε ένα πλήρες ακέραιο πολυωνυμικό υπόδειγμα της μορφής  $SEC = \sum_{i=0}^m a_i (SHR)^i$ ,  $m \leq 4$ , και επιλέγουμε τον βέλτιστο βαθμό  $m$  του πολυωνύμου, με κριτήρια τον συντελεστή προσδιορισμού της παλινδρόμησης\* (Coefficient

\* Οι κανονικές εξισώσεις (normal equations) της στατιστικής παλινδρόμησης που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση των παραμέτρων ενός πολυωνύμου είναι γραμμικές (ως προς τις παραμέτρους) και επομένως η τιμή

of Determination –  $R^2$ ),  $g_1$ , το τυπικό σφάλμα της εκτίμησης (Standard Error of Estimate – SEE),  $g_2$ , την απλότητα του υποδείγματος (Occam's Razor),  $g_3$ , την ευλογοφάνεια (Plausibility),  $g_4$ , τη συνέπεια ή τοπική συγκρισιμότητα (Consistency ή Intra-Comparability, αντίστοιχα),  $g_5$ , και τη γενική συγκρισιμότητα (Inter-Comparability),  $g_6$ . Οι εκτιμήσεις των  $R^2$  και SEE βασίζονται σε επιλογές αριθμητικών δεδομένων από την τεχνική βιβλιογραφία [1-10].

Ακολουθείται η μέθοδος της πολυκριτηριακής ανάλυσης (MultiCriteria Analysis – MCA), με χρησιμοποίηση ασαφών αριθμών (fuzzy numbers) για την εκτίμηση του διανύσματος των βαρών και της μήτρας προτίμησης (weights vector και preference matrix, αντίστοιχα), ώστε να ληφθεί υπ' όψη η αβεβαιότητα στην εκτίμηση των επιμέρους ποσοτικών ή ποσοτικοποιούμενων μεγεθών. Η αρχή της μεθόδου αυτής συνίσταται στην εύρεση του  $Max\{f_1(a), \dots, f_K(a) \mid a \in A\}$ , όπου  $A$  είναι το αρχικό σύνολο των  $T$  εναλλακτικών διανυσμάτων εισόδου και  $f_i$ ,  $i = 1, \dots, K$ , είναι τα  $K$  κριτήρια αξιολόγησης αυτών των υπό μορφή διανυσμάτων εναλλακτικών λύσεων. Η διαδικασία αποτελείται από δύο βήματα: (i) διαμόρφωση της πολυκριτηριακής μήτρας ( $K \times T$ ), όπου κάθε στοιχείο  $x_{kt}$  απεικονίζει την αξιολόγηση της εναλλακτικής λύσης  $a_t$  ως προς το κριτήριο  $f_k$ , και (ii) την κατάταξη των εναλλακτικών λύσεων, σύμφωνα με ένα σύνολο προκαθορισμένων κανόνων. Η μέτρηση της προτίμησης της εναλλακτικής λύσης  $a_t$  δίνεται από το άθροισμα των τιμών  $x_{kt}$ , οι οποίες έχουν προηγουμένως πολλαπλασιαστεί με την αντίστοιχη τιμή  $w_k$  του διανύσματος των βαρών. Τα αθροίσματα όμως αυτά 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 των τιμών (των ανεξάρτητων/ερμηνευτικών μεταβλητών και παραμέτρων), οι οποίες δεν επηρεάζουν τη θέση της εξεταζόμενης λύσης στην τελική κατάταξη.

Μελετήθηκαν διάφορες μέθοδοι που συμβάλλουν στην επισήμανση του ρόλου των διαφορών αυτών, αποκαλύπτοντας την μη-συγκρισιμότητα (aRb) και την ασθενή προτίμηση (aQb) μεταξύ των εναλλακτικών λύσεων a,b, πέραν της ισχυρής προτίμησης (aPb) και της αδιαφορίας (aIb) που έδιναν ως αποτέλεσμα οι παλαιότερες μέθοδοι. Η μέθοδος PROMETHEE (Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluations, [11]) προτιμήθηκε λόγω της απλότητας, της σαφήνειας και της ευστάθειας/αξιοπιστίας που την διακρίνουν. Η έννοια του γενικευμένου κριτηρίου χρησιμοποιήθηκε για την

---

του  $R^2$  προσδιορίζεται αλγεβρικά, με την επίλυση του συστήματος των εξισώσεων αυτών (δηλ., της αντίστοιχης μήτρας), με τρόπο όμοιο με αυτόν που χρησιμοποιείται στην απλή γραμμική παλινδρόμηση.

επιδιωκόμενη κατάταξη υπό τη μορφή του δείκτη προτίμησης  $\Pi(a,b) = \sum w_i P_i(a,b) / \sum w_i$  ως σταθμισμένη μέση τιμή της συνάρτησης προτίμησης  $P_i$  που ποσοτικοποιεί την προτίμηση της εναλλακτικής λύσης  $a$  έναντι της  $b$ , λαμβάνοντας υπόψη όλα τα κριτήρια. 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 Π-μήτρας συσχέτισης (διπλής εισόδου) λαμβάνεται η ροή εξόδου από κάθε κόμβο, η οποία είναι μέτρο της υπεροχής του. Αντιστρόφως, αθροίζοντας τα στοιχεία κάθε στήλης, λαμβάνεται η ροή εισόδου σε κάθε κόμβο, η οποία δείχνει κατά πόσον υπολείπεται έναντι των άλλων. Θεωρώντας αμφοτέρως τις ροές, εξόδου και εισόδου, καθώς και το γεγονός ότι όσο υψηλότερη η πρώτη και 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. 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 (δηλ. την καθαρή ροή) κάθε κόμβου του γραφήματος.

Ως γενικευμένο κριτήριο, χρησιμοποιήθηκε η βαθμωτή γραμμική συνάρτηση προτίμησης  $P = H(d) \in [0,1]$ , όπου  $d$  είναι η διαφορά της αξιολόγησης μεταξύ των εναλλακτικών λύσεων  $a, b$ , ως προς κάθε επιμέρους κριτήριο. Η 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  $q$ .

Η παραπάνω μέθοδος τροποποιήθηκε με την εισαγωγή ασαφών συνόλων (καλούμενη στη συνέχεια Fuzzy MCA – FMCA) για την απεικόνιση ασαφών αριθμών προκειμένου να ληφθεί υπόψη η αβεβαιότητα που υπεισέρχεται στην εκτίμηση των τιμών του διανύσματος των βαρών και της πολυκριτήριας μήτρας. 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 την μονάδα. Οι αριθμητικές πράξεις βασίσθηκαν στην

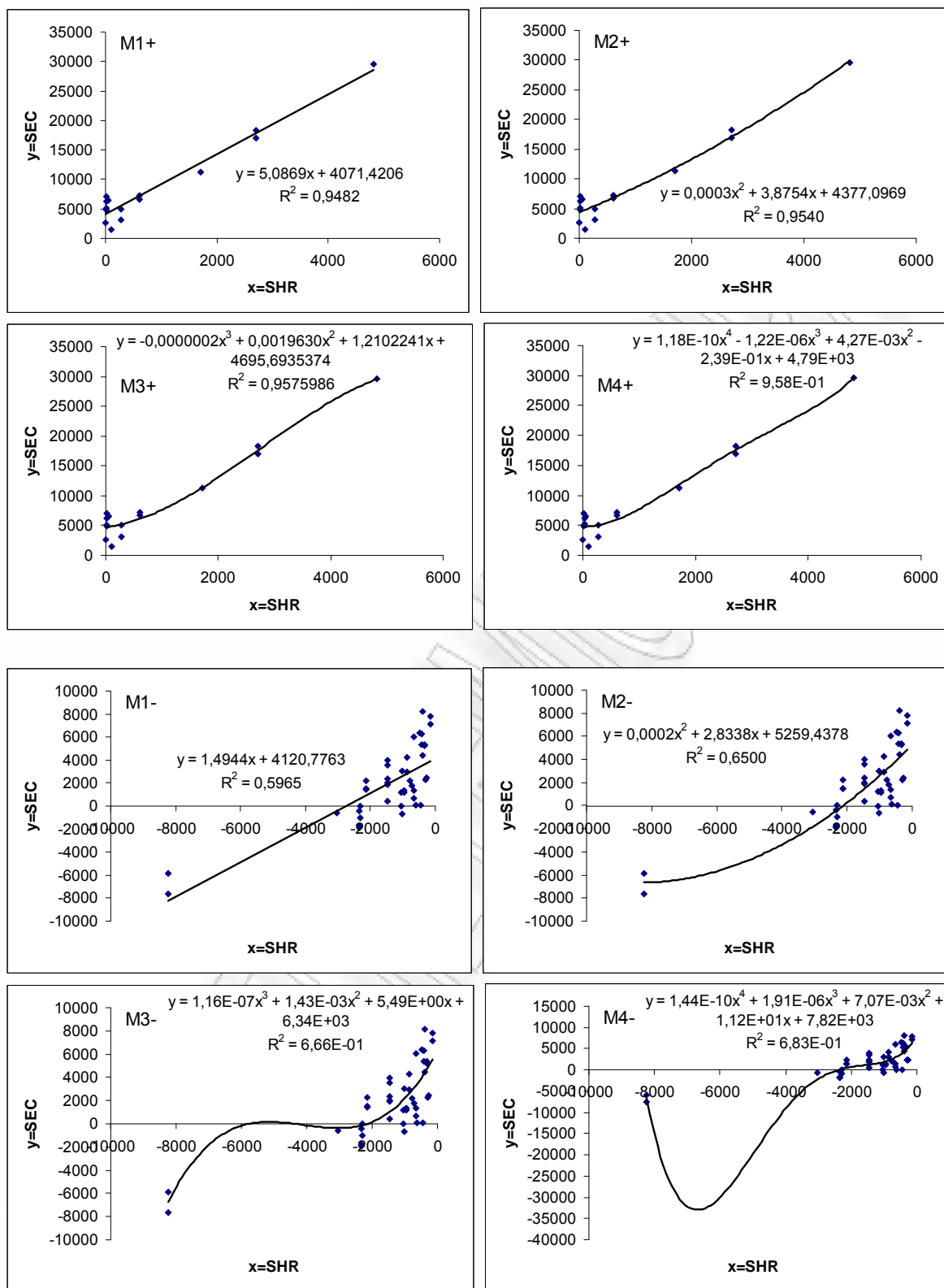


κλασική άλγεβρα των ασαφών αριθμών που θεμελίωσαν οι Dubois & Prade [12], ενώ ο αντίστοιχος αλγόριθμος ευρίσκεται υπό μορφή πρωτότυπου λογισμικού (σε γλώσσα Visual Basic) ενσωματωμένου σε αυτοτελές πρόγραμμα H/Y, το οποίο χρησιμοποιείται στην (i) εκπόνηση διπλωματικών εργασιών και (ii) διεξαγωγή ερευνητικών έργων του Εργαστηρίου Προσομοίωσης Βιομηχανικών Διεργασιών, που έχουν οδηγήσει στη δημοσίευση αντίστοιχων επιστημονικών εργασιών [13-25].

Το λογισμικό αυτό περιλαμβάνει και τις βασικές μεθόδους απασαφοποίησης/κατάταξης ασαφών αριθμών για την εξαγωγή των τελικών PRA και TRA αποτελεσμάτων καθώς και την ανάλυση ευαισθησίας ως προς κάθε κριτήριο. Ενδεικτικά αναφέρονται οι μέθοδοι Yager, Jain, Tseng & Klein, Baas & Kuakernaak και Baldwin & Guild. Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι των Tseng & Klein [26], η οποία βασίζεται στη σύγκριση της θέσης των σχημάτων που 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. Διασαφηνίζεται ότι η μέθοδος αυτή δεν βασίζεται σε απλή απασαφοποίηση (defuzzification) μεμονωμένων αριθμών αλλά στην κατά ζεύγη σύγκριση κόμβων (pair-wise comparison), με αποτέλεσμα η επιτυγχάνομενη σύνθετη απασαφοποίηση να αποδεικνύεται εξαιρετικά χρήσιμη στην FMCA, ιδιαίτερα με την μορφή που χρησιμοποιείται στην παρούσα διατριβή.

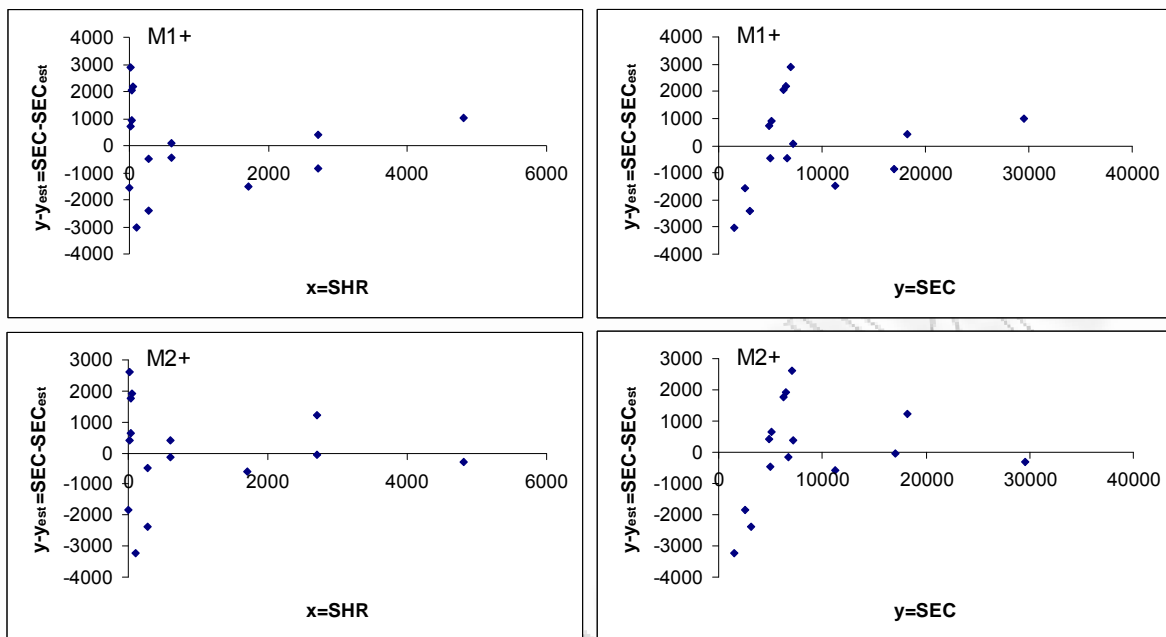
**Πίνακας 6.2.** Τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης των πολυωνυμικών υποδειγμάτων MJ όπου J ο βαθμός του πολυωνύμου, δηλ. J=1,2,3,4) στα δεδομένα των ενδόθερμων και εξώθερμων βιομηχανικών χημικών διεργασιών, συμβολιζόμενων με (+) και (-), αντίστοιχα (για τις σχετικές γραφικές παραστάσεις, βλ. Σχήμα 6.10).  $SEE=SQR[SSR/(n-p)]$ , όπου SSR είναι το άθροισμα των τετραγώνων των διαφορών (Sum of Squares of Residuals) μεταξύ πραγματικών και εκτιμώμενων τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής SEC.

Model:	M1+	M2+	M3+	M4+	M1-	M2-	M3-	M4-
SEE	1769	1735	1739	1814	2088	1968	1946	1919
SSR	40658859	36110762	33262932	32918245	183032060	158794119	151542459	143677286
n-p	13	12	11	10	42	41	40	39
R <sup>2</sup>	0,94817	0,95397	0,9576	0,95804	0,59654	0,64997	0,66595	0,68329
a <sub>4</sub>	-	-	-	1,176 10 <sup>-10</sup>	-	-	-	1,441 10 <sup>-10</sup>
a <sub>3</sub>	-	-	-2,37 10 <sup>-7</sup>	-1,22 10 <sup>-6</sup>	-	-	1,164 10 <sup>-7</sup>	1,906 10 <sup>-6</sup>
a <sub>2</sub>	-	0,0002949	0,001963	0,0042717	-	0,0001684	0,0014326	0,0070658
a <sub>1</sub>	5,0869	3,8754	1,2102	-0,23871	1,4944	2,8338	5,4897	11,229
a <sub>0</sub>	4071,4	4377,1	4695,7	4787,9	4120,8	5259,4	6341,4	7816,6

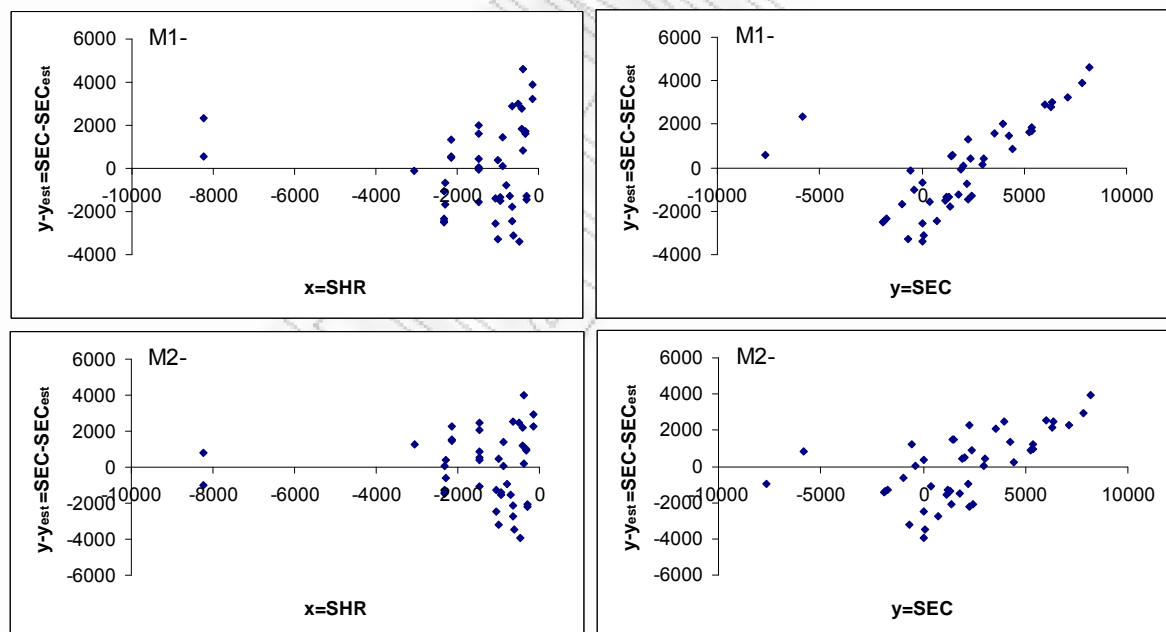


**Σχήμα 6.10.** Γραφικές παραστάσεις των εκτιμηθέντων πολυωνυμικών υποδειγμάτων και απεικόνιση των πραγματικών τιμών των ζευγών [SHR, SEC] που χρησιμοποιήθηκαν για την παλινδρόμηση. Ο κωδικός MJ (J=1,2,3,4) συμβολίζει πολυωνυμικό υπόδειγμα (Model) βαθμού J ενώ τα σημεία (+) και (-) δηλώνουν δεδομένα ενδόθερμων και εξώθερμων βιομηχανικών χημικών διεργασιών, αντίστοιχα.

(A)



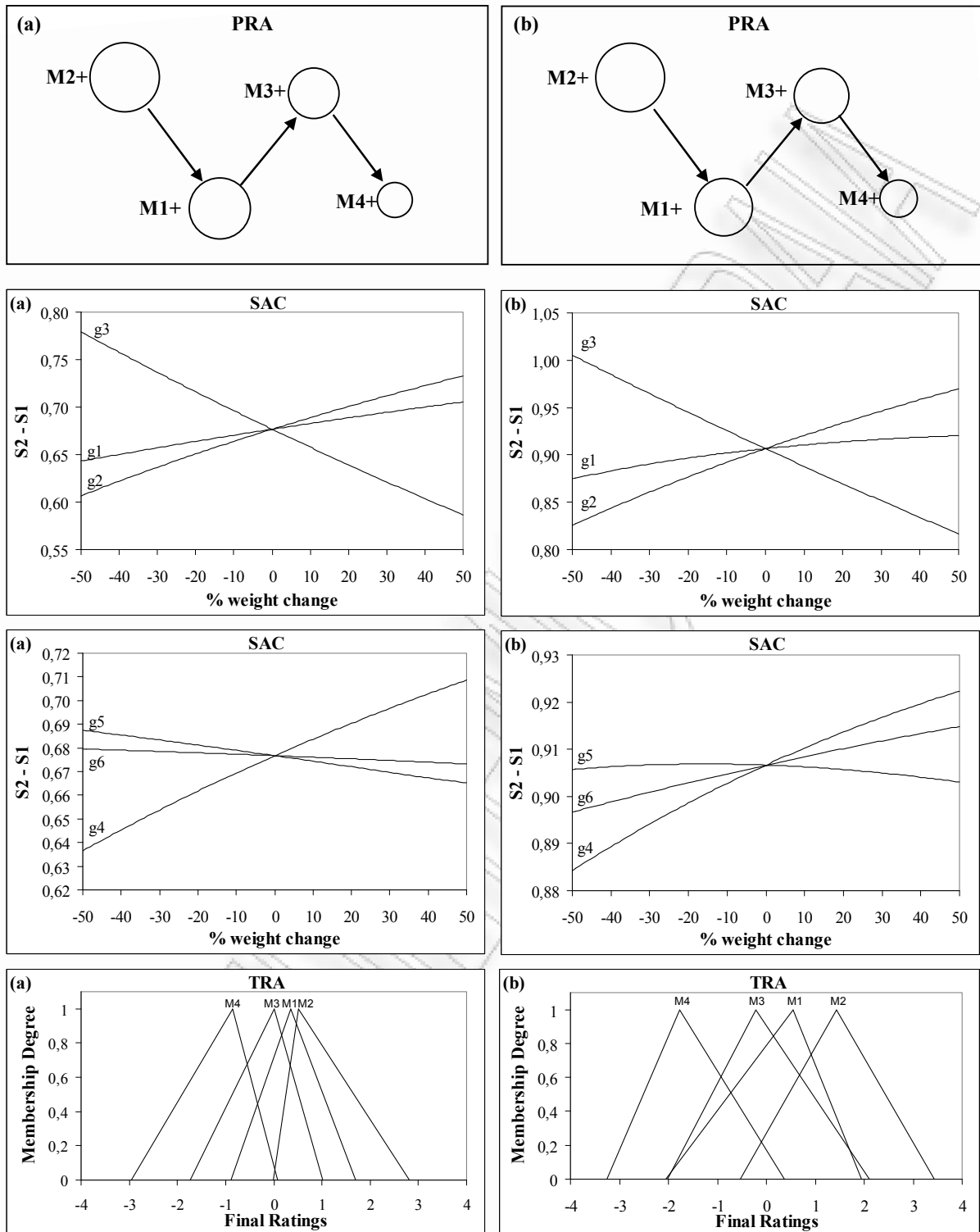
(B)



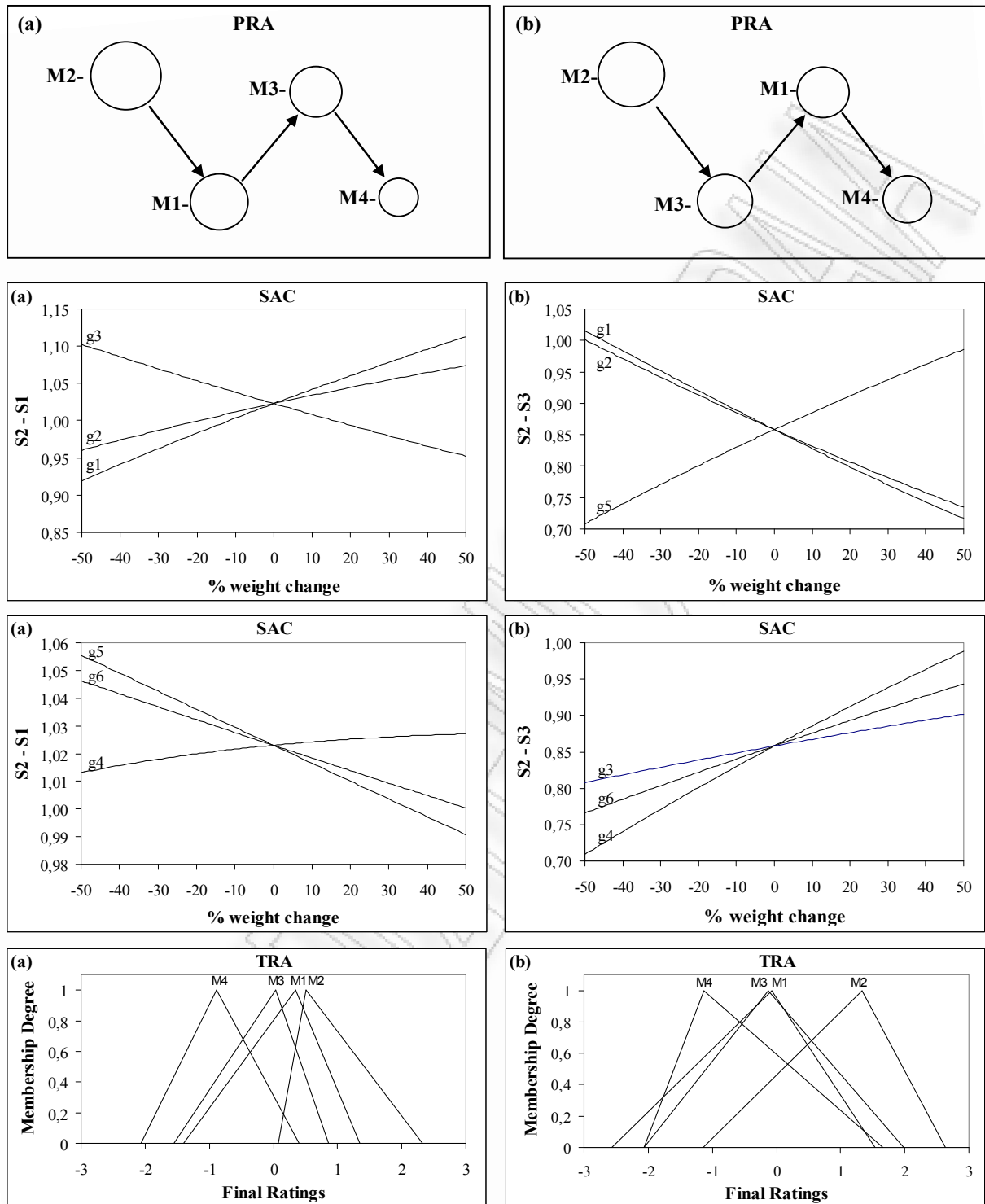
**Σχήμα 6.11.** Γραφική ανάλυση της διασποράς των υπολοίπων/καταλοίπων (analysis of residuals), δηλ., της εξάρτησης των πραγματικών διαφορών ( $SEC-SEC_{est}$ ) από τις πραγματικές τιμές των SHR και SEC, (i) για το παραβολικό ή δευτεροβάθμιο πολυωνυμικό (M2) υπόδειγμα, που υποδεικνύεται ως το καλύτερο, και (ii) για το γραμμικό ή πρωτοβάθμιο πολυωνυμικό (M1) υπόδειγμα, που υποδεικνύεται (μέσω της FMCA) ως το δεύτερο καλύτερο. Τα διαγράμματα αναφέρονται σε κατανάλωση ενέργειας (A) ενδόθερμων και (B) εξώθερμων βιομηχανικών διεργασιών (διακρινόμενα με τα σημεία (+) και (-) στην άνω και κάτω τετράδα, αντίστοιχα).

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στα Σχήματα 6.12 και 6.13, όπου η μερική κατάταξη των πολυωνυμικών υποδειγμάτων συσχέτισης  $M_j$  ( $j = 1, 2, \dots, 4$ ), για ενδόθερμες και εξώθερμες βιομηχανικές διεργασίες, αντίστοιχα, εμφανίζεται ως ένα σύνολο κύκλων. Το Εμβαδόν  $E_j$  του αντίστοιχου κύκλου είναι ανάλογο της σχετικής (απασαφοποιημένης) τιμής  $S_j$  με την οποία αντιπροσωπεύεται το πολυωνυμικό υπόδειγμα  $M_j$  στο τελικό διάνυσμα της εξόδου (output). Για τις ενδόθερμες βιομηχανικές διεργασίες, στο επίπεδο χαμηλής ανάλυσης ( $q=1,5$  και  $p=3,0$ ) εμφανίζεται η λύση  $S_2 > S_1 > S_3 > S_4$ , συνεπαγόμενη  $M_2 > M_1 > M_3 > M_4$  (με αντίστοιχες απασαφοποιημένες τιμές  $3,0848 > 2,4081 > 1,7158 > 0,7913$ ). Στο επίπεδο υψηλής ανάλυσης ( $q=0,5$  και  $p=1,0$ ) εμφανίζεται ομοίως η λύση  $S_2 > S_1 > S_3 > S_4$ , συνεπαγόμενη  $M_2 > M_1 > M_3 > M_4$  (με αντίστοιχες απασαφοποιημένες τιμές  $3,0417 > 2,1351 > 1,9470 > 0,8761$ ). Για τις εξώθερμες βιομηχανικές διεργασίες, στο επίπεδο χαμηλής ανάλυσης ( $q=1,5$  και  $p=3,0$ ) εμφανίζεται η λύση  $S_2 > S_1 > S_3 > S_4$ , συνεπαγόμενη  $M_2 > M_1 > M_3 > M_4$  (με αντίστοιχες απασαφοποιημένες τιμές  $3,1584 > 2,1354 > 1,7134 > 0,9927$ ). Στο επίπεδο υψηλής ανάλυσης ( $q=0,5$  και  $p=1,0$ ) εμφανίζεται η λύση  $S_2 > S_3 > S_1 > S_4$ , συνεπαγόμενη  $M_2 > M_3 > M_1 > M_4$  (με αντίστοιχες απασαφοποιημένες τιμές  $2,8045 > 1,9464 > 1,7417 > 1,5073$ ). Το σύμβολο '>' σημαίνει 'καλύτερη από', δηλ. υιοθετείται σειρά φθίνουσας προτίμησης.

Από την παραπάνω ανάλυση προκύπτει ότι η προτεινόμενη λύση του πολυωνυμικού υποδείγματος  $M_2$  είναι εύρωστη (robust), αφού (i) δεν περιλαμβάνεται σε οποιοδήποτε ζεύγος συγκρινόμενων υποδειγμάτων του οποίου τα μέλη εμφανίζονται ως μη-συγκρίσιμα και (ii) η μονοπαραμετρική ανάλυση ευαισθησίας ως προς το δεύτερο καλύτερο υπόδειγμα (α)  $M_1$ , σε επίπεδο χαμηλής και υψηλής ανάλυσης στην περίπτωση των ενδόθερμων βιομηχανικών χημικών διεργασιών, και (β)  $M_1$  και  $M_3$  σε επίπεδο χαμηλής και υψηλής ανάλυσης, αντίστοιχα, στην περίπτωση των εξώθερμων βιομηχανικών διεργασιών, δίνει  $S_2 - S_1 > 0$  και  $S_2 - S_3 > 0$  σε ολόκληρη την περιοχή  $\pm 50\%$  γύρω από τη μέση απασαφοποιημένη τιμή κάθε κριτηρίου στο διάνυσμα των βαρών. Η εμπειρική έρευνα τόσο σε υποκειμενικό επίπεδο δια μέσου των εμπειρογνομόνων όσο και σε αντικειμενικό επίπεδο δια μέσου της εξόρυξης γνώσης (data mining) από την τεχνική βιβλιογραφία επιβεβαιώνει τα παραπάνω αποτελέσματα.



**Σχήμα 6.12.** Μερική κατάταξη (PRA) των πολυωνυμικών υποδειγμάτων συσχέτισης για ενδόθερμες βιομηχανικές χημικές διεργασίες, ανάλυση ευαισθησίας ως προς κάθε ένα κριτήριο (SAC) και συνολική κατάταξη των εναλλακτικών μεθόδων (TRA), σε (a) επίπεδο χαμηλής ανάλυσης της προτίμησης (σχετικά υψηλές τιμές  $q, p$ ) και (b) επίπεδο υψηλής ανάλυσης της προτίμησης (σχετικά χαμηλές τιμές  $q, p$ ). Το σύμβολο '→' σημαίνει 'καλύτερη από'. Το παραβολικό υπόδειγμα M2 κατατάσσεται πρώτο στα δύο επίπεδα ανάλυσης της προτίμησης και η λύση αυτή αποδεικνύεται εύρωστη (robust).



**Σχήμα 6.13.** Μερική κατάταξη (PRA) των πολυωνυμικών υποδειγμάτων συσχέτισης για εξώθερμες βιομηχανικές χημικές διεργασίες, ανάλυση ευαισθησίας ως προς κάθε ένα κριτήριο (SAC) και συνολική κατάταξη των εναλλακτικών μεθόδων (TRA), σε (a) επίπεδο χαμηλής ανάλυσης της προτίμησης (σχετικά υψηλές τιμές  $q, p$ ) και (b) επίπεδο υψηλής ανάλυσης της προτίμησης (σχετικά χαμηλές τιμές  $q, p$ ). Το σύμβολο ‘ $\rightarrow$ ’ σημαίνει ‘καλύτερη από’. Το παραβολικό υπόδειγμα M2 κατατάσσεται πρώτο στα δύο επίπεδα ανάλυσης της προτίμησης και η λύση αυτή αποδεικνύεται εύρωστη (robust). Παρατηρείται ότι, σε επίπεδο υψηλής ανάλυσης, το υπόδειγμα της κυβικής παραβολής εμφανίζεται καλύτερο του γραμμικού αλλά αμφότερα απέχουν σημαντικά του πρώτου.

Το υπόδειγμα  $M_2$  δίνει καλύτερες εκτιμήσεις (επιτυγχάνόμενων υψηλότερων τιμών  $R^2$  και χαμηλότερων τιμών SEE) από αυτές που αναφέρονται στην τεχνική βιβλιογραφία (βλ. π.χ. [1-10]), επειδή (i) έχουμε κατηγοριοποιήσει τις βιομηχανικές χημικές διεργασίες σε ενδόθερμες και εξώθερμες και έχουμε πραγματοποιήσει διακριτή μοντελοποίηση και στατιστική ανάλυση σε κάθε κατηγορία χωριστά, και (ii) δεν έχουμε περιλάβει φυσικές διεργασίες, οι οποίες, έχοντας  $SHR=0$ , μεταβάλουν το λογικό υπόβαθρο της κατηγοριοποίησης, με αποτέλεσμα τη χειροτέρευση όλων των στατιστικών δεικτών/παραμέτρων. Για παράδειγμα, το προκρινόμενο ως καλύτερο πολυωνυμικό υπόδειγμα δευτέρου βαθμού (παραβολικό) δίνει τιμές SEE 2191, 1981, 1735, 1968, όταν λαμβάνονται υπ' όψη αδιακρίτως και φυσικές διεργασίες, όταν δεν λαμβάνονται αυτές υπ' όψη, όταν γίνεται αναφορά μόνο στις ενδόθερμες και όταν γίνεται αναφορά μόνον στις εξώθερμες, αντίστοιχα.

#### **6.4 Περιορισμοί Εφαρμογής της Βέλτιστης Επιχορήγησης $I_{opt}$ του Επενδυτικού Σχεδίου**

Στην Ενότητα αυτή, περιγράφονται οι περιορισμοί εφαρμογής της βέλτιστης επιχορήγησης  $I_{opt}$  του επενδυτικού σχεδίου, όπως αναφέρονται στην κείμενη νομοθεσία. Όπου στη συνέχεια σημειώνεται Ν. εννοείται ο Ν. 3299/2004, του οποίου διατηρείται η δομή και στο παρόν κείμενο, ώστε να είναι (α) εφικτός ο υπολογισμός του ποσού της επιχορήγησης από τα αποτελέσματα του συνδυασμού κριτηρίων και (β) ευδιάκριτες οι περιπτώσεις εξαιρέσεων.

##### *Άρθρο 2: Διαίρεση της Επικράτειας - Περιοχές εφαρμογής των ενισχύσεων*

1. Για την εφαρμογή των διατάξεων του Ν., η Επικράτεια κατανέμεται σε τέσσερις (4) περιοχές ως εξής:

- ΠΕΡΙΟΧΗ Δ': Περιλαμβάνει τους Νομούς Ξάνθης, Ροδόπης και Έβρου, τις Βιομηχανικές Επιχειρηματικές Περιοχές (Β.Ε.ΠΕ.), όπως καθορίζονται στο άρθρο 1 του Ν.2545/1997 (ΦΕΚ 254 Α'/1997), της Διοικητικής Περιφέρειας Ηπείρου, τα Νησιά της Ελληνικής Επικράτειας με πληθυσμό μέχρι 3.100 κατοίκους, σύμφωνα με την απογραφή του 1991, τα νησιά της Διοικητικής Περιφέρειας Βορείου Αιγαίου, τη Νήσο Θάσο, το Νομό Δωδεκανήσου, πλην της περιοχής που καθορίζεται από την υπουργική απόφαση του γενικού πολεοδομικού σχεδίου της πόλης της Ρόδου, και την παραμεθόρια ζώνη του ηπειρωτικού τμήματος της Επικράτειας σε απόσταση 20 χιλιομέτρων από τα σύνορα, στην οποία εντάσσονται και οι Δήμοι ή οι Κοινότητες των οποίων τα διοικητικά όρια τέμνονται από τη ζώνη αυτή.

Η περιοχή Δ' διαιρείται στις υποπεριοχές Δ1, Δ2 και Δ3 ως εξής:

Δ1: Περιλαμβάνει την παραμεθόριο ζώνη του ηπειρωτικού τμήματος της Κεντρικής και Δυτικής Μακεδονίας σε απόσταση 20 χιλιομέτρων από τα σύνορα, στην οποία εντάσσονται και οι δήμοι ή οι κοινότητες των οποίων τα διοικητικά όρια τέμνονται από τη ζώνη αυτή, το Νομό Δωδεκανήσου πλην της περιοχής που καθορίζεται από την υπουργική απόφαση του γενικού πολεοδομικού σχεδίου της πόλης Ρόδου, τα Νησιά της Διοικητικής Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας, Θεσσαλίας, Ιονίων Νήσων, Στερεάς Ελλάδος, Αττικής, Νοτίου Αιγαίου και Κρήτης με πληθυσμό μέχρι 3.100 κατοίκους σύμφωνα με την απογραφή του 1991.

Δ2: Περιλαμβάνει την παραμεθόριο ζώνη του ηπειρωτικού τμήματος της Ανατολικής Μακεδονίας και Ηπείρου σε απόσταση 20 χιλιομέτρων από τα σύνορα στην οποία εντάσσονται και οι δήμοι και οι κοινότητες των οποίων τα διοικητικά όρια τέμνονται από τη ζώνη αυτή, τις Β.Ε.ΠΕ. της Διοικητικής Περιφέρειας Ηπείρου, τα νησιά της Διοικητικής Περιφέρειας Βορείου Αιγαίου, τη νήσο Θάσο, και τα νησιά της Ανατολικής Μακεδονίας, Ηπείρου, Δυτικής Ελλάδας, και Πελοποννήσου με πληθυσμό μέχρι 3.100 κατοίκους σύμφωνα με την απογραφή του 1991.

Δ3: Περιλαμβάνει τους Νομούς Ξάνθης, Ροδόπης και Έβρου.

- ΠΕΡΙΟΧΗ Γ': Περιλαμβάνει τη Ζώνη Λαυρεωτικής του Νομού Αττικής, όπως αυτή καθορίστηκε με την υπ αριθμ.37349/ 5.11.1991 (ΦΕΚ 950 Β') κοινή απόφαση των Υπουργών Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων, Εθνικής Οικονομίας και Εσωτερικών, καθώς και τις περιφέρειες, τους Νομούς ή τα τμήματα Νομών της Επικράτειας που δεν εντάσσονται στις περιοχές Δ', Β' και Α'.

- ΠΕΡΙΟΧΗ Β': Περιλαμβάνει τις Βιομηχανικές Επιχειρηματικές Περιοχές (Β.Ε.ΠΕ.), την Επαρχία Λαγκαδά και το τμήμα δυτικά του ποταμού Αξιού του Νομού Θεσσαλονίκης και την Επαρχία Τροιζηνίας του Νομού Αττικής.

- ΠΕΡΙΟΧΗ Α': Περιλαμβάνει τους Νομούς Αττικής και Θεσσαλονίκης, πλην των τμημάτων τους που εντάσσονται στις λοιπές περιοχές.

2. Με απόφαση του Υπουργού Οικονομίας και Οικονομικών η ισχύς της οποίας διαρκεί δύο (2) έτη από την έκδοσή της, καθορίζονται τα κράτη της αλλοδαπής και οι συγκεκριμένες περιοχές αυτών, για τις οποίες έχει εφαρμογή η διάταξη της παραγράφου 3 του άρθρου 3, με την οποία προβλέπεται η ενίσχυση της επιχορήγησης σε ορισμένα επενδυτικά σχέδια που πραγματοποιούνται στα κράτη αυτά.

Με όμοιες αποφάσεις είναι δυνατόν να καθορίζονται, κατά παρέκκλιση των λοιπών διατάξεων του παρόντος:

α) Ο χρόνος υποβολής των αιτήσεων υπαγωγής.



- β) Τα κριτήρια βαθμολόγησης.
- γ) Η διαδικασία και τα όργανα ελέγχου των επενδυτικών σχεδίων.
- δ) Ο τρόπος καταβολής των ενισχύσεων.
- ε) Η προθεσμία ολοκλήρωσης.

*Άρθρο 3: Υπαγόμενα επενδυτικά σχέδια*

1. Στο καθεστώς των ενισχύσεων υπάγονται τα ακόλουθα επενδυτικά σχέδια, όπως αυτά προσδιορίζονται για κάθε τομέα οικονομικής δραστηριότητας, τα οποία κατανέμονται σε πέντε (5) κατηγορίες προκειμένου να οριστούν οι παρεχόμενες ενισχύσεις.

α) Επενδυτικά σχέδια στον πρωτογενή τομέα:

i) Επενδυτικά σχέδια εξόρυξης και θραύσης βιομηχανικών ορυκτών και αδρανών υλικών - Κατηγορία 1.

ii) Επενδυτικά σχέδια σε μηχανικά μέσα σποράς, καλλιέργειας και συγκομιδής αγροτικών προϊόντων τα οποία πραγματοποιούνται από αγροτικούς ή αγροτοβιομηχανικούς συνεταιρισμούς, καθώς και ομάδες παραγωγών ή ενώσεις ομάδων παραγωγών, οι οποίες έχουν συσταθεί σύμφωνα με την κοινοτική νομοθεσία, όπως αυτά ορίζονται με την κοινή υπουργική απόφαση της παραγράφου 2(α) του παρόντος άρθρου - Κατηγορία 1.

iii) Επενδυτικά σχέδια τυποποίησης, συσκευασίας ή συντήρησης γεωργικών ή κτηνοτροφικών προϊόντων ή προϊόντων αλιείας και ιχθυοτροφίας μη προερχόμενα από μεταποιητική δραστηριότητα, όπως αυτά ορίζονται με την κοινή υπουργική απόφαση της παραγράφου 2(α) του παρόντος άρθρου - Κατηγορία 1.

iv) Επενδυτικά σχέδια γεωργικών επιχειρήσεων θερμοκηπιακού τύπου και βιολογικής γεωργίας, κτηνοτροφικών επιχειρήσεων εσταυλισμένου ή ημιεσταυλισμένου τύπου και αλιευτικών επιχειρήσεων (υδατοκαλλιέργειες) σύγχρονης τεχνολογίας, όπως αυτά ορίζονται με την κοινή υπουργική απόφαση της παραγράφου 2(α) του παρόντος άρθρου - Κατηγορία 1.

β) Επενδυτικά σχέδια στο δευτερογενή τομέα:

i) Επενδυτικά σχέδια εξόρυξης, επεξεργασίας και εν γένει αξιοποίησης βιομηχανικών ορυκτών. Επενδυτικά σχέδια λατόμευσης και αξιοποίησης μαρμάρων υπό την προϋπόθεση ότι περιλαμβάνουν εξοπλισμό κοπής και επεξεργασίας - Κατηγορία 1.

ii) Μεταλλευτικά επενδυτικά σχέδια - Κατηγορία 1.

iii) Επενδυτικά σχέδια στον τομέα της μεταποίησης, όπως ορίζεται στη Στατιστική Ταξινόμηση των Κλάδων Οικονομικής Δραστηριότητας (Σ.Τ.Α.Κ.Ο.Δ.) - Κατηγορία 1.

iv) Επενδυτικά σχέδια παραγωγής ενέργειας σε μορφή θερμού νερού ή ατμού - Κατηγορία 1.

v) Επενδυτικά σχέδια παραγωγής βιοκαυσίμων ή στερεών καυσίμων από βιομάζα, επενδυτικά σχέδια παραγωγής βιομάζας από φυτά, με σκοπό τη χρήση της ως πρώτης ύλης για την παραγωγή ενέργειας - Κατηγορία 1.

vi) Επενδυτικά σχέδια παραγωγής ηλεκτρισμού από ήπιες μορφές ενέργειας και ειδικότερα την αιολική, την ηλιακή, την υδροηλεκτρική, τη γεωθερμική και τη βιομάζα, ανεξαρτήτως εγκατεστημένης ισχύος επενδυτικά σχέδια συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας - Κατηγορία 4.

vii) Επενδυτικά σχέδια για την αφαλάτωση θαλασσινού ή υφάλμυρου νερού για την παραγωγή πόσιμου ύδατος - Κατηγορία 1.

viii) Επενδυτικά σχέδια για τη μετεγκατάσταση βυρσοδευείων από τους Νομούς Αττικής, Θεσσαλονίκης και Χανίων εντός Βιομηχανικών και Επιχειρηματικών Περιοχών (Β.Ε.ΠΕ.), στις οποίες υφίστανται οι κατάλληλες υποδομές και προβλέπεται η εγκατάστασή τους - Κατηγορία 4.

ix) Επενδυτικά σχέδια για την παραγωγή ή και τυποποίηση Προϊόντων Γεωγραφικής Ένδειξης (Π.Γ.Ε.) ή και προϊόντων Προστατευόμενης Ονομασίας Προέλευσης (Π.Ο.Π.) εφόσον γίνονται από επιχειρήσεις που στεγάζονται σε παραδοσιακά ή διατηρητέα λιθόκτιστα κτίρια ή και κτιριακά συγκροτήματα βιομηχανικού χαρακτήρα - Κατηγορία 1.

γ) Επενδυτικά σχέδια στον τομέα του τουρισμού:

i) Ίδρυση ή επέκταση ξενοδοχειακών μονάδων κατηγορίας τουλάχιστον τριών αστέρων (3\*), πρώην Β΄ τάξης - Κατηγορία 2.

ii) Εκσυγχρονισμός ολοκληρωμένης μορφής λειτουργουσών ξενοδοχειακών μονάδων κατηγορίας τουλάχιστον δύο αστέρων (2\*), πρώην Γ΄ τάξης ή ξενοδοχειακών μονάδων που έχουν διακόψει προσωρινά τη λειτουργία τους μέχρι πέντε (5) έτη κατ' ανώτατο όριο, χωρίς στο διάστημα αυτό να έχει γίνει αλλαγή στη χρήση του κτιρίου και υπό τον όρο ότι κατά το χρόνο της προσωρινής διακοπής της λειτουργίας τους ήταν τουλάχιστον κατηγορίας δύο αστέρων (2\*), πρώην Γ΄ τάξης - Κατηγορία 4.

iii) Εκσυγχρονισμός ολοκληρωμένης μορφής λειτουργουσών ξενοδοχειακών μονάδων κατώτερης κατηγορίας των δύο αστέρων (2\*), πρώην Γ΄ τάξης, σε κτίρια που χαρακτηρίζονται διατηρητέα ή παραδοσιακά, εφόσον με τον εκσυγχρονισμό τους αναβαθμίζονται τουλάχιστον σε κατηγορία δύο αστέρων (2\*), πρώην Γ΄ τάξης. Επίσης εκσυγχρονισμός ολοκληρωμένης μορφής ξενοδοχειακών μονάδων που έχουν διακόψει προσωρινά τη λειτουργία τους για πέντε (5) έτη κατ' ανώτατο όριο, χωρίς στο διάστημα αυτό να έχει γίνει αλλαγή στη χρήση του κτιρίου και υπό τον όρο ότι με τον εκσυγχρονισμό τους αναβαθμίζονται τουλάχιστον σε κατηγορία δύο αστέρων (2\*), πρώην Γ΄ τάξης - Κατηγορία 4.

- iv) Εκσυγχρονισμός ξενοδοχειακών μονάδων που αφορά στη δημιουργία συμπληρωματικών εγκαταστάσεων με την προσθήκη νέων κοινόχρηστων χώρων, νέων χρήσεων επί κοινόχρηστων χώρων, πισίνων και αθλητικών εγκαταστάσεων σε ξενοδοχειακές μονάδες τουλάχιστον κατηγορίας δύο αστερών (2\*), πρώην Γ΄ τάξης, με σκοπό την παροχή πρόσθετων υπηρεσιών - Κατηγορία 4.
- v) Μετατροπή παραδοσιακών ή διατηρητέων κτιρίων σε ξενοδοχειακές μονάδες τουλάχιστον κατηγορίας δύο αστερών (2\*), πρώην Γ΄ τάξης - Κατηγορία 4.
- vi) Εκσυγχρονισμός ολοκληρωμένης μορφής λειτουργουσών τουριστικών οργανωμένων κατασκηνώσεων (campings) τουλάχιστον Γ΄ τάξης - Κατηγορία 4.
- vii) Ίδρυση, επέκταση, εκσυγχρονισμός συνεδριακών κέντρων - Κατηγορία 4.
- viii) Ίδρυση, επέκταση, εκσυγχρονισμός χιονοδρομικών κέντρων - Κατηγορία 4.
- ix) Ίδρυση, επέκταση, εκσυγχρονισμός αξιοποίησης ιαματικών πηγών - Κατηγορία 4.
- x) Ίδρυση, επέκταση, εκσυγχρονισμός τουριστικών λιμένων σκαφών αναψυχής (μαρίνες) για επενδυτικά σχέδια που γίνονται με πρωτοβουλία οποιουδήποτε φυσικού ή νομικού προσώπου ιδιωτικού δικαίου σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 31 του Ν. 2160/1993 (ΦΕΚ 118 Α΄) - Κατηγορία 4.
- xi) Ίδρυση, επέκταση, εκσυγχρονισμός γηπέδων γκολφ - Κατηγορία 4.
- xii) Ίδρυση, επέκταση, εκσυγχρονισμός κέντρων θαλασσοθεραπείας - Κατηγορία 4.
- xiii) Ίδρυση, επέκταση, εκσυγχρονισμός κέντρων τουρισμού υγείας - Κατηγορία 4.
- xiv) Ίδρυση, επέκταση, εκσυγχρονισμός κέντρων προπονητικού - αθλητικού τουρισμού - Κατηγορία 4.
- xv) Ίδρυση, επέκταση, εκσυγχρονισμός θεματικών πάρκων που αποτελούν οργανωμένες μορφές τουρισμού οι οποίες διαφοροποιούν ή διευρύνουν το τουριστικό προϊόν και παρέχουν ολοκληρωμένης μορφής υποδομές και υπηρεσίες συμπεριλαμβανομένων κατ'ελάχιστον των υπηρεσιών στέγασης σίτισης, στέγασης ψυχαγωγίας και κοινωνικής μέριμνας - Κατηγορία 1.
- xvi) Ίδρυση, επέκταση, εκσυγχρονισμός αυτοκινητοδρομίων απαραίτητων για την τουριστική ανάπτυξη της χώρας - Κατηγορία 1.
- δ) Επενδυτικά σχέδια στον τριτογενή τομέα:
- i) Επενδυτικά σχέδια συνεργαζόμενων εμπορικών και μεταφορικών επιχειρήσεων, υπό ενιαίο φορέα, για τη δημιουργία εμπορευματικών σταθμών, εμπορευματικών κέντρων και διαμετακομιστικών κέντρων, όπως αυτά θα οριστούν με την κοινή υπουργική απόφαση της παραγράφου 2(β) του παρόντος άρθρου - Κατηγορία 4.
- ii) Επενδυτικά σχέδια των μεταφορικών ή και εμπορικών επιχειρήσεων, υπό ενιαίο φορέα, για τη δημιουργία υποδομών αποθήκευσης, συσκευασίας και τυποποίησης, καθώς και

κλειστών χώρων στάθμευσης φορτηγών οχημάτων, όπως αυτά θα οριστούν με την κοινή υπουργική απόφαση της παραγράφου 2(β) του παρόντος άρθρου - Κατηγορία 4.

iii) Επενδυτικά σχέδια για την παροχή υπηρεσιών εφοδιαστικής αλυσίδας - Κατηγορία 4.

iv) Επενδυτικά σχέδια για τη δημιουργία ευρυζωνικών δικτυακών υποδομών και συναφούς εξοπλισμού που εξασφαλίζει την πρόσβαση σε πολίτες ή επιχειρήσεις, σε επίπεδο Ο.Τ.Α., Περιφερειών κ.λπ. ή άλλης γεωγραφικής περιοχής με επιχειρηματικό ενδιαφέρον - Κατηγορία 4.

v) Επενδυτικά σχέδια παροχής καινοτομικών ηλεκτρονικών επικοινωνιακών και ευρυζωνικών υπηρεσιών ευρείας κλίμακας τα οποία βασίζονται στην ευρυζωνική υποδομή - Κατηγορία 4.

vi) Επενδυτικά σχέδια ανάπτυξης λογισμικού - Κατηγορία 4.

vii) Επενδυτικά σχέδια για τη δημιουργία εργαστηρίων εφαρμοσμένης βιομηχανικής, ενεργειακής, μεταλλευτικής, γεωργικής, κτηνοτροφικής, δασικής και ιχθυοκαλλιεργητικής έρευνας. Επίσης, επενδυτικά σχέδια ανάπτυξης τεχνολογιών και βιομηχανικών σχεδίων - Κατηγορία 4.

viii) Επενδυτικά σχέδια για την παροχή υπηρεσιών εξαιρετικά προηγμένης τεχνολογίας - Κατηγορία 4.

ix) Επενδυτικά σχέδια για τη δημιουργία εργαστηρίων παροχής υπηρεσιών ποιότητας ή και υψηλής τεχνολογίας, πιστοποιήσεων, δοκιμών ελέγχου και διακριβώσεων - Κατηγορία 4.

x) Επενδυτικά σχέδια για την ανέγερση και εκμετάλλευση βιοτεχνικών κέντρων και κτιρίων στις ειδικές βιοτεχνικές και βιομηχανικές ζώνες που καθορίζονται στο πλαίσιο του πολεοδομικού και χωροταξικού σχεδιασμού, καθώς και χώρων κοινωνικών και πολιτιστικών λειτουργιών, κεντρικών αγορών και σφαγείων που γίνονται από επιχειρήσεις Ο.Τ.Α. α' ή β' βαθμού ή συνεταιρισμούς. Επίσης επενδυτικά σχέδια των ως άνω φορέων για τη μετασκευή και διαμόρφωση παλαιών βιομηχανοστασίων και λοιπών εγκαταστάσεων για χώρους κοινωνικών και πολιτιστικών λειτουργιών, εκθεσιακών κέντρων, κεντρικών αγορών και σφαγείων - Κατηγορία 1.

xi) Επενδυτικά σχέδια επιχειρήσεων υγρών καυσίμων, αερίων καυσίμων και υγραερίων, για τη δημιουργία εγκαταστάσεων αποθήκευσης ή για την προμήθεια εξοπλισμού μεταφοράς υγρών καυσίμων, αερίων καυσίμων και υγραερίων σε νησιά - Κατηγορία 1.

xii) Επενδυτικά σχέδια των επιχειρήσεων εκμετάλλευσης μέσω μεταφοράς ανθρώπων και εμπορευμάτων σε απομονωμένες, δυσπρόσιτες και απομακρυσμένες χερσαίες, νησιωτικές και παραλίμνιες περιοχές. Με κοινή απόφαση των Υπουργών Οικονομίας και Οικονομικών και Εμπορικής Ναυτιλίας ορίζονται οι περιοχές αυτές - Κατηγορία 4.

xiii) Επενδυτικά σχέδια για τη δημιουργία κέντρων αποθεραπείας και αποκατάστασης, όπως αυτά καθορίζονται με το άρθρο 10 του Ν. 2072/1992 και επενδυτικά σχέδια για την παροχή στέγης αυτόνομης διαβίωσης σε άτομα με ειδικές ανάγκες, σύμφωνα με το άρθρο 30 του ίδιου Νόμου - Κατηγορία 1.

xiv) Επενδυτικά σχέδια για την ίδρυση δημόσιας χρήσης κλειστών σταθμών ιδιωτικής χρήσεως επιβατηγών αυτοκινήτων χωρητικότητας τουλάχιστον σαράντα (40) θέσεων, επιπλέον εκείνων που επιβάλλει ο Γενικός Οικοδομικός Κανονισμός (Γ.Ο.Κ.) για την κάλυψη των μόνιμων αναγκών που προκύπτουν από τις χρήσεις του κτιρίου, εφόσον γίνονται από επιχειρήσεις εκμετάλλευσης δημόσιας χρήσεως, υπέργειων, υπόγειων ή και πλωτών σταθμών αυτοκινήτων. Επίσης, επενδυτικά σχέδια για την ίδρυση δημόσιας χρήσης εστεγασμένων ή και ημιεστεγασμένων σταθμών φορτηγών, λεωφορείων και άλλων εν γένει βαρέων οχημάτων τουλάχιστον τριάντα (30) θέσεων - Κατηγορία 3.

xv) Επενδυτικά σχέδια που γίνονται από Ιερές Μονές, καθώς και την Ιερά Κοινότητα του Αγίου Όρους για την ανέγερση ή και εκσυγχρονισμό ξενώνων ή για τη μετατροπή κτιρίων τους σε ξενώνες, καθώς και για την ανέγερση, επέκταση, εκσυγχρονισμό ή μετατροπή κτιρίων τους σε χώρους κοινωνικών και πολιτιστικών λειτουργιών, εργαστηρίων και χειροτεχνίας - Κατηγορία 1.

ε) Ειδικά επενδυτικά σχέδια των επιχειρήσεων που ασκούν τις δραστηριότητες των περιπτώσεων (α) έως (γ) του παρόντος:

i) Επενδυτικά σχέδια προστασίας του περιβάλλοντος, περιορισμού της ρύπανσης του εδάφους, του υπεδάφους, των υδάτων και της ατμόσφαιρας, αποκατάστασης του φυσικού περιβάλλοντος και ανακύκλωσης του ύδατος και αφαλάτωσης θαλασσινού ή υφάλμυρου νερού - Κατηγορία 4.

ii) Επενδυτικά σχέδια για αξιοποίηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, υποκατάσταση υγρών καυσίμων ή ηλεκτρικής ενέργειας με αέρια καύσιμα, επεξεργασμένα απορριπτόμενα υλικά από εγχώριες βιομηχανίες, ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ανάκτηση απορριπτόμενης θερμότητας, καθώς και συμπαραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας - Κατηγορία 4.

iii) Επενδυτικά σχέδια για εξοικονόμηση ενέργειας, υπό την προϋπόθεση ότι το επενδυτικό σχέδιο δεν αφορά τον παραγωγικό εξοπλισμό, αλλά τον εξοπλισμό και τις εγκαταστάσεις κίνησης λειτουργίας της μονάδας και από αυτήν προκύπτει μείωση τουλάχιστον δέκα τοις εκατό (10%) της καταναλισκόμενης ενέργειας - Κατηγορία 4.

iv) Επενδυτικά σχέδια παραγωγής νέων προϊόντων ή και υπηρεσιών ή προϊόντων εξαιρετικά προηγμένης τεχνολογίας - Κατηγορία 4.

- v) Επενδυτικά σχέδια για ίδρυση, επέκταση, εκσυγχρονισμό εργαστηρίων εφαρμοσμένης βιομηχανικής ή μεταλλευτικής ή ενεργειακής έρευνας - Κατηγορία 4.
- vi) Επενδυτικά σχέδια εισαγωγής και προσαρμογής περιβαλλοντικά φιλικής τεχνολογίας στην παραγωγική διαδικασία - Κατηγορία 4.
- vii) Επενδυτικά σχέδια παραγωγής καινοτομικών προϊόντων ή υπηρεσιών εισαγωγής καινοτομιών στην παραγωγική διαδικασία και εμπορευματοποίησης πρωτοτύπων προϊόντων και υπηρεσιών - Κατηγορία 4.
- viii) Επενδυτικά σχέδια που στοχεύουν στην αναβάθμιση της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων ή και υπηρεσιών - Κατηγορία 4.
- ix) Επενδυτικά σχέδια για αγορά και εγκατάσταση νέων σύγχρονων συστημάτων αυτοματοποίησης διαδικασιών και μηχανοργάνωσης αποθηκών συμπεριλαμβανομένου και του αναγκαίου λογισμικού για τη δημιουργία, επέκταση ή και ανάπτυξη στο χώρο του βιομηχανοστασίου στο πλαίσιο του εκσυγχρονισμού εφοδιαστικής αλυσίδας - Κατηγορία 4.
- x) Επενδυτικά σχέδια ίδρυσης ή επέκτασης βιομηχανικών ή βιοτεχνικών μονάδων για την εναλλακτική διαχείριση συσκευασιών και άλλων προϊόντων που έχουν αναλωθεί στην Ελλάδα, για παραγωγή πρώτων υλών και λοιπών υλικών από αυτά - Κατηγορία 4.
- xi) Επενδυτικά σχέδια υλοποίησης ολοκληρωμένου πολυετούς (2-5 ετών) επιχειρηματικού σχεδίου φορέων (για τους οποίους έχει παρέλθει πενταετία από τη σύστασή τους) των μεταποιητικών και μεταλλευτικών επιχειρήσεων ελάχιστου συνολικού κόστους τριών εκατομμυρίων (3.000.000,00) ευρώ και επιχειρήσεων ανάπτυξης λογισμικού ελάχιστου συνολικού κόστους ενός εκατομμυρίου πεντακοσίων χιλιάδων (1.500.000,00) ευρώ που περιλαμβάνουν τον τεχνολογικό, διοικητικό, οργανωτικό και επιχειρησιακό εκσυγχρονισμό και ανάπτυξη, καθώς και τις αναγκαίες ενέργειες κατάρτισης των εργαζόμενων, με έναν ή περισσότερους από τους επόμενους στόχους:
- Ενίσχυση της ανταγωνιστικής τους θέσης στη διεθνή αγορά.
  - Παραγωγή και προώθηση επώνυμων προϊόντων ή και υπηρεσιών.
  - Καθετοποίηση παραγωγής, ανάπτυξη ολοκληρωμένων συστημάτων προϊόντων, υπηρεσιών ή συμπληρωματικών προϊόντων και υπηρεσιών.
  - Παραγωγή προϊόντων ή και παροχή υπηρεσιών σημαντικά ή τελείως διαφοροποιημένων των υφιστάμενων βασικών προϊόντων ή υπηρεσιών της επιχείρησης.
  - Μεταφορά παραγωγικών - ερευνητικών δραστηριοτήτων από το εξωτερικό στην Ελληνική Επικράτεια.
  - Παραγωγή προϊόντων ή και παροχή υπηρεσιών από τη σύμπραξη μη ομοειδών επιχειρήσεων (κατά πρότιμηση από διαφορετικούς κλάδους) με στόχο την παραγωγή

σημαντικά ή τελείως διαφοροποιημένων των υφιστάμενων προϊόντων ή υπηρεσιών των επιχειρήσεων αυτών - Κατηγορία 5.

Με κοινή απόφαση του Υπουργού Οικονομίας και Οικονομικών ή και του κατά περίπτωση αρμόδιου Υπουργού ορίζονται προδιαγραφές, όροι και προϋποθέσεις για εξειδίκευση των επενδυτικών σχεδίων των περιπτώσεων (α) έως (ε).

2. (α) Με κοινή απόφαση των Υπουργών Οικονομίας και Οικονομικών και Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων καθορίζονται τα επενδυτικά σχέδια που αφορούν στην παραγωγή, μεταποίηση και εμπορία των γεωργικών προϊόντων τα οποία εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής του Παραρτήματος Ι της Συνθήκης της Ευρωπαϊκής Κοινότητας. Με όμοια απόφαση επιτρέπεται να καθορίζονται προδιαγραφές, πρόσθετοι όροι, περιορισμοί και προϋποθέσεις για την εφαρμογή των ενισχύσεων στα επενδυτικά σχέδια της πιο πάνω περίπτωσης, σύμφωνα με την κοινοτική νομοθεσία για τις κρατικές ενισχύσεις στον τομέα της γεωργίας, της αλιείας και της υδατοκαλλιέργειας.

β) Με απόφαση του Υπουργού Οικονομίας και Οικονομικών ή και του κατά περίπτωση αρμόδιου Υπουργού καθορίζονται τα επενδυτικά σχέδια για τη δημιουργία ευρυζωνικών δικτυακών υποδομών και καινοτομικών ηλεκτρονικών επικοινωνιακών και ευρυζωνικών υπηρεσιών, καθώς και τα επενδυτικά σχέδια μεταφορικών επιχειρήσεων εκμετάλλευσης μέσων μεταφοράς ανθρώπων και εμπορευμάτων, λαμβανομένης υπόψη της κοινοτικής νομοθεσίας.

3. Στην ενίσχυση της επιχορήγησης υπάγονται επιχειρηματικές δραστηριότητες, που ασκούνται στην αλλοδαπή, από νομικά πρόσωπα που εμπίπτουν στην κατηγορία των μικρών και μεσαίων επιχειρήσεων, όπως αυτές ορίζονται στον Κανονισμό (ΕΚ) αριθμ.70/2001 της Ευρωπαϊκής Επιτροπής της 12.1.2001 (ΕΛ 2001 L 10/33), όπως τροποποιήθηκε και ισχύει και υπό την προϋπόθεση ότι τηρούν βιβλία αντίστοιχα των κατηγοριών Β' και Γ' του ισχύοντος στην Ελλάδα Κώδικα Βιβλίων και Στοιχείων (Κ.Β.Σ.), για τα ακόλουθα επενδυτικά σχέδια:

α) Επενδυτικά σχέδια σε όλους του κλάδους της μεταποίησης μόνο για ίδρυση παραγωγικών μονάδων. Με αποφάσεις του Υπουργού Οικονομίας και Οικονομικών μπορεί να εξαιρούνται της ενίσχυσης ορισμένοι κλάδοι ή υποκλάδοι της μεταποίησης.

β) Επενδυτικά σχέδια γεωργικών επιχειρήσεων θερμοκηπιακού τύπου, κτηνοτροφικών επιχειρήσεων εσταβλισμένου ή ημιεσταβλισμένου τύπου και αλιευτικών επιχειρήσεων (υδατοκαλλιέργειες) σύγχρονης τεχνολογίας.

4. Δεν υπάγονται στις διατάξεις του Ν.: α) Επενδυτικά σχέδια στους κλάδους:

i) Χαλυβουργίας, όπως ορίζεται στο Παράρτημα Β του πολυτομεακού πλαισίου για τις περιφερειακές ενισχύσεις προς μεγάλα επενδυτικά σχέδια (Ανακοίνωση C (2002) 315, EL 2002 C 70/04).

ii) Συνθετικών Ινών, όπως ορίζεται στο Παράρτημα Δ του πολυτομεακού πλαισίου για τις περιφερειακές ενισχύσεις προς μεγάλα επενδυτικά σχέδια.

iii) Ναυπηγικό και ναυπηγοεπισκευαστικό, όπως ορίζεται στο πλαίσιο για τις κρατικές ενισχύσεις στη ναυπηγική βιομηχανία (2003/C317/06).

β) Επενδυτικά σχέδια δημόσιων επιχειρήσεων και οργανισμών. Η απαγόρευση δεν αφορά τις θυγατρικές τους εταιρίες, καθώς και τις εταιρίες των Ο.Τ.Α. α' και β' βαθμού.

γ) Επιχειρήσεις που λειτουργούν με τη μορφή της κοινωνίας, της εταιρίας του αστικού δικαίου ή της κοινοπραξίας.

δ) Επιχειρήσεις που δεν τηρούν βιβλία Β' ή Γ' κατηγορίας του Κ.Β.Σ..

5. Ενισχυόμενες δαπάνες. α) Τα επενδυτικά σχέδια που εντάσσονται στις διατάξεις του παρόντος ενισχύονται για τις ακόλουθες δαπάνες:

i) Την κατασκευή, την επέκταση, τον εκσυγχρονισμό κτιριακών, ειδικών και βοηθητικών εγκαταστάσεων, καθώς και τις δαπάνες διαμόρφωσης περιβάλλοντος χώρου.

ii) Την αγορά αποπερατωθεισών ή ημιτελών βιομηχανικών ή βιοτεχνικών κτιριακών εγκαταστάσεων που παραμένουν σε αδράνεια και δεν χρησιμοποιούνται τουλάχιστον για δύο (2) έτη πριν την υποβολή της αίτησης υπαγωγής στις διατάξεις του παρόντος, υπό την προϋπόθεση ότι δεν ανήκουν σε προβληματική επιχείρηση, όπως ορίζεται στις κοινοτικές κατευθυντήριες γραμμές όσον αφορά τις κρατικές ενισχύσεις για τη διάσωση και την αναδιάρθρωση προβληματικών επιχειρήσεων (Ανακοίνωση 1999/C288/02) και δεν έχουν λάβει προηγούμενη κρατική ενίσχυση.

iii) Την αγορά βιοτεχνικών χώρων σε τυποποιημένα βιοτεχνικά κτίρια των βιομηχανικών επιχειρηματικών περιοχών (ΒΙ.ΠΕ., ΒΙ.ΠΑ. και ΒΙΟ.ΠΑ.) και των τεχνολόγων ή τεχνολογικών πάρκων, υπό την προϋπόθεση ότι δεν ανήκουν σε προβληματική επιχείρηση, όπως ορίζεται στις κοινοτικές κατευθυντήριες γραμμές όσον αφορά τις κρατικές ενισχύσεις για τη διάσωση και την αναδιάρθρωση προβληματικών επιχειρήσεων (Ανακοίνωση 1999/C288/02) και δεν έχουν λάβει προηγούμενη κρατική ενίσχυση.

iv) Την αγορά και εγκατάσταση καινούργιων σύγχρονων μηχανημάτων και λοιπού εξοπλισμού. Τα μισθώματα της χρηματοδοτικής μίσθωσης καινούργιων σύγχρονων μηχανημάτων και λοιπού εξοπλισμού του οποίου αποκτάται η χρήση.

v) Την αγορά και εγκατάσταση καινούργιων σύγχρονων συστημάτων αυτοματοποίησης διαδικασιών συστημάτων δημιουργίας ηλεκτρονικών αγορών και μηχανοργάνωσης,



συμπεριλαμβανομένων των δαπανών αγοράς του αναγκαίου λογισμικού, καθώς και δαπανών εξοπλισμού για τη διασφάλιση του ηλεκτρονικού περιεχομένου.

vi) Τις δαπάνες μελετών που αποσκοπούν στην εισαγωγή, ανάπτυξη και εφαρμογή σύγχρονης τεχνολογίας, τεχνογνωσίας, σύγχρονων μεθόδων και βιομηχανικών σχεδίων των παραγόμενων προϊόντων.

vii) Τις δαπάνες για αποσυναρμολόγηση, μεταφορά και επανασυναρμολόγηση του υφιστάμενου εξοπλισμού, προκειμένου για επιχειρήσεις που μετεγκαθίστανται για περιβαλλοντικούς λόγους, εφόσον μετεγκαθίστανται σε ΒΙ.ΠΕ. Ε.Τ.Β.Α., λοιπές Β.Ε.ΠΕ. (ΒΙ.ΠΕ., ΒΙΟ.ΠΑ. και ΒΙ.ΠΑ.).

viii) Την αγορά καινούργιων μεταφορικών μέσων διακίνησης υλικών και προϊόντων εντός του χώρου της εντασσόμενης μονάδας. Την αγορά καινούργιων μεταφορικών μέσων μαζικής μεταφοράς προσωπικού. Την αγορά και εγκατάσταση καινούργιου σύγχρονου εξοπλισμού και την κατασκευή εγκαταστάσεων για τη διακίνηση υλικών και προϊόντων.

ix) Την αγορά καινούργιων αυτοκινήτων - ψυγείων μόνο εφόσον αποτελούν αναπόσπαστο στοιχείο της μονάδας.

x) Την κατασκευή νέων εργατικών κατοικιών, βρεφονηπιακών σταθμών, κτιρίων ή εγκαταστάσεων, καθώς και την αγορά και εγκατάσταση εξοπλισμού, προοριζόμενων για τη στέγαση, την αναψυχή ή τη συνεστίαση των εργαζομένων της επιχείρησης, καθώς και αιθουσών κατάρτισης προσωπικού, εφόσον αυτά γίνονται στην περιοχή που είναι εγκατεστημένη η επιχείρηση.

xi) Τις δαπάνες κατασκευής του βασικού δικτύου μεταφοράς του θερμού νερού ή ατμού μέχρι τον καταναλωτή, προκειμένου μόνο για τις επενδύσεις παραγωγής ενέργειας σε μορφή θερμού νερού ή ατμού.

xii) Τις δαπάνες σύνδεσης με το δίκτυο της Δ.Ε.Η. προκειμένου για επενδύσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ή συμπαραγωγής.

xiii) Τις δαπάνες κύριων προπαρασκευαστικών εργασιών της εκμετάλλευσης που αφορούν δρόμους, στοές, φρέατα και κεκλιμένα προσπέλασης και περιχάραξης, προκειμένου για μεταλλευτικές επενδύσεις και επενδύσεις εξόρυξης, επεξεργασίας και αξιοποίησης βιομηχανικών ορυκτών.

xiv) Τις δαπάνες αγοράς και εγκατάστασης εξοπλισμού και μέσων μεταφοράς υγρών καυσίμων και υγραερίων στα νησιά.

xv) Την αγορά και εγκατάσταση εξοπλισμού μεταφορικών μέσων πλην του εξοπλισμού που προορίζεται για την υποδομή και την κίνησή τους, εφόσον είναι απαραίτητα για την

εξυπηρέτηση της μεταφοράς ανθρώπων και εμπορευμάτων σε απομονωμένες, δυσπρόσιτες και απομακρυσμένες περιοχές.

xvi) Τις δαπάνες μελετών, αγορές καινούργιου σύγχρονου εξοπλισμού, εγκατάστασης και λειτουργίας των αναγκαίων υποδομών και διαδικασιών, καθώς και τα έξοδα πιστοποίησης των προϊόντων και των διαδικασιών διασφάλισης της ποιότητας, σύμφωνα με τα αντίστοιχα ευρωπαϊκά πρότυπα από οργανισμούς διαπιστευμένους από τον αρμόδιο εθνικό φορέα.

xvii) Τις δαπάνες εισαγωγής και προσαρμογής περιβαλλοντικά φιλικής τεχνολογίας στην παραγωγική διαδικασία.

xviii) Τις δαπάνες που αφορούν τα τέλη που καταβάλλονται για τη διεθνή κατοχύρωση της εφεύρεσης από φυσικά ή νομικά πρόσωπα, τα τέλη για την ετήσια ανανέωση της διεθνούς κατοχύρωσης της εφεύρεσης για μια πενταετία, εφόσον έχει αρχίσει να πραγματοποιείται επένδυση για τη βιομηχανική εκμετάλλευσή της, ύψους τουλάχιστον δεκαπλάσιου εκείνου των τελών.

xix) Τις δαπάνες για ίδρυση ή επέκταση βιομηχανικών ή βιοτεχνικών μονάδων για την εναλλακτική διαχείριση συσκευασιών και άλλων προϊόντων που έχουν αναλωθεί στην Ελλάδα, για παραγωγή πρώτων υλών και λοιπών υλικών από αυτά.

xx) Δαπάνες που συνδέονται με την μεταφορά τεχνολογίας, άδειες εκμετάλλευσης ή τεχνικές γνώσεις.

xxi) Τις δαπάνες μελετών και τις αμοιβές συμβούλων για την υλοποίηση του επενδυτικού σχεδίου, σύμφωνα με τους περιορισμούς της Ε.Ε.. Ειδικότερα, την εκπόνηση κάθε μορφής μελετών σχετιζόμενων με την υλοποίηση του επενδυτικού σχεδίου και αναφερόμενων στο εσωτερικό και εξωτερικό περιβάλλον της επιχείρησης. Επιλέξιμες είναι μελέτες όπως οργάνωση διοίκησης, αναδιοργάνωση των επί μέρους λειτουργιών της επιχείρησης, ανασχεδιασμός επιχειρηματικών διαδικασιών, τυποποίησης διαδικασιών, ερευνών αγοράς, εκπόνησης μελετών προώθησης προϊόντων ή υπηρεσιών, καθώς και συγκριτικών μελετών επιδόσεων. Οι ανωτέρω υπηρεσίες υπόκεινται στους περιορισμούς της παρακάτω περίπτωσης γ'.

xxii) Αγοράς ηλεκτρονικών υπολογιστών, του αναγκαίου λογισμικού και περαιτέρω ανάπτυξης του μέχρι εξήντα τοις εκατό (60%) του συνολικού κόστους του επενδυτικού σχεδίου, που αφορά ανάπτυξη λογισμικού.

xxiii) Δαπάνες κατασκευής δικτυακών υποδομών πρόσβασης, καθώς και ειδικών βοηθητικών εγκαταστάσεων και εξοπλισμού ηλεκτρονικών επικοινωνιών που αποσκοπεί στη λειτουργία του δικτύου και στην υποστήριξη της διασύνδεσής του με υφιστάμενα δίκτυα.

β) Με απόφαση του Υπουργού Οικονομίας και Οικονομικών ή και κατά περίπτωση με κοινή απόφαση των Υπουργών Οικονομίας και Οικονομικών και Ανάπτυξης ορίζονται οι ενισχυόμενες δαπάνες ανά κατηγορία επένδυσης, σύμφωνα με την κοινοτική νομοθεσία. Με όμοια απόφαση δύνανται να ορίζονται και πρόσθετες κατηγορίες, όροι ή περιορισμοί ενισχυόμενων δαπανών ανά είδος επενδυτικού σχεδίου.

γ) Οι δαπάνες πρέπει να αφορούν πάγια στοιχεία. Επίσης, μπορούν να ενισχύονται δαπάνες για άυλες επενδύσεις και για αμοιβές μελετών συμβούλων σε ποσοστό που δεν υπερβαίνει το οκτώ τοις εκατό (8%) του κόστους του επενδυτικού σχεδίου. Λειτουργικές δαπάνες δεν ενισχύονται.

Οι άυλες επενδύσεις θα πρέπει να αποτελούν αποσβεστέα στοιχεία του ενεργητικού που θα χρησιμοποιούνται αποκλειστικά και μόνο στην ενισχυόμενη επένδυση και θα αποκτώνται από τρίτους με τους όρους που ισχύουν στην αγορά. Οι ενισχύσεις για αμοιβές μελετών συμβούλων παρέχονται μόνο στις μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις και δεν αφορούν συνήθεις λειτουργικές δαπάνες αυτών.

6. Δεν υπάγονται στις ενισχύσεις του Ν.: θ) Επενδύσεις οι οποίες αποσκοπούν σε απλή αντικατάσταση υφιστάμενου μηχανολογικού εξοπλισμού, χωρίς να συνεπάγονται την επέκταση, την αλλαγή στο προϊόν ή τη μέθοδο παραγωγής μίας υφιστάμενης εγκατάστασης.

#### Άρθρο 4: Παρεχόμενες ενισχύσεις

1. Για τα επενδυτικά σχέδια των κατηγοριών της παραγράφου 1 του άρθρου 3 παρέχονται κατά περιοχή οι ακόλουθες ενισχύσεις:

α) Επιχορήγηση ή και επιδότηση χρηματοδοτικής μίσθωσης κατά τα ποσοστά του πίνακα:

Κατηγορία επένδυσης	Περιοχή Α	Περιοχή Β	Περιοχή Γ	Περιοχή Δ1	Περιοχή Δ2	Περιοχή Δ3
Κατηγορία 1	0%	18%	30%	35%	40%	40%
Κατηγορία 2	0%	13%	25%	35%	35%	35%
Κατηγορία 3	40%	40%	40%	40%	40%	40%
Κατηγορία 4	30%	30%	35%	35%	40%	40%
Κατηγορία 5	35%	35%	35%	35%	35%	35%

Στα παραπάνω ποσοστά, εκτός των επενδύσεων των περιοχών όπου εξαντλείται το όριο του Χάρτη Περιφερειακών Ενισχύσεων και εκτός των επενδύσεων της κατηγορίας 5, προστίθεται

επιπλέον ποσοστό πέντε τοις εκατό (5%) συνολικά, εφόσον συντρέχει μία ή και περισσότερες από τις παρακάτω περιπτώσεις:

- Εγκατάσταση των επιχειρήσεων εντός Βιομηχανικών Επιχειρηματικών Περιοχών (Β.Ε.ΠΕ.).
- Ίδρυση ξενοδοχειακής μονάδας κατηγορίας 4 ή 5 αστέρων (Α' ή ΑΑ' τάξης).
- Μετατροπή παραδοσιακού ή διατηρητέου σε ξενοδοχειακή μονάδα.
- Εκσυγχρονισμό ξενοδοχείου με αναβάθμισή του σε κατηγορία 4 ή 5 αστέρων.
- Εκσυγχρονισμό ξενοδοχείου χαρακτηρισμένου παραδοσιακού ή διατηρητέου.
- Εγκατάσταση των τουριστικών επιχειρήσεων σε Περιοχές Ολοκληρωμένης Τουριστικής Ανάπτυξης (Π.Ο.Τ.Α.).
- Φορέας νεοϊδρυόμενος θεωρείται η επιχείρηση όταν δεν έχει παρέλθει έτος από την σύστασή της ή την έναρξη επιτηδεύματος μέχρι το χρόνο υποβολής αίτησης υπαγωγής της. Δεν θεωρούνται νεοϊδρυόμενοι φορείς εταιρίες που προήλθαν από μετατροπή άλλης εταιρίας ή ατομικής επιχείρησης ή από συγχώνευση εταιριών ή και ατομικών επιχειρήσεων ή εκείνες που απορρόφησαν άλλη εταιρία ή ατομική επιχείρηση ή κλάδο άλλης, καθώς και εκείνες που απορροφήθηκαν από άλλη εταιρία.

Η εναλλακτικά:

β) Φορολογική απαλλαγή κατά τα ποσοστά του πίνακα:

Κατηγορία επένδυσης	Περιοχή Α	Περιοχή Β	Περιοχή Γ	Περιοχή Δ1	Περιοχή Δ2	Περιοχή Δ3
Κατηγορία 1	0%	50%	100%	100%	100%	100%
Κατηγορία 2	0%	50%	100%	100%	100%	100%
Κατηγορία 3	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Κατηγορία 4	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Κατηγορία 5	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Η εναλλακτικά:

γ) Επιχορήγηση του κόστους της δημιουργούμενης απασχόλησης κατά τα ποσοστά του πίνακα:

Κατηγορία επένδυσης	Περιοχή Α	Περιοχή Β	Περιοχή Γ	Περιοχή Δ1	Περιοχή Δ2	Περιοχή Δ3
Κατηγορία 1	0,0%	18,4%	35,1%	40,0%	45,5%	48,1%
Κατηγορία 2	0,0%	18,4%	33,2%	40,0%	45,5%	45,5%

Κατηγορία 3	40,0%	40,0%	40,0%	40,0%	40,0%	40,0%
Κατηγορία 4	35,0%	35,0%	40,0%	40,0%	45,5%	48,1%
Κατηγορία 5	35,0%	35,0%	35,0%	35,0%	35,0%	35,0%

2. Δεν επιτρέπεται οι παρεχόμενες ενισχύσεις επί του κόστους του επενδυτικού σχεδίου, αναγόμενες σε Καθαρό Ισοδύναμο Επιχορήγησης, να υπερβούν τα ποσοστά του εγκεκριμένου από την Ε.Ε. Χάρτη Περιφερειακών Ενισχύσεων.

3. Στις μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις, όπως αυτές ορίζονται εκάστοτε από την κοινοτική νομοθεσία, παρέχεται επιπλέον ποσοστό ενίσχυσης έως δεκαπέντε τοις εκατό (15%), εκτός των επιχειρήσεων του τομέα των μεταφορών. Με κοινή απόφαση των Υπουργών Οικονομίας και Οικονομικών και Ανάπτυξης καθορίζεται το συγκεκριμένο ποσοστό ανά νομό, βάσει του κριτηρίου του κατά κεφαλή Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος (Α.Ε.Π.) σε Μονάδες Ισοδύναμης Αγοραστικής Δύναμης με βάση τα τελευταία διαθέσιμα, έτους 2001, στοιχεία της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας της Ελλάδος ως εξής:

- Για τους παραμεθόριους Νομούς Δράμας, Δωδεκανήσου, Έβρου, Θεσπρωτίας, Ιωαννίνων, Καστοριάς, Κιλκίς, Λέσβου, Ξάνθης, Πέλλας, Ροδόπης, Σάμου, Σερρών, Φλώρινας, Χίου, καθώς και για τους Νομούς με κατά κεφαλή Α.Ε.Π. μικρότερο ή ίσο του εξήντα πέντε τοις εκατό (65%) του μέσου όρου της Ευρωπαϊκής Ένωσης, του ίδιου έτους 2001, παρέχεται επιπλέον επιχορήγηση ή και επιδότηση χρηματοδοτικής μίσθωσης ή επιδότηση του κόστους της δημιουργούμενης απασχόλησης, ίση με το δεκαπέντε τοις εκατό (15%) επί του κόστους της ενισχυόμενης επένδυσης.

- Για Νομούς με κατά κεφαλή Α.Ε.Π. μεγαλύτερο του εξήντα πέντε τοις εκατό (65%) του μέσου όρου της Ευρωπαϊκής Ένωσης, του ίδιου έτους 2001, παρέχεται επιπλέον επιχορήγηση ή και επιδότηση χρηματοδοτικής μίσθωσης ή επιδότηση του κόστους της δημιουργούμενης απασχόλησης, ίση με το πέντε τοις εκατό (5%) επί του κόστους της ενισχυόμενης επένδυσης.

4. Σε κάθε περίπτωση τα παρεχόμενα ποσοστά επιχορήγησης και επιδότησης χρηματοδοτικής μίσθωσης, καθώς και της επιδότησης του κόστους της δημιουργούμενης από το επενδυτικό σχέδιο απασχόλησης δεν δύναται να υπερβούν το πενήντα πέντε τοις εκατό (55%). Τα παρεχόμενα ποσοστά επιχορήγησης για αμοιβές μελετών συμβούλων δεν μπορούν να υπερβούν κατ' ανώτατο το πενήντα τοις εκατό (50%) αυτών.

5. Για επενδυτικά σχέδια που υπερβαίνουν τα πενήντα εκατομμύρια (50.000.000,00) ευρώ το ανώτατο χορηγούμενο ποσό ενίσχυσης προσδιορίζεται ως εξής: α) για το τμήμα μέχρι πενήντα εκατομμύρια (50.000.000,00) ευρώ παρέχεται το εκατό τοις εκατό (100%) του κατά περίπτωση ανώτατου ορίου περιφερειακής ενίσχυσης,

β) για το τμήμα από πενήντα εκατομμύρια (50.000.000,00) ευρώ έως εκατό εκατομμύρια (100.000.000,00) ευρώ παρέχεται το πενήντα τοις εκατό (50%) του κατά περίπτωση ανώτατου ορίου περιφερειακής ενίσχυσης,

γ) για το τμήμα που υπερβαίνει τα εκατό εκατομμύρια (100.000.000,00) ευρώ παρέχεται το τριάντα τέσσερα τοις εκατό (34%) του κατά περίπτωση ανώτατου ορίου περιφερειακής ενίσχυσης.

Αν για την υπαγωγή επενδύσεων στις διατάξεις του παρόντος απαιτείται προηγούμενη έγκριση της Επιτροπής της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η διαδικασία έκδοσης της απόφασης υπαγωγής αρχίζει ύστερα από τη λήψη της έγκρισης αυτής.

6. Στον τομέα αυτοκινητοβιομηχανίας, όπως αυτός ορίζεται στο παράρτημα Γ του πολυτομεακού πλαισίου προς τα μεγάλα επενδυτικά σχέδια, το ανώτερο ποσό ενίσχυσης, σε επενδύσεις με ενισχυόμενο κόστος άνω των πενήντα εκατομμυρίων (50.000.000,00) ευρώ ή σε επενδύσεις των οποίων η ενίσχυση υπερβαίνει τα πέντε εκατομμύρια (5.000.000,00) ευρώ σε ακαθάριστο ισοδύναμο επιχορήγησης, θα ισούται με το τριάντα τοις εκατό (30%) του ανώτατου ορίου της περιφερειακής ενίσχυσης, που προβλέπεται από τον εγκεκριμένο από την Ε.Ε. Χάρτη Περιφερειακών Ενισχύσεων.

7. Για τα επενδυτικά σχέδια των περιπτώσεων α' και β' της παρ. 3 του άρθρου 3, που πραγματοποιούνται στην αλλοδαπή, παρέχεται μόνο η ενίσχυση της επιχορήγησης, το ποσοστό της οποίας ορίζεται με απόφαση του Υπουργού Οικονομίας και Οικονομικών σύμφωνα με την κοινοτική νομοθεσία.

#### *Άρθρο 5: Προϋποθέσεις, περιορισμοί και όροι για τη χορήγηση των ενισχύσεων*

1. (α) Στις ενισχύσεις του παρόντος Νόμου υπάγονται επενδυτικά σχέδια τα οποία υπερβαίνουν το ελάχιστο ύψος κατά περίπτωση ως κατωτέρω:

- Για μεγάλες επιχειρήσεις, πεντακόσιες χιλιάδες (500.000,00) ευρώ.
- Για μεσαίες επιχειρήσεις, διακόσιες πενήντα χιλιάδες (250.000,00) ευρώ.
- Για μικρές επιχειρήσεις, εκατόν πενήντα χιλιάδες (150.000,00) ευρώ.
- Για πολύ μικρές επιχειρήσεις, εκατό χιλιάδες (100.000,00) ευρώ.

Το μέγεθος των επιχειρήσεων καθορίζεται βάσει του Κανονισμού (ΕΚ) αριθμ. 70/2001 της Ευρωπαϊκής Επιτροπής της 12.1.2001 (ΕΛ 2001 L 10/33), όπως τροποποιήθηκε και ισχύει. Με απόφαση του Υπουργού Οικονομίας και Οικονομικών μπορεί να αναπροσαρμόζεται το ελάχιστο όριο της παραγράφου αυτής, καθώς και να ορίζεται διαφορετικό ελάχιστο ύψος ενισχυόμενων επενδύσεων για ορισμένους κλάδους οικονομικών

δραστηριοτήτων ή για περιοχές που παρουσιάζουν προβλήματα αναπτύξεως και απασχολήσεως.

β) Ειδικότερα στην ενίσχυση της φορολογικής απαλλαγής υπάγονται επενδυτικά σχέδια εκσυγχρονισμού βιοτεχνικών μονάδων που πραγματοποιούνται από πολύ μικρές επιχειρήσεις, τα οποία υπερβαίνουν το ελάχιστο ύψος των τριάντα χιλιάδων (30.000,00) ευρώ.

γ) Οι παρεχόμενες σε κάθε φορέα ενισχύσεις δεν μπορούν να υπερβούν σωρευτικά για μία πενταετία το όριο των είκοσι εκατομμυρίων (20.000.000,00) ευρώ για επενδύσεις που αφορούν την ίδια παραγωγική διαδικασία.

3. Ίδια συμμετοχή του επενδυτή. Α.(α) Το ποσοστό της ίδιας συμμετοχής του επενδυτή στις επενδύσεις που εντάσσονται στο καθεστώς ενίσχυσης της επιχορήγησης ή και επιδότησης χρηματοδοτικής μίσθωσης δεν μπορεί να είναι κατώτερο του είκοσι πέντε τοις εκατό (25%) των ενισχυόμενων δαπανών.

10. Προϋποθέσεις, περιορισμοί και όροι για την εφαρμογή των ενισχύσεων σε επενδύσεις που αφορούν στην παραγωγή προϊόντων εξαιρετικά προηγμένης τεχνολογίας, καθώς και σε επενδύσεις ή προγράμματα επιχειρήσεων παροχής υπηρεσιών εξαιρετικά προηγμένης τεχνολογίας, της υποπερίπτωσης (viii) της περίπτωσης δ' και της υποπερίπτωσης (iv) της περίπτωσης ε' της παραγράφου 1 του άρθρου 3.

α) Για το χαρακτηρισμό των προϊόντων ή υπηρεσιών ως εξαιρετικά προηγμένης τεχνολογίας γνωμοδοτεί, με βάση το προτεινόμενο επενδυτικό σχέδιο, η Ειδική Επιτροπή Εμπειρογνομόνων της Γενικής Γραμματείας Ανάπτυξης (Γ.Γ.Α.) του Υπουργείου Ανάπτυξης, μέσα σε έναν (1) μήνα από την ημερομηνία διαβίβασης του φακέλου της επένδυσης ή του προγράμματος στην αρμόδια υπηρεσία του Υπουργείου Ανάπτυξης. Με κοινή απόφαση των Υπουργών Οικονομίας και Οικονομικών και Ανάπτυξης καθορίζονται τα κριτήρια και οι διαδικασίες εξέτασης για το χαρακτηρισμό των προϊόντων ή υπηρεσιών ως εξαιρετικά προηγμένης τεχνολογίας.

β) Με κοινή απόφαση των Υπουργών Οικονομίας και Οικονομικών και Ανάπτυξης καθορίζονται οι προδιαγραφές που πρέπει να πληρούν οι επενδύσεις για την παροχή υπηρεσιών εξαιρετικά προηγμένης τεχνολογίας. Με τη γνωμοδότηση της προηγούμενης περίπτωσης α' η Ειδική Επιτροπή Εμπειρογνομόνων γνωμοδοτεί και για την πλήρωση ή μη των ως άνω προδιαγραφών στις επιχειρήσεις παροχής υπηρεσιών εξαιρετικά προηγμένης τεχνολογίας, προκειμένου να είναι δυνατή για αυτές η εφαρμογή των ενισχύσεων του Ν.

11. Προϋποθέσεις, περιορισμοί και όροι για την εφαρμογή των ενισχύσεων σε επενδυτικά σχέδια που αφορούν στην παραγωγή των νέων προϊόντων ή υπηρεσιών της υποπερίπτωσης (iv) της περίπτωσης ε΄ της παραγράφου 1 του άρθρου 3.

α) Ως νέα προϊόντα θεωρούνται αυτά που, κατά την υποβολή της αίτησης υπαγωγής στις ενισχύσεις του παρόντος, δεν παράγονται από άλλες παραγωγικές μονάδες της χώρας αυτούσια ή παραλλαγμένα.

β) Για το χαρακτηρισμό των προϊόντων ως νέων γνωμοδοτεί, με βάση το προτεινόμενο επενδυτικό σχέδιο, η Ειδική Επιτροπή Εμπειρογνομόνων της Γ.Γ.Α. του Υπουργείου Ανάπτυξης.

13. Προϋποθέσεις, περιορισμοί και όροι για την εφαρμογή των ενισχύσεων σε: (i) επενδύσεις για τη δημιουργία εργαστηρίων εφαρμοσμένης βιομηχανικής ενεργειακής, μεταλλευτικής, γεωργικής, κτηνοτροφικής και ιχθυοκαλλιεργητικής έρευνας και (ii) επενδύσεις ανάπτυξης τεχνολογιών και βιομηχανικών σχεδίων της υποπερίπτωσης (vii) της περίπτωσης δ΄ της παραγράφου 1 του άρθρου 3. Για το χαρακτηρισμό εκδίδεται γνωμοδότηση της Ειδικής Επιτροπής Εμπειρογνομόνων της Γ.Γ.Α. του Υπουργείου Ανάπτυξης.

14. Προϋποθέσεις, περιορισμοί και όροι για την εφαρμογή των ενισχύσεων, στις επενδύσεις περιβαλλοντικού και ενεργειακού χαρακτήρα των υποπεριπτώσεων (i), (ii) και (iii) της περίπτωσης ε΄ της παραγράφου 1 του άρθρου 3.

α) Προκειμένου για επενδύσεις που αφορούν σε προστασία του περιβάλλοντος, περιορισμό της ρύπανσης του εδάφους, του υπεδάφους, των υδάτων και της ατμόσφαιρας, αποκατάστασης του φυσικού περιβάλλοντος και ανακύκλωσης του ύδατος, για το χαρακτηρισμό τους αποφαινεται το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων.

β) Προκειμένου για επενδύσεις που αφορούν σε εξοικονόμηση ενέργειας, η εφαρμογή των ενισχύσεων γίνεται υπό την προϋπόθεση ότι η επένδυση ή το πρόγραμμα χρηματοδοτικής μίσθωσης δεν αφορά στον παραγωγικό εξοπλισμό, αλλά στον εξοπλισμό και τις εγκαταστάσεις κίνησης - λειτουργίας της μονάδας και ότι από την επένδυση ή το πρόγραμμα προκύπτει μείωση τουλάχιστον δέκα τοις εκατό (10%) της καταναλισκόμενης ενέργειας.

γ) Προκειμένου για τις επενδύσεις ή προγράμματα των υποπεριπτώσεων (ii) και (iii) της περίπτωσης ε΄ της παραγράφου 1 του άρθρου 3, για το χαρακτηρισμό τους γνωμοδοτεί η Γενική Γραμματεία Ενέργειας του Υπουργείου Ανάπτυξης.

15. Προϋποθέσεις, περιορισμοί και όροι για την εφαρμογή των ενισχύσεων, στις επενδύσεις που αφορούν στην παραγωγή καινοτομικών προϊόντων και εμπορευματοποίησης



προτύπων προϊόντων, καθώς και στην εισαγωγή καινοτομιών στην παραγωγική διαδικασία της υποπερίπτωσης (vii) της περίπτωσης ε΄ της παραγράφου 1 του άρθρου 3.

α) Για τις ανάγκες του παρόντος, ως καινοτομία ορίζεται η εφαρμοσμένη χρήση της γνώσης για τη δημιουργία νέων ή βελτιωμένων προϊόντων και διαδικασιών και υπηρεσιών που χρήζουν άμεσης παραγωγικής και εμπορικής αποδοχής. Αποδεκτά πεδία καινοτομίας ορίζονται αυτά που αφορούν προϊόντα, υπηρεσίες, παραγωγική διαδικασία και ανάπτυξη τεχνολογίας.

β) Στην περίπτωση επιχειρηματικών σχεδίων καινοτομίας αξιολογείται η πρωτοτυπία, η εστίαση και αποσαφήνιση του βέλτιστου πεδίου εφαρμογής ή συγκεκριμένης εφαρμογής της καινοτομικής ιδέας, ο βαθμός βελτίωσης των τεχνικών και των οικονομικών μεγεθών του στοχευόμενου προϊόντος και παραγωγικής διαδικασίας και υπηρεσίας, η ύπαρξη και χρήση ή η εξασφάλιση χρήσης μεμονωμένων ή συνδυασμών υπαρχόντων πατεντών και διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας, η ύπαρξη και αξιοποίηση αξιόπιστων αποτελεσμάτων έρευνας και ανάπτυξης, η πρωτοτυπία συνδυασμού τεχνογνωσίας από διαφορετικές περιοχές και κλάδους και ο βαθμός εξασφάλισης πώλησης των προϊόντων και υπηρεσιών ή ο βαθμός εξασφάλισης χρήσης των διαδικασιών. Η ύπαρξη πιστοποιητικού από τον Οργανισμό Βιομηχανικής Ιδιοκτησίας (Ο.Β.Ι.) για πρωτοτυπία και δίπλωμα ευρεσιτεχνίας αποτελεί θετικό αλλά όχι καθοριστικό ή απαραίτητο παράγοντα για την αξιολόγηση και υπαγωγή της προτεινόμενης επένδυσης στην κατηγορία καινοτομία.

γ) Με κοινή απόφαση των Υπουργών Οικονομίας και Οικονομικών και Ανάπτυξης καθορίζονται και συμπληρώνονται τα κριτήρια και οι διαδικασίες εξέτασης από την Ειδική Επιτροπή Εμπειρογνομόνων της Γ.Γ.Α. για το χαρακτηρισμό προϊόντων, παραγωγικών διαδικασιών και υπηρεσιών ως καινοτομικά.

#### *Άρθρο 6: Κριτήρια υπαγωγής στο καθεστώς των ενισχύσεων*

1. Η υπαγωγή στο καθεστώς ενισχύσεων γίνεται με τα ακόλουθα κριτήρια: α) Κριτήρια αξιολόγησης επενδυτικού φορέα:

i) Τα χαρακτηριστικά του φορέα και ειδικότερα η εμπειρία του, η κλίμακα και τα αποτελέσματα των δραστηριοτήτων του στο παρελθόν, η φερεγγυότητα και οικονομική του επιφάνεια. Εξετάζονται, επίσης, ο δυναμισμός και η επιτυχία στις προγενέστερες και υφιστάμενες δραστηριότητες των εταίρων που ελέγχουν την πλειοψηφία των συμφερόντων της. Στην περίπτωση νεοϊδρυόμενου φορέα εξετάζονται ο δυναμισμός και η επιτυχία στις προγενέστερες και υφιστάμενες δραστηριότητες των εταίρων που ελέγχουν την πλειοψηφία των συμφερόντων του.

ii) Η δυνατότητα διάθεσης των ιδίων κεφαλαίων για την κάλυψη των χρηματοδοτικών αναγκών της επιχείρησης και συγκεκριμένα την κάλυψη της ίδιας συμμετοχής στην επένδυση και του αναγκαίου κεφαλαίου κίνησης.

β) Κριτήρια οικονομοτεχνικής αξιολόγησης επενδυτικών προτάσεων και βιωσιμότητας της επένδυσης:

i) Η πληρότητα του επιχειρηματικού σχεδιασμού και ο ολοκληρωμένος χαρακτήρας της επένδυσης και η οργάνωση της επιχείρησης που την πραγματοποιεί.

ii) Η προοπτική δυναμικής ανάπτυξης του κλάδου στον οποίο πραγματοποιείται η επένδυση.

iii) Οι προοπτικές κερδοφόρας δραστηριότητας της επιχείρησης που θα δημιουργηθεί ή της ήδη υφιστάμενης, στο βαθμό που επηρεάζεται από την προτεινόμενη επένδυση.

γ) Κριτήρια συμβολής της επένδυσης στους στόχους του αναπτυξιακού Νόμου:

i) Η αύξηση της απασχόλησης και ιδίως η δημιουργία νέων μόνιμων θέσεων εξαρτημένης εργασίας για μακρό χρονικό διάστημα.

ii) Η περιοχή εγκατάστασης της επένδυσης και τα ειδικότερα χαρακτηριστικά του νομού εγκατάστασης.

iii) Η συμβολή της επένδυσης στην προστασία του περιβάλλοντος και εξοικονόμηση ενέργειας, όπου ειδικότερα εξετάζονται:

- Η συμβολή στον περιορισμό της ρύπανσης του εδάφους, του υπεδάφους, των υδάτων και της ατμόσφαιρας, στην αποκατάσταση του φυσικού περιβάλλοντος και την ανακύκλωση του ύδατος.

- Η εισαγωγή περιβαλλοντικά φιλικής τεχνολογίας.

- Η αξιοποίηση των ήπιων μορφών ενέργειας, η υποκατάσταση υγρών καυσίμων ή ηλεκτρικής ενέργειας με αέρια καύσιμα ή επεξεργασμένα απορριπτόμενα υλικά.

- Η εξοικονόμηση ενέργειας.

iv) Η ανταγωνιστικότητα των προϊόντων και υπηρεσιών σε διεθνές επίπεδο και ειδικότερα ο εξαγωγικός προσανατολισμός της επιχείρησης ή η υποκατάσταση εισαγωγών.

v) Η ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων και των παρεχόμενων υπηρεσιών.

vi) Η συμβολή της επένδυσης στην κοινωνική και οικονομική ανάπτυξη της χώρας.

δ) Ειδικά κριτήρια ανά τομέα δραστηριότητας:

i) Ειδικά κριτήρια αξιολόγησης επενδύσεων στον πρωτογενή τομέα:

- Η κατάταξη της πρωτογενούς δραστηριότητας ως υψηλής, μέσης ή χαμηλής προτεραιότητας σύμφωνα με τη γεωργική πολιτική της χώρας.

- Η μετεγκατάσταση λειτουργουσών μονάδων εφόσον επιβάλλεται για περιβαλλοντικούς λόγους.

ii) Ειδικά κριτήρια αξιολόγησης επενδύσεων στο δευτερογενή τομέα:

- Ο χαρακτηρισμός των προϊόντων ως νέων ή ως προϊόντων εξαιρετικά προηγμένης τεχνολογίας.
- Η εισαγωγή καινοτομιών στην παραγωγική διαδικασία ή ο χαρακτηρισμός των προϊόντων ως καινοτομικών.
- Η μετεγκατάσταση λειτουργουσών μονάδων από την περιοχή Α'. Επίσης, η μετεγκατάσταση από άλλες περιοχές εφόσον γίνεται για περιβαλλοντικούς λόγους.
- Ο βαθμός συμμετοχής των πρώτων και βοηθητικών υλών στο βιομηχανικό κόστος παραγωγής ανά μονάδα προϊόντος.

iii) Ειδικά κριτήρια αξιολόγησης επενδύσεων στον τομέα του τουρισμού:

- Δημιουργία εγκαταστάσεων ειδικών μορφών τουρισμού.
- Μετατροπή παραδοσιακών ή διατηρητέων κτιρίων ή οικιών σε ξενοδοχειακές μονάδες.
- Η δυνατότητα λειτουργίας της μονάδας πέραν της τουριστικής περιόδου της ευρύτερης περιοχής.
- Αναβάθμιση σε ανώτερη κατηγορία αστερών (\*) προκειμένου για επενδύσεις εκσυγχρονισμού ξενοδοχειακών μονάδων, καθώς και σε ανώτερη τάξη προκειμένου για τουριστικές οργανωμένες κατασκηνώσεις.

iv) Ειδικά κριτήρια αξιολόγησης επενδύσεων στον τομέα παροχής υπηρεσιών.

- Ο χαρακτηρισμός των υπηρεσιών ως εξαιρετικά προηγμένης τεχνολογίας.
- Ανάπτυξη λογισμικού, ανάπτυξη τεχνολογιών και βιομηχανικών σχεδίων και εργαστήρια εφαρμοσμένης έρευνας.
- Η εισαγωγή καινοτομιών στην παραγωγική διαδικασία.
- Κέντρα αποθεραπείας και αποκατάστασης και στέγες αυτόνομης διαβίωσης για άτομα με ειδικές ανάγκες.

ε) Με απόφαση του Υπουργού Οικονομίας και Οικονομικών καθορίζονται τα στοιχεία αξιολόγησης, η λειτουργία, η βαθμολόγηση, ο αριθμός και ο τρόπος εφαρμογής των κριτηρίων της παραγράφου αυτής ανά τομέα δραστηριότητας, καθώς και κάθε λεπτομέρεια για την εφαρμογή της. Με όμοια απόφαση καθορίζεται και το κοινό και για τις τέσσερις κατηγορίες των περιπτώσεων α' έως και δ' πιο πάνω ελάχιστο ποσοστό του συνόλου των βαθμών των κοινών και ειδικών κριτηρίων κάθε τομέα, πάνω από το οποίο κάθε επένδυση ή πρόγραμμα εγκρίνεται αμέσως κατά την εξέταση και βαθμολόγησή του, εφόσον το διατιθέμενο κονδύλι επιχορηγήσεων και επιδοτήσεων χρηματοδοτικής μίσθωσης επαρκεί, αν είναι κατώτερο το επενδυτικό σχέδιο απορρίπτεται.

2. Με κοινή απόφαση των Υπουργών Οικονομίας και Οικονομικών και Ανάπτυξης επιτρέπεται να καθοριστούν επιπρόσθετα ειδικά κριτήρια για τα επιχειρηματικά σχέδια της υποπερίπτωσης (xi) της περίπτωσης ε΄ και για τις ειδικές επενδύσεις των υποπεριπτώσεων (vi), (vii), (viii), (ix) και (x) της περίπτωσης ε΄, καθώς και της υποπερίπτωσης (ix) της περίπτωσης δ΄ της παραγράφου 1 του άρθρου 3, που εξετάζονται από το Υπουργείο Ανάπτυξης. Με την ίδια απόφαση καθορίζονται τα στοιχεία αξιολόγησης, η λειτουργία, η βαθμολόγηση, ο ανάλογος τρόπος εφαρμογής όλων των κριτηρίων, καθώς και κάθε άλλη λεπτομέρεια εφαρμογής, για τις ως άνω επενδύσεις.

3. Για την υπαγωγή στην ενίσχυση επιχορήγησης επενδυτικών σχεδίων που πραγματοποιούνται στην αλλοδαπή σύμφωνα με την παράγραφο 3 του άρθρου 3, λαμβάνονται υπόψη μόνο τα κριτήρια των περιπτώσεων α΄ και β΄ της παραγράφου 1 και επιπλέον εφόσον η επένδυση συμβάλλει, στο μεγαλύτερο δυνατό βαθμό, στη διεύρυνση των παραγωγικών δραστηριοτήτων παραμεθόριων περιοχών της χώρας στην οποία πραγματοποιείται η επένδυση και τη συγκράτηση πληθυσμών των περιοχών αυτών στον τόπο διαμονής τους.

#### *Άρθρο 9: Ειδικά καθεστάτα*

1. Ειδικά καθεστάτα ενίσχυσης. Με προεδρικά διατάγματα, που εκδίδονται με πρόταση των Υπουργών Οικονομίας και Οικονομικών και Ανάπτυξης, καθώς και του κατά περίπτωση συναρμόδιου Υπουργού και στα πλαίσια ισόρροπης περιφερειακής ανάπτυξης, είναι δυνατόν να θεσπίζονται ειδικά καθεστάτα ενίσχυσης περιφερειών της επικράτειας, ιδιαίτερα των νησιωτικών και ορεινών περιοχών ή τμημάτων τους ή ορισμένων κατηγοριών επιχειρήσεων ή επενδύσεων του άρθρου 3, ιδιάζουσας σημασίας για την οικονομική ανάπτυξη της χώρας. Για την έκδοση κάθε προεδρικού διατάγματος πρέπει να έχει προηγηθεί η εκπόνηση ειδικής μελέτης σκοπιμότητας μέσω της οποίας να τεκμηριώνονται τα ανωτέρω.

3. Με κοινές αποφάσεις των Υπουργών Οικονομίας και Οικονομικών και Ανάπτυξης, καθώς και των κατά περίπτωση συναρμόδιων Υπουργών, υπάγονται στις διατάξεις του Ν. επενδύσεις, ύψους πενήντα εκατομμυρίων (50.000.000,00) ευρώ, με σημαντική επίπτωση στη διεθνή ανταγωνιστικότητα της χώρας και στην απασχόληση με τη δημιουργία τουλάχιστον εκατό είκοσι πέντε (125) θέσεων μόνιμης απασχόλησης, εκ των οποίων ένας αριθμός δύναται να δημιουργείται σε δορυφορικές επιχειρήσεις σαν άμεσο αποτέλεσμα της προτεινόμενης επένδυσης. Με τις ίδιες αποφάσεις ορίζονται για τις επενδύσεις της παραγράφου αυτής, οι αναγκαίες παρεκκλίσεις από τις ρυθμίσεις του παρόντος που αφορούν στην ίδια συμμετοχή,

στη διαδικασία παροχής των επιχορηγήσεων, στα ποσοστά και το ύψος της επιχορήγησης, στο ύψος του δανείου, στα ποσοστά επιδότησης της χρηματοδοτικής μίσθωσης και της επιδότησης του κόστους της δημιουργούμενης απασχόλησης, στις προϋποθέσεις μεταβίβασης των μετοχών της επιχείρησης, καθώς και στη δυνατότητα συμμετοχής στην επένδυση δημοσίων επιχειρήσεων.

Με τις ίδιες αποφάσεις μπορεί να παρέχονται στις επιχειρήσεις, που πραγματοποιούν επενδύσεις της παραγράφου αυτής, οι διευκολύνσεις και τα προνόμια που προέβλεπαν οι διατάξεις των παραγράφων 1, 2, 3 και 4 του άρθρου 3 και της παρ. 6 του άρθρου 4 του καταργηθέντος Ν. 4171/1961 (ΦΕΚ 93 Α΄) «περί λήψεως γενικών μέτρων για την υποβοήθηση της χώρας». Επίσης, με τις ίδιες αποφάσεις μπορεί να καθορίζεται η κατασκευή με δημόσια δαπάνη ειδικών έργων υποδομής προς διευκόλυνση της γενικότερης λειτουργίας της μονάδας. Οι ως άνω κοινές υπουργικές αποφάσεις, με τις οποίες υπάγονται στις διατάξεις του παρόντος οι επενδύσεις της παραγράφου αυτής, τελούν υπό την προϋπόθεση της προηγούμενης κύρωσής τους με ειδικό Νόμο.

## **6.5 Εξειδίκευση Κριτηρίων και Πρακτικών Αξιολόγησης Επενδυτικών Σχεδίων**

Στην Ενότητα αυτή, περιγράφεται η εξειδίκευση κριτηρίων και πρακτικών αξιολόγησης επενδυτικών σχεδίων, όπως αναφέρονται στην κείμενη νομοθεσία, και ιδιαίτερη στην Υπουργική Απόφαση 6812/2005 ΔΒΕ 3162 (της οποίας η δομή διατηρείται στο κείμενο που ακολουθεί, για τους λόγους που έχουμε εκθέσει στην προηγούμενη Ενότητα) «Πρόσθετα ειδικά κριτήρια για την υπαγωγή των επενδυτικών σχεδίων των υποπεριπτώσεων (VI), (VII), (VIII), (IX), και (X) της περίπτωσης (ε) και της περίπτωσης (IX) της περίπτωσης (δ΄) της παραγράφου 1 του άρθρου 3 του Ν. 3299/2004. Στοιχεία αξιολόγησης, λειτουργίας, βαθμολόγησης και τρόπος εφαρμογής όλων των κριτηρίων».(ΦΕΚ Β΄ 428/04.04.2005).

*Άρθρο 1: Πρόσθετα ειδικά κριτήρια υπαγωγής επενδυτικών σχεδίων που αφορούν την εισαγωγή και την προσαρμογή περιβαλλοντικά φιλικής τεχνολογίας στην παραγωγική διαδικασία και βαθμολόγησή τους (υποπερίπτωση νι, της περίπτωσης ε, της παραγράφου 1 του άρθρου 3 του Ν.)*

α) Επίπεδο προτεινόμενης τεχνολογίας/μεθόδων παραγωγής - προσαρμογή της προτεινόμενης τεχνολογίας/μεθόδων παραγωγής στις Βέλτιστες Διαθέσιμες Τεχνικές (BAT), όπως αυτές έχουν καθοριστεί σε κοινοτικό ή εθνικό επίπεδο για τον αντίστοιχο Βιομηχανικό κλάδο κατ'εφαρμογή της Οδηγίας 96/61/ΕΕ για την ολοκληρωμένη πρόληψη και έλεγχο της ρύπανσης (IPPC).

Παρέχονται μέχρι δεκαπέντε (15) βαθμοί ως εξής:

i) Σε περίπτωση που έχουν καθοριστεί Βέλτιστες Διαθέσιμες Τεχνικές (BAT):

Προσαρμογή της προτεινόμενης τεχνολογίας /μεθόδων παραγωγής στις βέλτιστες διαθέσιμες τεχνικές

Ολικώς 15 βαθμοί

Μερικώς 5- 10 βαθμοί

Καθόλου 0 βαθμοί

ii) Σε περίπτωση που δεν έχουν καθοριστεί Βέλτιστες Διαθέσιμες Τεχνικές (BAT):

Επίπεδο προτεινόμενης τεχνολογίας /μεθόδων παραγωγής

Υψηλό 11-15 βαθμοί

Μέτριο 5-10 βαθμοί

Χαμηλό 0 βαθμοί

β) Η περιβαλλοντική επικινδυνότητα, της εγκατάστασης που πραγματοποιείται η επένδυση, όπως αυτή κατατάσσεται, ανάλογα με τις επιπτώσεις της στο περιβάλλον σε A1, A2, B3, B4 σύμφωνα με τις διατάξεις της υπ αριθμ. 15393/2332/2002 κοινής υπουργικής απόφασης (ΦΕΚ 1022/Β΄/2002), όπως ισχύει.

Παρέχονται μέχρι δεκαπέντε (15) βαθμοί, ως εξής:

- A1 Κατηγορία: βαθμοί 15

- A2 Κατηγορία: βαθμοί 10

- B3 Κατηγορία: βαθμοί 7

- B4 Κατηγορία: βαθμοί 3

γ) Η συμβολή της επένδυσης στην προστασία του περιβάλλοντος μέσω της μείωσης των παραγόμενων ρύπων σε σχέση με την υφιστάμενη παραγωγική διαδικασία.

Εξετάζεται η ποσοτική μείωση των ρύπων σε συνάρτηση και με την επικινδυνότητα αυτών.

Παρέχονται μέχρι τριάντα (30) βαθμοί, ως εξής:

Σημαντική 25-30 βαθμοί

Μέτρια 15-20 βαθμοί

Μικρή 5-10 βαθμοί

Ασήμαντη 0 βαθμοί

Ο χαρακτηρισμός των αποβλήτων ως επικίνδυνων γίνεται σύμφωνα με την υπ αριθμ. 2001/118/ΕΚ απόφαση της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όπως ισχύει.

δ) Η υποκατάσταση με την επένδυση πρώτων ή βοηθητικών υλών με ύλες προερχόμενες από ανάκτηση/ανακύκλωση ή/και μείωση των πρώτων ή βοηθητικών υλών χρησιμοποιούμενων

στην παραγωγική διαδικασία ή/ και υποκατάστασή τους με ύλες πιο φιλικές προς το περιβάλλον.

$Y$  (%) = ποσοστιαία μείωση των πρώτων και βοηθητικών υλών ή / και υποκατάστασή τους με ύλες προερχόμενες από ανακύκλωση ή/ και υποκατάστασή τους με ύλες πιο φιλικές προς το περιβάλλον.

Παρέχονται μέχρι είκοσι πέντε (25) βαθμοί ως εξής :

$5 \leq Y \% < 10$	5 βαθμοί
$10 \leq Y \% < 20$	10 βαθμοί
$20 \leq Y \% < 30$	15 βαθμοί
$30 \leq Y \% < 40$	20 βαθμοί
$40 \leq Y \%$	25 βαθμοί

ε) Η συμβολή της επένδυσης στην εξοικονόμηση ενέργειας.

Αν από την επένδυση προκύπτει μείωση της πριν αυτής καταναλισκόμενης ενέργειας σε ποσοστό τουλάχιστον κατά 8% παρέχονται πέντε (5) βαθμοί.

στ) Εφαρμογή στην επιχείρηση πριν ή μετά την επένδυση συστημάτων περιβαλλοντικής διαχείρισης ( EMAS, ISO 14001, οικολογικό σήμα, ...)

Εάν ΝΑΙ παρέχονται δέκα (10) βαθμοί

*Άρθρο 2: Πρόσθετα ειδικά κριτήρια υπαγωγής επενδυτικών σχεδίων που αφορούν την παραγωγή καινοτομικών προϊόντων ή υπηρεσιών εισαγωγής καινοτομιών στην παραγωγική διαδικασία και εμπορευματοποίησης πρωτότυπων προϊόντων και υπηρεσιών και βαθμολόγησή τους (υποπερίπτωση vii , της περίπτωσης ε', της παραγράφου 1 του άρθρου 3 του Ν.).*

Κάθε επενδυτικό σχέδιο αυτής της κατηγορίας εξετάζεται από την Ειδική Επιτροπή Εμπειρογνομόνων της περ. ε της παρ. 15 του άρθρ. 7 του Ν., σύμφωνα με τα κριτήρια και τις διαδικασίες που καθορίζονται με την κοινή απόφαση των Υπουργών Οικονομίας και Οικονομικών και Ανάπτυξης της περ. γ, της παρ. 15, του άρθρου 5 του Ν., η οποία γνωμοδοτεί για τον χαρακτηρισμό της επένδυσης ως επένδυσης παραγωγής καινοτομικών προϊόντων ή υπηρεσιών ή εισαγωγής καινοτομιών στην παραγωγική διαδικασία.

Αν η γνωμοδότηση της παραπάνω Ειδικής Γνωμοδοτικής Επιτροπής είναι θετική το επενδυτικό σχέδιο βαθμολογείται με δεκαπέντε (15) βαθμούς. Αν η γνωμοδότηση είναι αρνητική το επενδυτικό σχέδιο απορρίπτεται.

*Άρθρο 3: Πρόσθετα ειδικά κριτήρια υπαγωγής επενδυτικών σχεδίων που στοχεύουν στην αναβάθμιση της ποιότητας των παραγομένων προϊόντων ή και υπηρεσιών και βαθμολόγησή τους (υποπερίπτωση viii, της περίπτωσης ε', της παραγράφου 1 του άρθρου 3 του Ν.).*

α) Η επίδραση της επένδυσης στην βελτίωση της ποιότητας των παραγομένων προϊόντων ή/και υπηρεσιών και στην ανάπτυξη της επιχείρησης.

Παρέχονται μέχρι τριάντα (30) βαθμοί ως εξής:

Σημαντική	25-30 βαθμοί
Μέτρια	15-20 βαθμοί
Μικρή	5-10 βαθμοί
Ασήμαντη	0 βαθμοί

β) Οι υποδομές της επιχείρησης που θα συμβάλουν στην βελτίωση - διασφάλιση της ποιότητας.

Παρέχονται μέχρι είκοσι (20) βαθμοί ως εξής:

Η λειτουργία εργαστηρίου ποιοτικού ελέγχου πριν ή μετά την επένδυση, 10 βαθμοί

Η ύπαρξη διακριτού τμήματος διασφάλισης ποιότητας και επάρκεια στελέχωσης του, 5-10 βαθμοί.

*Άρθρο 4 : Πρόσθετα ειδικά κριτήρια υπαγωγής επενδυτικών σχεδίων που αφορούν την αγορά και εγκατάσταση νέων συγχρόνων συστημάτων αυτοματοποίησης διαδικασιών και μηχανοργάνωσης αποθηκών συμπεριλαμβανομένου και του αναγκαίου λογισμικού για την δημιουργία, επέκταση ή και ανάπτυξη στο χώρο του βιομηχανοστασίου στο πλαίσιο του εκσυγχρονισμού της εφοδιαστικής αλυσίδας και βαθμολόγησή τους (υποπερίπτωση ix , της περίπτωσης ε', της παραγράφου 1 του άρθρου 3 του Ν.).*

α) Η βελτίωση της ανταπόκρισης της εταιρείας στις παραγγελίες των πελατών.

Παρέχονται μέχρι είκοσι πέντε (25) βαθμοί ως εξής:

Σημαντική	20-25 βαθμοί
Μέτρια	10-15 βαθμοί
Μικρή	5 βαθμοί
Ασήμαντη	0 βαθμοί

β) Η βελτίωση της υφιστάμενης κατάστασης της αποθήκης στον χώρο του βιομηχανοστασίου.

Παρέχονται μέχρι τριάντα (30) βαθμοί ως εξής:

Σημαντική	25-30 βαθμοί
Μέτρια	15-20 βαθμοί



Μικρή 5-10 βαθμοί

Ασήμαντη 0 βαθμοί

γ) Το επίπεδο τεχνολογίας του προτεινόμενου εξοπλισμού και ο βαθμός αυτοματοποίησής του.

Παρέχονται μέχρι είκοσι πέντε (25) βαθμοί ως εξής :

Υψηλό 20-25 βαθμοί

Μέτριο 10-15 βαθμοί

Χαμηλό 5 βαθμοί

δ) Το επίπεδο συνεκτικότητας και συνεργασίας μεταξύ όλων των τμημάτων που εμπλέκονται στην εφοδιαστική αλυσίδα.

Παρέχονται μέχρι είκοσι (20) βαθμοί ως εξής :

Υψηλό 16-20 βαθμοί

Μέτριο 10-15 βαθμοί

Χαμηλό 5 βαθμοί

*Άρθρο 5: Πρόσθετα ειδικά κριτήρια υπαγωγής επενδυτικών σχεδίων που αφορούν την ίδρυση ή επέκταση βιομηχανικών ή βιοτεχνικών μονάδων για την εναλλακτική διαχείριση συσκευασιών και άλλων προϊόντων που έχουν αναλωθεί στην Ελλάδα για παραγωγή πρώτων υλών και λοιπών υλικών από αυτά και βαθμολόγησή τους (υποπερίπτωση x , της περίπτωσης ε', της παραγράφου 1 του άρθρου 3 του Ν.).*

α) Ο βαθμός αξιοποίησης των εναλλακτικά διαχειριζόμενων προϊόντων συσκευασίας και λοιπών προϊόντων και η επικινδυνότητα αυτών. Εξετάζεται το κατά βάρος ποσοστό των εναλλακτικά διαχειριζόμενων προϊόντων συσκευασίας και λοιπών προϊόντων που αξιοποιείται για παραγωγή πρώτων υλών και λοιπών υλικών που επιστρέφουν στο ρεύμα της αγοράς καθώς και η επικινδυνότητα των εναλλακτικά διαχειριζόμενων αποβλήτων.

$$A = (Y/E) \times \beta \times 100$$

Όπου: Y = πρώτες ύλες ή άλλα υλικά που παράγονται από την επεξεργασία των αποβλήτων και επιστρέφουν στο ρεύμα της αγοράς

E = εναλλακτικά διαχειριζόμενα προϊόντα συσκευασίας και λοιπά προϊόντα

$\beta = 1$  για τα επικίνδυνα απόβλητα ή

$\beta = 0.80$  για τα μη επικίνδυνα απόβλητα

Ο χαρακτηρισμός των αποβλήτων ως επικίνδυνων γίνεται σύμφωνα με την υπ αριθμ. 2001/118/ΕΚ απόφαση της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όπως ισχύει.

Παρέχονται μέχρι τριάντα (30) βαθμοί ως εξής :

$20 \leq A < 35$	10 βαθμοί
$35 \leq A < 50$	17 βαθμοί
$50 \leq A < 65$	23 βαθμοί
$65 \leq A$	30 βαθμοί

Σε περίπτωση εναλλακτικής διαχείρισης περισσότερων του ενός αποβλήτων εφαρμόζεται το κριτήριο για κάθε απόβλητο χωριστά και ως τελική βαθμολογία του κριτηρίου λαμβάνεται ο σταθμισμένος μέσος όρος των επιμέρους βαθμολογιών δηλαδή Τελική βαθμολογία =  $\Sigma (B_i \times \Pi_i)$ , όπου  $B_i$  = οι επιμέρους βαθμολογίες και  $\Pi_i$  = το ποσοστό συμμετοχής των επιμέρους διαχειριζόμενων αποβλήτων στο σύνολο των διαχειριζόμενων αποβλήτων.

β) Η σκοπιμότητα/αναγκαιότητα της επένδυσης σε σχέση με τις υπάρχουσες ανάγκες εναλλακτικής διαχείρισης στον τομέα που αναφέρεται η επένδυση.

Παρέχονται μέχρι είκοσι πέντε (25) βαθμοί ως εξής:

Σημαντική	20-25 βαθμοί
Μέτρια	10-15 βαθμοί
Μικρή	5 βαθμοί
Ασήμαντη	0 βαθμοί

γ) Η εφαρμογή μετά την επένδυση συστημάτων περιβαλλοντικής διαχείρισης (EMAS, ISO 14001, οικολογικό σήμα, ...). Εάν ΝΑΙ παρέχονται πέντε (5) βαθμοί.

*Άρθρο 6: Πρόσθετα ειδικά κριτήρια υπαγωγής επενδύσεων που αφορούν την δημιουργία εργαστηρίων παροχής υπηρεσιών ποιότητας ή και υψηλής τεχνολογίας, πιστοποιήσεων, δοκιμών ελέγχου και διακριβώσεων και βαθμολόγησή τους (υποπερίπτωση ix , περίπτωση δ' της παραγράφου 1 του άρθρου 3 του Ν.).*

α) Η σημαντικότητα/αναγκαιότητα του εργαστηρίου σε σχέση με τις ανάγκες της ελληνικής βιομηχανίας ως προς την παροχή των υπηρεσιών που καλύπτει το εργαστήριο.

Παρέχονται μέχρι είκοσι πέντε (25) βαθμοί ως εξής:

Σημαντική	20-25 βαθμοί
Μέτρια	10-15 βαθμοί
Μικρή	5 βαθμοί

β) Η επάρκεια του εργαστηρίου σε σχέση με την παροχή υπηρεσιών στους τομείς της βιομηχανίας που θα καλύπτει. Εξετάζονται η τεχνολογία και η επάρκεια του εξοπλισμού, καθώς και το επίπεδο οργάνωσης και στελέχωσης του εργαστηρίου.

Παρέχονται μέχρι είκοσι πέντε (25) βαθμοί ως εξής:

Σημαντική	20-25 βαθμοί
Μέτρια	10-15 βαθμοί
Μικρή	5 βαθμοί

#### Άρθρο 7

1. Το κοινό ελάχιστο ποσοστό του συνόλου των βαθμών των κατά περίπτωση πρόσθετων ειδικών κριτηρίων της παρούσας απόφασης για τα επενδυτικά σχέδια των υποπεριπτώσεων (vi), (viii), (ix), και (x) της περίπτωσης (ε΄) και της περίπτωσης (ix) της περίπτωσης (δ΄) της παραγράφου 1 του άρθρου 3 του Ν., καθορίζεται στο πενήντα τοις εκατό (50%).

Για κάθε επενδυτικό σχέδιο των υποπεριπτώσεων (vi), (viii), (ix), και (x) της περίπτωσης (ε΄) και της περίπτωσης (ix) της περίπτωσης (δ΄) της παραγράφου 1 του άρθρου 3 του Ν., προϋπόθεση για υπαγωγή του στις διατάξεις του Ν. είναι να συγκεντρώνει στα κατά περίπτωση πρόσθετα ειδικά κριτήρια της παρούσης απόφασης συνολική βαθμολογία ίση ή μεγαλύτερη από εκείνη που αντιστοιχεί στην καθοριζόμενη από το ως άνω ελάχιστο ποσοστό.

Για τις επενδύσεις της υποπερίπτωσης (vii) της περίπτωσης (ε΄) της παραγράφου 1 του άρθρου 3 του Ν. «Επενδυτικά σχέδια παραγωγής καινοτομικών προϊόντων ή υπηρεσιών εισαγωγής καινοτομιών στην παραγωγική διαδικασία και εμπορευματοποίησης προτοτύπων προϊόντων και υπηρεσιών» προϋπόθεση για την υπαγωγή τους στις διατάξεις του Ν., αποτελεί η σχετική θετική γνωμοδότηση ( παρ.15 του άρθρου 5, του Ν.) της Ειδικής Επιτροπής Εμπειρογνομόνων της περ. ε, της παρ.15 του άρθρ. 7 του Ν.

2. Το σύνολο των βαθμών των κατά περίπτωση πρόσθετων ειδικών κριτηρίων επί του οποίου εφαρμόζεται το κοινό ελάχιστο ποσοστό καθώς και η κατά περίπτωση ελάχιστη βαθμολογία που αντιστοιχεί στο κοινό ελαχιστο ποσοστό είναι:

α) Επενδυτικά σχέδια εισαγωγής και προσαρμογής περιβαλλοντικά φιλικής τεχνολογίας στην παραγωγική διαδικασία ( υποπερ. (vi), της περ. (ε), της παρ. 1, του αρθρ.3, του Ν.).

Σύνολο βαθμών	100
Ελάχιστη βαθμολογία	50

β) Επενδυτικά σχέδια που στοχεύουν στην αναβάθμιση της ποιότητας των παραγομένων προϊόντων ή και υπηρεσιών (υποπερ. (viii), της περ. (ε), της παρ. 1, του αρθρ. 3, του Ν.).

Σύνολο βαθμών	50
Ελάχιστη βαθμολογία	25

γ) Επενδυτικά σχέδια για αγορά και εγκατάσταση νέων σύγχρονων συστημάτων αυτοματοποίησης διαδικασιών και μηχανοργάνωσης αποθηκών συμπεριλαμβανομένου και του αναγκαίου λογισμικού για την δημιουργία, επέκταση ή και ανάπτυξη στο χώρο του βιομηχανοστασίου στο πλαίσιο του εκσυγχρονισμού της εφοδιαστικής αλυσίδας (υποπερ. (ix), της περ. (ε), της παρ. 1, του αρθρ. 3, του Ν.).

Σύνολο βαθμών 100

Ελάχιστη βαθμολογία 50

δ) Επενδυτικά σχέδια ίδρυσης ή επέκτασης βιομηχανικών ή βιοτεχνικών μονάδων για την εναλλακτική διαχείριση συσκευασιών και άλλων προϊόντων που έχουν αναλωθεί στην Ελλάδα, για παραγωγή πρώτων υλών και λοιπών υλικών από αυτά (υποπερ. (x), της περ. (ε), της παρ. 1, του αρθρ. 3, του Ν.).

Σύνολο βαθμών 60

Ελάχιστη βαθμολογία 30

ε) Επενδυτικά σχέδια για την δημιουργία εργαστηρίων παροχής υπηρεσιών ποιότητας ή και υψηλής τεχνολογίας, πιστοποιήσεων, δοκιμών ελέγχου και διακριβώσεων (υποπερ. (ix), της περ. (δ), της παρ. 1, του αρθρ. 3, του Ν.).

Σύνολο βαθμών 50

Ελάχιστη βαθμολογία 25

#### Άρθρο 8

1. Το κοινό ελάχιστο ποσοστό του συνόλου των βαθμών των κριτηρίων της υπ αριθμ. 8356/3.3.2005 απόφασης του Υπουργού Οικονομίας και Οικονομικών και των κατά περίπτωση πρόσθετων ειδικών κριτηρίων της παρούσας απόφασης καθορίζεται στο σαράντα τοις εκατό (40%).

Για κάθε επενδυτικό σχέδιο των υποπεριπτώσεων (vi), (vii) (viii), (ix), και (x) της περίπτωσης (ε) και της περίπτωσης (ix) της περίπτωσης (δ') της παραγράφου 1 του άρθρου 3 του Ν., προϋπόθεση για υπαγωγή του στις διατάξεις του Ν. είναι να συγκεντρώνει στα κριτήρια της υπ αριθμ. 8356/3.3.2005 απόφασης του Υπουργού Οικονομίας και Οικονομικών και στα κατά περίπτωση πρόσθετα ειδικά κριτήρια της παρούσας απόφασης συνολική βαθμολογία ίση ή μεγαλύτερη από εκείνη που αντιστοιχεί στην καθοριζόμενη από το ως άνω ελάχιστο ποσοστό.

2. Το σύνολο των βαθμών των κριτηρίων της υπ αριθμ. 8356/3.3.2005 απόφασης του Υπουργού Οικονομίας και Οικονομικών και των κατά περίπτωση πρόσθετων ειδικών

κριτηρίων επί του οποίου εφαρμόζεται το κοινό ελάχιστο ποσοστό καθώς και η κατά περίπτωση ελάχιστη βαθμολογία που αντιστοιχεί στο κοινό ελάχιστο ποσοστό είναι:

α) Επενδυτικά σχέδια εισαγωγής και προσαρμογής περιβαλλοντικά φιλικής τεχνολογίας στην παραγωγική διαδικασία (υποπερ. (vi), της περ. (ε), της παρ. 1, του άρθρ.3, του Ν.).

Σύνολο βαθμών 200

Ελάχιστη βαθμολογία 80

β) Επενδυτικά σχέδια παραγωγής καινοτομικών προϊόντων ή υπηρεσιών εισαγωγής καινοτομιών στην παραγωγική διαδικασία και εμπορευματοποίησης πρωτοτύπων προϊόντων και υπηρεσιών (υποπερ. (vii), της περ. (ε'), της παρ. 1, του αρθρ. 3, του Ν.).

Σύνολο βαθμών 115

Ελάχιστη βαθμολογία 46

γ) Επενδυτικά σχέδια που στοχεύουν στην αναβάθμιση της ποιότητας των παραγομένων προϊόντων ή και υπηρεσιών (υποπερ. (viii), της περ. (ε), της παρ. 1, του αρθρ. 3, του Ν.).

Σύνολο βαθμών 150

Ελάχιστη βαθμολογία 60

δ) Επενδυτικά σχέδια για αγορά και εγκατάσταση νέων σύγχρονων συστημάτων αυτοματοποίησης διαδικασιών και μηχανοργάνωσης αποθηκών συμπεριλαμβανομένου και του αναγκαίου λογισμικού για την δημιουργία, επέκταση ή και ανάπτυξη στο χώρο του βιομηχανοστασίου στο πλαίσιο του εκσυγχρονισμού της εφοδιαστικής αλυσίδας (υποπερ. (ix), της περ. (ε), της παρ. 1, του αρθρ. 3, του Ν.).

Σύνολο βαθμών 200

Ελάχιστη βαθμολογία 80

ε) Επενδυτικά σχέδια ίδρυσης ή επέκτασης βιομηχανικών ή βιοτεχνικών μονάδων για την εναλλακτική διαχείριση συσκευασιών και άλλων προϊόντων που έχουν αναλωθεί στην Ελλάδα, για παραγωγή πρώτων υλών και λοιπών υλικών από αυτά (υποπερ. (x), της περ. (ε), της παρ. 1, του αρθρ. 3, του Ν.).

Σύνολο βαθμών 160

Ελάχιστη βαθμολογία 64

στ) Επενδυτικά σχέδια για την δημιουργία εργαστηρίων παροχής υπηρεσιών ποιότητας ή και υψηλής τεχνολογίας, πιστοποιήσεων, δοκιμών ελέγχου και διακριβώσεων (υποπερ. (ix), της περ. (δ), της παρ. 1, του αρθρ. 3, του Ν.).

Σύνολο βαθμών 150

Ελάχιστη βαθμολογία 60.

## 6.6 Σύνοψη - Συμπεράσματα

Στο παρόν Κεφάλαιο, διερευνάται το πρόβλημα της βέλτιστης επιχορήγησης επενδυτικού σχεδίου με έμφαση στην εξοικονόμηση ενέργειας/υλικών και την προστασία του περιβάλλοντος (κριτήρια  $f_2$  και  $f_3$ ). Το βέλτιστο ποσοστό  $I_{opt}$  επιχορήγησης της επένδυσης, το οποίο παρέχει το υψηλότερο δυνατό κίνητρο (με αυτήν την έννοια,  $I_{opt} \equiv I_{max}$ ) χωρίς να είναι ζημιογόνο για το Δημόσιο, υπολογίζεται με την εξίσωση του αναμενόμενου οφέλους  $U$  με τα συνολικά διαφεύγοντα έσοδα (ζημία)  $Y$ , οπότε προκύπτει η παρακάτω έκφραση

$$I_{opt} = \frac{\frac{K \cdot F / S}{(1+i)^{1-t}} \cdot \left[ \frac{[1/(1+i)]^t - 1}{[1/(1+i)] - 1} + \frac{g}{1+i} \left( \frac{1 - [1/(1+i)]^{t-1}}{([1/(1+i)] - 1)^2} + \frac{(t-1)[1/(1+i)]^{t-1}}{[1/(1+i)] - 1} \right) + h \cdot x \cdot W \right]}{(1+r)^{t-m} (1+i)^m}$$

$$W = \left\{ \left( 1 + 2 \frac{x^{t-1} - x}{x-1} - [2(t-1) - 1]x^{t-1} \right) / (1-x) - (t-1)^2 x^{t-1} \right\} / (1-x), \quad x=1/(1+i),$$

όπου  $F$  το εξοικονομούμενο ποσό σε νομισματικές μονάδες (ν.μ.), λόγω της επιτυγχανόμενης εξοικονόμησης ενέργειας/υλικών,  $i$  το επιτόκιο μακροπρόθεσμων τίτλων του Δημοσίου (λογιζόμενο ανά χρονική περίοδο, συνήθως ετήσια) που είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της ισοδύναμης αξίας του χρήματος σε διάφορες χρονικές στιγμές,  $K$  το ποσοστό συμμετοχής του Δημοσίου στην αρχική επένδυση, λόγω της συμβολής της παραπάνω εξοικονόμησης στην αιεφόρο ανάπτυξη και ειδικότερα στη συγκράτηση του ρυθμού (α) υποβάθμισης του περιβάλλοντος, το οποίον είναι κοινό αγαθό (common good), και (β) εξάντλησης των εγχώριων μη ανανεώσιμων φυσικών πόρων που αποτελούν περιουσία του Δημοσίου,  $g$  και  $h$  οι παράμετροι ενός παραβολικού υποδείγματος αύξησης του  $F$ , το οποίον είναι της μορφής  $(1+gt+ht^2)F$  (ώστε να περιλαμβάνεται το ενδεχόμενο της μη γραμμικής αύξησης, ως αποτέλεσμα επιταχυνόμενης ανάπτυξης και της συνεπαγόμενης μείωσης των αποθεμάτων ενεργειακών ορυκτών και πρώτων υλών), λόγω αύξησης των πραγματικών τιμών ενέργειας, πρώτων υλών και υπηρεσιών προστασίας περιβάλλοντος,  $t$  ο αριθμός των χρονικών περιόδων (συνήθως ετών) ωφέλιμης ζωής της επένδυσης,  $r$  είναι η απόδοση της καλύτερης εναλλακτικής επένδυσης (η οποία καλείται 'second best' σε σχέση με την εξεταζόμενη από το Δημόσιο για επιχορήγηση) για  $m$  χρονικές περιόδους.

Στη συνέχεια δίνεται υπό μορφή εφαρμογής για τα ελληνικά δεδομένα (Α' εξάμηνο 2009) διαγραμματικά (α) η μεμονωμένη επίδραση των  $i$ ,  $g$ ,  $r$ ,  $t$ ,  $m$ , λαμβανομένου του κάθε ενός χωριστά και (β) η σύγχρονη επίδραση των  $i$  &  $r$  και  $g$  &  $t$ , στο βέλτιστο ποσοστό επιχορήγησης  $I_{opt}$  (μονοπαραμετρική και διπαραμετρική ανάλυση ευαισθησίας, αντίστοιχα).

Επισημαίνεται ότι για την εκτίμηση της εξοικονόμησης ενέργειας, απαιτείται, πέραν του υπολογισμού της ενεργειακής ανάλωσης της νέας βιομηχανικής μονάδας (βάσει του προτεινόμενου επενδυτικού σχεδίου), και η πρότυπη ειδική ενεργειακή ανάλωση (Specific Energy Consumption – SEC), δηλ., αυτή που θα πραγματοποιηθεί χωρίς την εισαγωγή νέας τεχνολογίας. Επειδή, όμως, η τελευταία αυτή είναι δύσκολο να προσδιορισθεί αντικειμενικά, αφού αυτός που θα υποβάλει το επενδυτικό σχέδιο θα υπερτιμήσει την SEC, ώστε να φαίνεται μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας με την εισαγωγή της προτεινόμενης νέας τεχνολογίας (άρα μεγαλύτερη επιχορήγηση του επενδυτικού σχεδίου), υπάρχει η δυνατότητα προσέγγισης της τιμής της SEC μέσω ενός εμπειρικού υποδείγματος συσχετισής της με την πρότυπη θερμότητα της αντίδρασης (Standard Heat of Reaction – SHR), όπως αυτή προκύπτει από τους αντίστοιχους θερμοδυναμικούς υπολογισμούς.

Για τη συσχέτιση αυτή, χρησιμοποιούμε ένα πλήρες ακέραιο πολυωνυμικό υπόδειγμα της μορφής  $SEC = \sum_{i=0}^m a_i (SHR)^i$ ,  $m \leq 4$ , και επιλέγουμε τον βέλτιστο βαθμό  $m$  του πολυωνύμου, με κριτήρια τον συντελεστή προσδιορισμού της παλινδρόμησης (Coefficient of Determination –  $R^2$ ),  $g_1$ , το τυπικό σφάλμα της εκτίμησης (Standard Error of Estimate – SEE),  $g_2$ , την απλότητα του υποδείγματος (Occam's Razor),  $g_3$ , την ευλογοφάνεια (Plausibility),  $g_4$ , τη συνέπεια ή τοπική συγκρισιμότητα (Consistency ή Intra-Comparability, αντίστοιχα),  $g_5$ , και τη γενική συγκρισιμότητα (Inter-Comparability),  $g_6$ . Οι εκτιμήσεις των  $R^2$  και SEE βασίζονται σε επιλογές αριθμητικών δεδομένων από την τεχνική βιβλιογραφία. Ακολουθείται η μέθοδος της πολυκριτηριακής ανάλυσης (MultiCriteria Analysis – MCA), με χρησιμοποίηση ασαφών αριθμών (fuzzy numbers) για την εκτίμηση του διανύσματος των βαρών και της μήτρας προτίμησης (weights vector και preference matrix, αντίστοιχα), ώστε να ληφθεί υπ' όψη η αβεβαιότητα στην εκτίμηση των επιμέρους ποσοτικών ή ποσοτικοποιούμενων μεγεθών.

Από την παραπάνω ανάλυση προκύπτει ως προτεινόμενη λύση αυτή του δευτεροβάθμιου πολυωνυμικού (παραβολικού) υποδείγματος, η οποία είναι εύρωστη (robust), αφού (i) δεν περιλαμβάνεται σε οποιοδήποτε ζεύγος συγκρινόμενων υποδειγμάτων του οποίου τα μέλη εμφανίζονται ως μη-συγκρίσιμα και (ii) η μονοπαραμετρική ανάλυση ευαισθησίας ως προς το δεύτερο καλύτερο υπόδειγμα που είναι (α) το γραμμικό υπόδειγμα σε επίπεδο χαμηλής και υψηλής ανάλυσης στην περίπτωση των ενδόθερων βιομηχανικών χημικών διεργασιών, και (β) το γραμμικό και το τριτοβάθμιο πολυωνυμικό υπόδειγμα σε επίπεδο χαμηλής και υψηλής ανάλυσης, αντίστοιχα, στην περίπτωση των εξώθερων βιομηχανικών διεργασιών, δίνει  $S_2 - S_1 > 0$  και  $S_2 - S_3 > 0$  σε ολόκληρη την περιοχή  $\pm 50\%$

γύρω από τη μέση απασαφοποιημένη τιμή κάθε κριτηρίου στο διάλυμα των βαρών. Η εμπειρική έρευνα τόσο σε υποκειμενικό επίπεδο δια μέσου των εμπειρογνομόνων όσο και σε αντικειμενικό επίπεδο δια μέσου της εξόρυξης γνώσης (data mining) από την τεχνική βιβλιογραφία επιβεβαιώνει τα παραπάνω αποτελέσματα.

Σημειώνεται ότι το παραπάνω παραβολικό υπόδειγμα δίνει καλύτερες εκτιμήσεις (επιτυγχανόμενων υψηλότερων τιμών  $R^2$  και χαμηλότερων τιμών SEE) από αυτές που αναφέρονται στην τεχνική βιβλιογραφία, επειδή (i) έχουμε κατηγοριοποιήσει τις βιομηχανικές χημικές διεργασίες σε ενδόθερμες και εξώθερμες και έχουμε πραγματοποιήσει διακριτή μοντελοποίηση και στατιστική ανάλυση σε κάθε κατηγορία χωριστά, και (ii) δεν έχουμε περιλάβει φυσικές διεργασίες, οι οποίες, έχοντας  $SHR=0$ , μεταβάλουν το λογικό υπόβαθρο της κατηγοριοποίησης, με αποτέλεσμα τη χειροτέρευση όλων των στατιστικών δεικτών/παραμέτρων.

### Βιβλιογραφία

1. A.V. Bridgwater, How to control costs, *The Chemical Engineer* **Nov.** (1973), 538.
2. D.H. Allen, R.C. Page, Revised Technique for predesign cost estimating, *Chemical Engineering* **March 3** (1975), 142.
3. J.T. Sommerfield, C.T. Lenk, Thermodynamics helps you predict selling price, *Chemical Engineering* **May 4** (1970), 136.
4. P.K. Mathur, T.W.F Russell, Chemical recycle can save energy, *Hydrocarbon Processes* **July** (1978), 89.
5. F.A. Lowenheim, M.K. Moran, *Faith, Keyes and Clark's Industrial Chemicals*, 4<sup>th</sup> Ed., Wiley NY (1975).
6. M. Sittig, *Practical Techniques for Saving Energy in the Chemical, Petroleum and Metals Industry*, Noyes Data Corp., Park Ridge NJ (1977).
7. 1975 Petrochemical Handbook Issue, *Hydrocarbon Processes* **Nov.** (1975), 97-224.
8. D.R. Stull, E.F. Westrum, G.C. Sinke, *The Chemical Thermodynamics of Organic Compounds*, Wiley NY (1969).
9. F. Rodriguez, *Principles of Polymer Systems*, McGraw-Hill NY (1970).
10. J.T. Sommerfield, R.H. White, Estimate energy consumption from heat of reaction, *Chemical Engineering* **Nov. 19** (1979), 40-47.
11. J.P. Brans, Ph. Vincke, B. Mareschal, How to Select and How to Rank Projects: The PROMETHEE Method, *European Journal of Operational Research* **24**, 228 – 238 (1986).
12. D. Dubois, H. Prade, Operations on Fuzzy Numbers, *International Journal of Systems Science* **9** (1978), 613- 626.
13. P. Fotilas, A.F. Batzias, A Modeling Procedure by Means of Multicriteria Analysis. Application in the Case of Specific Surface Estimation of Anodized Aluminium. *American Institute of Physics (AIP) Conf. Proc.*, forthcoming.
14. P. Fotilas, A.F. Batzias, Synthesizing Equivalence Indices for the Comparative Evaluation of Technoeconomic Efficiency of Industrial Processes at the Design/Re-engineering Level. *American Institute of Physics (AIP) Conf. Proc.*, **963** (2007), 884-889.
15. A.F. Batzias., Fuzzy Multicriteria Ranking of Aluminium Coating Methods. *American Institute of Physics (AIP) Conf. Proc.*, **963** (2007), 856-861.



16. A.F. Batzias, F.A. Batzias, Fuzzy Multicriteria Choice of Instrumental Methods for Measuring Physical Quantities - Application in the Case of Dielectric Aluminium Anodic Oxide Films. *Proc. IEEE Instrum. & Meas. Technol. (IMTC 2004)* **3** (2004), pp. 2217-2222.
17. A.F. Batzias, F.A. Batzias, Multicriteria Choice of Industrial Management System for a Typical Greek Tannery Operating in a Changing Environment. *4th Europ. Congress Chem. Eng. (ECCE-4)* Granada, Spain, Sept 2003, incl. also in *J. Chem. Eng. & Tech. (J. Wiley)*, Jan. 2004. O-2-003.
18. A.F. Batzias., F.A. Batzias, Multicriteria Choice of Solvent in the Lithographic Printing Industry with Emphasis on Occupational Health. *4th Europ. Congress Chem. Eng. (ECCE-4)* Granada, Spain, Sept 2003, incl. also in *J. Chem. Eng. & Tech. (J. Wiley)*, Jan. 2004. P-4.1-025.
19. A.F. Batzias., F.A. Batzias, Fuzzy Fault Tree Analysis as a Mechanism for Technical Support to Small/Medium Electroplaters on a Quasi Online/Real-Time Basis. *IEEE Int. Conf. on Industrial Technology (ICIT03)*, Maribor, Slovenia, **1** (2003), 36-41.
20. A.F. Batzias, D.K. Sidoras, Thermochemical Conversion of Waste Biomass to Obtain Activated Carbon Substitutes for Dye Adsorption – A Decision Making Approach on Kinetics. *16th European Biomass Conference*, Elsevier, Valencia, Spain (2008), 1727-1732.
21. A.F. Batzias, C.G. Siontorou, A New Scheme for Biomonitoring Heavy Metal Concentrations in Semi-Natural Wetlands. *Journal of Hazardous Materials* **158** (2008), 340-358.
22. P. Fotilas, A.F. Batzias, C.G. Siontorou, Learning by Doing via Biomonitoring the Rehabilitation of Pb-Contaminated Industrial Sites. *Symp. on Environmental Engineering, 18th International Congress of Chemical and Process Engineering* (Europ. Fed. Chem. Eng.), Prague, Czech Rep (2008).
23. D.F. Batzias, J.N. Sorros, On the Depreciation of Intellectual Capital Accumulated within a R&D Department of an Industrial Enterprise, *ICMMS 2008: International Conference on Management and Marketing Sciences*, May 2008, Athens, Greece.
24. D.F. Batzias, D.K. Sidoras, Y. Pollalis, Fuel choice for domestic heating/cooking in isolated villages of Northern/Central Greece. *Proc. 17<sup>th</sup> European Biomass Conference. Hamburg, Germany* (2009), 2181-2187.
25. D.F. Batzias, C.A. Rigas, D.K. Sidoras, Multicriteria ranking of end-uses of lignocellulosic waste in a Greek mountainous community. *Proc. 17<sup>th</sup> European Biomass Conference. Hamburg, Germany* (2009), 1845-1851.
26. T.Y. Tseng, C.M. Klein, New Algorithm for the Ranking Procedure in Fuzzy Decisionmaking. *IEEE Transactions On Systems, Man and Cybernetics* **19** (1989), 1289 – 1296.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

### Ο Προσδιορισμός/Μερισμός του Ιδιωτικοοικονομικού Κόστους Επεξεργασίας Αποβλήτων (Κριτήρια $f_2$ και $f_3$ )

Η εκτίμηση (σε νομισματικές μονάδες) της «συμβολής της επένδυσης στην προστασία του περιβάλλοντος μέσω της μείωσης των παραγόμενων ρύπων σε σχέση με την υφιστάμενη παραγωγική διαδικασία», σύμφωνα με τα αναφερόμενα στη σελ. 6-45, προϋποθέτει τον προσδιορισμό/μερισμό του ιδιωτικοοικονομικού κόστους επεξεργασίας αποβλήτων πριν και μετά την εισαγωγή της νέας τεχνολογίας, ιδιαίτερα στην περίπτωση των υγρών αποβλήτων, των οποίων η συμμετοχή στο κόστος συνεπεξεργασίας (π.χ. σε εγκατάσταση βιολογικού καθαρισμού) αποτελεί ένα δυσεπίλυτο πρόβλημα. Πράγματι, όπως τα στερεά απορρίμματα, αστικής ή/και βιομηχανικής προέλευσης, συλλέγονται, συνεπεξεργάζονται και συνδιατίθενται σε ειδικούς χώρους τελικής απόθεσης, έτσι και τα υγρά απόβλητα των βιομηχανιών και άλλων μονάδων συνήθως συλλέγονται και συνεπεξεργάζονται ενώ το υδατικό προϊόν που προκύπτει διατίθεται σε φυσικούς αποδέκτες (θάλασσα, λίμνες, ποτάμια). Στην περίπτωση των στερεών απορριμμάτων ο μερισμός του ιδιωτικοοικονομικού κόστους της συνεπεξεργασίας είναι σχετικά απλός, επειδή τα απορρίμματα διατηρούν τη σύνθεσή τους μέχρι τη στιγμή που αποτίθενται στο ΧΥΤΑ ή τη μονάδα μετατροπής (αποτέφρωσης ή λιπασματοποίησης) με μόνη παρεμβολή το στάδιο της επιλογής των ανακυκλώσιμων υλικών.

Αυτό σημαίνει ότι, εφόσον το φορτίο που αποστέλλει προς επεξεργασία/εξουδετέρωση ο παραγωγός των απορριμμάτων είναι αποδεκτό από την μονάδα επεξεργασίας, σύμφωνα με ορισμένες προδιαγραφές ως προς τη σύνθεση των απορριμμάτων, ο μερισμός του κόστους είναι δυνατό να γίνει με βάση τη μάζα των μεταφερομένων φορτίων ανά χρονική περίοδο (π.χ. ανά ημέρα, εβδομάδα, μήνα). Δηλ. για κάθε φορτίο αρκούν δύο ζυγίσεις του φορτηγού με το ποίο μεταφέρεται: μία γεμάτο και μία άδειο (πριν και μετά την εκφόρτωση των απορριμμάτων). Μόνο στην ειδική περίπτωση που το φορτίο ανήκει σε ειδική κατηγορία απορριμμάτων, τα οποία επιβαρύνουν ιδιαίτερα την επεξεργασία και γίνονται δεκτά σε περιορισμένη ποσότητα, είναι δυνατό να επιβάλλεται αυξημένη συμμετοχή στο κόστος συνεπεξεργασίας υπό μορφή πρόσθετου περιβαλλοντικού τέλους, λογιζόμενου είτε ως ν.μ./kg είτε ως ποσοστό προσαύξησης του βασικού τέλους (ν.μ. = νομισματικές μονάδες).

Στην περίπτωση της συνεπεξεργασίας των υγρών αποβλήτων, η μεταφορά γίνεται δια μέσου δικτύου σωληνώσεων και επομένως στη μονάδα συνεπεξεργασίας εισέρχεται ένα ομοιογενές μίγμα. Άρα, τα υγρά απόβλητα πρέπει να κοστολογούνται στην πηγή παραγωγής τους, με βάση τη συνολική μάζα τους και τη σύστασή τους. Η οικονομική επιβάρυνση που προκύπτει είναι μέτρο του μέγιστου ιδιωτικοοικονομικού κόστους που είναι αποδεκτό από τον παραγωγό των αποβλήτων: αν εκτιμά ότι η επιβάρυνση είναι άνω ενός μέγιστου αποδεκτού ορίου, τότε μπορεί να επεξεργαστεί ο ίδιος τα υγρά απόβλητα και να τα διαθέσει επεξεργασμένα είτε στο δίκτυο των ακαθάρτων είτε σε φυσικό αποδέκτη είτε σε σύστημα άμεσης επαναχρησιμοποίησης.

Σημειώνεται ότι η οικονομική επιβάρυνση σε οποιαδήποτε περίπτωση, δηλ. είτε συνεπεξεργασίας είτε απλής επεξεργασίας από τον παραγωγό των αποβλήτων, λογίζεται ως ιδιωτικοοικονομικό κόστος και τα αντίστοιχα χρηματικά ποσά καταχωρούνται ως δαπάνες, σύμφωνα με το ισχύον σύστημα λογιστικής απεικόνισης των λειτουργικών εξόδων και των αποσβέσεων. Τα χρησιμοποιούμενα στις διάφορες χώρες της ΕΕ υποδείγματα (μοντέλα) προσδιορισμού/μερισμού του ιδιωτικοοικονομικού κόστους  $T$  (ν.μ./έτος) είναι δυνατό να διακριθούν σε κλειστά και ανοικτά (τύπου Ι και ΙΙ, αντίστοιχα). Στα κλειστά υποδείγματα χρησιμοποιούνται φαινομενολογικές μεταβλητές και παράμετροι, οι οποίες αντιπροσωπεύουν

κατηγορίες εμπειρικών δεδομένων χωρίς να αποκαλύπτεται η εσωτερική δομή του υποδείγματος. Ένα απλό παράδειγμα υποδείγματος τύπου I είναι η σχέση

$$T = FN, \quad N = KCR \quad (1)$$

όπου  $N$  ο αριθμός των ρυπαντικών μονάδων (ρ.μ.), που αντιπροσωπεύουν το φορτίο το οποίο πρέπει να μεταφερθεί / επεξεργαστεί / αποτεθεί,

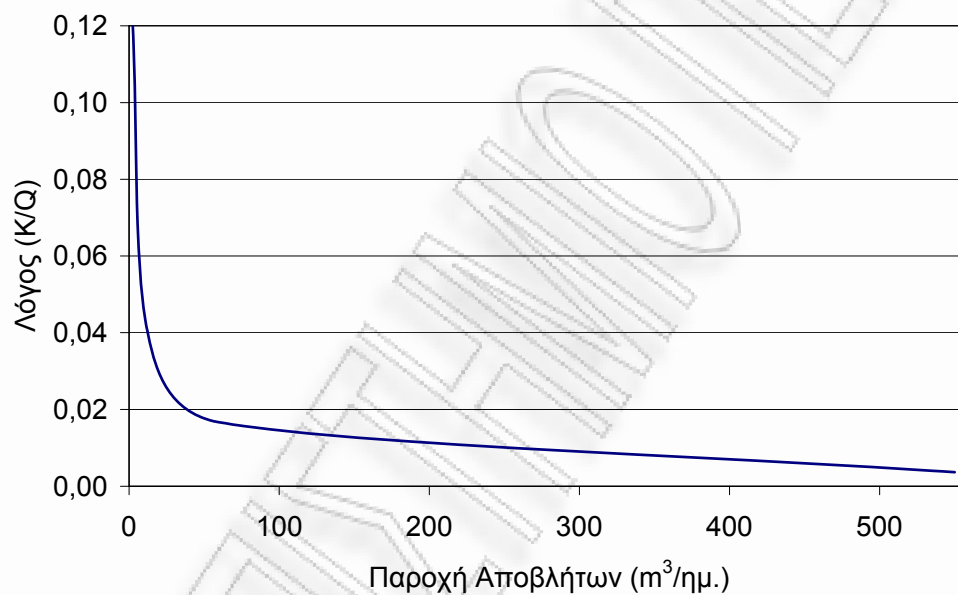
$F$  το ιδιωτικοοικονομικό κόστος, ανηγμένο ανά ρ.μ. (ν.μ. / ρ.μ.),

$K$  παράμετρος ροής εξαρτώμενη από την παροχή  $Q$  των αποβλήτων ( $m^3/ημ.$ ),

$C$  συντελεστής εξαρτώμενος από την κατηγορία ταξινόμησης των αποβλήτων,

$R$  συντελεστής εξαρτώμενος από το είδος του φυσικού υδατικού αποδέκτη.

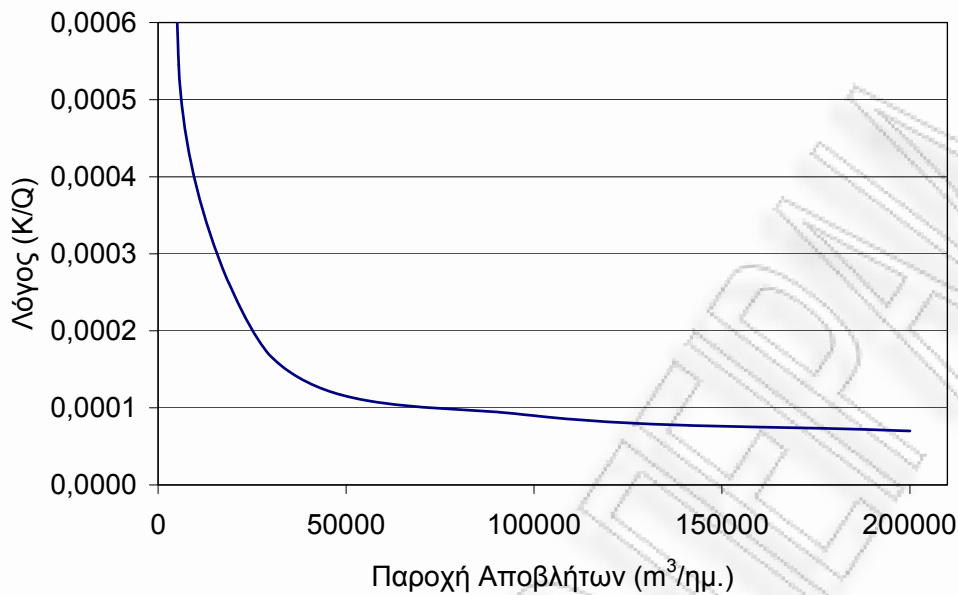
Στους παρακάτω Πίνακες Π.Ι-1 και Π.Ι-2 δίνονται οι τιμών των  $K$ ,  $C$ ,  $R$  ενώ στα Σχήματα Π.Ι-1 και Π.Ι-2 φαίνεται η μη γραμμική εξάρτηση της παραμέτρου ροής  $K$  από την παροχή  $Q$ , όπως αυτή εκτιμάται από την κεντρική τιμή κάθε διαστήματος παροχής. Π.χ. η κεντρική τιμή του διαστήματος 20 – 100  $m^3/ημ.$  είναι  $Q = (20+100)/2 = 60 m^3/ημ.$



**Σχήμα Π.Ι-1.** Εξάρτηση του λόγου  $K/Q$  από την παροχή  $Q$ , στην περιοχή των μικρών τιμών της ανεξάρτητης μεταβλητής. Οι ισχυρές οικονομίες κλίμακας αποδεικνύονται από τη μορφή της καμπύλης (φθίνουσα με τα κοίλα προς τα άνω).

**Πίνακας Π.Ι-1.** Αντιστοιχία τιμών παραμέτρου ροής  $K$  και παροχής  $Q$ .

διάστημα παροχής $Q$ ( $m^3/ημ.$ )	Κεντρική τιμή $Q$ ( $m^3/ημ.$ )	Παράμετρος ροής $K$	$K/Q$
0-5	2,5	0,3	0,120000
5-20	12,5	0,5	0,040000
20-100	60	1,0	0,016667
100-1000	550	2,0	0,003636
1000-10.000	5500	3,0	0,000545
10.000-50.000	30.000	5,0	0,000167
50.000-150.000	100.000	9,0	0,000090
150.000-250.000	200.000	14,0	0,000070



**Σχήμα Π.Ι-2.** Εξάρτηση του λόγου  $K/Q$  από την παροχή  $Q$ , στη συνολική περιοχή των τιμών της ανεξάρτητης μεταβλητής. Οι ισχυρές οικονομίες κλίμακας αποδεικνύονται από τη μορφή της καμπύλης (φθίνουσα με τα κοίλα προς τα άνω).

**Πίνακας Π.Ι-2.** Ενδεικτικές Τιμές των παραμέτρων  $C$  και  $R$  όπως αυτές εκτιμώνται για τις περιπτώσεις που εμφανίζονται συνηθέστερα στην πράξη.

Κατηγορία αποβλήτων	Τιμή $C$
Σύνθετα οργανικά τοξικά	14,0
Μέτρια τοξικά, μέταλλα	5,0
Αστικού τύπου	3,0
Γενικής φύσης	2,0
Απόνερα – στραγγίσματα	1,0
Χαμηλής περιβαλλοντικής επιβάρυνσης	0,5
Ελάχιστης περιβαλλοντικής επιβάρυνσης	0,3

Φυσικός αποδέκτης	Τιμή $R$
Βάθος θάλασσας	0,5
Παράκτια ζώνη	0,8
Επιφανειακά ύδατα	1,0
Εκβολή ποταμού	1,5

Τα υποδείγματα τύπου  $\Pi$  διακρίνονται σ' αυτά που προσδιορίζουν το ιδιωτικοοικονομικό κόστος  $T$  ως συνάρτηση είτε του ανηγμένου ανά ρ.μ. κόστους (τύπος  $\Pi_1$ ) είτε του πραγματικού κόστους μεταφοράς/επεξεργασίας των αποβλήτων, ανηγμένου ανά μονάδα όγκου και σχετικής συγκέντρωσης αυτών (τύπος  $\Pi_2$ ).

Ένα απλό παράδειγμα υποδείγματος τύπου  $\Pi_1$  είναι η σχέση

$$T = F \cdot N, \quad N = k_1 \cdot N_1 + k_2 \cdot N_2 + k_3 \cdot N_3 + N_c \quad (2)$$

Οι μεταβολές  $N_1, N_2, N_3, N_c$  δίνονται από τις παρακάτω εκφράσεις:

$$N_1 = Q_d / 180 \cdot [\alpha + \{0,35 \text{ SS}\} / 500 + (0,45 \{2 \text{ BOD} + \text{COD}\}) / 1,350] \cdot (0,4 + 0,6 d) \quad (3)$$

όπου  $Q_d$  είναι η παροχή των αποβλήτων (L/ημ.),  $\alpha=0$  για συμφωνημένη διάθεση αποβλήτων σε επιφανειακό υδατικό αποδέκτη και  $\alpha=0,2$  σε κάθε άλλη περίπτωση,  $d=x/225$  αν  $x < 225$  και  $d=1$  αν  $x \geq 225$ ,  $x$  ο αριθμός των ημερών κατά τις οποίες παράγονται απόβλητα σε ετήσια βάση ( $365 \geq x$ ).

$$N_2 = Q_y \cdot [40(\text{Hg}) + 10(\text{Ag} + \text{Cd}) + 5(\text{Zn} + \text{Cu}) + 2(\text{Ni}) + (\text{Pb} + \text{As} + \text{Cr})] / 1000 \quad (4)$$

όπου  $Q_y$  είναι η παροχή των αποβλήτων (σε  $\text{m}^3$ /έτος), (Hg), (Ag), (Cd), (Zn), (Cu), (Ni), (Pb), (As), (Cr) η συγκέντρωση (σε mg/L) των αποβλήτων σε υδράργυρο, άργυρο, κάδμιο, ψευδάργυρο, χαλκό, νικέλιο, μόλυβδο, αρσενικό, χρώμιο, αντίστοιχα. Οι αριθμητικοί συντελεστές δείχνουν το βάρος της επίδρασης κάθε ενός από τα μέταλλα αυτά στα βιοσυστήματα.

$$N_3 = Q [(N) + (P)] / 10000 \quad (5)$$

όπου (N), (P) η συγκέντρωση (σε mg/L) των αποβλήτων σε άζωτο και φωσφόρο.

$$N_c = Q_w \cdot 0,0004 \cdot \alpha \quad (6)$$

όπου  $Q_w$  η παροχή (σε  $\text{m}^3$ /έτος) νερού ψύξεως, σε εγκαταστάσεις στις οποίες χρησιμοποιείται το νερό ως μέσο ψύξεως,  $\alpha$  = αριθμητικός συντελεστής, π.χ. μια συνήθης τιμή είναι  $\alpha=0,825$ . Οι συντελεστές στάθμισης  $k_1, k_2, k_3$  λαμβάνονται ίσοι με τη μονάδα αν τα υγρά απόβλητα διατίθενται στο δίκτυο των ακαθάρτων υδάτων ή από τον ακόλουθο Πίνακα Π.Ι-3 αν τα υγρά απόβλητα διατίθενται σε επιφανειακούς υδατικούς αποδέκτες.

Οι αριθμητικοί συντελεστές της έκφρασης (3) εξάγονται από (i) την ανά κάτοικο εκτιμώμενη ρύπανση, η οποία είναι 54 g BOD-μάζας, 135 g COD-μάζας, 90 g SS-μάζας, 10 g άζωτο, 2 g φώσφορος και (ii) τον ανά κάτοικο εκτιμώμενο όγκο νερού που εισέρχεται στο δίκτυο ακαθάρτων, ο οποίος είναι 180 L/ημ. ή 365 ημ./έτος.  $0,18 \text{ m}^3/\text{ημ.} = 65,7 \text{ m}^3/\text{έτος}$ , έτσι ώστε  $N_1=1$ . Για επαλήθευση, υπολογίζουμε τις τιμές των ανεξάρτητων μεταβλητών και τις αντικαθιστούμε στην (1):

$$\text{BOD} = 54000 \text{ mg} / 180 \text{ L} = 300 \text{ mg/L}$$

$$\text{COD} = 135000 \text{ mg} / 180 \text{ L} = 750 \text{ mg/L}$$

$$\text{SS} = 90000 \text{ mg} / 180 \text{ L} = 500 \text{ mg/L}$$

$$(N) = 10000 \text{ mg} / 180 \text{ L} = 55,56 \text{ mg/L}$$

$$(P) = 2000 \text{ mg} / 180 \text{ L} = 11,11 \text{ mg/L}$$

$$N_1 = 180 / 180 \cdot [0,2 + \{0,35 \cdot 500 \text{ mg/L}\} / (500 \text{ mg/L}) + (0,45 \{2 \cdot 300 \text{ mg/L} + 750 \text{ mg/L}\}) / (1,350 \text{ mg/L})] \cdot (0,4 + 0,6) = 0,2 + 0,35 + 0,45 = 1$$

Λαμβάνοντας υπόψη ότι για τα παραπάνω δεδομένα έχουμε

$$N_2 = 0, N_c = 0$$

$$N_3 = 65,7 [55,56 \text{ mg/L} + 11,11 \text{ mg/L}] / 10000 = 0,44$$

συμπεραίνουμε ότι σε ένα κάτοικο (1 i.e. = inhabitant equivalent) αντιστοιχούν 1,44 ρ.μ., δηλ. 1 i.k. = 1,44 ρ.μ. ή 1 i.e. = 1,44 p.u., όπου i.k. = ισοδύναμο κάτοικου, p.u. = pollution unit, σύμφωνα με τον διεθνώς αποδεκτό συμβολισμό.

**Πίνακας Π.Ι-3.** Τιμές των συντελεστών στάθμισης  $k_1, k_2, k_3$ , οι οποίες ισχύουν στην περίπτωση που τα υγρά απόβλητα διατίθενται σε επιφανειακούς υδατικούς αποδέκτες

<b>Βιομηχανική Μονάδα ή Δραστηριότητα</b>	<b><math>k_1</math></b>	<b><math>k_2</math></b>	<b><math>k_3</math></b>
Παραγωγή Μεταλλουργικού Κωκ	0,76	1	0,76
Παραγωγή Χλωρίου	1	1	1
Παραγωγή Γυαλιού και Προϊόντων του	1	1	1
Παραγωγή Μοριοσανίδων	0,76	1	1
Γυπογραφείο	1	1	1
Βυρσοδεψείο	0,64	1	1
Παραγωγή Λιπασμάτων	0,005-0,76	0,3-1	0,1-0,52
Παραγωγή Μετάλλων/ Κραμάτων	1	1	1
Παραγωγή Χαρτιού και Χαρτοπολλτού	0,52	1	0,76
Πετροχημικά και Οργανικά Παράγωγα	1	1	1
Δωλιστήριο Πετρελαίου	1	1	1
Επεξεργασία Λιπών και Ελαίων	0,76	1	1
Παραγωγή Ζελατίνης και Προϊόντων της	0,2	1	0,2
Παραγωγή Χρωμάτων, Βερνικιών, Μελανιών	1	1	1
Καθάρισμα Βαρελιών	1	1	1
Καθάρισμα Λεωφορείων, Βαγονιών, Πλοίων	0,52	1	1
Παραγωγή Οινοπνευματούχων Ποτών	0,52	1	1
Καθάρισμα /Αποκατάσταση Εδάφους	1	1	1
Κλωστοϋφαντουργία	0,76	1	0,76
Παραγωγή Βισκόζης	1	1	1
Παραγωγή/ Επεξεργασία Λινελαίου	0,52	1	0,76
Πλυντήρια	0,76	1	1
Παραγωγή Σαπουνιών	0,76	1	1
Παραγωγή/ Επεξεργασία Αμύλου	0,76	1	1

Ένα απλό παράδειγμα συστήματος υποδειγμάτων τύπου  $\Pi_2$  αποτελούν οι παρακάτω σχέσεις, που καλύπτουν τις περιπτώσεις αστικού και βιομηχανικού χρήστη του δικτύου των αγωγών αποχέτευσης.

$$T = F_1 + K_1(f_1 + d_1)rQ$$

$T$ = ιδιωτικοοικονομικό κόστος διοχέτευσης αστικών αποβλήτων, ν.μ./ έτος

$F_1$ = σταθερό κόστος, ν.μ./ έτος

$K_1$ = συντελεστής που λαμβάνεται ίσος με τη μονάδα για τοπικό νοικοκυριό και σε εξαιρετικές περιπτώσεις μεγαλύτερος της μονάδας όταν τα λύματα του αστικού καταναλωτή έχουν BOD και SSC πάνω από ένα προκαθορισμένο όριο.

$f_1$ = κόστος χρήσης του δικτύου των ακάθαρτων υδάτων, ν.μ./ $m^3$

$d_1$ = κόστος βιολογικής επεξεργασίας των οικιακών λυμάτων, ν.μ./ $m^3$

$r$ = συντελεστής μείωσης όγκου (συνήθως  $r=0,8$ ) του νερού που καταναλώνεται αλλά δεν καταλήγει στο δίκτυο των υπονόμων, επειδή χρησιμοποιείται σε εξωοικιακές δραστηριότητες (π.χ. πότισμα κήπου ή πλύσιμο εξωτερικών επιφανειών ή αυτοκινήτων).

$Q$ = ετήσια κατανάλωση νερού,  $m^3$ /έτος

$$T = F_2 + \{f_2 + d_1 + K_2 \cdot [(O_i/O_f) \cdot d_b + (S_i/S_f) \cdot d_f] + d_a\} \cdot Q$$

$T$ = ιδιωτικοοικονομικό κόστος για διοχέτευση βιομηχανικών αποβλήτων, ν.μ./ έτος

$F_2$ = σταθερό κόστος, ν.μ./ έτος

$f_2$ = παράμετρος κόστους χρήσης του δικτύου των ακάθαρτων υδάτων, ν.μ./m<sup>3</sup>

$d_v$ = παράμετρος κόστους πρωτοβάθμιας επεξεργασίας αποβλήτων, ν.μ./m<sup>3</sup>

$K_2$ = συντελεστής, εξαρτώμενος από τη συγκέντρωση οργανικού υλικού και SS στα απόβλητα

$O_i$ = τιμή COD των βιομηχανικών αποβλήτων, mg/L

$O_f$ = μέση τιμή COD μετά την πρωτοβάθμια επεξεργασία, mg/L

$d_b$ = παράμετρος κόστους δευτεροβάθμιας επεξεργασίας αποβλήτων, ν.μ./m<sup>3</sup>

$S_i$ = συγκέντρωση S των βιομηχανικών αποβλήτων, mg/L

$S_f$ = μέση συγκέντρωση S πριν την πρωτοβάθμια επεξεργασία

$d_f$ = παράμετρος κόστους επεξεργασίας της ιλύος, ν.μ./m<sup>3</sup>

$d_a$ = κόστος απομάκρυνσης / εξουδετέρωσης λοιπών ρυπαντών, ν.μ./m<sup>3</sup>

$Q$ = ετήσια κατανάλωση νερού, m<sup>3</sup>/έτος

$$T = F_3 + (f_3 + a \cdot d_3) \cdot \varphi \cdot A \cdot h$$

$T$ = ιδιωτικοοικονομικό κόστος για διοχέτευση όμβριων νερών από βιομηχανική μονάδα σε κοινό σύστημα αγωγών, ν.μ. / έτος

$F_3$ = σταθερό κόστος, ν.μ. / έτος

$f_3$ = παράμετρος κόστους χρήσης του δικτύου των ακάθαρτων υδάτων, ν.μ./m<sup>3</sup>

$a$ = ποσοστό (λαμβάνόμενο ως κλάσμα της μονάδας, δηλαδή 100%=1, 75%=0.75) του νερού της βροχής που εισέρχεται στο δίκτυο από τη συγκεκριμένη βιομηχανική εγκατάσταση

$d_3$ = παράμετρος κόστους εξυπηρέτησης αν, του προσθέτω αδιάστατο φορτίο, ν.μ./m<sup>3</sup>

$\varphi$ = συντελεστής στεγανότητας της επιφάνειας πρόσπτωσης της βροχής, (για στεγανή επιφάνεια  $\varphi=1$ )

$A$ = επιφάνεια πρόσπτωσης της βροχής, m<sup>2</sup>

$h$ = ύψος βροχόπτωσης λαμβανόμενο από τα επίσημα μετεωρολογικά δεδομένα

Ενδεικτικά αναφέρονται οι παρακάτω περιοχές της Χώρας με τις αντίστοιχες τιμές του  $h$ .

- Περιοχή ξηρού κλίματος,  $h < 0.25$  m, ΝΑ Κρήτη.
- Περιοχή ασθενών βροχοπτώσεων  $0.25 < h < 0.50$  m, πεδινά Κ. Μακεδονίας, Ν. πεδινά Α. Στερεάς, πεδινά Α. Πελοποννήσου, Κυκλάδες, Α. Κρήτης.
- Περιοχή μέτριων βροχοπτώσεων  $0.50 < h < 0.75$  m, χαμηλός τόπος Θεσσαλίας, Βόρεια πεδινά Α. Στερεάς, τόποι Δ. Ελλάδας, γύρω από τον Κορινθιακό κόλπο, νησιά Β. Αιγαίου, νότιο άκρο Λακωνίας, Κύθηρα και Κρήτη.
- Περιοχή μεγάλων βροχοπτώσεων  $0.75 < h < 1.00$  m, υψηλοί τόποι Θεσσαλίας, Β. Σποράδες, Α. Εύβοια, Δ. και Κ. Πελοπόννησος.
- Περιοχή πολύ μεγάλων βροχοπτώσεων  $1.00 < h < 2.00$  m, πολύ υψηλοί τόποι Β.Ελλάδας, Πελοπόννησος και Κρήτη, νησιά Ιονίου Πελάγους.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

### Εξειδίκευση των Κριτηρίων $f_2$ και $f_3$ στο Πλαίσιο Αναπτυξιακού Προγράμματος

Πέραν της αναπτυξιακής νομοθεσίας, τα κριτήρια  $f_2$  και  $f_3$  εξειδικεύονται και στα πλαίσια σχετικών Προγραμμάτων, που είναι συνήθως ανταγωνιστικά, επειδή μοιράζουν στους ενδιαφερόμενους ένα προκαθορισμένο συνολικό ποσό επιχορηγήσεων εντός περιορισμένου χρονικού διαστήματος. Ως αντιπροσωπευτικό δείγμα, αναφέρεται παρακάτω το Πρόγραμμα «Πράσινες Υποδομές 2009», του οποίου περιγράφονται στη συνέχεια οι σχετικές με την εφαρμογή των κριτηρίων ενότητες (του οποίου η δομή διατηρείται στο κείμενο που ακολουθεί, για τους λόγους που έχουμε εκθέσει στην Ενότητα 6.4).

Κεντρικός αναπτυξιακός στόχος του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Ανταγωνιστικότητα και Επιχειρηματικότητα» 2007-2013 (ΕΠΑΝ ΙΙ) είναι η βελτίωση της ανταγωνιστικότητας και της εξωστρέφειας των επιχειρήσεων και του παραγωγικού συστήματος της χώρας, με έμφαση στη διάσταση της καινοτομικότητας. Οι πηγές χρηματοδότησης του ΕΠΑΝ ΙΙ είναι τρεις :

- Εθνικοί πόροι,
- Κοινοτικοί πόροι,
- Ιδιωτική συμμετοχή.

Οι γενικοί στόχοι του Επιχειρησιακού Προγράμματος Ανταγωνιστικότητα και Επιχειρηματικότητα (ΕΠΑΕ) αναλύονται στον επόμενο πίνακα.

Γενικοί Στόχοι ΕΠΑΕ	<ul style="list-style-type: none"><li>• Αναβάθμιση επιχειρηματικού περιβάλλοντος και βελτίωση συνθηκών ανταγωνισμού</li><li>• Ανάπτυξη επιχειρηματικότητας και υπηρεσιών προς τις επιχειρήσεις (π.χ. μεταποίηση, εμπόριο, τουρισμός κλπ)</li><li>• Προώθηση της καινοτομίας</li><li>• Ενίσχυση της οικονομίας της γνώσης E&amp;TA και σύνδεσή της με την παραγωγή</li><li>• Υποδομές και δικτυώσεις επιχειρηματικότητας</li><li>• Απελευθέρωση Αγοράς ενέργειας, ενεργειακά δίκτυα και βελτίωση του ενεργειακού εφοδιασμού</li><li>• Ανάπτυξη φιλικών προς το περιβάλλον μορφών ενέργειας και τεχνικών εξοικονόμησης ενέργειας</li><li>• Πράσινη Επιχειρηματικότητα και ενίσχυση της περιβαλλοντικής διάστασης των παραγωγικών δραστηριοτήτων.</li></ul>
---------------------	--

Για την επίτευξη του αναπτυξιακού στόχου, οι κατευθυντήριες γραμμές πάνω στις οποίες σχεδιάστηκε το Νέο Επιχειρησιακό Πρόγραμμα ΕΠΑΝ ΙΙ είναι οι ακόλουθες:

1. Επιτάχυνση της μετάβασης στην οικονομία της γνώσης.
2. Ανάπτυξη της υγιούς, αειφόρου και εξωστρεφούς επιχειρηματικότητας και διασφάλιση των φυσικών, θεσμικών και οργανωτικών προϋποθέσεων που την εξυπηρετούν.
3. Ενίσχυση της ελκυστικότητας της Ελλάδας ως τόπου ανάπτυξης επιχειρηματικής δραστηριότητας, με σεβασμό στο περιβάλλον και την αειφορία.

Οι παραπάνω κατευθυντήριες γραμμές του ΕΠ εξειδικεύονται σε πέντε Άξονες Προτεραιότητας του Επιχειρησιακού Προγράμματος οι οποίοι είναι οι εξής :

- Άξονας 1** Δημιουργία και προώθηση καινοτομίας υποστηριζόμενη από ενίσχυση της έρευνας και τεχνολογικής ανάπτυξης
- Άξονας 2** Ενίσχυση της επιχειρηματικότητας και της εξωστρέφειας
- Άξονας 3** Βελτίωση του επιχειρηματικού περιβάλλοντος
- Άξονας 4** Ολοκλήρωση ενός βιώσιμου ενεργειακού συστήματος
- Άξονας 5** Τεχνική Βοήθεια για την εφαρμογή του προγράμματος



## 1.2 Διαρθρωτικό ταμείο - Εθνικό και κοινοτικό νομοθετικό και κανονιστικό πλαίσιο - Κατανομή δημόσιας δαπάνης

1. Το παρόν πρόγραμμα είναι συγχρηματοδοτούμενο από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ), στο πλαίσιο των Επιχειρησιακού Προγράμματος (ΕΠ) «Ανταγωνιστικότητα και Επιχειρηματικότητα» 2007-2013 (ΕΠΑΝ ΙΙ) που εγκρίθηκε με την υπ' αριθμ. Ε(2007) 5338/26-10-2007 απόφαση έγκρισης για κοινοτική ενίσχυση από το ΕΤΠΑ, στο πλαίσιο της σύγκλισης για τις οκτώ Περιφέρειες της Ελλάδος (CC1 GR161 PO001) καθώς και των επιχειρησιακών προγραμμάτων των πέντε περιφερειών μεταβατικής στήριξης.
2. Η νομοθεσία η οποία λαμβάνεται υπόψη για την υλοποίηση του προγράμματος «ΠΡΑΣΙΝΕΣ ΥΠΟΔΟΜΕΣ 2009» είναι ο Ν. 3614/2007 (Διαχείριση, έλεγχος και εφαρμογή αναπτυξιακών παρεμβάσεων για την προγραμματική περίοδο 2007 – 2013) (ΦΕΚ267Α), η ΥΠΑΣΥΔ και το ΠΔ 93/97 (ΦΕΚ 92/Α/16-5-97) καθώς και οι Ν. 2308/95 & Ν. 2244/94.
3. Η παρούσα προκήρυξη εντάσσεται στον Άξονα Προτεραιότητας 2 του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Ανταγωνιστικότητα και Επιχειρηματικότητα». Προκηρύσσεται με βάση το ΠΔ 93/97 (ΦΕΚ 92/Α/16-5-97) και διέπεται από τις διατάξεις του Γενικού Απαλλακτικού Κανονισμού 800/2008 ΕΕΕ. Το έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ).
4. Επίσης, θα πρέπει να τηρηθούν οι απαιτήσεις δημοσιότητας, όπως απορρέουν από τον Καν. (ΕΚ) αριθ. 1828/2006 της Ε. Επιτροπής και οι λοιπές απαιτήσεις των Κανονισμού του Γενικού Κανονισμού 1083/2006.
5. Τα παρεχόμενα με το πρόγραμμα αυτό κίνητρα έχουν την μορφή χρηματοδοτικών ενισχύσεων για την υλοποίηση συγκεκριμένων επιχειρηματικών σχεδίων. Η χρηματοδότηση, εφόσον ολοκληρωθεί επιτυχώς το έργο, αφορά μη επιστρεπτέες επιχορηγήσεις επιλέξιμων δαπανών.
6. Η Δημόσια Δαπάνη του προγράμματος συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης - ΕΤΠΑ) κατά 85% και από το Ελληνικό Δημόσιο κατά 15%.

Αποστολή του ΕΤΠΑ είναι (α) η συμβολή στην άμβλυνση των ανισοτήτων όσον αφορά την ανάπτυξη και το βιοτικό επίπεδο μεταξύ των διαφόρων περιφερειών, καθώς και τη μείωση της καθυστέρησης των λιγότερο ευνοημένων περιφερειών και (β) συμβολή στην διόρθωση των κυριότερων περιφερειακών ανισοτήτων στην Κοινότητα, χάρη στην συμμετοχή, στην ανάπτυξη και στην διαρθρωτική προσαρμογή των αναπτυξιακά καθυστερημένων περιφερειών, καθώς και στην κοινωνικο-οικονομική ανασυγκρότηση των περιφερειών

## 2 ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Γενικός σκοπός του Προγράμματος «ΠΡΑΣΙΝΕΣ ΥΠΟΔΟΜΕΣ 2009» είναι η δημιουργία των προϋποθέσεων ώστε ο τομέας της προστασίας του περιβάλλοντος να αποτελέσει πεδίο άσκησης επιχειρηματικής δραστηριότητας.

Οι γενικοί στόχοι του Επιχειρησιακού Προγράμματος Ανταγωνιστικότητα και Επιχειρηματικότητα (ΕΠΑΕ) για το παρόν πρόγραμμα επικεντρώνονται στον άξονα

«Α.Π.2: Ενίσχυση της Επιχειρηματικότητας και της Εξωστρέφειας», ο οποίος προωθεί μεταξύ άλλων δράσεις ενίσχυσης επιχειρήσεων που ελαυζάνουν την περιβαλλοντική ευαισθησία και αξιοποιούν επιχειρηματικά θέματα προστασίας του περιβάλλοντος με παρεμβάσεις σε τομείς όπως διαχείριση ή/και αξιοποίηση αποβλήτων, ανακύκλωσης κτλ.

Ειδικοί στόχοι του Προγράμματος είναι:

- Ο προσανατολισμός της επιχειρηματικής δραστηριότητας στον τομέα της διαχείρισης / εναλλακτικής διαχείρισης αποβλήτων.
- Η τόνωση της επιχειρηματικότητας στο τομέα της απορρύπανσης βιομηχανικών αποβλήτων.
- Η βελτίωση του περιβαλλοντικού και κοινωνικού προφίλ των επιχειρήσεων και η μείωση του ελλείμματος κοινωνικής αποδοχής για τη μεταποιητική δραστηριότητα
- Η κάλυψη του ελλείμματος της χώρας σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας και διάθεσης αποβλήτων,
- Η επέκταση της δυναμικότητας της βιομηχανίας για την αξιοποίηση ανακυκλώσιμων υλικών,
- Η δημιουργία νέων θέσεων απασχόλησης.

### 3 ΕΠΙΛΕΞΙΜΕΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΙΣ

Στο πρόγραμμα μπορούν να υποβάλλουν από μια πρόταση υφιστάμενες ή νέες (υπό σύσταση) πολύ μικρές, μικρές ή μεσαίες επιχειρήσεις όπως αυτές ορίζονται στο Παράρτημα Ι του Κανονισμού (ΕΚ) αριθμ. 800/2008 της Επιτροπής (L214/3/9-8-200). (Βλ. Παράρτημα Ι του παρόντος Οδηγού) που δραστηριοποιούνται στον ελληνικό χώρο στον **τομέα διαχείρισης ή εναλλακτικής διαχείρισης αποβλήτων**.

Αναλυτικά, προκειμένου να είναι επιλέξιμη μία επιχείρηση θα πρέπει να συντρέχουν αθροιστικά τα κριτήρια των παραγράφων 3.1, 3.2 και 3.3.

#### 3.1 Δραστηριότητα της επιχείρησης

Επιλέξιμες επιχειρήσεις θεωρούνται οι εταιρικές επιχειρήσεις (Ανώνυμη Εταιρία, Εταιρία Περιορισμένης Ευθύνης, Ομόρρυθμη Εταιρία ή Ετερόρρυθμη Εταιρία) **με δραστηριότητα που αντιστοιχεί τουλάχιστον σε έναν από τους κάτωθι κωδικούς ΣΤΑΚΟΔ 2008 (ή τους αντίστοιχους Κ.Α.Δ), όπως αυτοί αναγράφονται στην άδεια λειτουργίας της μονάδας ή τη βεβαίωση έναρξης επιτηδεύματος:**

- 37: Επεξεργασία λυμάτων
- 38: Συλλογή, επεξεργασία και διάθεση αποβλήτων, ανάκτηση υλικών
- 39: Δραστηριότητες εξυγίανσης και άλλες υπηρεσίες για τη διαχείριση αποβλήτων

### 3.2 Μέγεθος επιχείρησης

- Επιλέξιμες θεωρούνται **πολύ μικρές, μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις** όπως αυτές ορίζονται στο Παράρτημα Ι του Κανονισμού (ΕΚ) αριθμ. 800/2008 της Επιτροπής (L214/3/9-8-200). (Βλ. Παράρτημα Ι του παρόντος Οδηγού).

### 3.3 Επιπλέον προϋποθέσεις

Επιλέξιμες θεωρούνται οι επιχειρήσεις που ικανοποιούν το σύνολο των ακόλουθων προϋποθέσεων:

- Έχουν υποβάλλει μία μόνο πρόταση έργου σύμφωνα με τη συγκεκριμένη διάρθρωση που παρουσιάζεται στο «Έντυπο Υποβολής Πρότασης» και έχουν καταθέσει το σύνολο των δικαιολογητικών που παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 9.
- Έχουν υποβάλλει βεβαίωση του νόμιμου εκπροσώπου της επιχείρησης που να βεβαιώνει ότι:
  - ο (α) Οι δαπάνες του προτεινόμενου έργου δεν έχουν χρηματοδοτηθεί και δεν έχουν ενταχθεί σε άλλο πρόγραμμα που χρηματοδοτείται από εθνικούς ή κοινοτικούς πόρους. Η προϋπόθεση αυτή αφορά τόσο το σύνολο του έργου όσο και τις επιμέρους ενέργειες,
  - ο (β) Δεν έγινε έναρξη του έργου πριν από την ημερομηνία υποβολής της πρότασης. Ως έναρξη θεωρείται και η ανάληψη νομικής δέσμευσης για οποιαδήποτε από τις επιλέξιμες κατηγορίες δαπανών.
  - ο (γ) Αναλαμβάνει τη δέσμευση για την κάλυψη της ίδιας συμμετοχής εφόσον η πρόταση εγκριθεί.

## 4 ΕΠΙΛΕΞΙΜΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ

Οι επιλέξιμες ενέργειες περιλαμβάνουν επενδύσεις στις κατωτέρω κατηγορίες διαχείρισης ή/και εναλλακτικής διαχείρισης<sup>1</sup> αποβλήτων. Ενδεικτικά αναφέρονται Η.Π. 50910/2727 ΦΕΚ 1909/22-12-2003 και ΚΥΑ 19396/1546 ΦΕΚ 604/18-6-97, Ν.2939/01 ΦΕΚ 179/Α/01:

- **Συλλογή:** Η συγκέντρωση και ο διαχωρισμός βιομηχανικών αποβλήτων ή/και ειδικών ρευμάτων υλικών σε κατηγορίες υλικών σύμφωνα με τις φυσικές ή/και χημικές ιδιότητες ή/και ανάμειξη των αποβλήτων για τη μεταφορά τους.
- **Μεταφορά:** Το σύνολο των εργασιών μετακίνησης βιομηχανικών αποβλήτων ή/και ειδικών ρευμάτων υλικών από τα μέσα συλλογής στους χώρους διάθεσης, αξιοποίησης ή μεταφόρτωσης.<sup>2</sup>
- **Μεταφόρτωση:** Οι εργασίες μετακίνησης βιομηχανικών αποβλήτων ή/και ειδικών ρευμάτων υλικών από τα μέσα συλλογής σε άλλα μέσα μεταφοράς.<sup>3</sup>
- **Προσωρινή αποθήκευση:** Η τοποθέτηση βιομηχανικών αποβλήτων ή/και ειδικών ρευμάτων υλικών σε ορισμένο και κατάλληλο χώρο μέχρι να πραγματοποιηθεί η συλλογή τους

<sup>1</sup> Εναλλακτική διαχείριση βιομηχανικών αποβλήτων: οι εργασίες συλλογής παραλαβής μεταφοράς προσωρινής αποθήκευσης επαναχρησιμοποίησης και αξιοποίησης βιομηχανικών αποβλήτων ώστε μετά την επαναχρησιμοποίηση ή επεξεργασία τους αντίστοιχα να επιστρέφουν στο ρεύμα της αγοράς.

<sup>2</sup> Επενδύσεις με μοναδική ενέργεια τη μεταφορά δεν είναι επιλέξιμες

<sup>3</sup> Επενδύσεις με μοναδική ενέργεια τη μεταφόρτωση δεν είναι επιλέξιμες

- **Επεξεργασία:** Οι κάτωθι εργασίες, μετά την παράδοση των βιομηχανικών αποβλήτων ή/και ειδικών ρευμάτων υλικών στη βιομηχανική μονάδα:
  - Απορρύπανση
  - Αποσυναρμολόγηση
  - Τεμαχισμός
  - Ανάκτηση ή αναγέννηση διαλυτών
  - Ανακύκλωση ή ανάκτηση οργανικών ουσιών που δεν χρησιμοποιούνται ως διαλύτες
  - Ανακύκλωση ή ανάκτηση μετάλλων ή μεταλλικών ενώσεων
  - Αναγέννηση οξέων ή βάσεων
  - Αξιοποίηση προϊόντων που χρησιμεύουν για τη δέσμευση ρύπων
  - Αξιοποίηση προϊόντων που προέρχονται από καταλύτες
  - Αναγέννηση ή άλλη επαναχρησιμοποίηση ελαίων
  - Διασπορά στο έδαφος χρήσιμη από γεωργική ή οικολογική άποψη συμπεριλαμβανομένων των εργασιών λιπασματοποίησης και άλλων μετατροπών βιολογικού χαρακτήρα

## 5 ΕΙΔΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Ως απόβλητα θεωρούνται (ενδεικτικά):

- **Βιομηχανικά απόβλητα:** Βιομηχανικά απόβλητα θεωρούνται τα αέρια, υγρά και στερεά απόβλητα από την παραγωγική διαδικασία όλων των δραστηριοτήτων του τομέα της Μεταποίησης (Κωδικοί 10 – 39 ΣΤΑΚΟΔ 2008)
- **Ειδικά ρεύματα υλικών:** Στην έννοια των ειδικών ρευμάτων υλικών περιλαμβάνονται τα κάτωθι προϊόντα στο τέλος του κύκλου ζωής τους, για τα οποία υπάρχει υποχρέωση εναλλακτικής διαχείρισης τους στο πλαίσιο του Ν. 2939/01:
  - Ορυκτέλαια
  - Συσσωρευτές και ηλεκτρικές στήλες
  - Υλικά εκσκαφών και κατεδαφίσεων
  - Αυτοκίνητα / μηχανήματα στο τέλος του κύκλου ζωής τους
  - Ελαστικά αυτοκινήτων
  - Σωλήνες φθορισμού και άλλα απόβλητα που περιέχουν υδράργυρο και χλωροφθοράνθρακες
  - Γυαλί
  - Χαρτί / χαρτόνι
  - Ηλεκτρικός / ηλεκτρονικός εξοπλισμός
  - Μεταλλικές και πλαστικές συσκευασίες
- **Αστικά Απόβλητα**

## 7.2 Επιλέξιμες δαπάνες

Οι επιλέξιμες δαπάνες καθορίζονται στην παρούσα ενότητα σύμφωνα με τον Κανονισμό 800/2008 και αναφέρονται αποκλειστικά σε πάγια και άυλα στοιχεία επένδυσης καθώς και σε παροχή συμβουλών και άλλες υπηρεσίες και δραστηριότητες τα οποία εξυπηρετούν αποκλειστικά τις επιλέξιμες ενέργειες που αναφέρονται στην Ενότητα 4. **Ως ημερομηνία έναρξης επιλεξιμότητας δαπανών ορίζεται η ημερομηνία υποβολής πρότασης.**

Ο Πίνακας 1 παρουσιάζει το μέγιστο ποσοστό των δαπανών ανά κατηγορία δαπάνης.

**Πίνακας 1. Κατανομή προϋπολογισμού πρότασης κατά την υαγωγή**

A/A	Κατηγορία Δαπάνης	Μέγιστο επιλέξιμο ποσοστό στον προϋπολογισμό του έργου
1	Ανέγερση / επέκταση / διαμόρφωση κτιρίων	25%
2	Προμήθεια μηχανημάτων και εξοπλισμού	100%
3	Μεταφορικά μέσα (πλην επιβατηγών)	20%
4	Προμήθεια λογισμικού	10%
5	Δαπάνες πιστοποίησης <sup>4</sup>	5%
6	Αμοιβές συμβούλων <sup>3</sup>	10%
7	Αγορά τεχνογνωσίας (άυλες επενδύσεις)	5%

Τα ανωτέρω ποσοστά, ισχύουν κατά την υποβολή και έγκριση του έργου ενώ κατά την ολοκλήρωση του έργου, ως υποχρέωση θεωρείται το εγκεκριμένο ποσό, χωρίς κατ' ανάγκη να συνδέεται ως ποσοστό επί του σχεδίου.

Διευκρινίζεται ότι τα ποσοστά που αναφέρονται στον ανωτέρω πίνακα είναι τα μέγιστα επιλέξιμα ποσοστά για κάθε κατηγορία δαπάνης αλλά ο εκτελέσιμος προϋπολογισμός σε κάθε κατηγορία μπορεί να είναι μεγαλύτερος.

Το ποσοστό Δημόσιας Χρηματοδότησης ανέρχεται:

- Στο **30%** του επιλέξιμου προϋπολογισμού, για τους Νομούς Αττικής και Θεσσαλονίκης πλην των Βιομηχανικών Επιχειρηματικών ΒΕΠΕ και των νησιών αυτών που επιχορηγούνται με ποσοστό **40%**,
- Στο **40%** του επιλέξιμου προϋπολογισμού για:

<u>Περιφέρεια:</u>	<u>Νομοί:</u>
Θεσσαλίας	Καρδίτσας, Λάρισας, Μαγνησίας, Τρικάλων
Νοτίου Αιγαίου	Κυκλάδων, Δωδεκανήσου
Ιονίων Νήσων	Κέρκυρας, Λευκάδος, Κεφαλληνίας, Ζακύνθου
Κρήτης	Ηρακλείου, Λασιθίου, Ρεθύμνου, Χανίων
Κεντρικής Μακεδονίας	Χαλκιδικής, Κιλκίς, Σερρών, Πέλλας, Ημαθίας, Πιερίας
Δυτικής Μακεδονίας	Γρεβενών, Κοζάνης, Φλώρινας, Καστοριάς
Στερεάς Ελλάδας	Φθιώτιδος, Φωκίδος, Εύβοιας, Βοιωτίας, Ευρυτανίας

- Στο 50%

<u>Περιφέρεια:</u>	<u>Νομοί:</u>
Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης	Καβάλας, Ξάνθης, Ροδόπης, Έβρου
Ηπείρου	Άρτας, Πρέβεζας, Ηπείρου, Ιωαννίνων
Βορείου Αιγαίου	Λέσβου, Χίου, Σάμου
Πελοποννήσου	Λακωνίας, Μεσσηνίας, Αργολίδος, Αρκαδίας, Κορινθίας
Δυτικής Ελλάδας	Αχαΐας, Αιτωλοακαρνανίας, Ηλείας

- Στο 60% του επιλέξιμου προϋπολογισμού για: α) **νησιά** με πληθυσμό μικρότερο των 5.000 κατοίκων (απογραφή 2001), β) **πυρόπληκτες** περιοχών των νομών, Ηλείας, Μεσσηνίας, Λακωνίας, Αρκαδίας, Κορινθίας Ευβοίας, Αττικής, Αιτωλοακαρνανίας, Αχαΐας, Μαγνησίας και Κεφαλληνίας όπως οι περιοχές αυτές οριοθετούνται σύμφωνα με τις αριθμ 5285/A32/3-8-07 (ΦΕΚ 1744/Β) και 5645/A32/12-9-07 (ΦΕΚ18545/Β) αποφάσεις των Υπουργών Εσωτερικών Δημόσιας Διοίκησης και Αποκέντρωσης –Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων έργων, γ) **σεισμόπληκτες** περιοχές των νομών Αχαΐας, Ηλείας και Αιτωλοακαρνανίας όπως οι περιοχές αυτές οριοθετούνται σύμφωνα με την αριθμ 5322/A32/8-7-08 (ΦΕΚ 1336/Β) απόφαση των Υπουργών Εσωτερικών Δημόσιας Διοίκησης και Αποκέντρωσης –Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων έργων. Για την ενίσχυση με το ανώτατο ποσοστό απαιτείται η υποβολή κατάλληλου δικαιολογητικού (π.χ. βεβαίωση αρμόδιας δημόσιας αρχής) από όπου θα προκύπτει η δυνατότητα επιχορήγησης με το ποσοστό αυτό.

Το υπόλοιπο του εγκεκριμένου προϋπολογισμού θα καλύπτεται με ιδιωτική συμμετοχή του αποδέκτη της ενίσχυσης (επιχείρηση), η οποία αναλύεται ως εξής:

- **Ιδία συμμετοχή** που αντιστοιχεί σε δαπάνες παγίων και θα πρέπει να καλύπτεται με αύξηση μετοχικού κεφαλαίου που προκύπτει από νέες σε μετρητά εισφορές των εταίρων ή, για υφιστάμενες επιχειρήσεις, και από ειδικά φορολογηθέντα αποθεματικά εκτός του τακτικού, όπως αυτά προβλέπονται από την κείμενη νομοθεσία. Στην τελευταία περίπτωση, τα ειδικά φορολογηθέντα αποθεματικά δεν μπορούν να διανεμηθούν τουλάχιστον για μία πενταετία από την ημερομηνία έκδοσης της Απόφασης Ολοκλήρωσης. Η ίδια συμμετοχή δεν μπορεί να είναι μικρότερη του 25% του εγκεκριμένου προϋπολογισμού.
- **Δανεισμό** που θα πρέπει να έχει τη μορφή τραπεζικού δανείου ή ομολογιακού δανείου εκδιδόμενου σε δημόσια ή μη εγγραφή, ή δανείου από άλλους χρηματοδοτικούς οργανισμούς, αποκλειόμενης της μορφής αλληλόχρεου λογαριασμού. Σημειώνεται ότι είναι δυνατός ο δανεισμός με την εγγύηση του Ταμείου Εγγυοδοσίας Μικρών και Πολύ Μικρών Επιχειρήσεων (ΤΕΜΠΜΕ) (<http://www.tempme.gr>).
- Κατ' εξαίρεση είναι δυνατή η εκχώρηση της δημόσιας χρηματοδότησης (εκτός της προκαταβολής) σε τράπεζα για την παροχή βραχυπρόθεσμου δανείου ισόποσου της εκχωρούμενης δημόσιας χρηματοδότησης που χρησιμοποιείται για την υλοποίηση της επένδυσης. Σε αυτές τις περιπτώσεις η καταβολή της δημόσιας χρηματοδότησης γίνεται απευθείας στην Τράπεζα με την οποία έχει υπογραφεί η σύμβαση εκχώρησης, εφόσον κάθε φορά έχει αναληφθεί ισόποσο τουλάχιστον τμήμα του βραχυπρόθεσμου αυτού δανείου.

## 11.2 Αξιολόγηση - Βαθμολογία προτάσεων – Κατάταξη

Η επένδυση αξιολογείται κατ' αρχάς ως προς τη δυνατότητα κάλυψης της ιδιωτικής συμμετοχής, της προκειμένου να αξιολογηθεί ως προς τα άλλα κριτήρια. Ειδικότερα για υφιστάμενες επιχειρήσεις θα πρέπει επιπλέον να εμφανίζουν κατά την τελευταία τριετία μέσο όρο θετικό σωρευτικό υπόλοιπο προ αποσβέσεων και φόρων. Για την τελική αξιολόγηση των προτάσεων και την ένταξη των επενδύσεων στο Πρόγραμμα λαμβάνονται υπόψη τα κριτήρια του Πίνακα 2.

**Πίνακας 2. Κριτήρια αξιολόγησης και αντίστοιχοι συντελεστές βαρύτητας**

A/A	Κριτήριο αξιολόγησης	Συντελεστής βαρύτητας
1	Φύση των προς διαχείριση αποβλήτων σε σχέση με την επικινδυνότητα και τους Εθνικούς Στόχους όπως αυτοί ισχύουν**	20
2	Ο ολοκληρωμένος χαρακτήρας της διαχείρισης αποβλήτων. Προτάσεις που αφορούν ολοκληρωμένη διαχείριση αποβλήτων (Συλλογή, μεταφορά, προσωρινή αποθήκευση, διάθεση ή αξιοποίηση) τίθενται σε προτεραιότητα σε σχέση με προτάσεις που αφορούν μέρος των ανωτέρω ενεργειών	10
3	Ο βαθμός αξιοποίησης των αποβλήτων και παραγωγή προϊόντων – προστιθέμενη αξία	20
4	Επίπεδο προτεινόμενης τεχνολογίας και στοιχεία καινοτομίας	20
5	Βιωσιμότητα της επένδυσης (για υφιστάμενες επιχειρήσεις συνεκτιμάται η πορεία των οικονομικών μεγεθών την τελευταία τριετία)	10
6	Ωριμότητα έργου (δυνατότητα λήψης αδειών, πιστοποίηση κατά ISO 14001, EMAS, ECOLABEL)	10
7	Μεθοδολογία υλοποίησης του έργου και αξιοπιστία φορέα υλοποίησης.	10

\*\* Οι Εθνικοί στόχοι ενημερώνονται και αναρτώνται στην επίσημη ιστοσελίδα του Υπουργείου Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων <http://www.minenv.gr/anakyklosi/general/general.html>. Για τα επικίνδυνα απόβλητα εφαρμόζεται η ΚΥΑ 13588(ΦΕΚ Β 383/28-03-2006) όπως ισχύει.

Όλα τα κριτήρια βαθμολογούνται σε ακέραια κλίμακα από 1 έως και 10. Η μέγιστη βαθμολογία μιας πρότασης είναι το 10,00. Προτάσεις που συγκεντρώνουν βαθμολογία μεγαλύτερη του 6,50 θεωρούνται τεχνοοικονομικά εφαρμόσιμες και επιλέγονται για χρηματοδότηση. Η τελική βαθμολογία των προτάσεων καθορίζει και τη σειρά κατάταξης των προτάσεων που αξιολογήθηκαν. Οι προτάσεις κατατάσσονται κατά φθίνουσα βαθμολογική σειρά και εντάσσονται ανάλογα με τον διαθέσιμο προϋπολογισμό. Η βαθμολόγηση των προτάσεων πραγματοποιείται από τις Ειδικές Επιτροπές Αξιολόγησης.

## 7 Περίληψη - Γενικά Συμπεράσματα

Τα βασικά κριτήρια αξιολόγησης επιχειρηματικών σχεδίων ίδρυσης βιομηχανικών μονάδων είναι το κεφαλαιακό κόστος ( $f_1$ ), το λειτουργικό κόστος ( $f_2$ ), το περιβαλλοντικό κόστος ( $f_3$ ), η βιωσιμότητα ( $f_4$ ), η κερδοφορία ( $f_5$ ), η συμβολή στην περιφερειακή ανάπτυξη ( $f_6$ ), η δημιουργία νέων θέσεων εργασίας ( $f_7$ ) και η μεταφορά/διάχυση τεχνολογίας ( $f_8$ ). Οποιαδήποτε μέθοδος πολυκριτηριακής αξιολόγησης, απλή ή πολύπλοκη, ντετερμινιστική ή στοχαστική (περιλαμβανομένων των μεθόδων ασαφούς λογικής), βασίζεται στην ανεξαρτησία των κριτηρίων. Σκοπός της παρούσας διατριβής είναι η διερεύνηση προβλημάτων σχετικών με την έλλειψη αυτής της ανεξαρτησίας, ιδιαίτερα κατά το στάδιο του σχεδιασμού ίδρυσης μονάδων σύγχρονης τεχνολογίας, επειδή, με βάση τη σχετική μελέτη, ζητείται από το Δημόσιο η οικονομική ενίσχυση της επένδυσης. Το ύψος αυτής της ενίσχυσης εξαρτάται από το αποτέλεσμα της παραπάνω πολυκριτηριακής ανάλυσης, όπως αυτή εξειδικεύεται από την κείμενη αναπτυξιακή νομοθεσία.

Στο Κεφάλαιο 1 διερευνάται η αλληλεπίδραση μεταξύ κεφαλαιακού και λειτουργικού κόστους (κριτήρια  $f_1$  και  $f_2$ , αντίστοιχα). Η αλληλεπίδραση μεταξύ των κριτηρίων αυτών είναι δυνατόν να οφείλεται σε οικονομικές ή τεχνολογικές παραμέτρους, οι οποίες όμως (πρέπει να) εσωτερικοποιούνται στην ίδια αντικειμενική συνάρτηση (objective function) βελτιστοποίησης (ελαχιστοποίησης αν είναι συνάρτησης κόστους ή μεγιστοποίησης αν είναι συνάρτηση οφέλους). Ως αντιπροσωπευτική βασική οικονομική παράμετρος λαμβάνεται ο χρόνος ωφέλιμης ζωής  $t$ , ο οποίος όμως έχει και μία ενδογενή τεχνολογική διάσταση που συνίσταται στους παράγοντες φθοράς του εξοπλισμού. Εν τούτοις, οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν τον  $t$  είναι εξωγενείς οικονομικοί, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για ανταγωνιστική αγορά, όπως π.χ. αυτή των βιο-ιατρικών και ηλεκτρονικών/οπτικοακουστικών προϊόντων. Ο βέλτιστος/οικονομικός χρόνος ζωής  $t_{opt}$  (economic life) μιας εγκατάστασης προσδιορίζεται ως η τετμημένη του σημείου ελαχίστου κόστους  $C_{min}$  ή ως σημείο ισορροπίας της διεκυστίνδα (trade off) μεταξύ των αντιμαχόμενων συνιστωσών  $C_1(t)$  και  $C_2(t)$  της εξαρτημένης μεταβλητής  $C(t)$ , όπου  $C_1(t)$  είναι το λειτουργικό κόστος (περιλαμβανομένων της συναρτήσεως του χρόνου αυξανόμενης δαπάνης συντήρησης, της μειούμενης απόδοσης του συστήματος, της χειροτέρευσης της ποιότητας και της αύξησης της πιθανότητας αστοχιών/βλαβών που προκαλούν μείωση της αξιοπιστίας του συστήματος) και  $C_2(t)$  είναι το κεφαλαιακό κόστος, λογιζόμενων μέσω των αποσβέσεων. Στη συνέχεια προσδιορίζεται η επίπτωση αύξησης του κεφαλαιακού κόστους για την αγορά αναβαθμισμένου τεχνολογικού εξοπλισμού στην τιμή  $t_{opt}$ , μέσω απλής γραφικής ανάλυσης ευαισθησίας.



Η παραπάνω ποιοτική ανάλυση επεκτείνεται με τον ποσοτικό προσδιορισμό της σχέσης αλληλεξάρτησης κεφαλαιακού–λειτουργικού κόστους σε συνθήκες μέγιστης κερδοφορίας  $K_{max}$  με προβλεπόμενη παραγωγή  $x$  (εκτιμώμενη σε φυσικές μονάδες προϊόντος) και τιμή πώλησης  $b$  (ανά μονάδα προϊόντος). Στην περιοχή ισχύος οικονομιών κλίμακας, το λειτουργικό κόστος  $c$  είναι φθίνουσα συνάρτηση του κεφαλαιακού κόστους, όπως αυτό λογίζεται μέσω των αποσβέσεων  $a$ . Στην απλούστερη περίπτωση, η συνάρτηση αυτή είναι υπερβολική της μορφής

$$c = \frac{c_0}{\lambda a^2 + \mu a + \nu}, \text{ όπου } 0 < c < c_0, 0 < \nu < 1, \mu > 1, \lambda < \mu.$$

οπότε η προς μεγιστοποίηση αντικειμενική συνάρτηση κέρδους  $K=f(a)$  είναι

$$K = bx - \left( a + \frac{c_0}{\lambda a^2 + \mu a + \nu} x \right) \text{ οπότε } \frac{dK}{da} = 0 \Rightarrow -1 + c_0 x (\lambda a^2 + \mu a + \nu)^{-2} (2\lambda a + \mu) = 0 \Rightarrow$$

$$c_0 x (2\lambda a + \mu) = (\lambda a^2 + \mu a + \nu)^2 \Rightarrow \lambda^2 a^4 + 2\lambda \mu a^3 + (\mu^2 + 2\lambda \nu) a^2 + 2(\mu \nu - c_0 x \lambda) a + (\nu^2 - c_0 x \mu) = 0$$

Η εξίσωση αυτή είναι της μορφής

$$\omega^4 + a' \omega^3 + b' \omega^2 + c' \omega + d' = 0 \quad (1)$$

$$\text{όπου } a' = \frac{2\mu}{\lambda}, b' = \frac{\mu^2 + 2\lambda \nu}{\lambda^2}, c' = \frac{2(\mu \nu - c_0 x \lambda)}{\lambda^2}, d' = \frac{\nu^2 - c_0 x \mu}{\lambda^2}$$

και λύνεται δια της μεθόδου Descartes-Euler με αναγωγή στη μορφή  $y^4 + py^2 + qy + r = 0$ .

Στη συνέχεια, εφαρμόζεται η μέθοδος Cardan και διερευνώνται από οικονομική άποψη οι λύσεις που προκύπτουν ενώ δίνονται τα αντίστοιχα γραφήματα, προσδιοριζόμενου και του γεωμετρικού τόπου των σημείων μεγίστου κέρδους  $K_{max}$ .

Όμοια μεθοδολογία εφαρμόζεται για τον προσδιορισμό των επιπτώσεων της αλληλεπίδρασης μεταξύ  $f_1$  και  $f_2$  επί του πρώτου νεκρού σημείου της επιχείρησης. Τέλος, αναλύεται η περίπτωση μεταφοράς ρευστού μέσω σωληνώσεων, όπου αποδεικνύεται (i) η αλληλεπίδραση μεταξύ κεφαλαιακής και λειτουργικής δαπάνης μέσω της εσωτερικής διαμέτρου της σωλήνωσης, λαμβανόμενης ως κοινής ανεξάρτητης μεταβλητής (της οποίας προσδιορίζεται και η βέλτιστη τιμή) και (ii) η ισχύς του Νόμου της φθίνουσας απόδοσης, μέσω της πρώτης και της δεύτερης παραγώγου των συναρτήσεων ενεργειακής δαπάνης οι οποίες είναι θετικές ως προς την ογκομετρική παροχή  $q_f$ , όπως φαίνεται από τις παρακάτω εκφράσεις μονοπαραμετρικής ανάλυσης ευαισθησίας, με μεγαλύτερη ένταση ισχύος του Νόμου μάλιστα στην περίπτωση της τυρβώδους ροής, όπου και η τρίτη μερική παράγωγος ως προς  $q_f$  είναι θετική:

$$\frac{\partial C_{pt}}{\partial q_f} = \frac{0,775q_f^{1,84} \rho^{0,84} \mu_c^{0,16} K(1+J)H_y}{D_i^{4,84} E} > 0 \quad \frac{\partial^2 C_{pt}}{\partial q_f^2} = \frac{1,426q_f^{0,84} \rho^{0,84} \mu_c^{0,16} K(1+J)H_y}{D_i^{4,84} E} > 0$$

$$\frac{\partial C_{pv}}{\partial q_f} = \frac{0,048q_f \mu_c K(1+J)H_y}{D_i^4 E} > 0 \quad \frac{\partial^2 C_{pv}}{\partial q_f^2} = \frac{0,048\mu_c K(1+J)H_y}{D_i^4 E} > 0$$

Όπου  $C_{pt}$  και  $C_{pv}$  η ενεργειακή δαπάνη σε \$/yr/ft,  $\rho$  η πυκνότητα του ρευστού σε lb/ft<sup>3</sup>,  $\mu_c$  το ιξώδες του ρευστού σε centipoises (cp),  $K$  το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας σε \$/kWh,  $J$  οι απώλειες λόγω τριβής στις ενώσεις/καμπύλες, εκφραζόμενες ως κλάσμα των απωλειών σε ευθεία σωλήνωση,  $H_y$  ο χρόνος συνολικής λειτουργίας σε hours/yr, και  $E$  η απόδοση της αντλίας, εκφραζόμενη ως κλάσμα.

Στο Κεφάλαιο 2, διερευνάται η επίδραση των περιβαλλοντικών προτύπων στον προσδιορισμό του ιδιωτικοοικονομικού κόστους (κριτήρια  $f_3$  και  $f_1$ ), η οποία βασίζεται στην ελαχιστοποίηση του κόστους  $C=C_1+C_2$  (όπου  $C_1$  το κοινωνικοοικονομικό και  $C_2$  το ιδιωτικοοικονομικό κόστος) που είναι το κυρίαρχο στοιχείο στο σχεδιασμό/λειτουργία των εγκαταστάσεων προστασίας περιβάλλοντος είτε αυτές είναι ανεξάρτητες είτε είναι συνέχεια συγκεκριμένων βιομηχανικών μονάδων. Αντίθετα, η μεγιστοποίηση του κέρδους (είτε βραχυπρόθεσμα είτε μακροπρόθεσμα μέσω στρατηγικών ενίσχυσης της θέσεως στην αγορά) είναι το κυρίαρχο στοιχείο στο σχεδιασμό/λειτουργία των εγκαταστάσεων παραγωγής βιομηχανικών προϊόντων. Λαμβάνοντας υπ' όψη την έλλειψη ρευστότητας, η οποία συνήθως χαρακτηρίζει τον Δημόσιο Τομέα της Οικονομίας (ΔΤΟ) της Χώρας, συμπεραίνουμε ότι το ιδιωτικοοικονομικό κόστος  $C_2 = C_{21} + C_{22}$  (όπου  $C_{21}$  το κεφαλαιακό και  $C_{22}$  το λειτουργικό κόστος) είναι το πλέον σημαντικό στοιχείο διαμόρφωσης του περιβαλλοντικού κόστους  $C$  (κριτήριο  $f_3$ ) που χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση ενός επενδυτικού σχεδίου δημιουργίας συγκεκριμένης εγκατάστασης προστασίας περιβάλλοντος, η οποία συγκρίνεται με άλλου τύπου εγκαταστάσεις που οδηγούν στο ίδιο αποτέλεσμα. Σημειώνεται ότι το ιδιωτικοοικονομικό κόστος  $C_2$  της περιβαλλοντικής επένδυσης σχετίζεται άμεσα με τον ΔΤΟ μέσω των θεσμοθετημένων επιχορηγήσεων και του προσδιορισμού των ανταποδοτικών τελών (αποδιδόμενων από τους χρήστες περιβαλλοντικών υπηρεσιών προς τους αντίστοιχους δημόσιους Φορείς).

Η διερεύνηση του κεφαλαιακού ιδιωτικοοικονομικού κόστους  $C_{21}$  (capital cost) σε ένα βαθύτερο πληροφοριακό επίπεδο (higher information granularity level) αποκαλύπτει ότι ορισμένες τεχνολογικές παράμετροι και ερμηνευτικές (explanatory) ανεξάρτητες μεταβλητές πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψη μαζί με τα οικονομικά μεγέθη που προσδιορίζουν την προς ελαχιστοποίηση αντικειμενική συνάρτηση (objective function). Η ενσωμάτωση αυτών των παραμέτρων/μεταβλητών δημιουργεί το πρόβλημα της εσωτερικοποίησης (internalization),

επειδή η καθαρώς οικονομική αντικειμενική συνάρτηση μετατρέπεται σε οικονομοτεχνική, αποκτώντας μεγαλύτερο βάθος με διαδικασίες που χρησιμοποιούνται κυρίως στη γνωστική περιοχή της ‘ταυτοποίησης των παραμέτρων’ (parameter identification). Από την άλλη πλευρά, η ετερογένεια της χρησιμοποιούμενης πρώτης ύλης στις εγκαταστάσεις μεγάλης κλίμακας (λόγω των διαφορετικών πηγών προέλευσης των ρύπων) καθιστά την εκτίμηση του κόστους λιγότερο αξιόπιστη συγκριτικά με άλλες γραμμές βιομηχανικής παραγωγής, όπου η πρώτη ύλη πληροί αυστηρές προδιαγραφές ποιότητας.

Παρουσιάζεται ένα μεθοδολογικό πλαίσιο υπό μορφή αλγοριθμικής διαδικασίας, με 17 στάδια δραστηριότητας και 5 κόμβους απόφασης, που έχουμε σχεδιάσει/αναπτύξει για τον προσδιορισμό του κεφαλαιακού κόστους, το οποίο συμβάλλει επίσης στην επίλυση του προβλήματος της εσωτερικοποίησης. Για το σκοπό αυτόν, λαμβάνονται υπ’ όψη αμφοτέρως οι συνθήκες, σταθεροποιημένης και μη σταθεροποιημένης κατάστασης (steady και unsteady state conditions) στην παραγωγική διαδικασία, παρ’ όλο ότι δίνεται μεγαλύτερη έμφαση στην πρώτη κατάσταση, επειδή οι συνθήκες αυτές συνήθως επικρατούν στη βιομηχανική πρακτική, εντός των αντίστοιχων διαστημάτων ανοχής, όπως αυτά διασφαλίζονται από μηχανισμούς αυτόματου ελέγχου. Επίσης, αναλύονται τα κυριότερα υποδείγματα μη σταθεροποιημένης κατάστασης, λόγω της σημαντικής επίδρασης αυτών (ιδιαίτερα υπό συνθήκες αβεβαιότητας) στην εκτίμηση του  $C_{21}$ .

Ως εφαρμογή της αναπτυχθείσας μεθοδολογίας, μελετάται η εγκατάσταση/λειτουργία δύο αντιπροσωπευτικών αντιδραστήρων στη δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία υγρών αποβλήτων: του ομοιογενούς (continuous-flow stirred tank reactor - CFSTR) και του αυλωτού (plug-flow reactor - PFR). Προκειμένου να συνεκτιμηθεί η αβεβαιότητα, όπως αυτή ενσωματώνεται σε ορισμένους κόμβους απόφασης και αντίστοιχα στάδια δραστηριότητας του μεθοδολογικού πλαισίου, χρησιμοποιείται ο βασισμένος στα αριθμητικά διαστήματα μαθηματικός λογισμός (interval analysis). Τέλος, δίνεται σε Παραρτήματα η ποσοτική ανάλυση μεγάλου αριθμού περιπτώσεων.

Στο Κεφάλαιο 3 διερευνώνται οι παράγοντες της αλληλεπίδρασης περιβαλλοντικού κόστους και περιφερειακής ανάπτυξης (κριτήρια  $f_3$  και  $f_6$ ), με βάση το δεδομένο ότι η συμβατικού τύπου ανάπτυξη του πρωτογενούς και δευτερογενούς τομέα της παραγωγής σε μία ελληνική περιφέρεια συνήθως προκαλεί περιβαλλοντική υποβάθμιση. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι σπάνια τηρούνται περιβαλλοντικές δεσμεύσεις (όταν υπάρχουν σε ικανοποιητικό επίπεδο και προδιαγράφονται σαφώς στα έγγραφα που συνοδεύουν την άδεια λειτουργίας της βιομηχανικής/εξορυκτικής/ενεργειακής επιχείρησης) και ακόμη σπανιότερα χωροθετούνται οι σχετικές δραστηριότητες σε περιοχές όπου έχουν *a priori* δημιουργηθεί κατάλληλες

υποδομές. Για την διερεύνηση των παραγόντων της αλληλεπίδρασης αυτής αναλύουμε τη συνολική ωφέλεια  $Y(R)$  (σε περιφερειακό επίπεδο) σε δύο κύριες συνιστώσες, την οικονομική και την περιβαλλοντική,  $Y_1(R)$  και  $Y_2(R)$ , αντίστοιχα, όπου  $R$  ο βαθμός ανάπτυξης της περιοχής, όπως αυτός προσδιορίζεται από την εκμετάλλευση Φυσικών Πόρων (ΦΠ) από τον πρωτογενή και τον δευτερογενή τομέα της παραγωγής (κυρίως εξορυκτικές και βιομηχανικές/ενεργειακές επιχειρήσεις). Ιδιαίτερα μελετώνται οι περιπτώσεις (i) μεταφοράς/εξαγωγής εισοδήματος εκτός της περιφέρειας (υπό μορφή αμοιβών της εργασίας ή του κεφαλαίου) και βελτίωσης της ποιότητας του περιβάλλοντος με εισαγόμενους πόρους (υπό μορφή επιχορηγήσεων ή ανταποδοτικών τελών), εθνικής ή κοινοτικής προέλευσης, και (ii) μεταφοράς οικονομικών πόρων από το εισόδημα στην περιβαλλοντική αναβάθμιση με επενδύσεις σε αντίστοιχα έργα. Το μεθοδολογικό πλαίσιο που αναπτύχθηκε υπό μορφή αλγοριθμικής διαδικασίας για τη διερεύνηση των παραγόντων της αλληλεπίδρασης περιβαλλοντικού κόστους και περιφερειακής ανάπτυξης, περιλαμβάνει 17 στάδια δραστηριότητας και 5 κόμβους απόφασης.

Στη συνέχεια, μελετάται η ταυτοποίηση παραμέτρων σε μακροοικονομικό υπόδειγμα συνδυασμού περιφερειακής ανάπτυξης και αποζημίωσης (compensation) λόγω περιβαλλοντικής υποβάθμισης. Παρουσιάζεται μία περίπτωση ταυτοποίησης παραμέτρων στο υπόδειγμα 'Αλληλεπίδρασης' του Samuelson, όπως το έχουμε τροποποιήσει ώστε να προσαρμοσθεί επιτυχώς σε θέματα αιεφόρου ανάπτυξης. Η ειδική περίπτωση που μελετάται αφορά σε τρεις νομούς της Ελλάδας (Κοζάνη και Φλώρινα στη Βόρεια Ελλάδα και Αρκαδία στην Νότια Ελλάδα), όπου η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ) εκμεταλλεύεται λιγνιτωρυχεία, αποζημιώνοντας τις τοπικές Αρχές με το ποσό  $H_t$  (περίπου το 0,4% του ετήσιου ακαθάριστου εισοδήματός της). Αυτή η οικονομική ενίσχυση, την οποίαν ονομάζουμε Αποζημίωση Εκμετάλλευσης Λιγνιτωρυχείων (ΑΕΛ), διατίθεται προκειμένου να χρησιμοποιηθεί για την περιφερειακή ανάπτυξη και την προστασία του περιβάλλοντος στους τρεις νομούς.

Παρουσιάζεται μία κριτική της εφαρμογής, στην οποίαν επισημαίνονται οι βελτιώσεις που επήλθαν με την παραπάνω τροποποίησή μας και αποτρέπουν απλοποιήσεις, οι οποίες γίνονται συχνά για να δείξουν τον ισομορφισμό των υποδειγμάτων (αγνοώντας συνήθως τις διαστασιακές διαφορές μεταξύ των διαστασιακών Μεταβλητών Παραμέτρων Σταθερών (ΜΠΣ) που έχουν την έννοια αποθέματος και ροής). Η χρήση μιας εξίσωσης διαφορών, που αντιπροσωπεύει έναν οικονομικό μηχανισμό ή μία εμπειρική σχέση, μπορεί να δικαιολογήσει την παράβλεψη αυτή, καθώς το υπάρχον κεφάλαιο σε δεδομένη περίοδο και το εισόδημα της ίδιας περιόδου φαίνονται να έχουν την ίδια διάσταση, δηλ. [N]. Παρ'όλα αυτά, δίνοντας αυτό

το εννοιολογικό περιεχόμενο (στις ΜΠΣ, προσδιορισμένες σε διακριτό χρονικό πεδίο, η εξίσωση διαφορών στερείται της ισχύος της για τον υπό μελέτη χρονικό ορίζοντα. Αποδεικνύεται ότι αν παραβλέψουμε τη διαστασιακή ομοιογένεια χάριν απλοποίησης (ιδιαίτερα όταν η μοντελοποίηση ασχολείται μόνο με την εκτίμηση των αριθμητικών τιμών κάποιων παραμέτρων), χάνουμε την ευκαιρία να χρησιμοποιήσουμε την μοντελοποίηση και τη διαστασιακή ανάλυση για την απόκτηση γνώσης σε βαθύτερα φαινομενολογικά επίπεδα.

Επίσης, παρουσιάζεται μία εφαρμογή στην Πειραματική Οικονομική, αναφερόμενη στην αξιολόγηση της μεταβολής (βελτίωσης ή χειροτέρευσης) κατάστασης επιφέρουσας περιβαλλοντικές επιπτώσεις, η οποία συνιστά μία βασική μέθοδο εκτίμησης εξωτερικών οικονομιών με έρευνα πεδίου, κατά την οποίαν επιχειρείται η ποσοτική αποτύπωση της περιβαλλοντικής ευαισθησίας όσων κατοικούν σε μία περιοχή (που υφίσταται τις συνέπειες της υποβάθμισης) ή/και δραστηριοποιούνται σε αυτήν. Η αποτύπωση αυτή επιχειρείται μέσω ερωτήσεων για το ύψος (i) του μέγιστου ποσού που προτίθεται ο ερωτώμενος να πληρώσει προκειμένου να μειωθεί η περιβαλλοντική επιβάρυνση (Willingness To Pay – WTP) ή (ii) του ελάχιστου ποσού που προτίθεται ο ερωτώμενος να δεχθεί ως αποζημίωση, προκειμένου να συναινέσει στην περιβαλλοντική επιβάρυνση (Willingness To Accept – WTA). Τέλος, παρουσιάζεται μία εφαρμογή υπό μορφή αλγοριθμικής διαδικασίας για τον προσδιορισμό αποζημίωσης για περιβαλλοντική επιβάρυνση, μέσω συνδυασμού πολυκριτηριακών μητρών.

Στο Κεφάλαιο 4, διερευνώνται οι παράγοντες της αλληλεπίδρασης βιωσιμότητας/κερδοφορίας και δημιουργίας θέσεων εργασίας (κριτήρια  $f_4 / f_5$  και  $f_7$ ), οι οποίες εσωτερικοποιούνται άμεσα ή έμμεσα σε συναρτήσεις παραγωγής (production functions). Επειδή η κοινωνική ωφέλεια  $Y$  (social benefit) είναι το βασικό οικονομικό μέγεθος από το οποίο εξαρτάται η κρατική επιχορήγηση που δίνεται στο πλαίσιο της προσανατολισμένης περιφερειακής ανάπτυξης (αφού αποτελεί το αντιστάθμισμα της επιχορήγησης που λαμβάνεται από το κοινωνικό σύνολο μέσω του φορολογικού συστήματος), είναι λογικό να τη θεωρήσουμε ως την κύρια εξαρτημένη μεταβλητή στην ανάλυση που έχουμε υιοθετήσει.

Οι χρησιμοποιούμενες συναρτήσεις συνολικής παραγωγής προσφέρουν τη δυνατότητα αξιοποίησης λεπτομερούς πληροφορίας αλλά δεν μπορούν να απεικονίσουν τη συντελούμενη διαφοροποίηση στα χαρακτηριστικά της απασχόλησης και της μεταφοράς/διάχυσης τεχνογνωσίας σε περιφερειακό επίπεδο. Αυτό συμβαίνει, επειδή η λειτουργία μίας νέας βιομηχανικής δραστηριότητας συνεπάγεται τη δημιουργία ενός δικτύου εξυπηρέτησης που περιλαμβάνει αφ' ενός μεν κατάλληλα εξοπλισμένες μονάδες ικανές να αναλάβουν ως υπεργολάβοι μέρος της ίδιας της παραγωγικής δραστηριότητας (περιλαμβανομένων

επισκευών και συντήρησης) αφ'ετέρου δε φορείς παροχής υπηρεσιών (π.χ. ποιότητας, ασφάλειας και υγιεινής της εργασίας, παρακολούθησης/ελέγχου περιβαλλοντικών παραμέτρων/επιπτώσεων, διαχείρισης υγρών αποβλήτων και στερεών απορριμμάτων). Επομένως, η εργασία (ως συντελεστής της παραγωγής) δεν ποσοτικοποιείται διακρινόμενη απλώς σε δύο κατηγορίες (ανειδίκευτη και εξειδικευμένη) και αποτιμώμενη σε ανθρωποώρες ή αμοιβές ανά κατηγορία αλλά ποσοτικοποιείται σε ένα συνεχές (continuum) που αντιστοιχεί στη συνεκτικότητα του παραπάνω αναφερόμενου δικτύου και την αναγκαιότητα ύπαρξης κάθε κόμβου σε συγκεκριμένο γνωσιολογικό επίπεδο.

Η σχέση μεταξύ των κριτηρίων της συμβολής στην περιφερειακή ανάπτυξη (λόγω της αναβάθμισης του δικτύου και της συνεπαγόμενης αύξησης της απασχόλησης) και την κερδοφορία της νέας βιομηχανικής επένδυσης διερευνάται με τη βοήθεια της ανάλυσης της συνολικής ωφέλειας  $B(S)$  σε δύο συνιστώσες  $B_1(S)$  και  $B_2(S)$ , όπου  $S$  η συνολική δαπάνη για τις νέες θέσεις εργασίας (εξαρτώμενη άμεσα από την ποσότητα και την ποιότητα, δηλ., το επίπεδο της απαιτούμενης ή/και αποκτώμενης εξειδίκευσης, των θέσεων αυτών), όταν αυτές επιχορηγούνται. Η συνάρτηση  $B_1(S)$  απεικονίζει την εξάρτηση της ωφέλειας από το επίπεδο του περιφερειακού εισοδήματος (κατ'αντιστοιχία προς την απασχόληση και τη μεταφορά/διάχυση τεχνολογίας).

Η συνάρτηση  $B_2(S)$  απεικονίζει την εξάρτηση της ωφέλειας από την επιχορήγηση των θέσεων εργασίας (κατ'αντιστοιχία προς την απασχόληση), όπως η επιχορήγηση αυτή λογίζεται άμεσα με *a priori* συνολική αποτίμηση (κατά την έγκριση της επιχορήγησης) ή έμμεσα με την *a posteriori* αναγωγή ανά νεοδημιουργούμενη θέση εργασίας, λαμβανομένων υπ'όψη και των πλευρικών επιδράσεων (side effects), λόγω επένδυσης με κεφάλαια εξωγενούς προέλευσης (υποδείγματα πολλαπλασιαστή/επιταχυντή σε επιφανειακό επίπεδο κατά Samuelson και σε βαθύτερο/εξηγητικό επίπεδο κατά Duesenberry). Η συνάρτηση αυτή είναι φθίνουσα αφού η συνολική ωφέλεια μειώνεται όταν αυξάνονται οι επιχορηγούμενες (άμεσα ή έμμεσα) θέσεις εργασίας, και μάλιστα με απολύτως αύξοντα ή αλγεβρικές φθίνοντα) ρυθμό, δηλ.,  $dB_2/dS < 0$  και  $d|dB_2/dS|/dS > 0$  ή  $d^2B_2/dS^2 < 0$ , λόγω της ισχύος του Νόμου της φθίνουσας απόδοσης (απότεινος και εφεξής) στη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας.

Σημειώνεται ότι η συνάρτηση  $B_1(S)$  είναι θετικοαναλυτική (positive/analytic) αφού απεικονίζει σχέση αιτίας-αποτελέσματος, ενώ η συνάρτηση  $B_2(S)$  είναι κανονιστική (normative), αφού απεικονίζει δυνατότητα άσκησης/μεταβολής πολιτικής (policymaking). Επομένως, η προσθετικότητα (additivity) των δύο συναρτήσεων καθώς και η εσωτερικοποίηση (internalization) αυτών εντός της ίδιας συνάρτησης συνολικής ωφέλειας

$B(S)$  διασφαλίζονται μόνο με *ad hoc* ανθρώπινη παρέμβαση δια της επιλογής μεταξύ εναλλακτικών λύσεων. Ο προσδιορισμός της αύξησης του εισοδήματος (και του αντίστοιχου ακαθάριστου προϊόντος) στη μελετώμενη περιοχή, λόγω εγκατάστασης/λειτουργίας της συγκεκριμένης βιομηχανικής δραστηριότητας, καθώς και της απασχόλησης σε τοπικό επίπεδο, δίνεται υπό μορφή αλγοριθμικής διαδικασίας σε λογικό διάγραμμα που περιλαμβάνει 21 στάδια δραστηριότητας και 5 κόμβους απόφασης.

Τέλος, διαπιστώνεται ότι σημαντικό μέρος του προσδιορισμού του περιγραφόμενου στο στάδιο 18 δικτύου είναι δυνατόν να υλοποιηθεί με την υιοθέτηση ενός συστήματος (προ)τυποποίησης (standardization), ευρείας εφαρμογής λόγω υποστήριξης από διεθνή Οργανισμό, ή/και περιορισμένης *ad hoc* εφαρμογής, όταν δεν υπάρχουν αντίστοιχα πρότυπα (standards). Οι κόμβοι του δικτύου είναι κατ'αρχήν πρότυπες μέθοδοι/πρακτικές/κατηγοριοποιήσεις/ονοματολογίες ενώ στη συνέχεια προσδιορίζονται τα ενδεχομένως υπάρχοντα κενά, προκειμένου να συμπληρωθούν κατάλληλα. Η απαραίτητη δικτύωση για την υλοποίηση συγκεκριμένης διαδικασίας παραγωγής/ελέγχου/ταξινόμησης βασίζεται κυρίως στις αναφορές κάθε προτύπου σε άλλα πρότυπα (Referenced Documents – RDs) που είναι απαραίτητα για την υλοποίηση αυτή.

Ως παράδειγμα, χρησιμοποιείται η πρακτική εξάρτηση της κατασκευής μιας μήτρας (κοινώς καλουπιού), σύμφωνα με συγκεκριμένη πρότυπη μέθοδο, από την πρότυπη ονοματολογία των συναφών όρων είναι αμελητέα, επειδή η αναγκαία πληροφόρηση παρέχεται άμεσα, ταχύτατα και με αμελητέο κόστος, ενώ δεν απαιτείται η παραγωγή κάποιου υλικού αντικειμένου, η οποία με τη σειρά της θα είχε ως προϋπόθεση τη γνώση/υλοποίηση ενός άλλου προτύπου κ.ο.κ. Αντίθετα, η πρακτική εξάρτηση της κατασκευής της ίδιας μήτρας, σύμφωνα με την ίδια πρότυπη μέθοδο, από τις πρότυπες μεθόδους προσδιορισμού της χημικής σύστασης και φυσικής/κοκκομετρικής ανάλυσης της άμμου που θα χρησιμοποιηθεί είναι ισχυρή, επειδή είναι περιορισμένοι οι φορείς που διαθέτουν άμεσα (δηλ., στον επιθυμητό χώρο και χρόνο) αντίστοιχη τεχνογνωσία, και δυνατότητα παραγωγής/ελέγχου, και κατάλληλη διαπίστευση, προκειμένου να αποδεικνύεται η αξιοπιστία τους.

Στο Παράρτημα του Κεφαλαίου, φαίνεται η κατασκευή ενός τέτοιου δικτύου (με άπαξ αναφερόμενους κόμβους/πρότυπα), των αντίστοιχων μητρών συνάφειας (adjacency matrices), και ενός δένδρου με επαναλαμβανόμενους κόμβους/πρότυπα, από όπου φαίνεται η διαφοροποίηση κάθε ενός από τους πολλαπλώς εμφανιζόμενους κόμβους, μέσω του ακολουθούμενου διαφορετικού δρόμου (path). Η αναλυόμενη περίπτωση είναι της εγκατάστασης ναυπηγοεπισκευαστικής μονάδας στην νησιωτική ή ηπειρωτική περιφέρεια και

το υπό εξέταση πρότυπο ASTM F2016-00(2006) αναφέρεται στην ποιότητα της κατασκευής/επισκευής ενός σκάφους. Απεικονίζονται 7 γενιές προτύπων, τα οποία είναι σχεδόν στο σύνολό τους τεχνικής υφής, και στις αντίστοιχες μήτρες συνάφειας έχει υιοθετηθεί, χάριν απλότητας, ως μέτρο εξάρτησης η μονάδα (δηλ., ισχυρή εξάρτηση), αφού η πραγματική εκτίμηση των βαθμών στο διάστημα  $[0,1]$  διενεργείται από εμπειρογνώμονες σε συγκεκριμένο χώρο και χρόνο.

Η κατηγοριοποίηση των προτύπων του δικτύου διευκολύνει τη βαθμολόγηση, όπως φαίνεται στην επόμενη αναλυόμενη περίπτωση των διαδικασιών συγκόλλησης μεταλλικών υλικών με τη μέθοδο του ηλεκτρικού τόξου (BS EN ISO 15609-1:2004). Η κατηγοριοποίηση αυτή διευκολύνει και τη συνεργασία της υπό μελέτη βιομηχανικής επιχείρησης με υφιστάμενες ή νεοδημιουργούμενες μικρές δορυφορικές μονάδες κατασκευής/επισκευής εξαρτημάτων ή παροχής υπηρεσιών στις οποίες αναθέτει υπεργολαβία επιμέρους εργασίες (outsourcing). Με τον τρόπο αυτόν, τόσο η βιομηχανική επιχείρηση όσο και οι δορυφορικές μονάδες εξασφαλίζουν ευελιξία, η μεν πρώτη με διατήρηση του πρώτου νεκρού σημείου σε χαμηλό επίπεδο, η δε δεύτερη με τη δυνατότητα να αναλαμβάνουν και εργασίες ανεξάρτητες των δραστηριοτήτων της βιομηχανικής επιχείρησης. Η διασφαλιζόμενη ευελιξία του είδους αυτού είναι εξαιρετικά χρήσιμη σε περιόδους γενικευμένης ή/και κλαδικής κρίσης, επειδή οι επιτυγχάνόμενες εξωτερικές οικονομίες αντισταθμίζουν διαχρονικά τα ενδεχομένως διαφυγόντα κέρδη λόγω μη επίτευξης οικονομιών κλίμακας (δηλ., παραγωγής με χαμηλότερο κόστος, αν η βιομηχανική επιχείρηση είχε υψηλή δυναμικότητα, προκειμένου να την αξιοποιήσει κατά την περίοδο των 'παχέων αγελάδων').

Σημειώνεται ότι ενώ οι δορυφορικές μονάδες (περιλαμβανομένων των φυσικών προσώπων που παρέχουν εξειδικευμένη εργασία) υποστηρίζουν την βιομηχανική επιχείρηση σε διαδικασίες παραγωγής/συντήρησης/ελέγχου, η ίδια η επιχείρηση παρέχει τεχνογνωσία στους υποστηρίζοντας τις παραπάνω διαδικασίες δια μέσου της KB που διαρκώς εμπλουτίζεται με την αξιοποίηση της εσωτερικά αποκτώμενης εμπειρίας, περιλαμβανομένου ευέλικτου/ ημι-αυτόνομου ευφυούς μηχανισμού (Intelligent agent) για την αναζήτηση πληροφοριών και την ανακάλυψη γνώσης (data mining) σε εξωτερικές Βάσεις (στάδιο 21). Η ανάδραση αυτή δημιουργεί περαιτέρω εξειδίκευση της εργασίας που παρέχεται από φυσικά πρόσωπα, τα οποία μπορεί να απασχολούνται σε μεγάλη απόσταση από τη βιομηχανική επιχείρηση και σχετικά ανεξάρτητα από αυτήν, ιδιαίτερα όταν το αντικείμενο της απασχόλησης είναι ο έλεγχος των προϊόντων ή κατασκευών που ενδεχομένως κατανέμονται ευρέως στο χώρο. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι ο *in situ* έλεγχος επικαλύψεων, βασιζόμενος στο πρότυπο ASTM D5043-04 «Standard Practice for Field Identification of Coatings» και σε



άλλες πρακτικές που ενδεχομένως υποδεικνύονται από την κατασκευαστική/βιομηχανική επιχείρηση που έχει την ευθύνη της συντήρησης των αντίστοιχων εξαρτημάτων και υλικών των κατασκευών. Για την περίπτωση αυτή, έχουμε συνθέσει ένα παράδειγμα υπό μορφή αλγοριθμικής διαδικασίας με 23 δραστηριότητες και 10 κόμβους απόφασης.

Στο Κεφάλαιο 5, διερευνώνται οι παράγοντες που επιδρούν στην μεταφορά/διάχυση τεχνολογίας, δηλ., στο κριτήριο  $f_8$ , το οποίο επηρεάζει τα υπόλοιπα κριτήρια, άμεσα μεν όταν πρόκειται για τεχνολογική καινοτομία (TK) έμμεσα δε όταν πρόκειται για πολλαπλασιαστικά αποτελέσματα που προκύπτουν από διαδικασίες μάθησης στην πράξη (learning by doing), οι οποίες συμβάλλουν στην αύξηση της παραγωγικότητας τόσο της εργασίας (άμεσα) όσο και του κεφαλαίου (έμμεσα, λόγω αλληλεπιδραστικής σύνδεσης με την εργασιακή εξειδίκευση). Τα κίνητρα παραγωγής και διάθεσης προϊόντων/μεθόδων/διεργασιών που ενσωματώνουν TK είναι (i) η αύξηση του κέρδους ή/και η επικράτηση στην αγορά, από την πλευρά των παραγωγών/προμηθευτών, δηλ. της προσφοράς, και (ii) η εξυπηρέτηση υπαρχουσών ή νεοδημιουργούμενων αναγκών από την πλευρά των πελατών/χρηστών, δηλ. της ζήτησης. Η αύξηση του κέρδους είναι δυνατόν να επιτευχθεί με την παραγωγή/διάθεση (i) μεγαλύτερης ποσότητας (προκειμένου να έχουμε μείωση του κόστους, στην περίπτωση που η εισαγωγή TK επιφέρει πρόσθετες οικονομίες κλίμακας) και (ii) φθηνότερου ή/και καλύτερου ως προς τις ιδιότητες προϊόντος.

Ειδικότερα για την λήψη απόφασης υιοθέτησης TK παραγωγικής διεργασίας, εξετάζεται με ποιο τρόπο επηρεάζονται οι συντελεστές της παραγωγής. Δεχόμενοι, χάριν απλότητας, ότι οι συντελεστές της παραγωγής είναι το κεφάλαιο  $K$  και η εργασία  $L$ , τότε η TK είναι δυνατόν είτε να υποκαθιστά (με την έννοια της εξοικονόμησης πόρων ή της συμβολής στην υποκατάσταση ενός συντελεστή από άλλον, με σύγχρονη αύξηση της συνολικής απόδοσης) εξίσου τους συντελεστές αυτούς είτε να υποκαθιστά περισσότερο τον ένα από αυτούς, συνθηθέστερα την εργασία με αυτοματισμούς ή/και ρομποτικούς μηχανισμούς ή/και πληροφοριακά συστήματα διοίκησης. Η υποκατάσταση αυτή μελετάται γραφικά, προκειμένου να κατανοηθεί ο πολυμετρικός χαρακτήρας της και να εκτιμηθεί ο ρόλος της σε προβλήματα υιοθέτησης/προσαρμογής TK.

Στη συνέχεια, παρουσιάζεται το μεθοδολογικό πλαίσιο, υπό μορφή αλγοριθμικής διαδικασίας, με 27 στάδια δραστηριότητας και 7 κόμβους απόφασης, που έχουμε σχεδιάσει/αναπτύξει για την διερεύνηση των παραγόντων που επιδρούν στη μεταφορά/διάχυση τεχνολογίας και τη βελτιστοποίηση αυτής. Παρουσιάζονται δύο εφαρμογές της αναπτυχθείσας μεθοδολογίας. Η πρώτη αναφέρεται στον προσδιορισμό της βέλτιστης τιμής (ή τιμής ισορροπίας της αντίστοιχης διεκκυστίδας – trade off)  $D_{opt}$  του

βαθμού διάχυσης  $D$  μιας ΤΚ, μετρούμενου ως κλάσμα ή ποσοστό αυτών που την έχουν υιοθετήσει ( $y$ ) σε σχέση με αυτούς που αναμένεται να την υιοθετήσουν τελικά ( $K$ ), δηλ.  $D=y/K$  ή  $D=100y/K\%$ ). Ως παράδειγμα, χρησιμοποιείται η περίπτωση της λογιστικής σιμοειδούς συνάρτησης  $y = K/[1 + m \exp(-bt)]$ , οπότε  $D = [1 + m \exp(-bt)]^{-1}$ , όπου  $b$  η παράμετρος που δείχνει την ταχύτητα υιοθέτησης της ΤΚ,  $m$  μία παράμετρος θέσης της αντίστοιχης καμπύλης  $D=f(t)$  και  $K=\lim(y)$  όταν  $t \rightarrow \infty$ . Η συνάρτηση αυτή έχει χρησιμοποιηθεί, με ποικίλες παραλλαγές/επεκτάσεις της, στη διάδοση ΤΚ σε εντελώς διαφορετικούς (προκαθορισμένους) χώρους/αγορές, από κινητά τηλέφωνα μέχρι φαρμακευτικά προϊόντα, ενώ οι σχετικές υπολογιστικές μέθοδοι περιλαμβάνουν τόσο απλές ντετερμινιστικές τεχνικές όσο και σχετικά πολύπλοκες στοχαστικές διαδικασίες (από πιθανοτικές τύπου Bayes μέχρι ασαφούς παλινδρόμησης κλασικών υποδειγμάτων, όπως του Bass).

Η δεύτερη εφαρμογή, που παρουσιάζεται στην ενότητα αυτή, αναφέρεται στον προσδιορισμό της βέλτιστης τιμής  $H_{opt}$  του βάθους κλιμάκωσης μεγέθους  $H$ , μέτρο του οποίου αποτελεί η πληροφοριακή μονάδα ή το επίπεδο ανάλυσης της πληροφορίας (information unit ή information granularity level, αντίστοιχα) που χρησιμοποιούνται για τη συγκριτική ποιοτική/ημι-ποσοτική αξιολόγηση της απόκτησης τεχνογνωσίας κατά τη διαδικασία μεταφοράς μιας τεχνολογικής διεργασίας παραγωγής/επεξεργασίας (production/treatment process) από μικρή/εργαστηριακή σε μεγάλη/βιομηχανική κλίμακα μέσω της θεωρίας ομοιότητας (similarity theory).

Οι συνιστώσες του κόστους  $C(H)$ ,  $C_1$  και  $C_2$ , παριστούν η μεν πρώτη την αύξηση του κόστους όταν αυξάνεται το βάθος κλιμάκωσης  $H$ , λόγω αυξημένων δαπανών (ιδιαίτερα στις μεγάλες κλίμακες, όπου το μεγάλο μέγεθος συνεπάγεται μεγάλες δαπάνες), η δε δεύτερη τη μείωση του κόστους όταν αυξάνεται το  $H$ , επειδή η αποκτώμενη επιπλέον πληροφορία συνεπάγεται ελάττωση δαπανών συντήρησης/επισκευής και γενικότερα στοχαστικών μεγεθών που συνδέονται με αβεβαιότητα στη βιομηχανική παραγωγή (π.χ. αξιοπιστία, ποιότητα, ωφέλιμο χρόνο ζωής εξοπλισμού). Για τη μελέτη/βελτιστοποίηση του αναγκαίου βάθους κλιμάκωσης  $H$ , έχουμε σχεδιάσει/αναπτύξει ένα μεθοδολογικό πλαίσιο υπό τη μορφή μιας αλγοριθμικής διαδικασίας που περιλαμβάνει 22 εκτελεστικά στάδια, τα οποία ενεργοποιούνται/ελέγχονται μέσω 8 κόμβων απόφασης.

Μία ουσιαστική συμβολή της αναπτυχθείσας αλγοριθμικής διαδικασίας στη χρήση της διαστασιακής ανάλυσης σε οικονομοτεχνικές συναρτήσεις παραγωγής είναι η εισαγωγή κατάλληλης διάκρισης των φυσικών διαστάσεων που συνδέονται με οικονομικά μεγέθη, ώστε

τα τελευταία αυτά να ανάγονται σε συγκρίσιμες δαπάνες στην ίδια αδιάστατη ομάδα. Ως παράδειγμα, μελετάται η περίπτωση της ανάλυσης διαστάσεων κατά την κλιμάκωση μεγέθους εγκατάστασης επεξεργασίας υγρών αποβλήτων με τη μέθοδο των βιολογικών φίλτρων. Μπορούμε να γενικεύσουμε την μέθοδο αυτή, διατυπώνοντας τον εξής κανόνα: Για τη διαμόρφωση ενός υποδείγματος βιομηχανικής παραγωγής, όπου οι παρεχόμενες απαραίτητες οικονομικές και φυσικές παράμετροι/μεταβλητές ευρίσκονται υπό μορφή αδιάστατων ομάδων, πρέπει οι φυσικές distάσεις να υφίστανται *a priori* κατάλληλο διαχωρισμό (splitting) στις επιμέρους distάσεις που χρησιμοποιούνται για την αναγωγή/έκφραση των διαφόρων ειδών κόστους. Επισημαίνεται ότι μόνο με την εφαρμογή του κανόνα αυτού μπορούμε να αναπτύξουμε μία αλγοριθμική διαδικασία μετατροπής του πρωτογενούς συνόλου των αδιάστατων Π-ομάδων, δηλ. αυτών που λαμβάνονται άμεσα ως πρώτη λύση των εξισώσεων της διαστασιακής μήτρας, σε ένα νέο σύνολο, όπου οι ομάδες που περιέχουν παραμέτρους κόστους διαθέτουν εσωτερική συνέπεια και οικονομική σημασία, αναγόμενες τελικά σε απλές αναλογικές σχέσεις δαπανών, οι οποίες αντιστοιχούν σε κατάλληλα επιλεγμένες χρονικές περιόδους.

Η διαδικασία αυτή μπορεί να γίνεται αυτομάτως με τη βοήθεια προγράμματος H/Y, το οποίο έχουμε ήδη αναπτύξει στο Εργαστήριο Προσομοίωσης Βιομηχανικών Διεργασιών. Αντίθετα, η κατάληξη στις ίδιες οικονομικού χαρακτήρα συνεπείς αδιάστατες ομάδες, χωρίς να προηγηθεί ο παραπάνω υποδεικνυόμενος διαχωρισμός (splitting), ενώ φαίνεται ότι είναι θεωρητικά εφικτή, αφού όλα τα πλήρη σύνολα Π-ομάδων της ίδιας λύσης είναι ισοδύναμα μεταξύ τους (άρα είναι δυνατός ο εντοπισμός ενός τουλάχιστον συνόλου που να περιέχει προκαθορισμένη Π-ομάδα), εντούτοις πρακτικά ισοδυναμεί με *a priori* εισαγωγή αδιάστατων ομάδων πριν την λύση του απροσδιόριστου (under-defined) συστήματος των γραμμικών εξισώσεων που προκύπτουν από τη διαστασιακή μήτρα. Αν κατ' αρχήν αποδεχθούμε αυτόν τον εισαγόμενο περιορισμό των βαθμών ελευθερίας, τότε πρέπει να υιοθετήσουμε και τον προκαθορισμό αδιάστατων ομάδων που προέρχονται από συμβατικού τύπου υποδείγματα, έστω και αν αυτά δεν έχει αποδειχθεί ότι προσαρμόζονται ικανοποιητικά στα αριθμητικά δεδομένα της συγκεκριμένης περίπτωσης.

Στην ενότητα της Συζήτησης του Κεφαλαίου 5, γίνεται λεπτομερής ανάλυση ευαισθησίας των βέλτιστων λύσεων και δίνονται αντίστοιχα γραφήματα στα Παρατήματα I και II. Τέλος, στο Παράρτημα III μελετάται η προσαρμογή 17 υποδειγμάτων μεταφοράς/διάχυσης τεχνολογίας σε δεδομένα που αναφέρονται σε εγκατεστημένη επιφάνεια ηλιακών συλλεκτών. Αποδεικνύεται ότι υπερέχει μία παραλλαγή της λογιστικής συνάρτησης, με τέσσερις παραμέτρους (για την αποφυγή των περιορισμών που εισάγει η συμμετρικότητα

του αρχικού απλού υποδείγματος των τριών παραμέτρων), ενώ η συνάρτηση Gompertz δίνει επίσης καλά στατιστικά αποτελέσματα, κατάλληλα για βραχυ-μεσοπρόθεσμες προβλέψεις.

Τέλος, στο Κεφάλαιο 6, διερευνάται το πρόβλημα της βέλτιστης επιχορήγησης επενδυτικού σχεδίου με έμφαση στην εξοικονόμηση ενέργειας/υλικών και την προστασία του περιβάλλοντος (κριτήρια  $f_2$  και  $f_3$ ). Το βέλτιστο ποσοστό  $I_{opt}$  επιχορήγησης της επένδυσης, το οποίο παρέχει το υψηλότερο δυνατό κίνητρο (με αυτήν την έννοια,  $I_{opt} \equiv I_{max}$ ) χωρίς να είναι ζημιογόνο για το Δημόσιο, υπολογίζεται με την εξίσωση του αναμενόμενου οφέλους  $U$  με τα συνολικά διαφεύγοντα έσοδα (ζημία)  $Y$ , οπότε προκύπτει η παρακάτω έκφραση

$$I_{opt} = \frac{\frac{K \cdot F / S}{(1+i)^{1-t}} \cdot \left[ \frac{[1/(1+i)]^t - 1}{[1/(1+i)] - 1} + \frac{g}{1+i} \left( \frac{1 - [1/(1+i)]^{t-1}}{([1/(1+i)] - 1)^2} + \frac{(t-1)[1/(1+i)]^{t-1}}{[1/(1+i)] - 1} \right) + h \cdot x \cdot W \right]}{(1+r)^{t-m} (1+i)^m}$$

$$W = \left\{ \left( 1 + 2 \frac{x^{t-1} - x}{x-1} - [2(t-1) - 1]x^{t-1} \right) / (1-x) - (t-1)^2 x^{t-1} \right\} / (1-x), x=1/(1+i),$$

όπου  $F$  το εξοικονομούμενο ποσό σε νομισματικές μονάδες (ν.μ.), λόγω της επιτυχανόμενης εξοικονόμησης ενέργειας/υλικών,  $i$  το επιτόκιο μακροπρόθεσμων τίτλων του Δημοσίου (λογιζόμενο ανά χρονική περίοδο, συνήθως ετήσια) που είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της ισοδύναμης αξίας του χρήματος σε διάφορες χρονικές στιγμές,  $K$  το ποσοστό συμμετοχής του Δημοσίου στην αρχική επένδυση, λόγω της συμβολής της παραπάνω εξοικονόμησης στην αειφόρο ανάπτυξη και ειδικότερα στη συγκράτηση του ρυθμού (α) υποβάθμισης του περιβάλλοντος, το οποίον είναι κοινό αγαθό (common good), και (β) εξάντλησης των εγχώριων μη ανανεώσιμων φυσικών πόρων που αποτελούν περιουσία του Δημοσίου,  $g$  και  $h$  οι παράμετροι ενός παραβολικού υποδείγματος αύξησης του  $F$ , το οποίον είναι της μορφής  $(1+gt+ht^2)F$  (ώστε να περιλαμβάνεται το ενδεχόμενο της μη γραμμικής αύξησης, ως αποτέλεσμα επιταχυνόμενης ανάπτυξης και της συνεπαγόμενης μείωσης των αποθεμάτων ενεργειακών ορυκτών και πρώτων υλών), λόγω αύξησης των πραγματικών τιμών ενέργειας, πρώτων υλών και υπηρεσιών προστασίας περιβάλλοντος,  $t$  ο αριθμός των χρονικών περιόδων (συνήθως ετών) ωφέλιμης ζωής της επένδυσης,  $r$  είναι η απόδοση της καλύτερης εναλλακτικής επένδυσης (η οποία καλείται 'second best' σε σχέση με την εξεταζόμενη από το Δημόσιο για επιχορήγηση) για  $m$  χρονικές περιόδους.

Στη συνέχεια δίνεται υπό μορφή εφαρμογής για τα ελληνικά δεδομένα (Α' εξάμηνο 2009) διαγραμματικά (α) η μεμονωμένη επίδραση των  $i$ ,  $g$ ,  $r$ ,  $t$ ,  $m$ , λαμβανομένου του κάθε ενός χωριστά και (β) η σύγχρονη επίδραση των  $i$  &  $r$  και  $g$  &  $t$ , στο βέλτιστο ποσοστό επιχορήγησης  $I_{opt}$  (μονοπαραμετρική και διπαραμετρική ανάλυση ευαισθησίας, αντίστοιχα).

Επισημαίνεται ότι για την εκτίμηση της εξοικονόμησης ενέργειας, απαιτείται, πέραν του υπολογισμού της ενεργειακής ανάλωσης της νέας βιομηχανικής μονάδας (βάσει του προτεινόμενου επενδυτικού σχεδίου), και η πρότυπη ειδική ενεργειακή ανάλωση (Specific Energy Consumption – SEC), δηλ., αυτή που θα πραγματοποιείτο χωρίς την εισαγωγή νέας τεχνολογίας. Επειδή, όμως, η τελευταία αυτή είναι δύσκολο να προσδιορισθεί αντικειμενικά, αφού αυτός που θα υποβάλει το επενδυτικό σχέδιο θα υπερτιμήσει την SEC, ώστε να φαίνεται μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας με την εισαγωγή της προτεινόμενης νέας τεχνολογίας (άρα μεγαλύτερη επιχορήγηση του επενδυτικού σχεδίου), υπάρχει η δυνατότητα προσέγγισης της τιμής της SEC μέσω ενός εμπειρικού υποδείγματος συσχέτισής της με την πρότυπη θερμότητα της αντίδρασης (Standard Heat of Reaction – SHR), όπως αυτή προκύπτει από τους αντίστοιχους θερμοδυναμικούς υπολογισμούς.

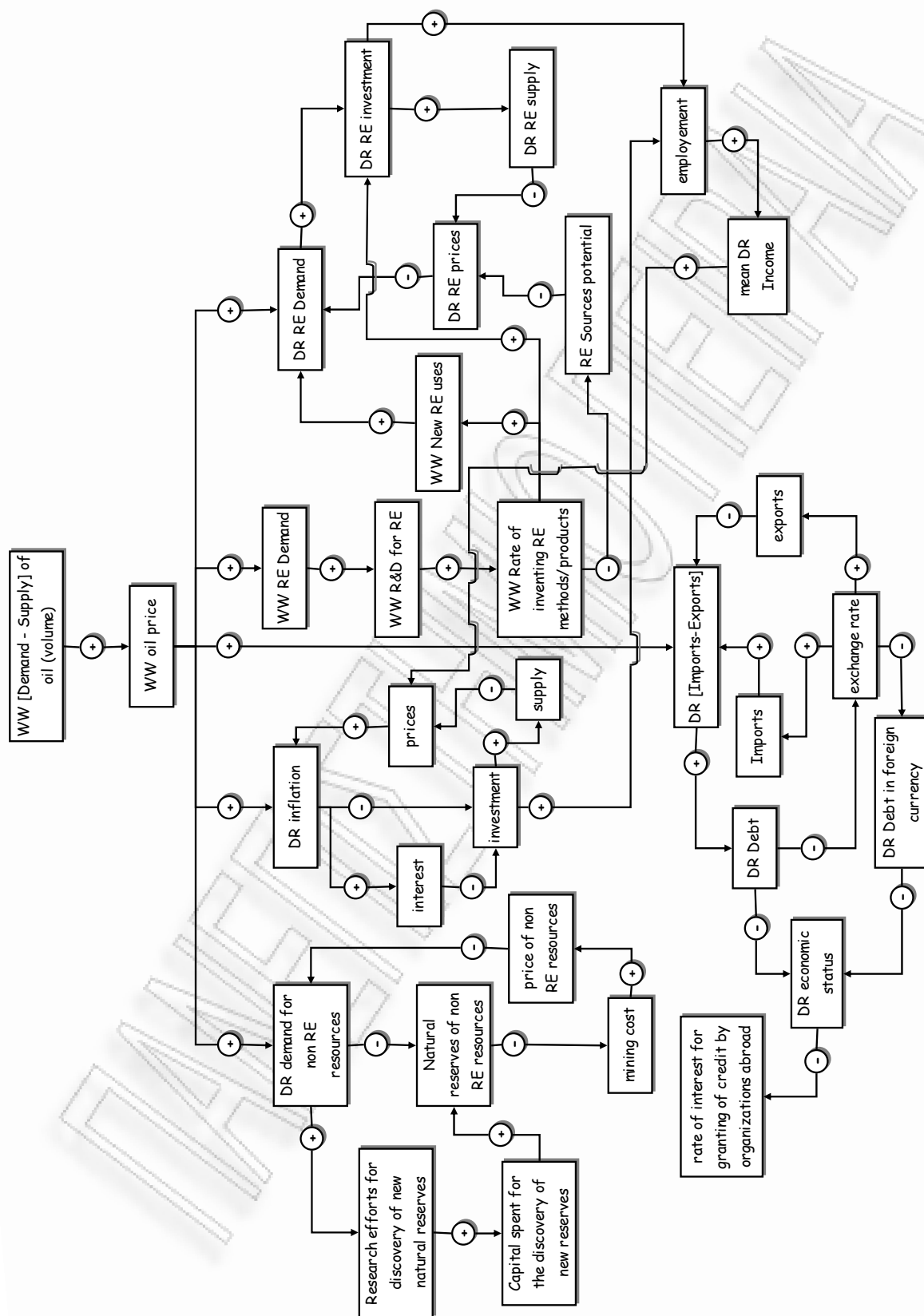
Για τη συσχέτιση αυτή, χρησιμοποιούμε ένα πλήρες ακέραιο πολυωνυμικό υπόδειγμα της μορφής  $SEC = \sum_{i=0}^m a_i (SHR)^i$ ,  $m \leq 4$ , και επιλέγουμε τον βέλτιστο βαθμό  $m$  του πολυωνύμου, με κριτήρια τον συντελεστή προσδιορισμού της παλινδρόμησης (Coefficient of Determination –  $R^2$ ),  $g_1$ , το τυπικό σφάλμα της εκτίμησης (Standard Error of Estimate – SEE),  $g_2$ , την απλότητα του υποδείγματος (Occam's Razor),  $g_3$ , την ευλογοφάνεια (Plausibility),  $g_4$ , τη συνέπεια ή τοπική συγκρισιμότητα (Consistency ή Intra-Comparability, αντίστοιχα),  $g_5$ , και τη γενική συγκρισιμότητα (Inter-Comparability),  $g_6$ . Οι εκτιμήσεις των  $R^2$  και SEE βασίζονται σε επιλογές αριθμητικών δεδομένων από την τεχνική βιβλιογραφία. Ακολουθείται η μέθοδος της πολυκριτηριακής ανάλυσης (MultiCriteria Analysis – MCA), με χρησιμοποίηση ασαφών αριθμών (fuzzy numbers) για την εκτίμηση του διανύσματος των βαρών και της μήτρας προτίμησης (weights vector και preference matrix, αντίστοιχα), ώστε να ληφθεί υπ' όψη η αβεβαιότητα στην εκτίμηση των επιμέρους ποσοτικών ή ποσοτικοποιούμενων μεγεθών.

Από την παραπάνω ανάλυση προκύπτει ως προτεινόμενη λύση αυτή του δευτεροβάθμιου πολυωνυμικού (παραβολικού) υποδείγματος, η οποία είναι εύρωστη (robust), αφού (i) δεν περιλαμβάνεται σε οποιοδήποτε ζεύγος συγκρινόμενων υποδειγμάτων του οποίου τα μέλη εμφανίζονται ως μη-συγκρίσιμα και (ii) η μονοπαραμετρική ανάλυση ευαισθησίας ως προς το δεύτερο καλύτερο υπόδειγμα που είναι (α) το γραμμικό υπόδειγμα σε επίπεδο χαμηλής και υψηλής ανάλυσης στην περίπτωση των ενδόθερων βιομηχανικών χημικών διεργασιών, και (β) το γραμμικό και το τριτοβάθμιο πολυωνυμικό υπόδειγμα σε επίπεδο χαμηλής και υψηλής ανάλυσης, αντίστοιχα, στην περίπτωση των εξώθερων βιομηχανικών διεργασιών, δίνει  $S_2 - S_1 > 0$  και  $S_2 - S_3 > 0$  σε ολόκληρη την περιοχή  $\pm 50\%$

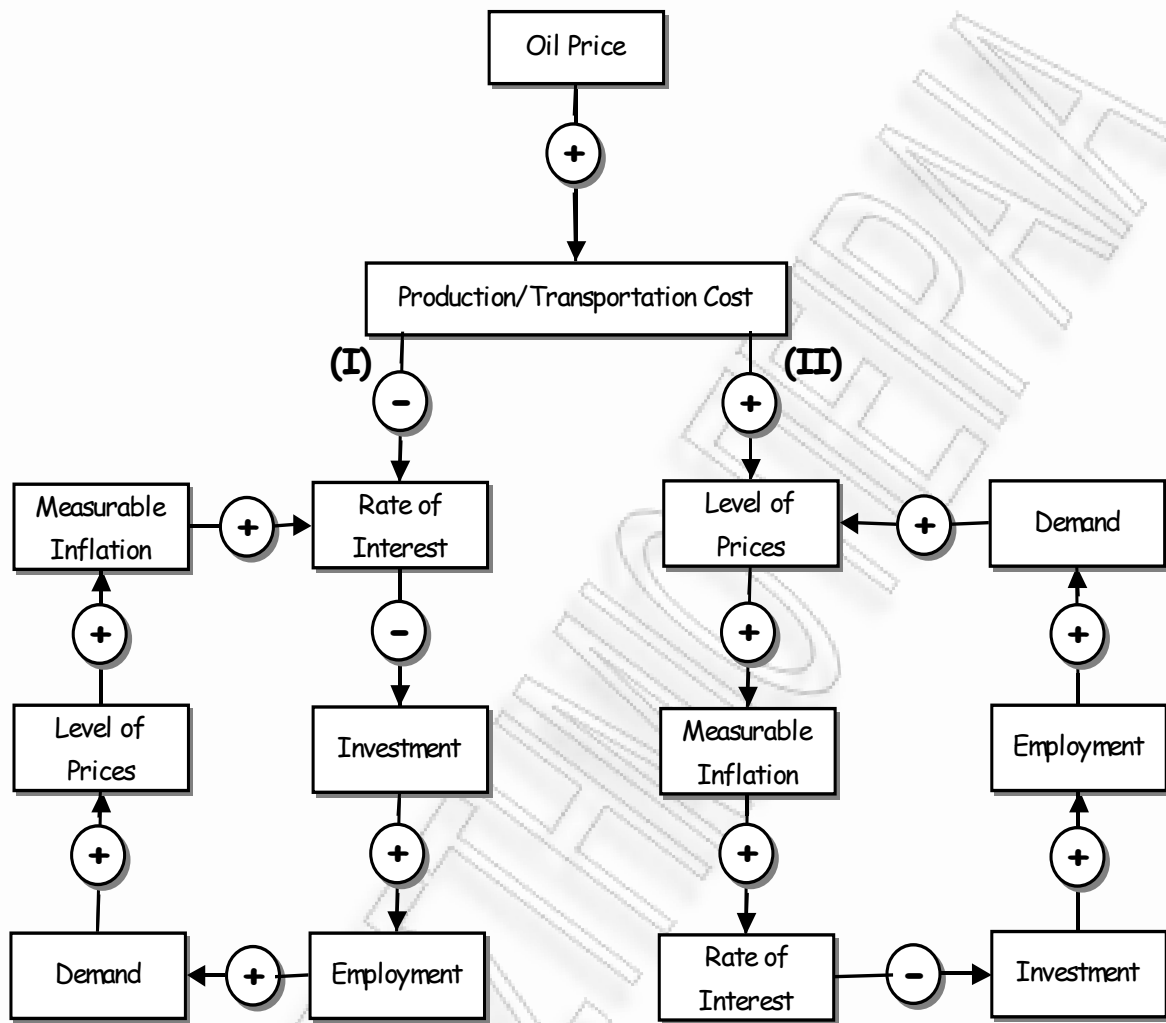
γύρω από τη μέση απασαφοποιημένη τιμή κάθε κριτηρίου στο διάλυμα των βαρών. Η εμπειρική έρευνα τόσο σε υποκειμενικό επίπεδο δια μέσου των εμπειρογνομόνων όσο και σε αντικειμενικό επίπεδο δια μέσου της εξόρυξης γνώσης (data mining) από την τεχνική βιβλιογραφία επιβεβαιώνει τα παραπάνω αποτελέσματα.

Σημειώνεται ότι το παραπάνω παραβολικό υπόδειγμα δίνει καλύτερες εκτιμήσεις (επιτυγχανόμενων υψηλότερων τιμών  $R^2$  και χαμηλότερων τιμών SEE) από αυτές που αναφέρονται στην τεχνική βιβλιογραφία, επειδή (i) έχουμε κατηγοριοποιήσει τις βιομηχανικές χημικές διεργασίες σε ενδόθερμες και εξώθερμες και έχουμε πραγματοποιήσει διακριτή μοντελοποίηση και στατιστική ανάλυση σε κάθε κατηγορία χωριστά, και (ii) δεν έχουμε περιλάβει φυσικές διεργασίες, οι οποίες, έχοντας  $SHR=0$ , μεταβάλουν το λογικό υπόβαθρο της κατηγοριοποίησης, με αποτέλεσμα τη χειροτέρευση όλων των στατιστικών δεικτών/παραμέτρων.

Σημειώνεται ότι η δυνατότητα επιχορήγησης τόσο για την (άμεση) μείωση του κεφαλαιακού και του περιβαλλοντικού κόστους (κριτήρια  $f_1$  και  $f_3$ , αντίστοιχα) όσο και για την (έμμεση) αύξηση της περιφερειακής ανάπτυξης, τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας, και τη μεταφορά/διάχυση τεχνολογίας (κριτήρια  $f_6$ ,  $f_7$ , και  $f_8$ , αντίστοιχα) εξαρτάται και από μακρο-οικονομικά μεγέθη (π.χ., πληθωρισμός, επενδύσεις, τιμή επιτοκίου, απασχόληση), τα οποία με τη σειρά τους εξαρτώνται από εξωγενείς παράγοντες, όπως η τιμή του πετρελαίου (βλ. Σχήματα 7.1 και 7.2).



**Σχήμα 7.1.** Μέρος οντολογίας, δομημένης στη βάση της τιμής πετρελαίου, υπό μορφή κατευθυνόμενου γραφήματος (directed graph – D graph) με σκοπό να δείξει την επίδραση της ανάπτυξης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στα εξεταζόμενα κριτήρια (RE: renewable energy, DR: domestic or regional).



**Επιθετική πολιτική (με χρονικό προβάδισμα)  
βασισμένη στην πρόληψη**

**Αμυντική πολιτική (με χρονική υστέρηση)  
βασισμένη στην καταστολή**

$y \xrightarrow{+/-} x$  σημαίνει ομόρροπη ή αντίρροπη μεταβολή των  $y, x$ , όπου  $y$  είναι το αίτιον και  $x$  είναι το αποτέλεσμα, δηλ.,  $x$  είναι η εξαρτημένη και  $y$  η ανεξάρτητη μεταβλητή της συνάρτησης  $x=f(y)$ .

**Σχήμα 7.2.** Κατευθυνόμενο γράφημα (directed graph – D graph) που παρουσιάζει την επίδραση της μεταβολής της τιμής του πετρελαίου πάνω σε μακρο-οικονομικές μεταβλητές/παραμέτρους, μέσω δύο βρόχων ή αναδραστικών κύκλων με δυνατότητα σταθεροποίησης μεσο-μακρο-πρόθεσμα.