

Πανεπιστήμιο Πειραιώς - Τμήμα Βιομηχανικής Διοίκησης και Τεχνολογίας
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο - Σχολή Χημικών Μηχανικών

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«Οργάνωση και Διοίκηση Βιομηχανικών Συστημάτων»

Ειδίκευση: **Συστήματα Διαχείρισης της Ενέργειας και Προστασίας
Περιβάλλοντος**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Αξιολόγηση Ετοιμότητας Τεχνολογίας και Παραγωγικής
Διαδικασίας για εφαρμογές μεταφοράς τεχνολογίας»**

Στεφανάτος Ιωάννης

Διδάσκων: **Μπιλάλης Νικόλαος**

Πειραιάς, 2013

Ευχαριστίες

Στο σημείο αυτό, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους εκείνους που συνέβαλλαν και βοήθησαν στην πραγματοποίηση αυτής της διπλωματικής εργασίας.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά όλους τους καθηγητές του προγράμματος και τα μέλη της τριμελούς επιτροπής αξιολόγησης.

Ιδιαίτερος θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Μπιλάλη Νικόλαο, για την υπομονή του, τη βοήθειά του και την καθοδήγησή του για την ολοκλήρωση της διπλωματικής αλλά και για το ευχάριστο κλίμα συνεργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους φίλους που με στήριξαν αυτά τα χρόνια των σπουδών μου.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου για την αμέριστη συμπαράστασή τους όλα αυτά τα χρόνια, για όλη τη βοήθεια που μου παρείχαν, την υποστήριξη και την υπομονή τους.

Περίληψη

Η συνεχώς αυξανόμενη ανάπτυξη της τεχνολογίας έχει δημιουργήσει την ανάγκη για την αξιολόγησή της. Σκοπός της αξιολόγησης της τεχνολογίας είναι να εκτιμηθεί αν η τεχνολογία έχει επιπτώσεις στην ποιότητα ζωής των ανθρώπων και αν αντικατοπτρίζει τις προσδοκίες που υπάρχουν κατά την δημιουργία της. Η αξιολόγηση της ετοιμότητας της τεχνολογίας είναι μια διαδικασία βασισμένη στις μετρήσεις των παραμέτρων και ελέγχει την ωριμότητα και τον κίνδυνο που συνδέεται με την κρίσιμη τεχνολογία που χρησιμοποιείται σε έργα και προγράμματα. Τα εννιά Επίπεδα Ετοιμότητας της Τεχνολογίας (Technology Readiness Levels-TRLs) είναι ένα συστηματικό σύστημα μέτρησης που δημιουργήθηκε από την NASA και αποτελεί ένα χρήσιμο μοντέλο αξιολόγησης. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται μια επέκταση της TRL μεθοδολογίας για την εφαρμογή της στον κύκλο ανάπτυξης του προϊόντος, ιδιαίτερα στην παραγωγική διαδικασία. Επιπλέον, δίνεται μια μελέτη περίπτωσης ελέγχου ετοιμότητας της τεχνολογίας, κατά την οποία δημιουργείται, σε τρία στάδια, ένα εργαλείο αξιολόγησης της μεταφοράς τεχνολογίας μεταξύ οργανισμών (μοντέλο τριφύλλι). Το δείγμα, πάνω στο οποίο βασίστηκε η ανάλυση των ερωτηματολογίων ώστε να βρεθεί το τελικό μοντέλο αξιολόγησης μεταφοράς τεχνολογίας, είναι σταθμισμένο μεταξύ των οργανισμών. Το τελικό μοντέλο αποτελεί ένα πρακτικό και αποτελεσματικό εργαλείο αξιολόγησης.

Λέξεις-κλειδιά: αξιολόγηση τεχνολογίας, επίπεδα ετοιμότητας τεχνολογίας, ετοιμότητα μεταφοράς τεχνολογίας, κύκλος ανάπτυξης προϊόντος, παραγωγική διαδικασία, μοντέλο τριφύλλι.

Abstract

The increasing development of technology has created the need for assessment. The technology assessment's purpose is to evaluate whether technology has an impact on quality of life or reflects the expectations that exist during its creation. The assessment of the readiness of technology is a process based on measurements of parameters and controls the maturity and the risk associated with the critical technology used in projects and programs. The nine Technology Readiness Levels (Technology Readiness Levels-TRLs) are a systematic measurement system developed by NASA and represent a useful model of assessment. This paper presents an extension of methodology TRL during the product's development cycle, particularly during the production process. Moreover, a case study is given. It includes a process that checks the readiness of technology and creates, in three stages, an assessment tool of technology transfer between organisms (cloverleaf model). The sample, on which the analysis was based using questionnaires in order to find the final assessment model of technology transfer, is weighted between organizations. The final model ends up to a practical and effective assessment tool.

Keywords: technology assessment, technology readiness levels, readiness of technology transfer, products' development cycle, production process, cloverleaf model.

Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται την αξιολόγηση της τεχνολογίας, τόσο κατά την παραγωγική διαδικασία στον κύκλο ανάπτυξης ενός προϊόντος, όσο και κατά την μεταφορά της μεταξύ των οργανισμών. Η αξιολόγηση αφορά μια απαραίτητη διαδικασία για την εκτίμηση της αποτελεσματικότητας της εφαρμογής της τεχνολογίας. Σκοπός της παρούσας διπλωματικής είναι η ανάλυση της έννοιας αυτής σε θεωρητικό πλαίσιο και, ειδικότερα, στην παραγωγική διαδικασία και στην μεταφορά της τεχνολογίας. Αναλυτικότερα:

Στο πρώτο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας, αναλύονται οι έννοιες της τεχνολογίας και της αξιολόγησης και δίνονται αναλυτικά όλα τα πεδία στα οποία θεωρείται σημαντική η εφαρμογή της αξιολόγησης της τεχνολογίας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, δίνονται προσεγγίσεις και μεθοδολογίες που έχουν εισαχθεί κατά καιρούς για τη διεξαγωγή έρευνας στην αξιολόγησης τεχνολογίας. Παρουσιάζονται έρευνες αξιολόγησης τεχνολογίας που αφορούν την λήψη αποφάσεων στο δημόσιο τομέα.

Στο τρίτο κεφάλαιο εξετάζεται η αξιολόγηση της ετοιμότητας της τεχνολογίας. Δίνεται το μοντέλο Επιπέδων Ετοιμότητας της Τεχνολογίας και αναλύονται τα εννέα επίπεδά του, σύμφωνα με τις προσεγγίσεις που έχουν δοθεί από το Υπουργείο Αμύνης των Ηνωμένων Πολιτειών και την NASA.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, παρουσιάζεται ο τρόπος αξιολόγησης της τεχνολογίας κατά τον κύκλο ζωής ενός προϊόντος και τα επίπεδα ελέγχου ετοιμότητας της τεχνολογίας, έτσι όπως διαμορφώνονται έπειτα από την διαχωρισμό του κύκλου ζωής μεταξύ των φάσεων ανάπτυξης και βελτίωσης μιας τεχνολογίας. Στο στάδιο της βελτίωσης, προτείνονται επίπεδα που αφορούν την περαιτέρω ανάπτυξη και διαφοροποίηση των τεχνολογιών. Η εφαρμογή των επιπλέον επιπέδων του μοντέλου των εννιά Επιπέδων Ετοιμότητας Τεχνολογίας παρουσιάζεται με την εξέταση της περίπτωσης των οθονών υγρών κρυστάλλων.

Στο πέμπτο κεφάλαιο, δίνεται μία μελέτη περίπτωσης αξιολόγησης της μεταφοράς της τεχνολογίας. Αναλυτικότερα, δημιουργείται ένα εργαλείο αξιολόγησης της μεταφοράς της τεχνολογίας μεταξύ οργανισμών, το οποίο

ονομάζεται «μοντέλο τριφύλλι». Αναπτύσσεται ένα πλαίσιο από ερωτηματολόγια, που έχουν συμπληρωθεί από γνώστες του αντικειμένου που ανήκουν σε κάποιο οργανισμό ή πανεπιστήμιο, στο οποίο βασίζεται και δημιουργείται το μοντέλο. Το μοντέλο δοκιμάζεται ώστε να βρεθούν τυχόν αποτυχίες ή παραλείψεις και βελτιώνεται σύμφωνα με τις παρατηρήσεις που προκύπτουν κατά την δοκιμή.

Τέλος, δίνονται τα συμπεράσματα της μελέτης που αφορούν, συνοπτικά, την δημιουργία ενός πρακτικού και αποτελεσματικού εργαλείου αξιολόγησης της τεχνολογίας.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	1
Περίληψη	2
Abstract	3
Πρόλογος	4
Περιεχόμενα.....	6
Περιεχόμενα εικόνων.....	9
Κεφάλαιο 1 ^ο	10
Αξιολόγηση τεχνολογίας (Technology assessment - TA)	10
1.1. Εισαγωγή στην έννοια της αξιολόγησης τεχνολογίας-Παρεμφερείς έννοιες	10
1.2. Ιστορική αναδρομή αξιολόγησης της τεχνολογίας	12
1.3. Τομείς αξιολόγησης τεχνολογίας	13
1.3.1. Κοινωνικός τομέας.....	13
1.3.2. Πολιτικός τομέας	14
1.3.3. Οικονομικός τομέας.....	14
1.3.4. Περιβαλλοντικός τομέας.....	15
1.3.5. Πολιτιστικός τομέας	16
1.3.6. Ηθικός τομέας.....	16
1.4. Τομείς εφαρμογής αξιολόγησης της τεχνολογίας	17
1.4.1. Φαρμακολογία	17
1.4.2. Μεταμοσχεύσεις οργάνων	17
1.4.3. Τεχνολογία γονιδίων	18
1.4.4. Τεχνολογία πληροφοριών	18
1.4.5. Πυρηνική τεχνολογία.....	18
1.4.6. Μοριακή νανοτεχνολογία	19
1.4.7. Αξιολόγηση της Τεχνολογίας Υγείας (HTA)	19
Κεφάλαιο 2 ^ο	21
Προσεγγίσεις και μέθοδοι αξιολόγησης τεχνολογίας στο δημόσιο τομέα λήψης αποφάσεων.....	21
2.1. Εισαγωγή.....	21
2.1.1. Διαρθρωτικό μοντέλο και δυναμική συστήματος	21
2.1.2. Ανάλυση των επιπτώσεων	22

2.1.3. Ανάλυση του σεναρίου	23
2.1.4. Αξιολόγηση του κινδύνου	24
2.1.5. Ανάλυση αποφάσεων	24
2.1.6. Οι περιβαλλοντικές ανησυχίες και ολοκληρωμένη Αξιολόγηση Τεχνολογίας	25
2.1.7. Οι αναδύμενες τεχνολογίες.....	27
Κεφάλαιο 3°	30
Επίπεδα Ετοιμότητας Τεχνολογίας (TRL-Technology Readiness Levels). Αναλυτική περιγραφή της μεθόδου αξιολόγησης της φάσης ανάπτυξης μιας τεχνολογίας με την μέθοδο.....	30
3.1. Εισαγωγή στην έννοια των Επιπέδων Ετοιμότητας Τεχνολογίας.....	30
3.2. Επίπεδα Ετοιμότητας Τεχνολογίας	31
3.3. Αξιολόγηση της φάσης ανάπτυξης μιας τεχνολογίας με την χρήση της μεθόδου TRL.....	36
3.3.1. Πρόγραμμα «Νέα Χιλιετία»	36
3.3.2. Εφαρμογή βελτίωσης της μεθόδου αξιολόγησης ετοιμότητας της τεχνολογίας.....	38
3.3.3. Συσχέτιση των TRLs με τον κίνδυνο χρονοδιαγράμματος.....	38
3.3.4. Μέτρηση της ετοιμότητας ως μέσω βελτίωσης των αποτελεσμάτων ...	39
Κεφάλαιο 4°	40
Επέκταση της TRL μεθοδολογίας για εφαρμογή της στον κύκλο ανάπτυξης του προϊόντος	40
4.1. Περιορισμοί των επιπέδων ετοιμότητας τεχνολογίας (TRLs)	40
4.2. Κύκλος ζωής της τεχνολογίας (Technology life cycle)	41
4.3. Ανάπτυξη προϊόντος (πολλαπλή τεχνολογία).....	44
4.4. Επίπεδα ετοιμότητας προϊόντος (Product Readiness Levels –PRLs)	45
4.5. Η εφαρμογή LCD.....	47
Κεφάλαιο 5°	49
Αξιολόγηση μεταφοράς τεχνολογίας (Technology Transfer Assessment - TTA) - Μελέτη περίπτωσης	49
5.1. Μεταφορά τεχνολογίας μεταξύ οργανισμών	49
5.2. Μεταφορά τεχνολογίας μεταξύ βιομηχανίας και κυβέρνησης ή πανεπιστημίων.....	50
5.3. Δείκτες ετοιμότητας μεταφοράς τεχνολογίας	51

5.4. Ανάπτυξη του εργαλείου αξιολόγησης ετοιμότητας μεταφοράς τεχνολογίας – Τα τρία στάδια της ερευνητικής διαδικασίας.....	52
5.4.1. Στάδιο 1 ^ο – Αρχική ανάπτυξη ενός καταλόγου κριτηρίων και ενός πλαισίου	52
5.4.2. Στάδιο 2 ^ο - Η αρχική επικύρωση του μοντέλου.....	54
5.4.3. Στάδιο 3 ^ο - Βελτίωση του εργαλείου αξιολόγησης ετοιμότητας τεχνολογίας.....	56
Συμπεράσματα	62
Βιβλιογραφία	64

Περιεχόμενα εικόνων

Εικόνα 1. Επίπεδα Ετοιμότητας Τεχνολογίας (NATO, 2008).....	36
Εικόνα 2. Συσχέτιση της μεταβλητής Relative Schedule Slippage με τα TLRs για 28 προγράμματα της NASA (Dubos et.al., 2007).....	39
Εικόνα 3. Μοντέλο κύκλου ζωής προϊόντος τεχνολογίας (Hicks et al., 2009).	42
Εικόνα 4. Ανάπτυξη τεχνολογίας LCD (Hicks et al., 2009).....	48
Εικόνα 5. Τα αποτελέσματα της προκαταρκτικής δοκιμής του «μοντέλου τριφυλλίου».	55
Εικόνα 6. Αξιολόγησης της σημασίας των κριτηρίων.....	57
Εικόνα 7. Αξιολόγησης της σημασίας των κριτηρίων (συνέχεια).....	58
Εικόνα 8. Παράγοντες που προκύπτουν από την Principal Components Analysis.....	60
Εικόνα 9. Παράγοντες που προκύπτουν από την Principal Components Analysis (συνέχεια).....	61
Εικόνα 10. Το μοντέλο τριφυλλίου "Cloverleaf model".	63

Κεφάλαιο 1^ο

Αξιολόγηση τεχνολογίας (Technology assessment - TA)

1.1.Εισαγωγή στην έννοια της αξιολόγησης τεχνολογίας-Παρεμφερείς έννοιες

Στην σημερινή εποχή, όσο η επιστημονική γνώση αυξάνεται, η τεχνολογία παρουσιάζει αντίστοιχη ανάπτυξη. Όσο η τεχνολογία εξελίσσεται, γίνεται επιτακτική η ανάγκη για την αξιολόγησή της. Η ανάγκη αυτή, όπως αναφέρει η Διεθνή Ένωση Τεχνολογικής Εκπαίδευσης (International Technology Education Association (ITEA), 2000/2002/2007), προέρχεται από το γεγονός, ότι η τεχνολογία δεν χρησιμοποιείται μόνο για να λύσει προβλήματα, αλλά και για να δημιουργήσει. Για την κατανόηση της έννοιας της αξιολόγησης της τεχνολογίας θεωρείται αναγκαίο να αναλυθούν οι έννοιες της επιστήμης και της τεχνολογίας.

Η επιστήμη και η τεχνολογία ως έννοιες, κατά τον Wonacott (2001) και το Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας (National Research Council (NRC), 1996), είναι άμεσα συνδεδεμένες μεταξύ τους. Η επιστήμη έχει ως στόχο να γίνει κατανοητός ο φυσικός κόσμος και παράγει την γνώση που αντλούμε για αυτόν. Η τεχνολογία είναι η διαδικασία κατά την οποία η γνώση για τον φυσικό κόσμο μπορεί να γίνει υλοποιήσιμη σύμφωνα με τις ανάγκες των ανθρώπων. Στόχος της τεχνολογίας είναι να τροποποιήσει την παραγόμενη γνώση σύμφωνα με τις ανθρώπινες απαιτήσεις. Συνεπώς, όσο η γνώση αυξάνεται, τόσο αυξάνεται και η ανάγκη για νέες τεχνολογικές εφαρμογές. Η μετατροπή της επιστημονικής γνώσης σε μια κατάσταση οδήγησε σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών τεχνολογίας από την αρχαιότητα έως σήμερα. Μπορεί να περιλαμβάνει από αντικείμενα καθημερινής χρήσεως μέχρι συστήματα και τεχνικές.

Ένας γενικός ορισμός της έννοιας της τεχνολογίας που δίνεται από την ITEA (2000/2002/2007) δίνει μια πιο σαφή εικόνα της σημασίας και κατ' επέκταση του στόχου και του λόγου εφαρμογής της:

“Τεχνολογία είναι η ανθρώπινη καινοτομία στην πράξη, η οποία περιλαμβάνει την εφαρμογή της γνώσης και των διαδικασιών με την τροποποίηση του φυσικού περιβάλλοντος, ώστε να δημιουργηθούν υπηρεσίες, συστήματα και προϊόντα που επιλύουν τα προβλήματα και

επεκτείνουν τις ανθρώπινες ικανότητες προκειμένου, τελικά, να ικανοποιηθούν οι ανθρώπινες ανάγκες και επιθυμίες.”

Αρχικά, η αξιολόγηση της τεχνολογίας (Coates, 1972; Banta, 2009) ορίστηκε ως μια μορφή πολιτικής έρευνας που εξετάζει τις βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες συνέπειες που προέρχονται από τη εφαρμογή της τεχνολογίας, όπως κοινωνικές, οικονομικές, ηθικές, νομικές κα. Ο στόχος της αξιολόγησης της τεχνολογίας αρχικά ήταν να παρασχεθούν στους διάφορους φορείς πληροφορίες για εναλλακτικές πολιτικές. Ο Coates (1982) αναφέρει πως η διαδικασία της αξιολόγησης πρέπει να επαναλαμβάνεται, διότι όσο πιο πολλές πληροφορίες παρέχονται τόσο καλύτερες αποφάσεις εφαρμόζονται. Οι αποφάσεις είναι αποτέλεσμα ανάλυσης, στρατηγικής και τακτικής της κάθε τεχνολογίας. Επιπλέον, επισημαίνει ότι οι έμμεσες και απρόβλεπτες συνέπειες μιας τεχνολογίας είναι πιο σημαντικές από τις άμεσες ακόμη και αν οι τελευταίες είναι αναμενόμενες ή προγραμματισμένες.

Σκοπός της αξιολόγησης της τεχνολογίας (Porter, 1995) είναι να εκτιμηθεί αν η τεχνολογία και οι ποικίλες εφαρμογές της έχουν επιπτώσεις στην ποιότητα ζωής των ανθρώπων και αν αντικατοπτρίζει τις προσδοκίες που υπάρχουν κατά την δημιουργία τους. Με την πάροδο του χρόνου η αξιολόγηση της τεχνολογίας θεωρείται (ITA, 2013) ένα μέσο που χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει μια διαδικασία, παράγοντας ακριβή, πλήρη και αντικειμενική πληροφόρηση σχετικά με τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται σε αυτήν. Με τον τρόπο αυτό διευκολύνει την αποτελεσματική, κοινωνική, οικονομική και περιβαλλοντική διαχείριση της τεχνολογίας από τους ιθύνοντες είτε αφορά πολιτική είτε κάποια βιομηχανία.

Οι Friedman et al. (2006) αναφέρουν ότι η αξιολόγηση της τεχνολογίας συχνά συγχέεται με την έννοια της εκτίμησης της τεχνολογίας (Technology Evaluation). Ωστόσο, η εκτίμηση της τεχνολογίας αφορά την μέτρηση ή την περιγραφή των μερών της τεχνολογίας. Οι εκτιμήσεις συχνά αποτελούν απλή συλλογή δεδομένων προκειμένου να απαντηθούν κάποια ερωτήματα και να βοηθήσουν σε μια απόφαση. Οι εκτιμήσεις μπορεί να αποτελέσουν μέρος της αξιολόγησης, χωρίς να δίνουν ιδιαίτερα σημαντικές πληροφορίες για τις επιπτώσεις της τεχνολογίας. Το εξαιρετικά ευρύ πεδίο της αξιολόγησης της τεχνολογίας μπορεί να αφορά ποικίλα ζητήματα που προκύπτουν με την ανάπτυξη των νέων τεχνολογιών. Κάποια από αυτά είναι η

διάδοση και μεταφορά της τεχνολογίας, ο ρόλος της τεχνολογίας στην κοινωνία και οι λόγοι άμεσης αποδοχής των νέων τεχνολογιών.

Για την εφαρμογή της ΤΑ χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι. Λόγω της φύσης του αντικειμένου της αξιολόγησης και της διεπιστημονικής σύνθεσης της ερευνητικής ομάδας που δημιουργείται για την αξιολόγηση της τεχνολογίας, χρησιμοποιείται μια ποικιλία ποιοτικών και ποσοτικών μεθόδων (ΙΤΑ, 2013): βιβλιογραφική έρευνα, ανάλυση εγγράφων, διαβούλευση εμπειρογνομόνων, μελέτες περιπτώσεων, cross- impact αναλύσεις, αναλύσεις κόστους / οφέλους, προσομοιώσεις σε υπολογιστή, ανάπτυξη σεναρίων, καθώς επίσης και ορισμένες διαδικασίες που απαιτούν τη συμμετοχή του κοινού όπως η δημόσια διαβούλευση. Οι μέθοδοι κάθε φορά προσαρμόζονται στο αντικείμενο της έρευνας.

1.2.Ιστορική αναδρομή αξιολόγησης της τεχνολογίας

Ιστορικά, σύμφωνα με τον Porter (1995) και τον Banta (2009), η έννοια της αξιολόγησης της τεχνολογίας αναπτύχθηκε στα τέλη της δεκαετίας του '60 από διάφορα επιστημονικά ιδρύματα στις Ηνωμένες Πολιτείες. Ο πρόεδρος του γραφείου, Coates Joseph (1972), ορίζει την ΤΑ ως:

“η συστηματική μελέτη των επιπτώσεων στην κοινωνία, η οποία λαμβάνει χώρα όταν μια τεχνολογία έχει εισαχθεί, έχει επεκταθεί και έχει τροποποιηθεί δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στις επιπτώσεις που είναι ανεπιθύμητες, έμμεσες ή καθυστερημένες.”

Από την δεκαετία του '70 οι ΗΠΑ ανέπτυξαν ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών της ΤΑ. Αυτό το μέσο άρχισε να χρησιμοποιεί και η βιομηχανία των ΗΠΑ. Το 1995 το γραφείο για την αξιολόγηση της τεχνολογίας έκλεισε. Ωστόσο, για την βιομηχανία της Αμερικής η ΤΑ μέχρι και σήμερα αποτελεί το μέσο για την βελτίωση των προϊόντων. Το ενδιαφέρον άρχισε να αυξάνεται και σε άλλες βιομηχανικές χώρες. Για αρκετά χρόνια κατά δεκαετία του 1980 και στις αρχές της δεκαετίας του 1990, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή χρηματοδότησε και βοήθησε στην ετήσια οργάνωση διεθνή συνεδρίων με θέμα την αξιολόγηση της τεχνολογίας. Σήμερα, η ΤΑ αποτελεί ένα πρωτεύον εργαλείο ελέγχου σε συνδυασμό με τους ελέγχους τεχνολογικής ανάπτυξης και τεχνικών προδιαγραφών των προϊόντων.

1.3. Τομείς αξιολόγησης τεχνολογίας

Η αξιολόγηση της τεχνολογίας αφορά τις επιπτώσεις της τελευταίας σε διάφορους τομείς. Οι τομείς των επιπτώσεων είναι πολλοί και πολλές φορές αλληλοεπικαλύπτονται (Sanders, 2010). Η οποιαδήποτε τεχνολογική αλλαγή μπορεί να επηρεάσει πολλούς τομείς.

1.3.1. Κοινωνικός τομέας

Ο πρώτος και πιο σημαντικός τομέας, τον οποίο επηρεάζει η τεχνολογία και αφορά άμεσα την αξιολόγησή της, είναι ο κοινωνικός. Το Ινστιτούτο εργασίας (1997) αναφέρει ότι η χρήση των νέων τεχνολογιών δημιουργεί αντιφάσεις στον κοινωνικό τομέα. Από την μια πλευρά, οι νέες τεχνολογίες επιτυγχάνουν μεγαλύτερη παραγωγή με χαμηλότερο κόστος. Από την άλλη πλευρά, οι νέες τεχνολογίες αποτελούν επενδύσεις που χρειάζονται κεφάλαιο για την αγορά τους και οδηγούν στην αύξηση της διαρθρωτικής ανεργίας. Η χειρωνακτική εργασία μειώνεται και οι θέσεις της αντικαθίστανται είτε από την τεχνολογία είτε από νέα επαγγέλματα είτε από παλαιά επαγγέλματα που έχουν αποκτήσει νέο περιεχόμενο. Η ποιότητα, οι συνθήκες εργασίας και η ασφάλεια των εργαζομένων βελτιώνονται συνεχώς.

Ο Sanders αναφέρει ότι ο καθημερινός τρόπος ζωής, οι συναλλαγές, οι επικοινωνίες, οι μεταφορές κ.λπ. έχουν αλλάξει ριζικά και καθημερινά εξελίσσονται δίνοντας νέες τεχνολογίες προς αξιολόγηση. Η κοινωνία σήμερα χωρίζεται σε δύο ομάδες (Masutti, 2001). Στην πρώτη ανήκουν οι τεχνοφοβικοί, οι οποίοι χρησιμοποιούν ελάχιστα τις νέες τεχνολογίες. Στην άλλη ανήκουν οι τεχνόφιλοι, αυτοί που υιοθετούν κάθε είδους τεχνολογία που τους προσφέρεται. Ο τρόπος με τον οποίο επικοινωνούν οι άνθρωποι μεταξύ τους έχει διαφοροποιηθεί με τις νέες τεχνολογίες και, για του τεχνόφιλους, με τις σελίδες κοινωνικής δικτύωσης. Έτσι, οι ανάγκες των ανθρώπων έχουν αλλάξει, όπως και ο τρόπος με τον οποίο ξοδεύουν τον ελεύθερο χρόνο τους.

Οι δημόσιες υπηρεσίες που παρέχονται, σύμφωνα με την μελέτη του Παρατηρητηρίου για την Κοινωνία της Πληροφορίας (ΚτΠ) (2007), έχουν μικρότερο χρόνο αναμονής. Η εκπαίδευση έχει εξελιχθεί με την χρήση των ηλεκτρονικών υπολογιστών, των διαδραστικών μέσων και την χρήση του Διαδικτύου ως μέσω πληροφόρησης.

Η συγκέντρωση και η αξιοποίηση των προσωπικών δεδομένων που προκύπτουν από την χρήση της τεχνολογίας σε κρατικές και οικονομικές υπηρεσίες, σε χρηματοπιστωτικούς οργανισμούς και ασφαλιστικούς φορείς αφορούν τα μέλη μιας κοινωνίας και την τεχνολογική αξιολόγησή τους για τους κινδύνους που μπορούν να προκαλέσουν στην καταπάτηση των ατομικών ελευθεριών και των προσωπικών δεδομένων.

1.3.2. Πολιτικός τομέας

Η αξιολόγηση της τεχνολογίας ως προς τον πολιτικό τομέα μπορεί να έχει πολλαπλές επιπτώσεις ως προς τον τρόπο λειτουργίας της κυβέρνησης και της επικοινωνίας με άλλες κυβερνήσεις (Sanders, 2010). Τα Μέσα Μαζικής Ενημέρωσης (ΜΜΕ) μπορούν να επηρεάσουν τρομακτικά την πολιτική μιας χώρας και να οδηγήσουν ακόμη και σε εκλογές. Επιπλέον, οι δορυφορικές επικοινωνίες και τα μέσα μεταφοράς εξελίσσουν τον τρόπο επικοινωνίας μεταξύ των κυβερνήσεων.

Οι δημόσιες υπηρεσίες (Παρατηρητήριο για την ΚτΠ, 2007) αναπτύσσονται με έντονο ρυθμό, προκαλώντας οφέλη ως προς την πολιτική του κράτους σε οικονομικές υπηρεσίες και υπηρεσίες εξυπηρέτησης των πολιτών, καθώς και στον τομέα εκπαίδευσης και κατάρτισης (πχ. με την χρήση ηλεκτρονικών διαδραστικών εργαλείων στα σχολεία). Ταυτόχρονα, η κατασκοπεία, βιομηχανική και στρατιωτική, είναι ένα νέο φαινόμενο που προέκυψε από την τεχνολογία και μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τις κυβερνήσεις.

1.3.3. Οικονομικός τομέας

Ο βιομηχανικός κόσμος και η παγκόσμια οικονομία έχουν πια συνδεθεί με την χρήση των τεχνολογιών (Sanders, 2010). Όσο περισσότερο χρησιμοποιεί μια χώρα την τεχνολογία, σε τόσο καλύτερη οικονομική κατάσταση βρίσκεται (Nobel, 2012). Μεγάλες αλυσίδες καταστημάτων και μικρότερα υποκαταστήματα χρησιμοποιούν την τεχνολογία για την επικοινωνία και την εφαρμογή της πολιτικής τους. Η διαφήμιση και το ηλεκτρονικό εμπόριο είναι η σύγχρονη τάση της εποχής (Konsbruck, 2002), δίνοντας στους πελάτες προϊόντα και υπηρεσίες με αγορές που πραγματοποιούν ακόμη και ηλεκτρονικά, καταλήγοντας πολλές φορές σε υπερκαταναλωτισμό. Η παραγωγή αγαθών αντικαθίσταται με την παροχή υπηρεσιών. Τα προϊόντα παράγονται ταχύτερα και με χαμηλότερο κόστος. Το κόστος παροχής υπηρεσιών σε όλες τις δημόσιες υπηρεσίες (Παρατηρητήριο για την

ΚτΠ, 2007), ιδιαίτερα στην παροχή φροντίδας υγείας, στις φαρμακολογικές δαπάνες και στις δαπάνες για τεχνολογία υγείας αυξάνονται συνεχώς (Μανιαδάκης et.al. 2007), παρέχοντας ταυτόχρονα ποιοτικότερη φροντίδα για τους ασθενείς.

Οι αλλαγές στην τεχνολογία προκαλούν αλλαγές στο χρηματιστήριο (Sanders, 2010) αλλά και στην εργασία (Ινστιτούτο εργασίας 1997). Το χρηματιστήριο έχει απροσδόκητες εναλλαγές εξαιτίας της γρήγορης μεταφοράς των πληροφοριών και των δεδομένων. Η εργασία, όπως ήδη αναφέρθηκε στον κοινωνικό τομέα, έχει διαμορφωθεί σύμφωνα με τις αλλαγές που έχει επιφέρει η χρήση αυτοματοποιημένων διαδικασιών. Ενώ η ανεργία αυξάνεται στα χαμηλότερα στρώματα, δημιουργούνται νέα επαγγέλματα προσωπικού που εξειδικεύεται στην σχεδίαση, δημιουργία και λειτουργία των τεχνολογιών. Η αξιολόγηση της τεχνολογίας ως προς τον οικονομικό τομέα, μπορεί να βοηθήσει δραστικά στην αντιμετώπιση της ανεργίας με την «διαβίου» εκπαίδευση του εργατικού δυναμικού.

1.3.4. Περιβαλλοντικός τομέας

Στον περιβαλλοντικό τομέα η εύκολη παραγωγή μεγάλων κειμένων με την χρήση των υπολογιστών και η εύκολη εκτύπωση με την με τα φωτοαντιγραφικά μηχανήματα έχει οδηγήσει στην αυξημένη χρήση χαρτιού (Sanders, 2010). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την κοπή μεγαλύτερης ποσότητας δέντρων και τη ρύπανση του περιβάλλοντος απ'τον όγκο χαρτιού που χρησιμοποιείται. Επιπλέον ρύπανση στον αέρα και στα ύδατα προκαλείται από τα χημικά που χρησιμοποιούνται για την λεύκανση του χαρτιού. Αντίστοιχα, αύξηση των βιομηχανιών σε συνδυασμό με την υπερκατανάλωση έχουν ως αποτέλεσμα πληθώρα σκουπιδιών. Επιπλέον, οι καύσεις στα εργοστάσια και η χρήση λιπασμάτων συνεχίζουν να μολύνουν το περιβάλλον.

Μια επιπρόσθετη πηγή ρύπανσης του περιβάλλοντος με επιπτώσεις ακόμη και στην υγεία των ανθρώπων προκαλεί η χρήση των τηλεπικοινωνιών και των ιατρικών μηχανημάτων, που χρησιμοποιούν ραδιενεργά ή ηλεκτρομαγνητικά κύματα και χημικές ουσίες. Η αξιολόγηση των περιβαλλοντολογικών επιπτώσεων μπορεί να καταδείξει τις επιπτώσεις και να προλάβει συνέπειες οι οποίες θα εκφραστούν και θα γίνουν αντιληπτές αργότερα (Παπαϊωάννου, 1997).

Ωστόσο, η τεχνολογία έχει προσφέρει πολλά θετικά στοιχεία στο περιβάλλον, με κυριότερο την ανακύκλωση. Μπορούν να ανακυκλωθούν όχι μόνο υλικά όπως το

πλαστικό, το χαρτί, το γυαλί και το αλουμίνιο αλλά και πιο σύνθετα προϊόντα όπως οι μπαταρίες, τα κινητά ακόμη και τα αυτοκίνητα. Ένα ακόμα θετικό στοιχείο που επιφέρει η τεχνολογία τα τελευταία χρόνια είναι η δημιουργία φιλικών στο περιβάλλον συσκευών. Το πιο σημαντικό αποτέλεσμα της χρήσης της τεχνολογίας είναι η δημιουργία συσκευών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με την χρήση της αιολικής ή ηλιακής ενέργειας αλλά και με την εκμετάλλευση των βροχοπτώσεων και της βιομάζας.

1.3.5. Πολιτιστικός τομέας

Σε πολιτιστικό επίπεδο η τεχνολογία έχει σημαντικές επιπτώσεις (Sanders, 2010). Η τηλεόραση και η χρήση των υπολογιστών έχει μειώσει την χρήση του προφορικού λόγου και την επικοινωνία μεταξύ των ανθρώπων (Farahani, 1996). Σε συνδυασμό με τις διαφημίσεις, τα μέσα επικοινωνιών έχουν οδηγήσει την κοινωνία σε υπαρκαταναλωτισμό. Η τηλεόραση και οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές έχουν συνδυασθεί ακόμη και με την αύξηση της βίας και της επιθετικότητας των ανθρώπων.

1.3.6. Ηθικός τομέας

Τα ζητήματα ηθικής ως προς τον τομέα της τεχνολογίας αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι. Η χρήση χρηματοπιστωτικών καρτών, η εισαγωγή προσωπικών στοιχείων σε υπηρεσίες, διαδικτυακές εφαρμογές και σελίδες κοινωνικής δικτύωσης απαιτούν ασφάλεια των προσωπικών δεδομένων των χρηστών ή πελατών τους αντίστοιχα. Ο Sanders (2010) αναφέρει πως με τον τρόπο αυτό, προκύπτουν θέματα καταπάτησης προσωπικών δεδομένων και υποκλοπών συνομιλιών με την χρήση της τεχνολογίας ή λογισμικών (ιοί).

Επιπλέον, ανθεί το παραεμπόριο, όπου καταπατούνται τα πνευματικά δικαιώματα των δημιουργών ή των δικαιούχων εκμετάλλευσης (εμπορικά δικαιώματα) εγγράφων, προγραμμάτων, βιβλίων, ταινιών, μουσικής, φωτογραφιών κ.α. και διακινούνται (ή τροποποιούνται) δωρεάν ή από μη νόμιμους κατόχους. Ένα άλλο φαινόμενο το οποίο προκύπτει από την εισαγωγή της τεχνολογίας στην καθημερινότητα είναι η διακίνηση, προώθηση και προβολή παράνομου ή ανήθικου περιεχομένου, όπως πορνογραφικό υλικό, ρατσιστικές συμπεριφορές, παιδοφιλία και δεδομένα παρόμοιου περιεχομένου. Η δωρεάν προβολή τους μέσω του Διαδικτύου και ιδιαίτερα σε ομάδες χρηστών μικρής ηλικίας αυξάνει ακόμη περισσότερο την ανάγκη τεχνολογικής αξιολόγησης και εύρεση πολιτικής για την αντιμετώπισή τους.

1.4. Τομείς εφαρμογής αξιολόγησης της τεχνολογίας

1.4.1. Φαρμακολογία

Η συνεχής αύξησης της εισαγωγής νέων φαρμάκων ή φαρμακευτικών τεχνολογιών απαιτεί από τους οργανισμούς παροχής φροντίδας υγείας συνεχή αξιολόγηση (Bozzette et al., 2001). Η ταχεία πρόοδος στην φαρμακευτική θεραπεία επιφέρει την παροχή φθηνών υπηρεσιών. Ωστόσο, το κόστος παραγωγής νέων φαρμάκων αυξάνεται, ιδιαίτερα όταν αυτό αφορά βαριές ή μακροχρόνιες ασθένειες, δημιουργώντας ανταγωνισμό μεταξύ των εταιριών ως προς το κόστος, την αποτελεσματικότητά τους και τον τρόπο διάθεσης. Οι πολιτικές της αξιολόγησης της φαρμακευτικής τεχνολογίας αφορούν μακροπρόθεσμες και βραχυπρόθεσμες αποφάσεις. Τα ισχυρά φάρμακα είναι αυξημένης κλινικής και οικονομικής σημασίας. Οι δαπάνες αυξάνονται όλο και περισσότερο εξαιτίας της αυξημένης ανάγκης των οργανισμών και των ασθενών (Thielke et al., 2009). Το σύνολο των ιατρικών εξόδων καθιστά την αξιολόγηση όλο και πιο σημαντική. Ταυτόχρονα, οι προτιμήσεις των ολοένα και πιο ενημερωμένων πολιτών αυξάνονται από την χρήση του Διαδικτύου. Η διαφήμιση οδηγεί στην ευαισθητοποίηση των ασθενών και στην αύξηση της ζήτησης συγκεκριμένων φαρμάκων. Πολλές φορές η χρήση είναι αλόγιστη και συνήθως συνδέεται με επιδράσεις από συνδυασμό φαρμάκων ή αλλεργικές αντιδράσεις. Για το λόγο αυτό, οι οργανισμοί πρέπει να λάβουν υπόψη αυτές τις τάσεις και να τις χρησιμοποιήσουν ως πληροφορίες για την βελτίωση της διαδικασίας παροχής φροντίδας υγείας.

1.4.2. Μεταμόσχευσεις οργάνων

Η μεταμόσχευση οργάνων σήμερα αποτελεί ένα ζήτημα το οποίο προκαλεί συζητήσεις περί ηθικής. Με ποια κριτήρια γίνεται η επιλογή των ατόμων; Η απόφαση για μεταμόσχευση λαμβάνεται αφού έχουν εφαρμοσθεί όλες οι επιτρεπόμενες και αναγκαίες θεραπείες; Η ΤΑ του τομέα της μεταμόσχευσης οργάνων θεωρείται απαραίτητη γιατί η μεταμόσχευση αποτελεί μια πολύ δαπανηρή διαδικασία αποκατάστασης ενός ασθενούς. Για να ορισθεί μια μεταμόσχευση ως επιτυχής θα πρέπει ο ασθενής να επιβιώσει μέχρι να ολοκληρωθεί η διαδικασία. Ο ορισμός αποτελεί ένα θέμα προς συζήτηση και αξιολόγηση (Garud and Ahlstrom, 1997). Δεν έχει διευκρινισθεί εάν η διαδικασία ολοκληρώνεται με το πέρας της εγχείρισης ή μετά από αρκετό χρόνο, ώστε να μπορούν οι ιατροί να αποφανθούν εάν ο οργανισμός του ασθενούς έχει αποδεχτεί το μόσχευμα (πχ. ένα χρόνο μετά την

εγχείριση). Κατά την αξιολόγηση μπορούν να βρεθεί κάποια πολιτική επιλογής των ατόμων.

1.4.3. Τεχνολογία γονιδίων

Η τεχνολογική αξιολόγηση της τεχνολογίας γονιδίων συνδέεται άμεσα με την πυρηνική ενέργεια και την μοριακή νανοτεχνολογία, μιας και αφορά εφαρμογές που βρίσκονται σε μοριακό επίπεδο. Έτσι, οι επιπτώσεις που μπορούν να προκληθούν από αυτήν μπορεί να είναι ακόμη και καταστροφικές (Siegrist, 2000). Οι επιστήμονες είναι πεπεισμένοι ότι η τεχνολογία αυτή θα αυξηθεί σημαντικά στο άμεσο μέλλον. Ως εκ τούτου, είναι απαραίτητη περισσότερη γνώση σχετικά με την αντίληψη του κινδύνου που μπορεί να προκαλέσει και την αποδοχή της γενετικής τεχνολογίας.

1.4.4. Τεχνολογία πληροφοριών

Η επανάσταση στον τομέα της πληροφορικής που συμβαίνει στην σημερινή εποχή μας συμβαίνει κυρίως επειδή το κόστος και οι δυνατότητες της τεχνολογίας των πληροφοριών είναι ταχέως μεταβαλλόμενες. Οι βελτιώσεις σε υλικό και λογισμικό καθιστά αναγκαίο στις επιχειρήσεις και στους οργανισμούς να αντικαθιστούν την τεχνολογία, να την εξελίξουν και να την βελτιώνουν με σκοπό την αύξηση της παραγωγικότητάς τους (Huff et al., 1985). Την αξιολόγηση των πληροφοριών για την επιλογή της στρατηγικής και του μηχανισμού εντοπισμού, αξιολόγησης και υιοθέτησης αυτών των τεχνολογιών κάνουν ομάδες ατόμων από την κάθε εταιρία και κάθε οργανισμό. Είναι μια δύσκολη διαδικασία η οποία τελικά θα παρέχει ευκαιρίες για την αύξηση της οργανωτικής αποτελεσματικότητας, νέους τρόπους για τη βελτίωση των εσόδων και τη μείωση του κόστους. Η δυσκολία αυτή με τον πέρασμα των χρόνων μειώνεται και γίνεται όλο και πιο εύκολη η υιοθέτηση νέων τεχνολογιών (Berry et al., 2011).

1.4.5. Πυρηνική τεχνολογία

Το γραφείο Αξιολόγησης Τεχνολογίας (1984) αναφέρει ότι υπάρχουν κίνδυνοι για την ύπαρξη της πυρηνικής ενέργειας. Αρκετές επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας έχουν κατασκευάσει πυρηνικούς αντιδραστήρες εντός των αποδεκτών ορίων του κόστους και πρέπει να λειτουργούν με ασφάλεια και αξιόπιστα για να αποδείξουν ότι οι δυσκολίες και οι κίνδυνοι με αυτή την τεχνολογία δεν είναι ανυπέρβλητοι. Επιπλέον, υπάρχουν λόγοι εθνικής πολιτικής για τους οποίους θα μπορούσε να είναι ιδιαίτερα επιθυμητό να υπάρξει μια εφαρμογή της

πυρηνικής ενέργειας στο μέλλον. Η ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια θα μπορούσε να αυξηθεί σε ένα επίπεδο με την κατασκευή πολλών νέων αντιδραστήρων ηλεκτροπαραγωγής. Οι αβεβαιότητες για την μακροπρόθεσμη περιβαλλοντική αποδοχή του άνθρακα και την επάρκεια οικονομικών εναλλακτικών πηγών ενέργειας είναι επίσης μεγάλη και υπογραμμίζουν τη δυναμική σημασία της αξιολόγησης της πυρηνικής ενέργειας (Siegrist, 2000). Τέτοιες τεχνολογίες, όπως η πυρηνική ενέργεια, η νανοτεχνολογία και η βιοτεχνολογία χρήζουν εφαρμογής της ΤΑ σε πραγματικό χρόνο (Guston and Sarewitz, 2002), γιατί οι εξελίξεις και οι επιπτώσεις της εφαρμογής τους μπορεί να είναι ραγδαίες.

1.4.6. Μοριακή νανοτεχνολογία

Η μοριακή νανοτεχνολογία που αφορά την δημιουργία μορίων – μηχανών που θα έχουν την ικανότητα να μεταβάλλουν την διάταξη της ύλης ή την ατομική κλίμακα (Goldenberg, 2005). Η ΤΑ εξετάζει την επιρροή αυτής της τεχνολογίας στο σύνολο της μοριακής εξέλιξης αυτής της εφαρμογής. Οι κίνδυνοι από μια τέτοια κατασκευή είναι μεγάλοι. Το χειρότερο σενάριο μιας τέτοιας υποθετικής κατασκευής (Klein-Seetharaman, 2005; Siegrist, 2000), η οποία εμπλεκόμενη με μόρια θα μπορούσε ακόμη και να μετατραπεί σε μια μηχανή αυτοαναπαραγόμενη που πιθανόν να μπορούσε να καλύψει και το σύνολο του πλανήτη. Ταυτόχρονα, μια τέτοια τεχνολογία θα μπορούσε να δώσει πληροφορίες για την λειτουργία κάθε είδους μορίου. Ο εντοπισμός των κινδύνων που μπορεί να προκαλέσει μια τέτοια τεχνολογική εξέλιξη σε σχέση με τα θαυματουργά οφέλη που θα επιφέρει μπορεί να διαρκέσει πολλά χρόνια (Miller, 2005).

1.4.7. Αξιολόγηση της Τεχνολογίας Υγείας (HTA)

Ένας σημαντικός τομέας της ΤΑ είναι η Αξιολόγηση της Τεχνολογίας Υγείας (Health Technology Assessment-HTA). Η HTA (Draborg et al., 2005) είναι ένα πεδίο πολιτικής ανάλυσης που εξετάζει τις ιατρικές, οικονομικές, κοινωνικές και ηθικές επιπτώσεις της διάδοσης και της χρήσης της ιατρικής τεχνολογίας στον τομέα της υγείας. Κατά καιρούς έχει αναφερθεί και με άλλες έννοιες (Banta, 2009) όπως η Ιατρική Αξιολόγηση Τεχνολογίας (Medical Technology Assessment-MTA) και η Αξιολόγηση Τεχνολογίας Φροντίδας Υγείας (Healthcare Technology Assessment-HTA). Οι εφαρμογές των πολιτικών αποφάσεων που προκύπτουν από τις HTA αφορούν την τεχνολογία σε συνδυασμό με τους ασθενείς, τον οργανισμό και όλα τα επίπεδα παροχής υγειονομικής περίθαλψης.

Κεφάλαιο 2^ο

Προσεγγίσεις και μέθοδοι αξιολόγησης τεχνολογίας στο δημόσιο τομέα λήψης αποφάσεων.

2.1. Εισαγωγή

Η αξιολόγηση της τεχνολογίας είναι καθιερωμένη στον τομέα της έρευνας στη δημόσια λήψη αποφάσεων από τη γέννηση του Γραφείου Αξιολόγησης της Τεχνολογίας το 1969. Μέσα από τέσσερις δεκαετίες ανάπτυξης, διάφορες προσεγγίσεις και μεθοδολογίες έχουν εισαχθεί για τη διεξαγωγή έρευνας στην αξιολόγησης τεχνολογίας. Ένα από τα πρώτα έγγραφα που παρουσίασε μια συστηματική εισαγωγή των μεθόδων έρευνας της αξιολόγησης τεχνολογίας ήταν το έργο του Coates 1976, στο οποίο ο συγγραφέας αξιολογεί μια πλούσια συλλογή από αναλυτικά μοντέλα που χρησιμοποιούνται στην αξιολόγηση τεχνολογίας, στην χρήση της, την ιατρική, την ενέργεια και μοντέλα κοινωνικών επιπτώσεων.

Οι Van den Ende et al. 1998, έχουν ταξινομήσει και τις μεθόδους προσέγγισης της Αξιολόγησης Τεχνολογίας σε ένα κοινό πλαίσιο με βάση τους τύπους των μεθόδων και τα πεδία των μεθόδων. Πρότειναν επίσης τη χρήση ορισμένων ερευνητικών μεθόδων ανάλογα με τη φάση της τεχνολογίας και το βαθμό της πρόωξης στην κοινή γνώμη, τις επιπτώσεις της αξιολόγησης, την εποικοδομητική καταναλωτική αξιολόγηση τεχνολογίας, συμμετοχική αξιολόγηση τεχνολογίας κλπ.

Ένα άλλο πλαίσιο που προήλθε από τους Linstone et al. 1981, χρησιμοποιούσε πολλαπλές προοπτικές για την αξιολόγηση τεχνολογίας και τους άλλους τομείς που έχουν να κάνουν με την λήψη αποφάσεων. Η προσέγγιση που για την προσεκτική εξέταση της τεχνολογίας εξετάστηκε από τρεις οπτικές γωνίες - προοπτικές συμπεριλαμβανομένων της οργανωτικής / κοινωνικής προοπτικής, της προσωπικής / ατομικής προοπτικής και της συμβατικής άποψης.

2.1.1. Διαρθρωτικό μοντέλο και δυναμική συστήματος

Μια ομάδα τεχνικών με το όνομα Δυναμική Μοντελοποίηση Συστήματος έγινε δημοφιλής στην έρευνα της αξιολόγησης τεχνολογίας στα τέλη της δεκαετίας 1970. Μαζί με τις εξελίξεις στον τομέα της θεωρίας των συστημάτων, οι τεχνικές στον τομέα αυτό έχουν αναπτυχθεί και υιοθετηθεί ευρέως και σε άλλους τομείς

σπουδών, συμπεριλαμβανομένης της τεχνικής βοήθειας. Στο έργο τους οι Linstone et al. 1979 διεξήγαγαν μια ολοκληρωμένη μελέτη βασισμένη σε 100 περίπου διαρθρωτικές τεχνικές μοντελοποίησης σε υπολογιστές. Επτά από αυτές δοκιμάστηκαν με την εφαρμογή των τεχνικών προβλημάτων TB, συμπεριλαμβανομένων της Ερμηνευτικής διαρθρωτικής Μοντελοποίησης (ISM), Electre, SPIN, IMPACT, ksim, XIMP, και QSIM. Η εργασία τους κατέληξε σε μερικές συστάσεις σχετικά με την χρήση αυτών των μοντέλων για την πραγματοποίηση μίας Αξιολόγησης Τεχνολογίας.

Σε ένα πιο πρόσφατο άρθρο, οι Keller & Ledergerber 1998 εισήγαγαν το Σύστημα δυναμικής προσέγγισης Bimodal για την αξιολόγηση της τεχνολογίας και τα προβλήματα πρόβλεψης. Ο Wolstenholme 2003 αιτιολόγησε ότι οι παραδοσιακές προσεγγίσεις για την αξιολόγηση τεχνολογίας ήταν στατικές και είτε υψηλού επιπέδου και απλοϊκές, ή χαμηλού επιπέδου και πολύπλοκες. Περαιτέρω, έτειναν να αξιολογήσουν την τεχνολογία από την άποψη της ίδιας παρά στο πεδίο που επρόκειτο αυτή να υποστηρίξει. Πρότεινε μια μεθοδολογία τριών σταδίων που βασίζεται σε ένα δυναμικό σύστημα τεχνικής προσομοίωσης - μοντελοποίησης για να ξεπεραστούν αυτές οι αδυναμίες.

2.1.2. Ανάλυση των επιπτώσεων

Η Ανάλυση των επιπτώσεων υπήρξε ένα από τα κύρια θέματα της δημόσιας πολιτικής αξιολόγησης τεχνολογίας. Μια σειρά από επιστημονικά άρθρα ασχολήθηκαν με αυτό το θέμα. Ήδη από το 1974 ο Coates εισήγαγε τις μεθόδους και τις τεχνικές για την ολοκληρωμένη εκτίμηση των επιπτώσεων, π.χ. delphi, ανάλυση επιπτώσεων, προβολή, δεντροδιαγράμματα αποφάσεων και σχετικότητας, κλπ. Οι Ballard & Hall (1984) εφάρμοσαν την Ολοκληρωμένη εκτίμηση των επιπτώσεων στην περίπτωση της Ενεργειακής μελέτης για τις δυτικές χώρες σαν μέρος ενός από τα πρώτα προϊόντα του Ολοκληρωμένου Προγράμματος Αξιολόγησης που συστάθηκε από το Γραφείο Ενέργειας, Ορυκτών πόρων και Βιομηχανίας της αμερικανικής υπηρεσίας περιβάλλοντος. Η προσέγγιση επικεντρώθηκε σε τέσσερις πτυχές της τεχνολογίας: το κοινωνικό και πολιτικό πλαίσιο, την αναλυτική προσέγγιση, την οργάνωση και διαχείριση, καθώς και τη συμμετοχή και αξιοποίηση των στρατηγικών. Οι Smith & Byrd (1978) αξιολόγησαν τις επιπτώσεις ενός τυποποιημένου συστήματος δοχείων ανακύκλωσης σε διάφορες πτυχές, όπως η οικονομία ενέργειας και εργασίας, τα στερεά απόβλητα, και άλλα. Πρόσφατα, οι

Palm & Hansson (2006) πρότειναν μια νέα μορφή της αξιολόγησης της τεχνολογίας που επικεντρώθηκε στις ηθικές επιπτώσεις των νέων τεχνολογιών: την Ηθική Αξιολόγηση της Τεχνολογίας (ETA) (Tran, 2008).

Η Ηθική Αξιολόγηση της Τεχνολογίας θα μπορούσε να διεξαχθεί με βάση μια λίστα ελέγχου που αναφέρεται σε εννέα κρίσιμες ηθικές πτυχές της Τεχνολογία: (1) η διάδοση και η χρήση των πληροφοριών, (2) τον έλεγχο, την επιρροή και την εξουσία, (3) επίπτωση στα κοινωνικά πρότυπα, (4) προστασία της ιδιωτικής ζωής, (5) τη βιωσιμότητα, (6) στην ανθρώπινη αναπαραγωγή, (7) τα φύλα, τις μειονότητες και τη δικαιοσύνη, (8) τις διεθνείς σχέσεις, και (9) τον αντίκτυπο στις ανθρώπινες αξίες (Tran, 2008).

2.1.3. Ανάλυση του σεναρίου

Μια άλλη ομάδα έρευνας αξιολόγησης τεχνολογίας ασχολείται με την ανάλυση σεναρίων ως μέθοδο έρευνας. Η Ανάλυση σεναρίων είναι μια καθιερωμένη μεθοδολογία που έχει υιοθετηθεί ευρέως σε πολλούς τομείς της διαχείρισης. Έχει ιδιαίτερη αξία για τα προβλήματα της αξιολόγησης τεχνολογίας. Ο Diffenbach (1981) ανέπτυξε μια προσέγγιση συμβατότητας στην αξιολόγηση των σεναρίων που περνά από τρία στάδια: διατύπωση προβλήματος, συμβατότητα σεναρίου, και συμβατότητα διαδικασίας αξιολόγησης. Ο Diffenbach (1981) ισχυρίστηκε ότι η μέθοδος αυτή αντιπροσώπευε μια σημαντικά διαφορετική συνδυαστική προσέγγιση για την αξιολόγηση σεναρίων. (Tran, 2008).

Οι Chen et al. (1981) χρησιμοποίησαν σεσάρια μακράς διάρκειας για την αξιολόγηση των τεχνολογιών επικοινωνίας στην αεροπλοΐα. Οι Winebrake & Creswick (2003) εφάρμοσαν την AHP (Analytical Hierarchical Processing) σε συνδυασμό με την προοπτική που βασίζεται στην Ανάλυση σεναρίων (PBSA) για να αξιολογούν πέντε εναλλακτικές λύσεις στην τεχνολογία επεξεργασίας καυσίμου σε σχέση με πολλά κριτήρια και προοπτικές λήψης αποφάσεων. Πρόσφατα, οι Banuls & Salmeron (2006) υποστήριξαν ότι οι παραδοσιακές προσεγγίσεις για την αξιολόγηση των τεχνολογικών ευκαιριών λάμβαναν υπόψιν κάθε μια ξεχωριστά τις μελλοντικές επιπτώσεις της κάθε τεχνολογίας. Έτσι, πρότειναν ένα σενάριο με βάση το μοντέλο αξιολόγησης (SBAM) που επέτρεψε στους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων για τη μέτρηση των επιπτώσεων της αλληλεπίδρασης της τεχνολογίας τη δημιουργία ενός

χαρτοφυλακίου τεχνολογιών. Το μεθοδολογικό πλαίσιο της SBAM είναι ένα μείγμα της AHP, της Μεθόδου Cross-Επιπτώσεων (CIM), και της μεθόδου Delphi.

2.1.4. Αξιολόγηση του κινδύνου

Ένα θέμα αξιολόγησης τεχνολογίας που έχει λάβει επίσης την προσοχή των ερευνητών είναι η εκτίμηση του κινδύνου. Ο Hellstrom (2003) συζήτησε τις επιπτώσεις των "Αρνητικών συνεργειών" μεταξύ πολύπλοκων τεχνολογιών, κοινωνικών θεσμών και των υποδομών ζωτικής σημασίας με το παράδειγμα των τεχνολογιών παραγωγής τροφίμων. Έθεσε στη συνέχεια ένα γενικό πλαίσιο για την "υπεύθυνη καινοτομία» μέσα στο οποίο θα μπορούσε να διεξαχθεί κάθε αξιολόγηση της τεχνολογίας και η διαχείριση αυτών των συστηματικών καινοτομιών. Οι Wilhite & Lord (2006) εκτίμησαν τον κίνδυνο της τεχνολογικής ανάπτυξης με ένα προσβάσιμο από το ίντερνέτ μέσω υπολογιστή Σύστημα Αξιολόγησης των κινδύνων της Τεχνολογίας (ITRACS) - που επέτρεψε την αξιολόγηση των τεχνολογιών από μεμονωμένους αξιολογητές σε διαφορετικές τοποθεσίες. Με βάση μια τροποποιημένη AHP, το εργαλείο επέτρεψε κάθε μέλος της ομάδας να εκτιμήσει ξεχωριστά την κατανομή της πιθανότητας της κάθε τεχνολογίας και την μέτρηση του προγραμματικού κινδύνου. Μετά από την εισαγωγή μέσω του ίντερνέτ όλων των ατομικών αξιολογήσεων, το λογισμικό ITRACS τις συνδύασε σε μία ενιαία συλλογική εκτίμηση της πιθανότητας, πάνω από το εύρος τιμών της κάθε μέτρησης (Tran, 2008).

2.1.5. Ανάλυση αποφάσεων

Η μέθοδος ανάλυσης απόφασης εφαρμόζεται επίσης στην έρευνα του Merkhofer (1982) ο οποίος παρουσίασε μια διαδικασία αξιολόγησης τεχνολογίας που βασίζεται στη λήψη αποφάσεων με τεχνικές που περιλαμβάνουν τον ορισμό του προβλήματος, την εναλλακτική παραγωγή, την ντετερμινιστική ανάλυση, την πιθανολογική ανάλυση, την ενημερωτική ανάλυση, την αξιολόγηση και την πολιτική. Οι Ramanujam & Saaty (1981) εφαρμόζουν τη γνωστή διαδικασία της Αναλυτικής Ιεραρχίας (AHP), μια τεχνική για την επιλογή των λιγότερο τεχνολογικά ανεπτυγμένων χωρών. Εκτός από τις ευρέως γνωστές μεθόδους, η βιβλιογραφία της αξιολόγησης τεχνολογίας περιλαμβάνει επίσης πολλά άλλα εργαλεία και μεθόδους που έχουν αναπτυχθεί ειδικά για να ταιριάζουν με το στόχο της έρευνας. Οι Lough and White (1988) ανέπτυξαν μια σύνθετη αξιολόγηση τεχνολογίας από μια ομάδα τεχνικών ιδεών νέας γενιάς για την ανάλυση των αποφάσεων σχεδιασμού της

δημόσιας επιχείρησης ηλεκτρισμού. Οι Nguyen et al. (1996) παρουσίασαν μια μεθοδολογία πέντε στόχων για την αξιολόγηση της τεχνολογίας των πληροφοριών που είχε ως στόχο να καταστήσει σαφείς τις κοινωνικές διαμάχες που προκαλεί μια τεχνολογική καινοτομία. Οι Berg et al. (1976) εισήγαγαν μια μεθοδολογία προσανατολισμένης τιμής για την παραγωγή αξιολόγησης τεχνολογίας. Τα έξι βήματα της διαδικασίας αξιολόγησης τους συνίσταται από τη διευκρίνιση του στόχου, του στόχου κατάστασης υλοποίησης, την ανάλυση των συνθηκών, την προβολή των εξελίξεων, τον εντοπισμό των επιλογών πολιτικής, τη σύνθεση και αξιολόγηση των επιλογών πολιτικής. Οι McDonald & Schrattenholzer (2002) αξιολόγησαν τις ενεργειακές τεχνολογίες, σαν μια λειτουργία καμπύλης μάθησης (Tran, 2008).

2.1.6. Οι περιβαλλοντικές ανησυχίες και ολοκληρωμένη Αξιολόγηση Τεχνολογίας

Από τα τέλη της δεκαετίας του 1990, ο χώρος της αξιολόγησης τεχνολογίας έχει δει νέες εξελίξεις σε μεθόδους και προσεγγίσεις. Το περιβάλλον έχει γίνει μια σημαντική ανησυχία στον κόσμο και στον τομέα της έρευνας της τεχνολογικής αξιολόγησης. Ο Loveridge (1996) παρουσίασε και συζήτησε τις ομοιότητες και την αλληλεξάρτηση μεταξύ δύο προσεγγίσεων τεχνολογικής αξιολόγησης: την παραδοσιακή Αξιολόγηση της Τεχνολογίας (ΤΑ) και τη Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ), η οποία προβλέπεται στην έρευνα της αξιολόγησης τεχνολογίας στις ΗΠΑ και την Ευρώπη τα τελευταία χρόνια. Σε άρθρο τους το 1996, οι Bohm & Walz εφάρμοσαν Ανάλυση Κύκλου Ζωής (ΑΚΖ) στη μελέτη τους και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η ΑΚΖ είναι η τελευταία εξέλιξη στην περιβαλλοντική εκτίμηση και το πιο ελπιδοφόρο μεθοδολογικό εργαλείο που θα χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε μελέτες αξιολόγησης τεχνολογίας στο μέλλον. Σε μία διαφορετική ερευνητική κατεύθυνση, ο Hadjilambros (1998) εισήγαγε την έννοια του «τεχνολογικού καθεστώτος» και τις διαστάσεις του ως ένα αναλυτικό πλαίσιο να αξιολογηθούν τεχνολογικά συστήματα. Ο Mori (2000) περιγράφει μια εκτεταμένη εκδοχή ενός ολοκληρωμένου μοντέλου αξιολόγησης που ονομάζεται ΜΑΡΙΑ (Πολυπεριφερειακή προσέγγιση για την κατανομή των πόρων και της Βιομηχανίας) και πώς αυτή εφαρμόζεται για την ανάπτυξη παγκόσμιων και περιφερειακών σεναρίων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (GHG). Το μοντέλο αναπτύχθηκε για να εκτιμηθεί η ενδεχόμενη επιρροή των ορυκτών, της βιομάζας, των πυρηνικών, και άλλων ενεργειακών τεχνολογιών και η αλλαγή των χρήσεων γης για

τις μελλοντικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Οι Kameoka et al. (2004) παρουσίασαν ένα πρόγραμμα τεχνολογικών προοπτικών στην Ιαπωνία, το οποίο είχε ως στόχο να κατανοηθούν οι μελλοντικές τάσεις των κοινωνικών αναγκών και η πρόοδος της τεχνολογίας για την προώθηση της στρατηγικής της τεχνολογικής πολιτικής. Οι Berloznik & van Langehove (1998) πρότειναν μια ολοκληρωμένη αξιολόγηση τεχνολογίας (ITA) στον τομέα των πρακτικών διαχείρισης. Ο Goulet 1994 πρότεινε μια μεθοδολογία για τη συμμετοχική αξιολόγηση τεχνολογίας. Οι Cruz-Castro & Sanz-Medendez (2005) παρουσίασαν την εφαρμογή της κοινοβουλευτικής αξιολόγησης τεχνολογίας για τις Ευρωπαϊκές χώρες. Ο Genus (2006) αξιολόγησε την επιλεγμένη βιβλιογραφία που εστιάζει στην έννοια και την πρακτική της εποικοδομητικής αξιολόγησης τεχνολογίας. Το παρελθόν και το μέλλον της μεθόδου CTA συζητήθηκε επίσης σε μια έρευνα από τους Schot & Rip (1996).

Μια πρόσφατη ειδική έκδοση του περιοδικού Τεχνολογικών Προβλέψεων και Κοινωνικών αλλαγών ήταν αφιερωμένη στο θέμα της ολοκληρωμένης αξιολόγησης. Τα έγγραφα που παρουσιάζονται στο τεύχος έχουν στόχο να εκτιμηθούν οι αβεβαιότητες των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και να διερευνηθούν οι εναλλακτικές λύσεις για τον μετριασμό αυτών από μια ολοκληρωμένη και διεπιστημονική προσέγγιση. Οι μελέτες επέκτειναν τη μεθοδολογία των μοντέλων της ολοκληρωμένης αξιολόγησης σε μια ευρύτερη διεπιστημονική ολοκληρωμένη εκτίμηση με βάση λεπτομερή μοντέλα σύζευξης της ενέργειας και των βιομηχανικών συστημάτων, της γεωργίας, και των δασών. Μια σημαντική μελέτη που διεξήχθη από τους Tubiello & Fischer (2007) παρείχε μια σημαντική αναλυτική πρόοδο συμπληρώνοντας την παραδοσιακή ανάλυση των επιπτώσεων της κλιματικής επίδρασης μέσα από τη διεξοδική εξέταση των επιπτώσεων της μείωσης των ενδεχόμενων αλλαγών του κλίματος μέσω μέτρων άμβλυνσης. Ως εκ τούτου, η έρευνα αυτή εκπλήρωσε ένα σημαντικό ρόλο στην ποσοτική εκτίμηση για τα οφέλη του μετριασμού της κλιματικής αλλαγής χρησιμοποιώντας τον ευαίσθητο στις κλιματικές αλλαγές τομέα της γεωργίας. Η μελέτη τους περιλάμβανε ένα εργαλείο προσομοίωσης που ονομάζεται μοντέλο IIASA-FAO AEZ, το οποίο χρησιμοποιεί γνώση βασισμένη στην αγρονομία για να προσομοιώσει τη διαθεσιμότητα και τη χρήση των πόρων της γης, σε επίπεδο γεωργικής εκμετάλλευσης διαχείρισης επιλογών, και των δυνατοτήτων παραγωγής σε συνάρτηση με το κλίμα. Την ίδια στιγμή, περιλάμβανε λεπτομερή χωρικά βιοφυσικές και κοινωνικοοικονομικά σύνολα

δεδομένων για να διανεμίει τους υπολογισμούς του σε ένα κάρναβο για όλον τον κόσμο.

2.1.7. Οι αναδυόμενες τεχνολογίες

Πιο πρόσφατα οι Assefa & Frostell (2007) ερεύνησαν την έννοια της κοινωνικής βιωσιμότητας των ενεργειακών τεχνολογιών. Οι Fleischer et al. (2005) θέτουν το πρόβλημα της αξιολόγησης των νέων τεχνολογιών και υποστηρίζουν ότι οι αναδυόμενες τεχνολογίες παρουσιάζουν σημαντικές προκλήσεις για την "κλασική αξιολόγηση τεχνολογίας", οι οποίες επικεντρώνονται στα αποτελέσματα και τις επιπτώσεις της τεχνολογίας και ως εκ τούτου μπορεί να γίνουν μόνο σε μεταγενέστερα στάδια της ανάπτυξης της τεχνολογίας, όταν οι κοινωνικές επιπτώσεις μπορούν εύκολα να προσδιοριστούν και να καθοριστούν. Ως εκ τούτου, ζήτησαν μια παραδειγματική στροφή της αξιολόγησης τεχνολογίας για τις αναδυόμενες τεχνολογίες, π.χ. νανοτεχνολογίες, και πρότειναν τη χρήση του βλέποντας και κάνοντας. Οι Guston & Sarewitz (2002) παρουσίασαν την ιδέα της σε «πραγματικό χρόνο αξιολόγησης των τεχνολογιών» ως μια νέα αξιολόγηση της τεχνολογίας στα πλαίσια του 21ου αιώνα, η οποία ενσωματώνει την φυσική επιστήμη και την τεχνολογία με τις έρευνες της κοινωνικής και πολιτικής επιστήμης από την αρχή σε ένα ερευνητικό πρόγραμμα. Σε ένα άρθρο που δημοσιεύθηκε το 2003, οι Coates & Coates (2003) πρότειναν τις ευκαιρίες για το μέλλον των εργαλείων τεχνολογικής αξιολόγησης, συμπεριλαμβανομένων του κινηματογράφου, των κινουμένων σχεδίων, του ραδιοφώνου, των διαγωνισμών, των έριδων στα δικαστήρια και των debate.

Η διαχείριση της αβεβαιότητας στις αναδυόμενες τεχνολογίες αναδείχθηκε επίσης ως μια σημαντική ανησυχία για το μέλλον της τεχνολογικής αξιολόγησης. Οι Grubler et al. (2007) παρουσίασαν μια επισκόπηση της αβεβαιότητας που σχετίζεται με την έρευνα στο Διεθνές συνέδριο του Ινστιτούτο Εφαρμοσμένης Ανάλυσης Συστημάτων (IIASA) και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι τα βελτιωμένα συστήματα επιστημονικών μεθόδων και μοντέλων μπορούν να βοηθήσουν στην καλύτερη αντιμετώπιση της αποφάσεων υπό συνθήκες αβεβαιότητας με το να περιγραφούν μαζί ο τύπος της αβεβαιότητας, και ταυτόχρονα να βελτιωθεί η λήψη των αποφάσεων υπό συνθήκες αβεβαιότητας. Στην έρευνά τους αναφέρονται μερικές από τις πιο εμφανείς αβεβαιότητες που σχετίζονται με την έρευνα στο IIASA, μεταξύ των πιο εμπειριστατωμένων εξετάσεων της επίδρασης της τεχνολογικής αβεβαιότητας ήταν η μελέτη μοντέλων που διεξήχθη από τους Andrii Gritsevskiy & Nebojsa Nakicenovic.

Μέσω της χρήσης μαζικών υπολογισμών σε ένα υπερυπολογιστή CRAY, ένα πλήρες φάσμα τεχνολογικών αβεβαιοτήτων συμπεριλαμβανομένων των μελλοντικών δαπανών, καθώς και στοιχείων τεχνολογικής αλληλεξάρτησης και οι δευτερογενείς επιδράσεις της τεχνολογίας εξετάστηκαν για μια δεδομένη ενεργειακή ζήτηση υποθέτοντας το σενάριο ότι δεν υπάρχουν πολιτικές για το κλίμα. Συνολικά, οι προσομοιώσεις δημιούργησαν 130.300 σενάρια τα οποία συγκεντρώθηκαν σε 520 σύνολα της δυναμικής τεχνολογίας που καλύπτουν ένα φάσμα εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα μεταξύ 6 και 33 GtC μέχρι το 2100 (Tran, 2008).

Μια άλλη σημαντική μελέτη που επιτέλεσε το Κέντρο RAND Pardee (2003) προσέφερε ένα πλαίσιο για την προσέγγιση μακροπρόθεσμης ανάλυσης (LTPA), η οποία θα μπορούσε να έχει σοβαρές συνέπειες για τα μελλοντικά προβλήματα της αξιολόγησης τεχνολογίας. Οι συγγραφείς υποστήριξαν ότι η ανάλυση της πολιτικής σε μακροπρόθεσμο ορίζοντα έχει το πρόβλημα ότι η λήψη αποφάσεων γίνεται σε βαθιά αβεβαιότητα ώστε να ανταποκριθούν οι αποφάσεις στην πρόκληση της παγκόσμιας περιβαλλοντικής βιωσιμότητας. Συνεπώς, απαιτούνται πολύ πιο ισχυρές μέθοδοι λήψης αποφάσεων από τις παραδοσιακές μεθόδους λήψης αποφάσεων που ισχύουν σήμερα. Αξιοποιώντας την πρόσφατες εξελίξεις στην επιστήμη των υπολογιστών, η έκθεση παρουσίασε μια νέα μεθοδολογία, το «πλαίσιο XLRM», που βοηθά στη λήψη ισχυρών αποφάσεων σε συνθήκες βαθιάς αβεβαιότητας για προβλήματα LPTA. Το πλαίσιο XLRM αποτελείται από τέσσερα στοιχεία. Οι μοχλοί πολιτικής ("L") είναι βραχυπρόθεσμες δράσεις που περιλαμβάνουν τις εναλλακτικές στρατηγικές που οι ιθύνοντες θέλουν να εξερευνήσουν. Η Εξωγενής αβεβαιότητα ("X") είναι παράγοντες εκτός του ελέγχου των ιθύνοντων κάτι που παρ'όλα αυτά να αποδειχθεί σημαντικό για την επιτυχία των στρατηγικών τους. Τα Μέτρα ("M") είναι πρότυπα επιδόσεων που απευθύνονται στους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων και σε άλλες ενδιαφερόμενες κοινότητες που θα χρησιμοποιήσουν για να ταξινομήσουν τη σκοπιμότητα των διαφόρων σεναρίων. Οι Σχέσεις ("R") είναι εν δυνάμει τρόποι με τους οποίους το μέλλον εξελίσσεται με το πέρασμα του χρόνου με βάση τις επιλογές των ληπτών αποφάσεων μέσα από τους μοχλούς και την εκδήλωση της αβεβαιότητας. Η μέθοδος χρησιμοποιεί δύο τύπους λογισμικού: διερευνητικό λογισμικό μοντελοποίησης και μια γεννήτρια σεναρίων. Σε συνδυασμό αυτά τα δύο είδη του λογισμικού επιτρέπουν στους ανθρώπους να εργάζονται σε αλληλεπίδραση με τους υπολογιστές για να ανακαλύψουν και να δοκιμάσουν υποθέσεις για ισχυρή

στρατηγικές. Αυτό το εξαιρετικό έργο απευθύνεται στους φορείς λήψης αποφάσεων, συμπεριλαμβανομένης της αξιολόγησης της τεχνολογίας και πολιτικών ιθυνόντων, που ασχολούνται με τις μακροπρόθεσμες συνέπειες των πράξεών τους, αυτούς που διεξάγουν τον μακροπρόθεσμο σχεδιασμό, και όποιους ασχολούνται γενικότερα με τη λήψη αποφάσεων κάτω από βαθιά αβεβαιότητα (Tran, 2008).

Κεφάλαιο 3^ο

Επίπεδα Ετοιμότητας Τεχνολογίας (TRL-Technology Readiness Levels). Αναλυτική περιγραφή της μεθόδου αξιολόγησης της φάσης ανάπτυξης μιας τεχνολογίας με την μέθοδο.

3.1. Εισαγωγή στην έννοια των Επιπέδων Ετοιμότητας Τεχνολογίας

Η τεχνολογία σήμερα εφαρμόζεται σε πολλούς τομείς. Η αξιολόγηση θεωρείται ένα σημαντικό βήμα για την ενσωμάτωση αυτής της τεχνολογίας στο εργασιακό περιβάλλον. Η αξιολόγηση της ετοιμότητας της τεχνολογίας είναι μια συστηματική διαδικασία βασισμένη στις μετρήσεις των παραμέτρων και ελέγχει την ωριμότητα και τον κίνδυνο που συνδέεται με την κρίσιμη τεχνολογία που χρησιμοποιείται σε έργα και προγράμματα (DoD, 2009; DoD, 2011; Mankins, 1995). Τα Επίπεδα Ετοιμότητας της Τεχνολογίας (Technology Readiness Levels-TRLs) είναι ένα συστηματικό σύστημα μέτρησης που υποστηρίζει τον υπολογισμό εκτιμήσεων που αφορούν την ωριμότητα μιας συγκεκριμένης τεχνολογίας και την σύγκριση του ως προς την ωριμότητα με διάφορους άλλους τύπους τεχνολογίας.

Η ετοιμότητα της τεχνολογίας, είτε αφορά το υλικό είτε το λογισμικό είναι πολύ σημαντική. Αν και το λογισμικό συνήθως δεν κοστίζει τόσο όσο το υλικό στο σύνολο του προϋπολογισμού εφαρμογής ενός προγράμματος, τα θέματα που μπορούν να προκύψουν στο λογισμικό μπορεί να αποτελέσουν επιτακτικό εμπόδιο για την παράδοση ή την τελειοποίηση ενός έργου (Smith, 2005). Ιδιαίτερα για τα ενσωματωμένα συστήματα, το λογισμικό είναι το «νευρικό σύστημα» που επιτρέπει τη συνολική λειτουργικότητα του συστήματος.

Η προσέγγιση TRL έχει χρησιμοποιηθεί από την NASA εδώ και πολλά χρόνια, για τον σχεδιασμό χώρων τεχνολογίας και έχει ενσωματωθεί ως ένα ολοκληρωμένο σύστημα σχεδιασμού τεχνολογίας. Υπάρχουν και άλλα συστήματα για τον έλεγχο και την αξιολόγηση της τεχνολογίας. Σύμφωνα με τον Mankins (1995) για να είναι ένα μοντέλο χρήσιμο είναι απαραίτο να περιλαμβάνει συγκεκριμένες διεργασίες και να διέπεται από κάποιες αρχές:

1. Να περιλαμβάνει έρευνα σε νέες τεχνολογίες και έννοιες, στοχεύοντας σε συγκεκριμένους στόχους, οι οποίοι δεν είναι αναγκαστικά συστήματα.
2. Να μπορεί να επικεντρώνεται στην ανάπτυξη συγκεκριμένης τεχνολογίας για μια ή περισσότερες εφαρμογές.
3. Να μπορεί να αναπτύξει και να επιδείξει την τεχνολογία κάθε εφαρμογής πριν ξεκινήσει η ανάπτυξη της συγκεκριμένης εφαρμογής.
4. Να αναπτύξει το σύστημα με την χρήση της πρώτης μονάδας κατασκευής (first unit fabrication).
5. Να μπορεί να εκκινήσει το σύστημα και τις λειτουργίες του.

Η ετοιμότητα της τεχνολογίας είναι πολύ σημαντική. Οι τεχνολογίες αξιολογούνται εγκαίρως και κατανοείται πλήρως η λειτουργία τους και οι ελλείψεις ή τα λάθη. Οι καταστάσεις κινδύνου μπορούν να διαχειριστούν. Η αξιολόγηση της ετοιμότητας της τεχνολογίας μπορεί να δώσει πληροφορίες για την χρηματοδότηση του υλικού και του λογισμικού, καθώς και για το κόστος μεταφοράς της τεχνολογίας. Τα επίπεδα της ετοιμότητας απαιτούν αρκετή ανάλυση, αναθεωρήσεις και υποβολή εκθέσεων προόδου. Κάθε επίπεδο έχει συγκεκριμένο στόχο. Τα χαμηλότερα επίπεδα παρέχουν λιγότερη γνώση αλλά έχουν και λιγότερο κόστος (Mankins, 1995). Στα υψηλότερα επίπεδα παρέχεται μια ολοκληρωμένη εικόνα της λειτουργικότητας της τεχνολογίας, προϋποθέτοντας, ωστόσο, έναν καλό προϋπολογισμό για την εκτίμησή της.

3.2. Επίπεδα Ετοιμότητας Τεχνολογίας

Τα επίπεδα της Ετοιμότητας της Τεχνολογίας είναι στο σύνολό τους εννιά. Για το κάθε επίπεδο έχουν δοθεί ορισμοί από το Υπουργείο Αμύνης της Αμερικής (Department of Defense) (DoD, 2009; DoD,2011) και από την Εθνική Αεροναυτική και Διαστημική Διοίκηση (National Aeronautics and Space Administration, NASA) (Mankins,1995) Τα πρώτα στάδια είναι κοινά ενώ για τα υπόλοιπα εμφανίζονται εμφανείς διαφορές ως προς το χώρο εφαρμογής τους.

Ορισμοί των επιπέδων από το Υπουργείο Αμύνης (DoD, 2009; DoD,2011):

- Επίπεδο 1. Παρατήρηση και αναφορά των βασικών αρχών.

Πρόκειται για το χαμηλότερο επίπεδο της τεχνολογικής ετοιμότητας. Η επιστημονική έρευνα μεταφράζεται στην εφαρμοσμένη έρευνα και την ανάπτυξη. Τα παραδείγματα θα μπορούσαν να περιλαμβάνουν μελέτες και έρευνες των βασικών αρχών μιας τεχνολογίας. Απαντώνται οι ερωτήσεις στο ποιος, που και πότε.

- Επίπεδο 2. Σχέδιο της τεχνολογίας και / ή διατύπωση της εφαρμογής.

Στο επίπεδο αυτό πραγματοποιείται η δημιουργία της εφεύρεσης. Όταν παρατηρηθούν οι βασικές αρχές μιας τεχνολογίας, τότε μπορούν να εφευρεθούν νέες πρακτικές εφαρμογές. Οι εφαρμογές είναι κερδοσκοπικές και μπορεί να μην υπάρχει κάποια απόδειξη ή λεπτομερή ανάλυση για την υποστήριξη των υποθέσεων. Τα παραδείγματα αυτού του επιπέδου περιορίζονται σε αναλυτικές μελέτες. Εξετάζονται εκθέσεις και αναφορές που περιγράφουν την εφαρμογή, παρέχοντας την ανάλυση που απαιτείται για να υποστηριχθεί το σχέδιο.

- Επίπεδο 3. Αναλυτική και πειραματική κρίσιμη λειτουργία και / ή χαρακτηριστική απόδειξη του σχεδίου.

Στο στάδιο αυτό ξεκινάει η ανάπτυξη και οι πρώτες ενέργειες ως προς την έρευνα. Περιλαμβάνονται μελέτες ανάλυσης και εργαστηριακές μελέτες που επικυρώνουν τις αναλυτικές προβλέψεις των επιμέρους στοιχείων της τεχνολογίας. Τέτοιες μελέτες περιλαμβάνουν στοιχεία που δεν έχουν ακόμη ενσωματωθεί ή δεν έχουν αναφερθεί σε προηγούμενα στάδια. Τα αποτελέσματα των μελετών χρησιμοποιούνται για να παραμετροποιηθούν κάποιοι παράγοντες. Αυτοί μπορεί να αφορούν το ενδιαφέρον και τις αναλυτικές προβλέψεις για την χρησιμότητα των υποσυστημάτων του σχεδίου.

- Επίπεδο 4. Στοιχεία τεχνολογίας και / ή επικύρωση της τεχνολογίας "breadboard" σε εργαστηριακό περιβάλλον.

Τα βασικά τεχνολογικά στοιχεία ενσωματώνονται στην μελέτη για να αποδειχθεί ότι μπορούν να λειτουργήσουν ταυτόχρονα. Αυτό αποτελεί ένα

στάδιο «χαμηλής εμπιστοσύνης» σε σχέση με το ενδεχόμενο σύστημα. Τα παραδείγματα περιλαμβάνουν την ενσωμάτωση των υλικών "ad hoc" στο εργαστήριο. Στο επίπεδο αυτό δημιουργούνται αναφορές για να αποδειχθεί κατά πόσο το αποτέλεσμα της χρήσης του υλικού διαφέρει από τους στόχους του συστήματος.

- Επίπεδο 5. Στοιχεία τεχνολογίας και / ή επικύρωση της τεχνολογίας "breadboard" σε σχετικό περιβάλλον.

Η εμπιστοσύνη της τεχνολογίας "breadboard" αυξάνεται σημαντικά. Τα βασικά τεχνολογικά στοιχεία ενσωματώνονται με αρκετά ρεαλιστικά στοιχεία, που υποστηρίζονται από την τεχνολογία αυτή, έτσι ώστε να μπορεί να ελεγχθούν σε ένα περιβάλλον προσομοίωσης. Τα παραδείγματα περιλαμβάνουν "υψηλής εμπιστοσύνης" εργαστηριακής ενσωμάτωσης τεχνολογικά στοιχεία.

- Επίπεδο 6. Μοντέλο συστήματος ή υποσυστήματος ή επίδειξη πρωτοτύπου σε σχετικό περιβάλλον.

Στο επίπεδο 6, ένα αντιπροσωπευτικό μοντέλο ή ένα πρωτότυπο σύστημα, το οποίο είναι πολύ καλύτερο από το αυτό του επιπέδου 5, δοκιμάζεται σε ένα προσομοιωμένο περιβάλλον. Αποτελεί ένα πολύ σημαντικό βήμα για να αποδειχθεί ότι η τεχνολογία είναι έτοιμη. Τα παραδείγματα περιλαμβάνουν τη δοκιμή ενός πρωτοτύπου σε ένα εργαστηριακό περιβάλλον υψηλής εμπιστοσύνης ή σε ένα προσομοιωμένο επιχειρησιακό περιβάλλον, το οποίο είναι σχεδιασμένο και διαμορφωμένο με αντίστοιχη απόδοση, βάρος και όγκο.

- Επίπεδο 7. Επίδειξη του πρωτοτύπου του συστήματος σε ένα επιχειρησιακό περιβάλλον.

Δημιουργείται ένα πρωτότυπο σε ένα προγραμματισμένο λειτουργικό σύστημα. Αντιπροσωπεύει ένα σημαντικό βήμα του προηγούμενου επιπέδου, απαιτώντας την επίδειξη του πρωτοτύπου ενός πραγματικού συστήματος σε ένα επιχειρησιακό περιβάλλον. Τα παραδείγματα περιλαμβάνουν τον έλεγχο ενός πρωτοτύπου σε ένα πραγματικό επιχειρησιακό περιβάλλον με την χρήση μιας πλατφόρμας υποσυστήματος ή με δοκιμές.

- Επίπεδο 8. Ολοκλήρωση του πραγματικού συστήματος και έλεγχος της «αποστολής» του μέσω δοκιμών και επίδειξης σε ένα επιχειρησιακό περιβάλλον.

Έχει αποδειχθεί ότι η τεχνολογία λειτουργεί στην τελική του μορφή και υπό τις αναμενόμενες συνθήκες. Σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις, αυτό το επίπεδο αντιπροσωπεύει το τέλος της πραγματικής ανάπτυξης του συστήματος. Παραδείγματα περιλαμβάνουν η αναπτυξιακή δοκιμή και αξιολόγηση του συστήματος στην προβλεπόμενη τελική του μορφή για να διαπιστωθεί εάν πληρεί τις προδιαγραφές σχεδιασμού.

- Επίπεδο 9. Απόδειξη της σωστής λειτουργίας του συστήματος μέσω της επιτυχημένης λειτουργίας του σε πραγματικό εργασιακό περιβάλλον.

Ολοκληρώνεται η εφαρμογή της τεχνολογίας στην τελική του μορφή και υπό τους όρους των στόχων της δημιουργίας της, όπως αυτοί συναντώνται σε μια επιχειρησιακή δοκιμή και αξιολόγηση. Τα παραδείγματα περιλαμβάνουν τη χρήση του συστήματος υπό επιχειρησιακές συνθήκες.

Ορισμοί των επιπέδων από την NASA (Mankins, 1995):

- TRL 1. Παρατήρηση και αναφορά των βασικών αρχών.
- TRL 2. Σχέδιο της τεχνολογίας και / ή διατύπωση της εφαρμογής.
- TRL 3. Αναλυτική και πειραματική κρίσιμη λειτουργία και / ή χαρακτηριστική απόδειξη του σχεδίου.
- TRL 4. Στοιχεία τεχνολογίας και / ή επικύρωση της τεχνολογίας "breadboard" σε εργαστηριακό περιβάλλον.
- TRL 5. Στοιχεία τεχνολογίας και / ή επικύρωση της τεχνολογίας "breadboard" σε σχετικό περιβάλλον.
- TRL 6. Μοντέλο συστήματος ή υποσυστήματος ή επίδειξη πρωτοτύπου σε σχετικό περιβάλλον (στο έδαφος ή στο διάστημα).

Η επίδειξη σε αυτό το επίπεδο θα πρέπει να είναι επιτυχής για να αντιπροσωπεύει ένα πραγματικό επίπεδο TRL 6. Στο σημείο αυτό το βήμα ωρίμανσης οδηγεί στην εξασφάλιση εμπιστοσύνης. Η επίδειξη μπορεί να

αντιπροσωπεύει μια πραγματική εφαρμογή του συστήματος, ή παρόμοια με την προβλεπόμενη εφαρμογή, χρησιμοποιώντας τις ίδιες τεχνολογίες.

- TRL 7. Επίδειξη του πρωτοτύπου του συστήματος σε ένα διαστημικό περιβάλλον.

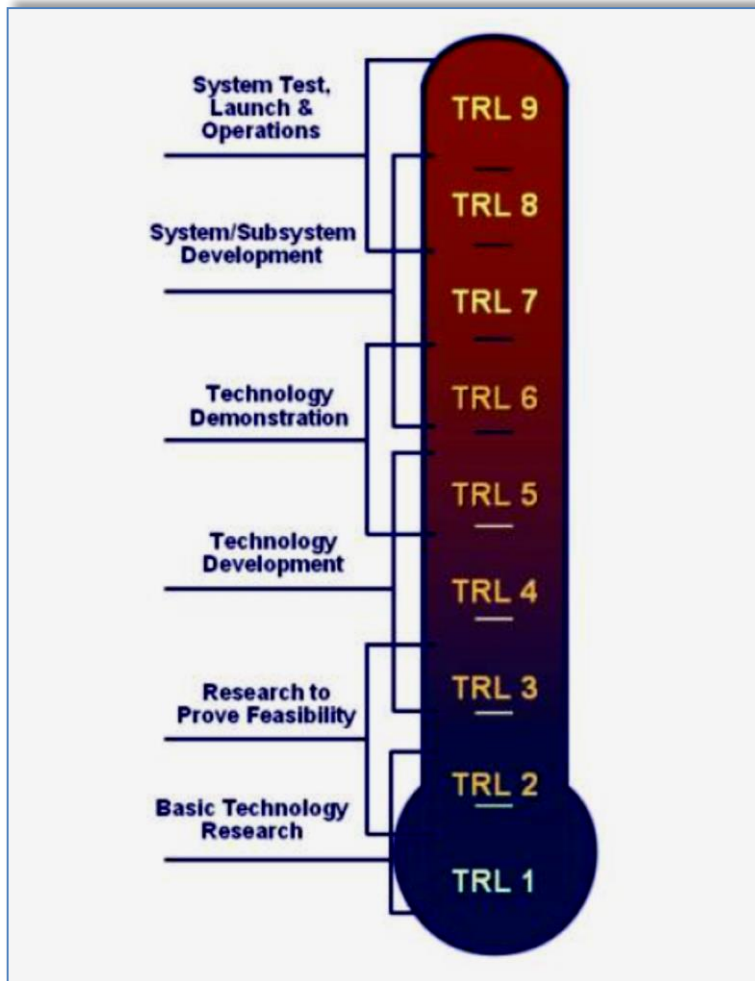
Σε αυτή την περίπτωση, το πρωτότυπο θα πρέπει να είναι κοντά ή στην ίδια κλίμακα με το λειτουργικό σύστημα που έχει σχεδιασθεί και η επίδειξη πρέπει να λάβει χώρα στο διάστημα.

- TRL 8. Ολοκλήρωση του πραγματικού συστήματος και της «ειδικής πτήσης» με τον έλεγχο και την επίδειξη (στο έδαφος ή στο διάστημα).

Το επίπεδο αυτό σηματοδοτεί το τέλος της «ανάπτυξης του συστήματος» και ισχύει για τα περισσότερα στοιχεία της τεχνολογίας.

- TRL 9. Αποδεδειγμένη «πτήση» του συστήματος μέσω της επιτυχημένης λειτουργίας της αποστολής.

Στο TRL 9 πραγματοποιείται η ολοκλήρωση της διαδικασίας των επιπέδων ετοιμότητας με τις τελευταίες διορθώσεις στα προβλήματα που προκύπτουν κατά την ανάπτυξη. Όλες οι τεχνολογίες που έχουν εφαρμοσθεί για την λειτουργία ενός αεροσκάφους έχουν περάσει από αυτό το επίπεδο.



Εικόνα 1. Επίπεδα Ετοιμότητας Τεχνολογίας (NATO, 2008).

3.3. Αξιολόγηση της φάσης ανάπτυξης μιας τεχνολογίας με την χρήση της μεθόδου TRL.

3.3.1. Πρόγραμμα «Νέα Χιλιετία»

Το Πρόγραμμα «Νέα Χιλιετία» (New Millennium Program - NMP) της NASA (Minning et.al., 2003) επιδιώκει να προωθήσει την εξερεύνηση του διαστήματος, παρέχοντας έναν επικυρωμένο μηχανισμό στο διάστημα για να ελέγχει την ωριμότητα των τεχνολογιών που δεν μπορούν να επικυρωθούν επαρκώς μόνο με τις δοκιμές που γίνονται στη γη. Για την επίτευξη αυτού του στόχου, το NMP χρησιμοποιεί τα επίπεδα ετοιμότητας τεχνολογίας ως βασικούς δείκτες της τεχνολογικής προόδου και αξιολογεί την πρόοδο της ανάπτυξης. Τα κριτήρια των TRLs που χρησιμοποιούνται από το NMP είναι τα ίδια με αυτά που

δόθηκαν κατά τον ορισμό της NASA για γενική χρήση. Για να επιλεγθεί μια τεχνολογία θα πρέπει τουλάχιστον να έχει επιτύχει το επίπεδο 3. Το πρόγραμμα μπορεί να επιτύχει την ωρίμανση της τεχνολογίας από το επίπεδο 4 έως το επίπεδο 7. Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται στο διάστημα αποτελείται από εκατομμύρια είδη, κατηγορίες και λειτουργίες τεχνολογιών και αυτό καθιστά την λειτουργία του προγράμματος πολύ σημαντική.

Το πρόγραμμα περιελάμβανε συνολικά δύο γενεές αποστολών. Η πρώτη γενιά περιελάμβανε τρεις αποστολές. Στην αποστολή Deep Space 1 ελέγχθηκαν οι τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν κατά τους 10 μήνες της αποστολής. Στην αποστολή προς τον πλανήτη Άρη, Deep Space 2, στόχος ήταν να επικυρωθούν κάποιοι κανόνες και αρχές σχεδιασμού και να αποδειχθεί ένα παθητικό σύστημα επανεισόδου, η ολοκλήρωση ενός συστήματος μικροηλεκτρονικής που μπορεί να επιβιώσει σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, και η απόκτηση δεδομένων κάτω από τη επιφάνεια του εδάφους. Η τρίτη αποστολή Earth Observing 1, περιελάμβανε τρία προηγμένα μέσα απεικόνισης και οχτώ τεχνολογίες διαστημοπλοίων. Η δεύτερη γενιά περιελάμβανε άλλες δύο αποστολές. Η αποστολή Space Technology 5 περιελάμβανε τρία διαστημόπλοια μινιατούρες, καθε ένα από τα οποία είχε επτά τεχνολογίες ενσωματωμένες. Σε αυτήν, ήταν απαραίτητη η ενσωμάτωση τεχνολογιών που έχουν τουλάχιστον περάσει από το επίπεδο TLR 5. Η αποστολή Earth Observing 3 έπρεπε να ελέγξει την ετοιμότητα ενός Γεωσύγχρονου Φασματόμετρου Εικόνας που χρησιμοποιεί το Μετασχηματισμό Fourier (Geosynchronous Imaging Fourier Transform Spectrometer (GIFTS)) και άλλων έξι προηγμένων τεχνολογιών, ώστε να βελτιωθεί η τηλε-επισκόπηση των νεφών, της υγρασίας και των ανέμων στην ατμόσφαιρα της Γης.

Κατά την αξιολόγηση της ετοιμότητας στην πληθώρα των τεχνολογιών που αξιολογούνται στις πέντε αποστολές, ως “breadboard” θεωρείται μια εφαρμογή που έχει ως στόχο να μεταφέρει τις σημαντικότερες μηχανικές και ηλεκτρικές διεπαφές που έχουν προσομοιωθεί. Ως πρωτότυπο θεωρείται μια εφαρμογή που έχει τη σωστή φόρμα, ικανότητα, λειτουργία και κλίμακα αλλά δεν έχει, απαραίτητα, ποιότητα κατά την πτήση.

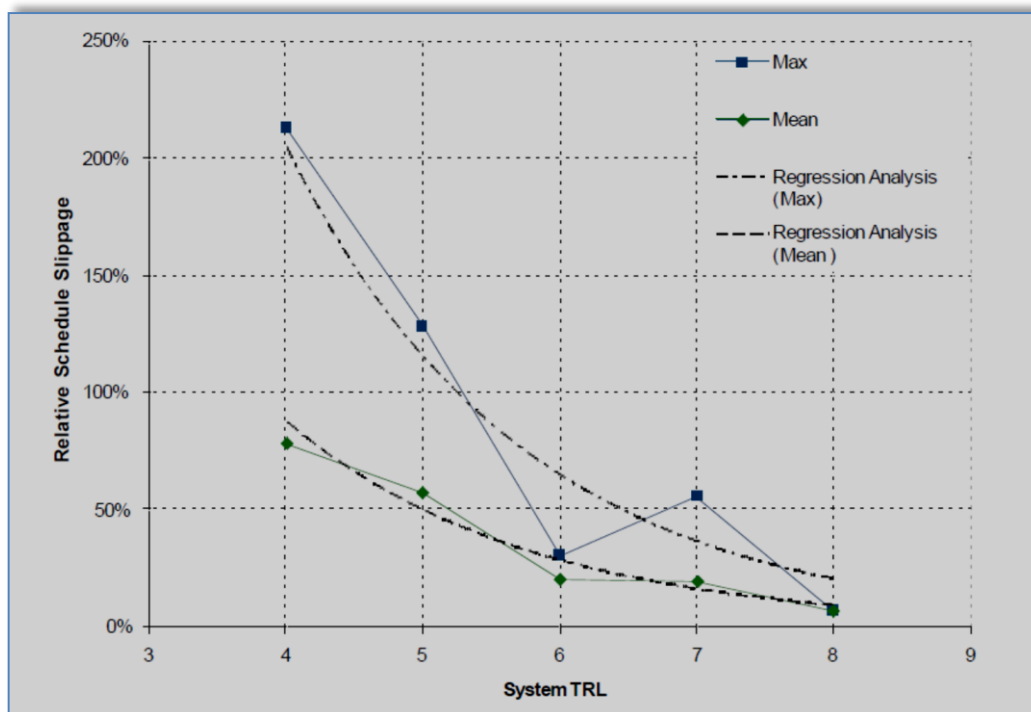
3.3.2. Εφαρμογή βελτίωσης της μεθόδου αξιολόγησης ετοιμότητας της τεχνολογίας

Οι Graettinger et. al.(2002) βασισμένοι στους ορισμούς του Υπουργείου Αμύνης εφαρμόζουν την μέθοδο TRL στο ασύρματο δίκτυο του στρατού με στόχο την αξιολόγηση της ετοιμότητας των νέων τεχνολογιών ως προς την διασφάλιση της πληροφορίας που μεταφέρεται. Στόχος τους δεν είναι μόνο η αποτροπή επενδύσεων σε «ανώριμη» τεχνολογία, αλλά και ο προσδιορισμός τεχνολογιών που θα ωφελήσουν τόσο το στρατό όσο και άλλες υπηρεσίες. Τα επίπεδα ετοιμότητας τεχνολογίας εφαρμόστηκαν επιτυχώς. Κατά την εξέλιξη του προγράμματος σημειώθηκαν αποτελέσματα, τα οποία μπορούν να βελτιώσουν την αξιολόγηση του TRL 6. Έχοντας ως βάση τα ευρήματα της ανάπτυξης, οι Graettinger et. al. προτείνουν την επέκταση της χρησιμότητας του εργαλείου TRL, αναπτύσσοντας θεωρήματα για θεωρητικές εφαρμογές για την διασφάλιση της τεχνολογίας, όπως οι διεργασίες, οι μέθοδοι, η αρχιτεκτονική και οι αλγόριθμοι. Διαπιστώνεται ότι τα TRLs αποτελούν ένα υποκειμενικό μέτρο ελέγχου, οποίο πολλές φορές προκαλεί συζητήσεις και διαπραγματεύσεις μεταξύ των ενδιαφερομένων. Για την επίλυση τους θεωρείται αναγκαία η δημιουργία μιας γλώσσας TRL, η οποία θα παρέχει καθοδήγηση για την σωστή ή αντικειμενική εφαρμογή του κάθε επιπέδου ετοιμότητας τεχνολογίας.

3.3.3. Συσχέτιση των TRLs με τον κίνδυνο χρονοδιαγράμματος

Οι Dubos et.al. (2007) περιγράφουν μια μαθηματική εφαρμογή κατά την οποία τα επίπεδα ετοιμότητας της τεχνολογίας συσχετίζονται με τον κίνδυνο του χρονοδιαγράμματος (Schedule Risk). Η έλλειψη ωριμότητας της τεχνολογίας ή η εφαρμογή του μηχανισμού TRL σε χαμηλότερα επίπεδα, χαρακτηρίζεται ως αβεβαιότητα της τεχνολογίας και συνδέεται συχνά με την αβεβαιότητα ανάπτυξης μιας τεχνολογίας μέσα σε ένα συγκεκριμένο χρονοδιάγραμμα, επιφέροντας συνέπειες κόστους, ποιότητας και απόδοσης. Έτσι, ορίζεται η μεταβλητή Ολίσθησης Σχετικού Χρονοδιαγράμματος (Relative Schedule Slippage (RSS)) ως το ποσοστό μεγιστοποίησης ενός χρονοδιαγράμματος δεδομένης της αρχικής του εκτίμησης. Κατά την εφαρμογή της μεταβλητής σε ένα πρόγραμμα, η ποιότητα της αρχικής εκτίμησης του χρονοδιαγράμματος κατά την έναρξη του προγράμματος είναι βελτιωμένη, καθώς οι τεχνολογίες θεωρούνται για το πρόγραμμα ώριμες. Αντίθετα,

όσο μικρότερη είναι η διάρκεια της εξεταζόμενης τεχνολογίας, τόσο δυσκολότερη θεωρείται η ακριβής πρόβλεψη του πραγματικού χρόνου που χρειάζεται για την ανάπτυξη της τεχνολογίας (Εικόνα 2).



Εικόνα 2. Συσχέτιση της μεταβλητής Relative Schedule Slippage με τα TLRs για 28 προγράμματα της NASA (Dubos et.al., 2007).

3.3.4. Μέτρηση της ετοιμότητας ως μέσω βελτίωσης των αποτελεσμάτων

Ο Dacus (2012) χρησιμοποιεί τον ορισμό των TRLs του Υπουργείου Αμύνης για να θέσει τις κατευθυντήριες γραμμές για να ελέγξει την ωριμότητα των επιμέρους συστατικών ενός συστήματος. Πραγματοποιείται μια απλή εφαρμογή τους και αξιολογείται ως προς το κόστος και την συνολική απόδοση του χρονοδιαγράμματος. Η χρήση των επιπέδων αποδείχθηκε ως ένα δυνητικά χρήσιμο εργαλείο. Ωστόσο, τα προβλήματα που θα προκαλούσε ένα χάσμα τεχνολογίας (technology gap), μια έλλειψη ή μια λάθος επιλογή μιας τεχνολογίας δεν μπορούν να προληφθούν πάντα με την χρήση του TRL. Η πολιτική της χρήσης του ίδιου εργαλείου θεωρείται πως πρέπει να ερευνηθεί σε βάθος και συνιστάται η ανάπτυξη πιο ολοκληρωμένων εργαλείων μέτρησης της τεχνολογικής ετοιμότητας ή της βελτίωσής του, όπως αναφέρθηκε παραπάνω.

Κεφάλαιο 4^ο

Επέκταση της TRL μεθοδολογίας για εφαρμογή της στον κύκλο ανάπτυξης του προϊόντος

4.1. Περιορισμοί των επιπέδων ετοιμότητας τεχνολογίας (TRLs)

Παρά την έγκριση και την εμφανή αποδοχή των πολυεθνικών εταιρειών ως προς την χρήση των TRLs, έχουν εκφραστεί ανησυχίες σχετικά με την αξιοπιστία της χρήσης τους ως ένας γενικός δείκτης τεχνολογικής προόδου. Όσο αυξάνεται ο αριθμός των πηγών για την ετοιμότητα, αναφέρονται περισσότερες δυσκολίες στην εφαρμογή των TRLs για την αξιολόγηση της ετοιμότητας των τεχνολογιών και προϊόντων λογισμικού (Hicks et al.,2009). Όπως αποδεικνύεται, μελετώντας τα πλεονεκτήματα των TRLs κατά την αξιολόγηση έργων βασισμένα σε λογισμικό, για κάθε πολλαπλής-τεχνολογίας σύστημα απαιτείται αξιολόγηση και εκτίμηση των κινδύνων του έργου. Αυτό συμβαίνει επειδή το λογισμικό αναπτύσσεται προκειμένου να χρησιμοποιηθεί σε ένα μεγαλύτερο σύστημα για ένα συγκεκριμένο σκοπό ή μια συγκεκριμένη εφαρμογή.

Μερικοί από τους βασικούς περιορισμούς που έχουν προσδιοριστεί είναι η «σύγχυση ή ασάφεια» (blurring), όπου ποικίλα χαρακτηριστικά του υπό ανάπτυξη προϊόντος συμβάλλουν στην επίτευξη ενός επιπέδου TRL. Σε αυτές τις περιπτώσεις καθίσταται εξαιρετικά δύσκολο να γίνει κατανοητή η επίδραση που έχει επιφέρει το κάθε χαρακτηριστικό ως προς το επίπεδο και απαιτείται περαιτέρω προσπάθεια. Εξίσου σημαντική είναι και η «κρισιμότητα» (criticality) του προϊόντος, καθώς δεν λαμβάνεται μόνο από τον βαθμό στον οποίο βρίσκεται η τεχνολογία. Θα πρέπει να εκτιμηθούν τα λειτουργικά χαρακτηριστικά ενός συστήματος έτσι ώστε να μπορεί να αξιολογηθεί εάν υπάρχει ή όχι η ικανότητα να αποκτηθεί και να αντικατασταθεί ένα μέρος ή υποσύστημα μιας τεχνολογίας.

Εκτός από τα θέματα που αφορούν την υλοποίηση πολλαπλών τεχνολογιών στα προϊόντα, ένα ακόμη αναγνωρισμένο θέμα είναι η γήρανση (ageing). Για παράδειγμα, στην περίπτωση του λογισμικού, το οποίο κάνει τακτικές αναβαθμίσεις, εάν στο TRL έχει βαθμολογηθεί με 9 (έχει περάσει με επιτυχία το επίπεδο 9), τότε το προϊόν θα παραμείνει στο επίπεδο των εννέα ανεξάρτητα από τυχόν μελλοντικές

βελτιώσεις, αναβαθμίσεις ή μετατροπές του προϊόντος. Αυτή η ανικανότητα να αντικατοπτρίζεται ο κύκλος ζωής των προϊόντων και της τεχνολογίας είναι σε πλήρη αντίθεση με τις αναδυόμενες φιλοσοφίες γύρω από την διαχείριση του κύκλου ζωής.

Επιπλέον, αν και στα TRLs χρησιμοποιούνται οι όροι «ετοιμότητα» και «ωριμότητα», στην πραγματικότητα, δεν υπάρχει μια σημαντική διάκριση μεταξύ των δύο όρων. Ένα «ώριμο» προϊόν μπορεί να κατέχει ένα μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό «ετοιμότητας». Η «ετοιμότητα» της τεχνολογίας μπορεί να αξιολογείται με βάση μια συγκεκριμένη απαίτηση: ένα λειτουργικό έργο το οποίο η τεχνολογία θα πρέπει να ολοκληρώσει. Αυτό δημιουργεί μία άμεση συσχέτιση της ετοιμότητας με τους κινδύνους (όσο υψηλότερο το επίπεδο ετοιμότητας τόσο χαμηλότερο το επίπεδο κινδύνων). Ωστόσο, οι ίδιες οι πτυχές της ετοιμότητας μιας τεχνολογίας μπορεί να οδηγήσουν σε «σύγχυση» για το πώς κάθε χαρακτηριστικό συμβάλλει σε κάθε επίπεδο στις διαφορετικές χρονικές στιγμές στη διάρκεια του προγράμματος ανάπτυξης.

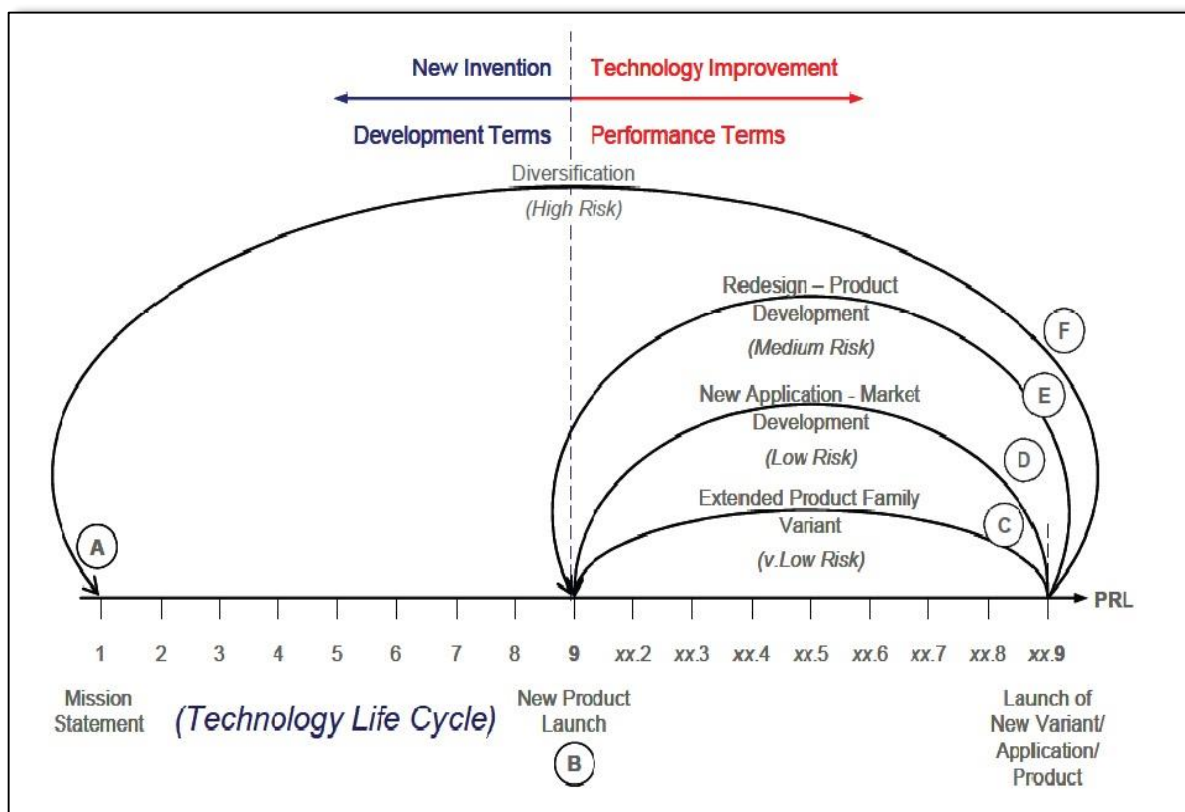
Συνοψίζοντας, στο υπάρχον σύστημα επιπέδων ετοιμότητας τεχνολογίας οι βασικοί περιορισμοί είναι:

1. Η αδυναμία αξιολόγησης συστημάτων πολλαπλών τεχνολογιών, πώς τα επιμέρους τμήματα επηρεάζουν το σύνολο.
2. Η έλλειψη ελέγχου της κρισιμότητας της κάθε τεχνολογίας, ποια μέρη μπορεί να υποκατασταθούν με ασφάλεια.
3. Η αδυναμία αξιολόγησης της εφαρμοσιμότητας, πώς η υπό ανάπτυξη τεχνολογία συνδυάζεται με το πλαίσιο εφαρμογής της.
4. Η αδυναμία αξιολόγησης των πτυχών του κύκλου ζωής (life cycle) του προϊόντος, τι συμβαίνει με το επίπεδο ετοιμότητας ή την ωριμότητα όταν τροποποιείται το προϊόν ή ωριμάζουν ανταγωνιστικές τεχνολογίες.

4.2.Κύκλος ζωής της τεχνολογίας (Technology life cycle)

Η προτεινόμενη από την NASA μέθοδος TRL αντιπροσωπεύει μόνο την αρχική έρευνα και ανάπτυξη μια τεχνολογίας ή ενός προϊόντος και δεν λαμβάνει υπόψη την περαιτέρω ανάπτυξη και διαφοροποίηση των τεχνολογιών. Για να αντιμετωπισθεί αυτή η αδυναμία δημιουργήθηκε ένα μοντέλο κύκλου ζωής της τεχνολογίας (Hicks et al.,2009). Η πιο σημαντική απαίτηση είναι να γίνει ένας διαχωρισμός

μεταξύ των φάσεων που υποδεικνύουν μια «νέα εφεύρεση» (new invention) ή «βελτίωσης της τεχνολογίας» (technology improvement). Για να δημιουργηθεί το μοντέλο που χρησιμοποιείται ως επέκταση της μεθοδολογίας TRL, το μεταβατικό σημείο εμφανίζεται την στιγμή που ένα προϊόν επιτύχει ένα TRL (έχει επιτυχώς ξεκινήσει να κυκλοφορεί στην αγορά) και προσδιορίζεται με τον χαρακτηρισμό «B» στην εικόνα 3. Ο οργανισμός-εταιρεία μπορεί να μην είναι ενήμερος/η για την επιτυχή ανάπτυξη ενός προϊόντος (ιδιαίτερα αν αποτελεί μόνο ένα χαρακτηριστικό ή υπο-σύστημα εντός του προϊόντος).



Εικόνα 3. Μοντέλο κύκλου ζωής προϊόντος τεχνολογίας (Hicks et al., 2009).

Στην εικόνα φαίνεται τόσο το μεταβατικό σημείο όσο και η κυκλική φύση της περαιτέρω τεχνολογικής ανάπτυξης του προϊόντος. Αρχικά, διερευνώνται οι επιλογές χαμηλού κινδύνου επεκτείνοντας την οικογένεια των προϊόντων με νέες παραλλαγές (extended product family variant) («C») και εντοπίζοντας νέες εφαρμογές (new application) για την βασική λειτουργία του προϊόντος («D»). Το σύστημα αρίθμησης του TRL αναγνωρίζει τα μοντέλα των προϊόντων και περιλαμβάνει το στάδιο της ανάπτυξης του προϊόντος (product development) («E»), όπου απαιτείται μια νέα οικογένεια προϊόντων βασισμένη στις εξελίξεις της υπάρχουσας τεχνολογίας

(ανασχεδιασμός-redesign). Ο επαναληπτικός κύκλος συνεχίζεται μέχρι την απαξίωση (diversification) ή τη διαφοροποίηση του προϊόντος («F»). Η διαφοροποίηση αποτελεί την φάση υψηλότερου κινδύνου σε σχέση με όλες τις διαθέσιμες στρατηγικές επιλογές που μπορούν να αντιμετωπισθούν, αλλά αποτελεί και ένα αναπόφευκτο και απαραίτητο βήμα για τη διασφάλιση της επιβίωσης μέσα σε ένα ανταγωνιστικό περιβάλλον. Για την εκπροσώπηση και την καταγραφή των επαναληπτικών κύκλων βελτίωσης (C, D και E) εισάγονται τα επίπεδα τεχνολογικής ετοιμότητας 10 και 11. Αυτά περιλαμβάνουν υποεπίπεδα που είναι παράγωγα των TRL 2-9 και αντικατοπτρίζουν τη βελτίωση του προϊόντος (Πίνακας 1). Το επίπεδο 1 δεν εμφανίζεται γιατί η τεχνολογία είναι ήδη υπαρκτή και δεν απαιτείται η θεμελίωσή της.

Πίνακας 1. Επέκταση του TRL και ερμηνεία των επιπέδων

TRL	Ερμηνεία
10.2	Ενίσχυση ενός ήδη υπάρχοντος στοιχείου ή εισαγωγή μιας τεχνολογίας που έχει διατηρηθεί (sustaining technology) σε ένα ήδη λειτουργικό συστατικό, υπο-σύστημα ή σύστημα. Έναρξη της εφαρμοσμένης έρευνας.
10.3	Επικύρωση της σκοπιμότητας και του βασικού πλεονεκτήματος που προσδίδει η ενίσχυση ή η εισαγωγή μέσω της ενεργούς έρευνας και ανάπτυξης.
10.4	Επικύρωση της χαμηλής πιστότητας (fidelity) του νέου «χαρακτηριστικού» σε ένα εργαστηριακό περιβάλλον. Επικύρωση της τεχνολογικής εφαρμογής μέσω της ικανοποίησης των απαιτήσεων του έργου.
10.5	Επικύρωση του νέου «χαρακτηριστικού» σε σχετικό περιβάλλον. Ελέγχεται η πιστότητα της εγκατάστασης να είναι μεγαλύτερη από το επίπεδο 4 του βασικού TRL.
10.6	Αποδοχή του πρωτοτύπου υψηλής πιστότητας «άλφα» του νέου «χαρακτηριστικού» σε σχετικό περιβάλλον.
10.7	Αποδοχή του πρωτοτύπου "βήτα" σε λειτουργικό του περιβάλλον (Το νέο στοιχείο πρέπει να ενσωματωθεί πλήρως με τα καθιερωμένα συστατικά σε ένα υπο-σύστημα ή σύστημα).
10.8	Το νέο «χαρακτηριστικό» ακολουθεί τις σχετικές απαιτήσεις του έργου και/ή τα πρότυπα που εφαρμόζονται.

-
- 10.9** Αποδοχή ότι το αναθεωρημένο και πιστοποιημένο συστατικό υπο-σύστημα ή σύστημα, πληρεί τις απαιτήσεις μέσω της λειτουργίας του στον «πραγματικό κόσμο».
- 11.2** Ενίσχυση ενός ήδη υπάρχοντος στοιχείου ή εισαγωγή μιας τεχνολογίας που έχει διατηρηθεί (sustaining technology) σε ένα ήδη λειτουργικό συστατικό, υπο-σύστημα ή σύστημα. Έναρξη της εφαρμοσμένης έρευνας.
- 11.3** Συνέχεια των TRL όπως πριν...
-

4.3.Ανάπτυξη προϊόντος (πολλαπλή τεχνολογία)

Όπως ήδη αναφέρθηκε, δεν υπάρχει σαφής διαχωρισμός μεταξύ των πολλαπλών τεχνολογιών που συνθέτουν ένα προϊόν. Εάν οι τεχνολογίες αυτές ληφθούν υπόψη θα πρέπει επιπρόσθετα να εκτιμηθεί και η κρισιμότητα για την υλοποίηση του τελικού προϊόντος. Για να ξεπεραστεί αυτό, προτείνεται ένα μέτρο του επιπέδου ετοιμότητας τεχνολογίας (Hicks et al.,2009), το οποίο είναι βασισμένο στην κρισιμότητα τριών επιπέδων (Πίνακας 2). Το μέτρο αυτό έχει ονομαστεί «επίπεδο ετοιμότητας της τεχνολογίας του προϊόντος» (TRL_{PROD}) και υπολογίζεται με τον ακόλουθο τρόπο (Εξίσωση 1):

1. Εμφανίζονται όλες οι τεχνολογίες που συμβάλλουν στη λειτουργικότητα του προϊόντος.
2. Ανατίθεται σε κάθε μία τεχνολογία ένα TRL σύμφωνα με τις κατευθυντήριες γραμμές των προηγούμενων παραγράφων.
3. κάθε τεχνολογία αντιστοιχείται με μια «κρίσιμη τιμή» (critical value), όπως ορίζεται στον πίνακα 2.
4. Πολλαπλασιάζεται το TRL της κάθε τεχνολογίας σύμφωνα με την «κρίσιμη τιμή» του.
5. Για την την απόκτηση του TRL_{PROD} , διαιρείται το άθροισμα των γονομένων του προηγούμενου βήματος με το άθροισμα της κρισιμότητας.

$$\Rightarrow TRL_{PROD} = \frac{\sum (TRL \times Criticality)}{\sum (Criticality)}$$

Εξίσωση 1. Υπολογισμός TRL_{PROD} .

Πίνακας 2. Κρισιμότητα τριών επιπέδων.

Κρίσιμη τιμή	Ερμηνεία
3	Η τεχνολογία «επιτρέπει» την βασική λειτουργικότητα του προϊόντος. Δεν μπορεί να εκτελεστεί καμία εργασία και δεν υπάρχει δυνατότητα υποκατάστασης.
2	Η τεχνολογία εκπληρώνει ένα ζωτικό ρόλο στην βασική λειτουργικότητα του προϊόντος. Ωστόσο, κάποια εργασία μπορεί να είναι εκτελεσθεί με τη χρήση τεχνολογιών υποκατάστασης, που θα επιβαρύνονται με μια αποδεκτή ποινή.
1	Η τεχνολογία «ενισχύει» την απόδοση του προϊόντος, το κόστος κλπ. Υπάρχουν πολλές εναλλακτικές τεχνολογίες που θα μπορούσαν να υποκατασταθούν και να επιβαρυνθούν με μια ελάχιστη ποινή.

4.4.Επίπεδα ετοιμότητας προϊόντος (Product Readiness Levels –PRLs)

Στην παρούσα υποενότητα αναλύεται η σχέση που προκύπτει από την αλληλεπίδραση της τεχνολογικής ετοιμότητας και του σχεδιασμού των προϊόντων ή/και της αναπτυξιακής διαδικασίας. Για να αντιμετωπισθούν τυχόν συγχύσεις μεταξύ των βασικών λειτουργιών, στον πίνακα 3 αναλύεται το πλαίσιο στο οποίο απαριθμούνται τα καθήκοντα που εκτελούνται από τις διάφορες πτυχές μιας επιχείρησης, όπως η έρευνα, η χρηματοδότηση, τα νομικά, οι πωλήσεις και ο τομέα των υπηρεσιών/προϊόντων υποστήριξης, εστιάζοντας στις λειτουργίες μάρκετινγκ και παραγωγής, τα οποία, μαζί με το σχεδιασμό αποτελούν τις πτυχές κλειδί για την ανάπτυξη του προϊόντος.

Πίνακας 3. Product Readiness Levels και η διαδικασία ανάπτυξης του προϊόντος (Hicks et al., 2009).

TRL	TRL _{PROD}	Marketing	Παραγωγή (Manufacturing)	Φάση ανάπτυξης
1	2	✓ Προσδιορίζεται η αγορά-στόχος.		Περιγραφή της αποστολής (Mission statement)
2	3	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Προσδιορίζονται τα τμήματα της αγοράς. ✓ Προσδιορίζονται οι βασικότεροι χρήστες χρηστών και οι ανάγκες τους. ✓ Αναλύονται τα ανταγωνιστικά προϊόντα. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Εκτίμηση του κόστους κατασκευής. ✓ Αξιολόγηση της σκοπιμότητας παραγωγής. 	Ανάπτυξη της ιδέας (concept development)
3	4	✓ Επιλέγονται το σχέδιο των χαρακτηριστικών του προϊόντος και η εκτεταμένη οικογένεια προϊόντος.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Εφαρμογή ανάλυσης παραγωγής ή αγοράς. ✓ Προσδιορισμός βασικών προμηθευτών. ✓ Σχεδιασμός τελικού συστήματος συναρμολόγησης. 	Σχεδίαση σε επίπεδο συστήματος (system-level design)
4	5	✓ Ανάπτυξη του σχεδίου μαρκετινγκ.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Προσδιορισμός βασικών μερών του προϊόντος. ✓ Καθορισμός παραγωγικής διαδικασίας. ✓ Σχεδιασμός εργαλείων. ✓ Προμήθεια βασικών εργαλείων για μεγάλο χρονικό διάστημα. ✓ Καθορισμός διασφάλισης ποιότητας των διαδικασιών. 	Λεπτομερής σχεδιασμός (detail design)
5	6	✓ Προώθηση του υλικού	✓ Διευκόλυνση	Δοκιμές και

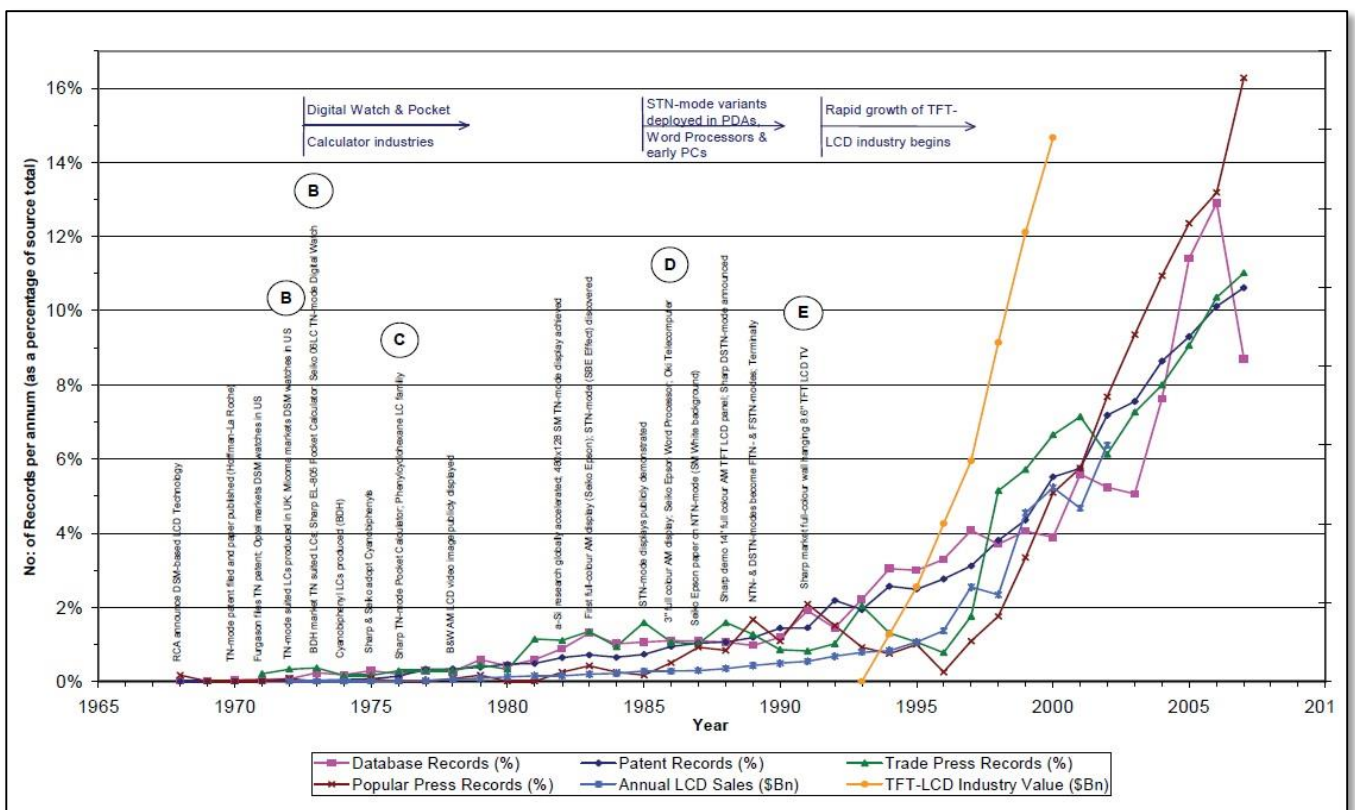
6	7	που αναπτύχθηκε.	προμηθευτών για την παραγωγή «ramp-up».	βελτιώσεις (testing and refinement)
7	8	✓ Διευκόλυνση του πεδίου δοκιμών.	✓ Βελτίωση διαδικασιών κατασκευής και συναρμολόγηση. ✓ Κατάρτιση του δυναμικού. ✓ Βελτίωση της διασφάλισης της ποιότητας των διαδικασιών.	
8	9	✓ Διάθεση των προϊόντων πρόωρης παραγωγής (ramp-up) σε επιλεγμένους πελάτες.	✓ Ολοκλήρωση κατάρτισης του δυναμικού. ✓ Έναρξη της λειτουργίας του παραγωγικού συστήματος.	Παραγωγή πρόωρη ramp-up (production ramp-up)
9	9	✓ Προώθηση του προϊόντος	✓ Πλήρη παραγωγή.	Διάθεση του προϊόντος (product launch)

4.5.Η εφαρμογή LCD

Οι Hicks et al. (2009) στην προσέγγισή τους εξέτασαν την περίπτωση Liquid Crystal Display (οθόνες υγρών κρυστάλλων(LCD) προκειμένου να αξιολογήσουν τον κύκλο ζωής της τεχνολογίας προϊόντος. Για τον προσδιορισμό της ιστορίας της τεχνολογίας LCD που έχει δημοσιευθεί χρησιμοποιήθηκαν βιομετρικές τεχνικές. Η υπόθεση της προσέγγισης είναι ότι καθώς μια τεχνολογία αναπτύσσεται, εξελίσσονται ταυτόχρονα και οι πηγές εκθέσεων σχετικά με την προώθηση της κατάστασής του, στις βάσεις δεδομένων των πανεπιστημίων, μέσω των διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας, του εταιρικού και του δημοφιλή τύπου. Επιπρόσθετα, εξετάστηκε και η ιστορική ανάπτυξη της τεχνολογίας LCD. Περιέχονται λεπτομέρειες της ανάπτυξης από τις πρώτες ασπρόμαυρες οθόνες του 1980 έως τα ψηφιακά ρολόγια και τις αριθμομηχανές τσέπης.

Στην εικόνα, φαίνονται οι ημερομηνίες κατά τις οποίες σημαντικές τεχνολογικές εξελίξεις προκάλεσαν σοβαρές αλλαγές. Έτσι, διακρίνεται κάθε ανάπτυξη κλειδί στην τεχνολογία του προϊόντος και είναι:

1. Η διάθεση νέων προϊόντων (B).
2. Η ανάπτυξη παραλλαγών στην οικογένεια των προϊόντων (C).
3. Η ανάπτυξη της αγοράς των SM LCD οθονών σε μια σειρά από διαφορετικά προϊόντα στα μέσα της δεκαετίας του 1980 (D).
4. Σημαντική ανάπτυξη των προϊόντων το 1991 (E).



Εικόνα 4. Ανάπτυξη τεχνολογίας LCD (Hicks et al., 2009).

Κεφάλαιο 5^ο

Αξιολόγηση μεταφοράς τεχνολογίας (Technology Transfer Assessment - TTA) - Μελέτη περίπτωσης

Η μεταφορά τεχνολογίας ορίζεται σαν οποιοσδήποτε μηχανισμός με τον οποίο η τεχνολογία, με την ευρύτερη έννοια, μεταφέρεται από τον φορέα-δότη στον φορέα-δέκτη που συνήθως είναι κάποια επιχείρηση (Bastani, 2007). Οι τρόποι με τους οποίους η μεταφορά τεχνολογίας υλοποιείται είναι πολλοί καθώς υπάρχουν διάφοροι μηχανισμοί, πιθανές διασυνδέσεις και εφαρμογές. Η επιτυχή μεταφορά της τεχνολογίας αρχίζει με τον προσδιορισμό των κατάλληλων τεχνολογιών για μεταφορά. Οι διαχειριστές που ελέγχουν την μεταφορά των τεχνολογιών πρέπει να επιβεβαιώσουν μια επιτυχή μεταφορά στο εμπόριο. Ωστόσο, δεν υπάρχουν πάντα τα κατάλληλα εργαλεία τα οποία θα μπορέσουν να επιβεβαιώσουν εκ των προτέρων ότι μια μεταφορά θα γίνει επιτυχώς. Η μελέτη περίπτωσης που θα αναλυθεί στην παρούσα εργασία αναλύει την δημιουργία ενός σχετικά αξιόπιστου εργαλείου από τους Heslop et.al. (2001), το οποίο θα μπορεί να καθορίσει πότε και που είναι εφικτό να μεταφερθούν επιτυχώς οι τεχνολογίες.

Για την δημιουργία αυτού του εργαλείου, το οποίο μπορεί να αξιολογήσει το επίπεδο ετοιμότητας μεταφοράς τεχνολογίας (Technology Transfer Readiness Level), ενσωματώθηκαν ιδέες προερχόμενες από την βιβλιογραφία, υλικά που χρησιμοποιούνται στην πράξη και συλλογικές προτάσεις επαγγελματιών του τομέα της μεταφοράς τεχνολογίας. Το εργαλείο που δημιουργήθηκε ονομάστηκε «μοντέλο Cloverleaf» για την αξιολόγηση της μεταφοράς τεχνολογίας. Η καινοτομία του συγκεκριμένου εργαλείου είναι η δυνατότητα προσαρμογής του για διαφορετικά περιβάλλοντα.

5.1. Μεταφορά τεχνολογίας μεταξύ οργανισμών

Τα εργαστήρια των πανεπιστημίων και έρευνες της κάθε κυβέρνησης εστιάζουν στην ανάπτυξη τεχνολογιών με στόχο την εφαρμογή της γνώσης. Ταυτόχρονα, αυτοί είναι και οι τομείς οι οποίοι χρειάζονται την επιτυχή μεταφορά της τεχνολογίας από και προς τους οργανισμούς ενός κράτους. Οι φορείς όπως τα πανεπιστήμια ή τα υπουργεία επιχειρούν την δημιουργία πλαισίων – κανόνων ή

εργαλείων για την αξιολόγηση της μεταφοράς τεχνολογίας. Στην διαδικασία αυτή επωφελούνται και οι ίδιοι. Η διαδικασία της αξιολόγησης είναι αρκετά περίπλοκη γιατί εμπλέκονται οργανισμοί ή έμποροι με διαφορετική κουλτούρα, στόχους και τρόπους λειτουργίας. Ο ορισμός μιας επιτυχούς μεταφοράς ποικίλει και τα κριτήρια των δύο πλευρών είναι πολλές φορές διαφορετικά. Επιπλέον, η διαδικασία της μεταφοράς και κατ'επέκταση της εμπορευματοποίησης της τεχνολογίας διαφέρει μεταξύ ιδιωτικού και δημόσιου τομέα, εξαιτίας των διαφορών στην οργανωτική δομή και τον πολιτισμό. Στο δημόσιο τομέα, η ανάπτυξη της τεχνολογίας επιδιώκεται για την εγγενή αξία της επιστήμης με την προσφορά στον τομέα της έρευνας και επικεντρώνεται κυρίως στις μακροπρόθεσμες διαδικασίες καινοτομίας, εμπορικής επιτυχίας και όχι τόσο για τις ανάγκες της αγοράς όπως στον ιδιωτικό τομέα.

Στον ιδιωτικό τομέα, τα κριτήρια για την επιτυχή μεταφορά είναι σαφή γιατί η τεχνολογία μπορεί να συγκριθεί και να αξιολογηθεί. Για τους οργανισμούς η επιτυχία κρίνεται ότι έχει επιτευχθεί, όταν ολοκληρωθεί η πώληση, ενώ για τον αγοραστή επιτυχής μεταφορά θεωρείται όταν η τεχνολογία έχει εμπορευματοποιηθεί επιτυχώς και το αγοραστικό κοινό την έχει αποδεχθεί.

5.2. Μεταφορά τεχνολογίας μεταξύ βιομηχανίας και κυβέρνησης ή πανεπιστημίων

Τα πανεπιστήμια και τα κρατικά εργαστήρια κάνουν συνεχώς βήματα προς νέες εφευρέσεις και τεχνολογίες. Η μεταφορά της τεχνολογίας που δημιουργείται στα εργαστήριά τους έχει μετατραπεί σε αναγκαιότητα γιατί πλέον, για να επιτευχθεί η έρευνα, απαιτείται η ανάπτυξη και η εξαγωγή των τεχνολογιών στην αγορά ως πηγές των κρίσιμων εσόδων που απαιτούνται για να δικαιολογήσουν τα προγράμματά τους και την ίδια την ύπαρξή τους. Παράλληλα, όλο και περισσότερες εταιρείες στρέφονται προς πανεπιστημιακά και κρατικά εργαστήρια για την έρευνα και τα προϊόντα που προκύπτουν από τις απαιτήσεις του αγοραστικού κοινού. Ο αριθμός των αδειών στα πανεπιστήμια για την εκμετάλλευση της τεχνολογίας αυξάνεται καθώς και οι συνεργασίες μεταξύ κυβερνήσεων και στελεχών της βιομηχανίας. Οι βιομηχανίες είτε απευθύνονται σε κρατικά όργανα για την αγορά νέων τεχνολογιών ή ιδεών είτε παίρνουν απασχολούμενους του δημόσιου τομέα για

να εκμεταλλευθούν τις γνώσεις τους ως προς την καινοτομία και την δημιουργία πρωτοτύπων τεχνολογιών.

Οι συνεργασίες μεταξύ οργανισμών και εταιριών οδηγούν στην μεταφορά τεχνολογίας προκύπτουν από διαφορές στην γνώση μεταξύ των εταίρων. Οι ιδιωτικές εταιρείες πρέπει να είναι πολύ προσεκτικές στην επιλογή των τεχνολογιών που αναπτύσσουν και τα εργαστήρια που συνεργάζονται γιατί συμβαίνει συχνά να μην μπορούν να κάνουν πίσω τα χρήματα που επενδύονται σε έργα.

5.3. Δείκτες ετοιμότητας μεταφοράς τεχνολογίας

Παρά τον κίνδυνο που εμπλέκεται στην ανάπτυξη νέων προϊόντων και στη μεταφορά τεχνολογίας, την ύπαρξη υψηλού ποσοστού αποτυχίας κατά την μεταφορά και την ύπαρξη επιπτώσεων αυτής της αποτυχίας, υπάρχουν σχετικά λίγες αναφορές για την ύπαρξη εργαλείων ή μεθόδων που θα καθορίζουν την πιθανότητα επιτυχίας και ποια μπορεί να είναι τα χαρακτηριστικά τα οποία ενδεχομένως να οδηγήσουν στην επιτυχία.

Η επιτυχία στην μεταφορά τεχνολογίας μπορεί να επιτευχθεί με την ύπαρξη πληθώρας ανθρώπινων δεξιοτήτων και πόρων, συμπεριλαμβανομένης της διατημηματικής ομαδικής εργασίας των εμπλεκόμενων, την ανταλλαγή απόψεων και εταιρικής κουλτούρας, την επικοινωνία και την έντονη συμμετοχή τόσο των επιστημόνων στο εργαστήριο όσο και των υπευθύνων διαχείρισης της τεχνολογίας στον οργανισμό-δέκτη.

Μερικοί προγραμματιστές λογισμικού και συμβούλοι επιχειρήσεων έχουν εισαγάγει προγράμματα για να βοηθήσουν στη διαδικασία αξιολόγησης της τεχνολογίας. Τα εργαστήρια μπορούν να χρησιμοποιούν τις υπηρεσίες των συμβούλων για τη δημιουργία και την ανάλυση τεχνολογιών με τη χρήση έμπειρων συστημάτων. Ένα από αυτά είναι το πρόγραμμα ProGrid το οποίο αναλύει τις εννέα διαστάσεις ετοιμότητας της τεχνολογίας σε μια μήτρα 3x3 χρησιμοποιώντας δύο παραμέτρους που μπορούν να οδηγήσουν στην επιτυχία, την τεχνολογική δύναμη και την αντοχή της αγοράς. Η τεχνολογική δύναμη περιλαμβάνει την ετοιμότητα των επιχειρήσεων και την αντοχή της τεχνολογίας. Η αντοχή της αγοράς περιλαμβάνει τα

χαρακτηριστικά των απαιτήσεων της αγοράς και το περιθώριο κέρδους από τις πωλήσεις.

Αυτό που απαιτείται, τελικά, για μια επιτυχημένη μεταφορά τεχνολογίας είναι μια βελτιωμένη προσπάθεια προς τον προσδιορισμό των τεχνολογιών και τρόπων που θα χρησιμοποιηθούν. Η αξιολόγηση της τεχνολογίας δεν έχει αναπτυχθεί άριστα και γι' αυτό ενθαρρύνει την ανταλλαγή εμπειριών μεταξύ των διαχειριστών της μεταφοράς της τεχνολογίας προκειμένου να βελτιωθεί η πρακτική.

5.4. Ανάπτυξη του εργαλείου αξιολόγησης ετοιμότητας μεταφοράς τεχνολογίας – Τα τρία στάδια της ερευνητικής διαδικασίας

Ο στόχος της παρούσας μελέτης είναι να αναπτυχθεί ένα εργαλείο αξιολόγησης της ετοιμότητας μεταφοράς τεχνολογίας μέσα από την ανάλυση της «βέλτιστης πρακτικής» και την ανταλλαγή ιδεών μεταξύ των επαγγελματιών. Η προσέγγιση περιλαμβάνει τρία στάδια:

1. Αρχική δειγματοληψία των μέσων αξιολόγησης μεταφοράς τεχνολογίας σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα από την αναζήτηση της βιβλιογραφίας που οδηγούν στην ανάπτυξη ενός εργαλείου σε πρώτο στάδιο.
2. Αρχική εκτίμηση του εργαλείου σε δείγματα τεχνολογιών ώστε να επαληθευθεί μια πρώτη πρόβλεψη σωστής εφαρμογής του.
3. Έρευνα των διαχειριστών μεταφοράς τεχνολογίας όσον αφορά τα κριτήρια που αναλύονται στα δύο πρώτα στάδια και χρήση της γνώσης ειδικών για να τελειοποιηθεί ένα αποδοτικό και αποτελεσματικό εργαλείο.

5.4.1. Στάδιο 1^ο – Αρχική ανάπτυξη ενός καταλόγου κριτηρίων και ενός πλαισίου

Για να επιτευχθεί αυτό το στάδιο υπήρξε επαφή με τα γραφεία μεταφοράς τεχνολογίας από πληθώρα επιλογών από πανεπιστήμια και κρατικά εργαστήρια στις Ηνωμένες Πολιτείες και τον Καναδά. Η διαδικασία αυτή δεν ήταν μια εξαντλητική έρευνα, δεδομένου ότι ο αριθμός των εν λόγω γραφείων είναι περιορισμένος και το προσωπικό τους έχει συχνή επαφή μεταξύ τους μέσω των επαγγελματικών τους ενώσεων, έτσι ώστε οι πρακτικές να μοιράζονται εύκολα. Ο στόχος ήταν να

αποκτηθεί μια λίστα με εργαλεία που χρησιμοποιούνται ευρέως για την αξιολόγηση της τεχνολογίας. Η έρευνα αυτή ολοκληρώθηκε με έρευνα στο Διαδίκτυο σε ένα ευρύτερο δείγμα πανεπιστημιακών χώρων για έντυπα γνωστοποίησης και περιλήψεις από τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται στην αξιολόγηση της τεχνολογίας. Επιπλέον, υπήρξε επαφή με έντεκα οργανισμούς μεταφοράς τεχνολογίας που συνεργάζονται με τα κυβερνητικά και πανεπιστημιακά ερευνητικά εργαστήρια. Οι ερωτηθέντες κλήθηκαν να στείλουν οποιεσδήποτε λίστες ελέγχου, πρωτόκολλα αξιολόγησης ή φόρμες δημοσιοποίησης των εφευρέσεων με ότι γνώριζαν ή χρησιμοποιούσαν.

Από τα δεκαέξι πανεπιστήμια του Καναδά που υπήρξε επαφή ανταποκρίθηκαν δώδεκα στο αίτημα για λίστες ελέγχου ή φόρμες δημοσιοποίησης και πληροφόρησης σχετικά με τις μεθόδους τους. Δύο από αυτά δεν είχαν κάνει αξιολόγηση τεχνολογίας, ένα δεν είχε επίσημα έγγραφα αξιολόγησης, τέσσερα απέστειλαν έντυπα γνωστοποίησης και πέντε είχαν λίστες ελέγχου. Πληροφορίες ελήφθησαν από δέκα από τα δεκατέσσερα πανεπιστήμια των Ηνωμένων Πολιτειών, μεταξύ των οποίων υπήρχαν τρεις φόρμες δημοσιοποίησης και έξι λίστες ελέγχου. Απαντήσεις ελήφθησαν από όλους τους οργανισμούς μεταφοράς τεχνολογίας με του οποίους υπήρξε επαφή.

Από τις απαντήσεις σε αυτά τα αιτήματα και την αναζήτηση συντάχθηκε μια λίστα με ερωτήσεις. Η λίστα αυτή συγκρίθηκε με τα κριτήρια που προσδιορίζονται στην ερευνητική βιβλιογραφία και ειδικότερα με το μοντέλο NewProd (Cooper, 1992), που αναπτύχθηκε από τον Cooper για την αξιολόγηση στον ιδιωτικό τομέα. Ο τελικός κατάλογος κατασκευάστηκε συμπεριλαμβάνοντας όλες τις ερωτήσεις είτε που ζητήθηκαν σε ποσοστό μεγαλύτερο του 45% των οργανισμών και παρέχουν πληροφορίες για τη μελέτη είτε που περιλαμβάνονται στις ερωτήσεις του μοντέλου NewProd. Ο κατάλογος εξετάστηκε προκειμένου να διαπιστωθεί εάν έχει συμπεριληφθεί ένας μικρός αριθμός από επιμέρους θέματα αξιολόγησης. Προτάθηκε ένα μοντέλο ή πλαίσιο ως ένα σύστημα ταξινόμησης των στοιχείων. Από αυτό το μοντέλο προκύπτει ένα εργαλείο αξιολόγησης πρώτου σταδίου.

Παρά το γεγονός ότι εντοπίστηκαν πάνω από πενήντα σημεία, εμφανίζονται δεκάδες συγκεκριμένες διαφορετικές ερωτήσεις στις λίστες ελέγχου, που μπορούν να ταξινομηθούν σε τέσσερις μεγάλες κατηγορίες. Αυτές οι τέσσερις βασικές κατηγορίες πιστεύεται ότι επηρεάζουν την εμπορική επιτυχία ή αποτυχία της νέας τεχνολογίας

και τη δυνατότητα μεταφοράς και εμπορευματοποίησης του. Οι κατηγορίες είναι οι εξής:

1. Οι δυνατότητες της ίδιας της τεχνολογίας -εντοπίστηκαν είκοσι εννέα σημεία. Το πιο συνηθισμένο ήταν η κατοχύρωση με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας (patents). Οι περισσότερες οργανώσεις εξέτασαν μεγάλες πρωτοποριακές τεχνολογίες, τη βελτίωση της τεχνολογίας πυρήνα, και τον καθορισμό τεχνολογιών.
2. Η ελκυστικότητα της αγοράς - εντοπίστηκαν είκοσι σημεία. Τα πιο συνηθισμένα ήταν οι αξιολογήσεις εμπορευσιμότητας για άμεσες ή μελλοντικές χρήσεις, η ύπαρξη συγκεκριμένων αγορών, ο προσδιορισμός και η ποσοτικοποίηση των παροχών, πλεονεκτήματα έναντι των ανταγωνιστικών προϊόντων και η απουσία ισχυρών ανταγωνιστών. Επίσης, μεγάλη σημασία δόθηκε στο μέγεθος της αγοράς, το ρυθμό ανάπτυξης και πρόσβασης στην αγορά και η απουσία εμποδίων εισόδου.
3. Εμπορευματοποίηση – εντοπίστηκαν δεκατρία σημεία. Τα πιο συνηθισμένα αφορούσαν ερωτήσεις σχετικά με τη μορφή της μεταφοράς, όπως το αν υπήρχε άδεια ή όχι, αν μια εταιρεία είχε αποτέλεσμα, αν μια τεχνολογία ήταν δυνατόν να πουληθεί, καθώς και διάφορα χρηματοοικονομικά θέματα όπως το κόστος ανάπτυξης ενός πρωτότυπου μοντέλου.
4. Διοικητική υποστήριξη – εντοπίστηκαν δεκατέσσερα σημεία. Αυτά αφορούν θέματα στήριξης της διαχείρισης, συμπεριλαμβανομένου του εφευρέτη και της ομάδας που αναπτύσσει μια τεχνολογία, η προηγούμενη επιτυχία του εφευρέτη για την ανάπτυξη μεταφερόμενων τεχνολογιών, η αξιοπιστία και η αναγνώριση του εφευρέτη και η διαθεσιμότητα ειδικευμένων ανθρώπων.

Λαμβάνοντας υπόψη αυτούς τους τέσσερις παράγοντες, το πλαίσιο ονομάζεται «μοντέλο τριφυλλιού» (Cloverleaf Model) και αναπτύσσεται για τον εντοπισμό των τεχνολογιών οι οποίες θα πληρούν τις προϋποθέσεις για επιτυχή μεταφορά.

5.4.2. Στάδιο 2^ο - Η αρχική επικύρωση του μοντέλου

Με βάση την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, τις πιο συχνές ερωτήσεις και τα στοιχεία σχετικά με τις φόρμες δημοσιοποίησης, αναπτύχθηκε μια ολοκληρωμένη σειρά ερωτήσεων για την αξιολόγηση της πιθανότητας επιτυχίας της μεταφοράς

τεχνολογίας. Για να ελεγχθεί το μοντέλο χρησιμοποιήθηκαν επτά υποθέσεις τεχνολογιών. Οι αρμόδιοι για τη μεταφορά είχαν εμπειρία σε μία ή περισσότερες από αυτές τις τεχνολογίες. Οι εμπειρογνώμονες της μεταφοράς τεχνολογίας κλήθηκαν να κρίνουν ποσοτικά και ποιοτικά για την απάντηση στις ερωτήσεις.

Οι απαντήσεις σε ερωτήματα ως προς το εάν η τεχνολογία είχε τα απαιτούμενα κριτήρια για την εμπορευματοποίηση ή όχι καταγράφηκαν σε κλίμακα πέντε σημείων η οποία μετατράπηκε σε ένα εύρος από -2 (εξαιρετικά αρνητική αξιολόγηση) έως +2 (έντονα θετική αξιολόγηση). Επιπλέον, κλήθηκαν να υποδείξουν την εμπιστοσύνη τους στις απαντήσεις τους, προκειμένου να ληφθούν υπόψη τομείς όπου υπάρχει περισσότερο ή λιγότερο αβεβαιότητα για την γνώση τους. Το μέτρο εμπιστοσύνης ξεκινούσε από το ένα 1 (πολύ χαμηλό επίπεδο εμπιστοσύνης) έως το 5 (πολύ υψηλό επίπεδο εμπιστοσύνης). Το επίπεδο εμπιστοσύνης χρησιμοποιήθηκε ως μεταβλητή βάρους. Το άθροισμα των βαρών χρησιμοποιήθηκε για όλα τα ερωτήματα, καθώς επίσης και για κάθε ένα από τα τέσσερα στάδια που προτάθηκαν στο «μοντέλο τριφυλλίου» για την αξιολόγηση κάθε τεχνολογίας. Τέλος, οι αρμόδιοι για τη μεταφορά τεχνολογίας κλήθηκαν να υποβάλουν έκθεση σχετικά με την πορεία των προσπαθειών εμπορευματοποίησης.

Invention	Technology score -120 to +120	Market score -140 to +140	Commercial score -130 to +130	Management score -110 to +110	Total score -550 to +500	Outcome
Animal testing replacement model	64	98	23	75	260	funded for development
Gene identification	82	-1	45	76	202	funded for spinoff co.
Tissue fixative	57	11	-21	55	102	no success
Ophthalmologic protocol	25	42	20	58	146	reworking
Sleep analyzer	55	2	-16	37	77	license not renewed
Electronic blackboard	46	10	17	4	77	license dropped
Industrial milling cutter control	83	39	3	45	170	no positive outcome but some progress

Εικόνα 5. Τα αποτελέσματα της προκαταρκτικής δοκιμής του «μοντέλου τριφυλλίου».

Οι επτά τεχνολογίες που αξιολογήθηκαν περιλαμβάνουν μια σειρά από τεχνολογίες βιολογίας, βιοϊατρικής και ηλεκτρονικών τεχνολογιών. Στην εικόνα 5

συνοψίζονται τα αποτελέσματα της προκαταρκτικής δοκιμής για το μοντέλο και δείχνουν μια ισχυρή συσχέτιση μεταξύ των βαθμολογιών και επιτυχία στις προσπάθειες εμπορευματοποίησης. Οι τεχνολογίες αυτές που έχουν συνολικό σκορ 170 ή υψηλότερο ήταν πιο θετικές στην επιτυχία της διαδικασίας μεταφοράς. Καμία μεμονωμένη μεταβλητή-ερώτηση δεν είναι σε θέση να προβλέψει με βεβαιότητα την επιτυχία, υποδεικνύοντας ότι είναι αναγκαίος ένας συνδυασμός συνθηκών και τα τέσσερα στάδια του μοντέλου είναι απαραίτητα για την πλήρη αξιολόγηση.

5.4.3. Σταδιο 3^ο - Βελτίωση του εργαλείου αξιολόγησης ετοιμότητας τεχνολογίας

Το τελικό βήμα ήταν να ληφθεί ένα αναθεωρημένο σύνολο κριτηρίων για τη μεταφορά τεχνολογίας από ένα σύνολο επαγγελματιών με σκοπό την ανάπτυξη μιας μικρότερης λίστας ερωτήσεων βασισμένη στην συλλογική εμπειρία και σοφία τους.

Τα πενήντα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν κατά το προηγούμενο στάδιο στον προέλεγχο του «μοντέλου τριφυλλίου» αναπτύχθηκαν σε μορφή ερωτηματολογίου και αναπτύχθηκε μια κλίμακα διαβάθμισης για να καθοριστεί η σημασία καθενός από τα κριτήρια για την επιτυχία της μεταφοράς. Το πλαίσιο συνολικά περιείχε πενήντα τέσσερα σημεία, επειδή κατά τη διάρκεια της δοκιμής, κατέστη προφανές ότι μερικές από τις αρχικές ερωτήσεις θα ωφελούσε να διασπαστούν σε δύο στοιχεία.

Οι διαχειριστές της μεταφορά τεχνολογίας κλήθηκαν να βαθμολογήσουν σε μια κλίμακα 7-σημείων την σημασία καθενός από τα πενήντα τέσσερα κριτήρια. Δεδομένου ότι όλα τα στοιχεία που αναγνωρίζεται ως σημαντικά από μία ή περισσότερες πηγές, στην κλίμακα τα τελικά σημεία είναι το 1 (μετρίως σημαντικό) και το 7 (κρίσιμα σημαντικό). Οι ερωτηθέντες κλήθηκαν επίσης να επιλέξουν από τη λίστα των πενήντα τεσσάρων ερωτήσεων τρεις που θεωρούν ότι είναι οι πιο κρίσιμες. Για να επιτευχθεί αυτό στάλθηκαν 400 mails με ερωτηματολόγια προς τους ειδικούς εργαστηρίων και πανεπιστημίων στον Καναδά και τις Ηνωμένες Πολιτείες. Το ερωτηματολόγιο συνοδευόταν από μια συστατική επιστολή η οποία περιελάμβανε λεπτομέρειες για την συμπλήρωση του ερωτηματολογίου. Από αυτούς ανταποκρίθηκαν 168 ειδικοί μεταφοράς τεχνολογίας. Οι 30 από αυτούς δεν έλαβαν ποτέ το mail ενώ οι 20 είχαν κάποια τεχνικά προβλήματα.

Criteria	Rank	Mean	US	Canada	Univ.	Gov't	Other
Clear, identifiable benefits	1	5.77	5.79	5.78	5.74	5.87	5.70
Distinct competitive advantage	2	5.55	5.57	5.66	5.68	5.59	5.40
Major quantifiable benefits	3	5.48	5.40	5.51	5.48	5.46	5.45
Management expertise exists	4	5.43	5.02	<u>5.93^a</u>	5.32	5.69	5.20
Expected positive ROI	5	5.35	5.19	5.52	5.36	5.15	5.70
Defined marketable product	6	5.31	5.40	5.12	5.31	5.56	4.75
Commercialization skills	7	5.28	4.91	<u>5.74^a</u>	5.27	5.44	5.00
New, non-obvious invention	8	5.21	5.36	4.95	<u>5.52^a</u>	4.41	5.30
Has future uses	9	5.08	5.04	5.26	5.32	4.74	5.00
No other dominant patents	10	4.96	4.75	5.24	4.99	4.59	5.20
Inventor will champion	11	4.95	5.09	4.91	5.16	4.74	4.80
No inventorship disputes	12	4.92	4.52	<u>5.41^a</u>	4.86	4.90	4.85
Existing problems solvable	13	4.89	5.07	4.69	5.04	4.72	4.80
Market is accessible	14	4.88	4.84	4.86	4.91	5.00	4.45
Defined market exists	15	4.87	4.94	4.81	4.89	5.08	4.45
Inventor is "team player"	16	4.83	4.70	5.22	5.09	4.74	4.65
Licensee financial support	17	4.79	4.90	4.60	4.83	4.85	4.68
Immediate market uses	18	4.77	4.81	4.48	4.54	5.10	4.45
Inventor credible & known	18	4.77	4.67	4.78	4.73	4.49	5.10
State-of-art technology	20	4.73	4.62	4.64	4.78	4.33	4.70
Patent costs covered	21	4.72	4.89	4.52	<u>5.04^b</u>	4.13	4.40
Patent search clear	22	4.71	4.14	<u>5.38^a</u>	4.46	5.08	4.55
Breakthrough technology	23	4.68	4.69	4.47	4.69	4.54	4.35
Core technology	24	4.66	4.77	4.48	4.79	4.21	5.00
Positive NPV income	25	4.64	4.52	4.81	4.80	4.33	4.65
No oral disclosure	26	4.60	4.21	<u>5.17^a</u>	4.21	<u>5.15^a</u>	5.00
Realistic inventor expectations	27	4.58	4.43	4.90	4.64	4.67	4.45
Growing market	28	4.57	4.48	4.71	4.54	4.59	4.50
Manufacturing feasible	29	4.54	4.43	4.64	4.41	<u>5.00^b</u>	4.05
Identified licensees	30	4.48	4.56	4.41	4.52	4.46	4.55
First-to-market	31	4.40	4.51	4.19	4.53	4.72	3.20
Literature search clear	32	4.39	4.00	<u>4.84^a</u>	4.32	4.49	4.15
Market is large	33	4.26	4.15	4.41	4.41	4.18	3.80
Inventor has few obligations	34	4.23	4.32	4.24	4.46	4.13	4.35
Investor has industry contacts	35	4.20	4.21	4.22	4.27	4.05	4.25
Functioning prototype	36	4.17	4.32	4.12	4.17	4.49	4.05
Platform technology	37	4.05	3.81	4.26	4.06	3.72	4.50
Venture capital access	38	4.01	3.68	<u>4.48^a</u>	3.98	<u>4.69^a</u>	3.15
Price competitive	39	3.96	4.06	3.86	4.11	4.18	3.20
Low marketing costs	40	3.95	3.72	<u>4.22^b</u>	3.95	4.05	3.90

Εικόνα 6. Αξιολόγησης της σημασίας των κριτηρίων

Criteria	Rank	Mean	US	Canada	Univ.	Gov't	Other
Few or no competitors	41	3.84	3.73	3.72	3.70	3.62	4.10
Government support possible	42	3.80	3.74	3.91	<u>4.01^a</u>	3.64	3.25
Inventor funded & established	43	3.75	3.64	3.97	<u>3.98^b</u>	3.33	3.95
Market currently dissatisfied	44	3.60	3.63	3.71	3.69	3.82	3.25
No dominant competitor	45	3.54	3.44	3.48	3.46	3.62	3.20
Inventor has tech transfer success	45	3.54	3.52	3.59	3.43	3.40	3.45
Low scale-up costs	47	3.51	3.43	3.59	3.43	3.69	3.55
No pending publications	48	3.21	2.93	<u>3.79^a</u>	3.22	3.62	2.95
Inventor has stable position	48	3.21	3.37	3.02	3.26	3.08	3.35
Packagable for sale invention	50	3.07	2.95	(3.36)	3.07	3.46	2.75
Market needs stable	50	3.07	2.99	3.05	3.06	2.90	3.05
Could sell outright	52	2.92	2.79	3.17	2.91	3.03	2.80
Inventor holds patent	53	2.54	2.40	2.69	2.31	<u>3.05^b</u>	2.37
Industry-funded research	54	2.35	2.17	2.51	2.22	2.49	2.60

Εικόνα 7. Αξιολόγησης της σημασίας των κριτηρίων (συνέχεια)

Από αυτούς που απάντησαν, το 58% δούλευε σε πανεπιστήμια, το 25% σε κυβερνητικά εργαστήρια και οι υπόλοιποι σε ανεξάρτητους οργανισμούς. Το 60% των απαντήσεων προέρχονταν από τις Ηνωμένες πολιτείες και το 40% από τον Καναδά. Το 50% αυτών έχει προϋπηρεσία περισσότερο των επτά χρόνων στον τομέα της μεταφοράς τεχνολογίας.

Στις Εικόνες 4 και 5 παρουσιάζονται οι 54 κλίμακες, προκειμένου να βαθμολογηθεί με κατάταξη ως προς την βαθμολογία σημαντικότητας στη στήλη 2 και την μέση κλίμακα διαβάθμισης στη στήλη 3. Οι κλίμακες που επιλέχθηκαν πιο συχνά από τους ερωτηθέντες ως οι πιο κρίσιμες είναι με έντονα γράμματα στη στήλη 3. Στις στήλες 4 και 5 παρουσιάζονται η μέση κλίμακα διαβάθμισης για τους ερωτηθέντες από τις Ηνωμένες Πολιτείες και τον Καναδά, με τα σημαντικά διαφορετικά αποτελέσματα να αναφέρονται. Στην 6^η, 7^η και 8^η στήλη είναι η μέση κλίμακα διαβάθμισης των ερωτηθέντων κατανεμημένες ανάλογα με το αν ο ερωτώμενος εργάζεται σε κάποιο πανεπιστήμιο, στην κυβέρνηση ή αλλού. Οι σημαντικές διαφορετικές μεταξύ των τριών ομάδων, όταν υπάρχουν, επίσης επισημαίνονται.

Τα πενήντα τέσσερα αυτά κριτήρια είναι πάρα πολλά για να αποτελέσουν ένα πλαίσιο αξιολόγησης και για τον λόγο αυτό απαιτείται η δημιουργία ενός παλισίου που θα περιέχει ένα σύνολο ερωτήσεων με τις πιο σημαντικές ή ομαδοποιημένες

ερωτήσεις. Έτσι, εφαρμόστηκε η ανάλυση κυρίων συνιστωσών (principal components analysis) ώστε να βρεθούν οι πιο σημαντικοί παράγοντες. Η τελική λύση δίνει ένα πλαίσιο δεκατριών παραγόντων (Ειόνες 6 και 7), το οποίο εξηγεί το 67.3% του εύρους των δεδομένων.

Factor (% var.)	Name	Criteria loading on scale	Loading	Importance rank	Importance rating	Included scales
1 (6.59)	Speed to market	Immediate market uses	.690	18	4.77	x
		Market currently dissatisfied	.647	44	3.60	—
		First-to-market	.578	31	4.40	x
		Functioning prototype	.519	36	4.17	—
		Few or no competitors	.481	41	3.84	—
		Manufacturing feasible	.455	29	4.54	x
2 (6.44)	Technology patentable	No other dominant patents	.648	10	4.96	x
		Patent search clear	.772	22	4.71	x
		No oral disclosure	.673	26	4.60	—
		Literature search clear	.783	32	4.39	x
		No pending publications	.575	48	3.21	C
		New and non-obvious invention	.456	8	5.21	x
3 (5.90)	Inventor capabilities	Inventor is “team player”	.649	16	4.83	x
		Realistic inventor expectations	.744	27	4.58	x
		Inventor has few obligations	.713	34	4.23	—
		Inventor will champion	.401	11	4.95	x
4 (5.64)	Financing	Access to venture capital	.744	38	4.01	x
		Invention packagable for sale	.708	50	3.07	—
		Platform technology	.531	37	4.05	x
		Few setup costs	.436	47	3.51	—
5 (5.36)	Technology level	State-of-art technology	.743	20	4.73	x
		Breakthrough technology	.773	23	4.68	x
		Core technology	.782	24	4.66	x
		Platform technology	.508	37	4.05	x
6 (4.96)	Market potential	Clear, identifiable benefits	.819	1	5.77	x
		Distinct competitive advantage	.624	2	5.55	x
		Major quantifiable benefits	.544	3	5.48	x
		Has future uses	.610	9	5.08	x
		Remaining problems solvable	.425	13	4.89	—
7 (4.77)	Inventor status	Inventor funded & established	.525	43	3.75	x
		Inventor has tech tran success	.552	45	3.54	—
		Inventor has stable position	.704	48	3.21	—
		Inventor holds patent	.699	53	2.54	G
		Inventor credibility & recognition	.427	18	4.77	x
8 (4.43)	Profitability	Expected positive ROI	.755	5	5.35	x
		Expected positive NPV income	.594	25	4.64	x
		Low marketing costs	.581	40	3.95	C
		No dominant competitors	.402	45	3.54	—
9 (4.30)	Industry links	Identified licensees	.638	30	4.48	x
		Inventor has industry contacts	.605	35	4.20	x
		Could sell outright	.549	52	2.92	—
		Industry-funded research	.659	54	2.35	—
10 (4.25)	Management expertise	Management expertise exists	.830	4	5.43	x
		Commercialization skills	.839	7	5.28	x
11 (4.25)	Marketability	Defined marketable product	.588	6	5.31	x
		Market is accessible	.600	14	4.88	x
		Defined market exists	.803	15	4.87	x

Εικόνα 8. Παράγοντες που προκύπτουν από την Principal Components Analysis

Factor (% var.)	Name	Criteria loading on scale	Loading	Importance rank	Importance rating	Included scales
12 (3.95)	Market size	Growing market	.654	28	4.57	x
		Market is large	.774	33	4.26	x
		Stable market needs	.394	50	4.26	—
13 (3.75)	Commercialization support	Licensee financial support	.712	17	4.79	x
		Patent costs covered by licensee or institution	.669	21	4.72	x
		Possible government support	.401	42	3.81	U
14 (2.67)	Price competitive	Price competitive	.716	39	3.96	—

Εικόνα 9. Παράγοντες που προκύπτουν από την Principal Components Analysis (συνέχεια)

Η ανάλυση κυρίων συνιστωσών (principal components analysis) υποδηλώνει σαφώς ότι κάθε μία από τις τέσσερις διαστάσεις για την ετοιμότητα της τεχνολογίας έχει δύο ή περισσότερες υποδιαστάσεις που πρέπει να αξιολογηθούν ξεχωριστά ώστε να εξασφαλισθεί η επιτυχής μεταφορά. Αυτό λαμβάνεται υπόψη κατά την επιλογή των κλιμάκων για το εργαλείο αξιολόγησης, ώστε κάθε ένα από τα τέσσερα βασικά κριτήρια και οι υποδιαστάσεις τους να έχουν αντιμετωπιστεί κατάλληλα.

Το τελικό και τελευταίο βήμα για την ανάπτυξη του εργαλείου ήταν να επιλεγθούν τα στοιχεία που πρέπει να περιλαμβάνονται με βάση τις βασικές διαστάσεις και τις υπο-διαστάσεις αξιολόγησης, τις βαθμολογίες, την κατάταξη των κριτηρίων και τον προσδιορισμό των πιο κρίσιμων στοιχείων. Κάθε υπο-διάσταση εκπροσωπήθηκε από δύο τουλάχιστον σημεία, συνήθως τα δύο με την υψηλότερη βαθμολογία και loading πάνω από 0.5 ως προς την διάσταση.

Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα της έρευνας δείχνουν ότι η αξιολόγηση τεχνολογίας γίνεται στα περισσότερα μεγάλα πανεπιστήμια και εργαστήρια της κυβέρνησης. Τα μικρότερα πανεπιστήμια αναζητούν άδειες να κάνουν τις δικές τους αξιολογήσεις. Σχεδόν όλα τα πανεπιστημιακά εργαστήρια, αλλά σχεδόν τα μισά από τα μη-πανεπιστήμια ερευνητικά εργαστήρια χρησιμοποιούν επίσημους ή μη επίσημους καταλόγους ελέγχου ή έντυπα δημοσιοποίησης. Κανένα από τα αυτά δεν χρησιμοποιεί εμπορικά προγράμματα. Η εμπιστοσύνη στις αποφάσεις παίζει σημαντικό ρόλο στη διαδικασία της αξιολόγησης. Έτσι, δεν είναι ευρέως διαθέσιμος ένας επίσημος μηχανισμός αξιολόγησης που να παρέχει εξωτερική εγκυρότητα στην διαδικασία αξιολόγησης.

Το δείγμα πάνω στο οποίο βασίστηκε η ανάλυση των ερωτηματολογίων ώστε να βρεθεί το τελικό μοντέλο αξιολόγησης μεταφοράς τεχνολογίας είναι σταθμισμένο μεταξύ των οργανισμών και όσοι απάντησαν είναι γνώστες του αντικειμένου με εμπειρία σε αυτόν τον τομέα.

Το «μοντέλο τριφύλλι» δημιουργήθηκε, ελέγχθηκε και παραμετροποιήθηκε ώστε στη τελική του μορφή (Εικόνα 8) να είναι πρακτικό και αποτελεσματικό.

Η συνολική βαθμολογία που προκύπτει μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παρέχει ένα σημείο προς εξέταση ή σύγκρισης με άλλα έργα. Αν το σκορ είναι κάτω από τα $2/3$ του μέγιστου, τότε δεν είναι πιθανό να λειτουργήσουν όλα τα κριτήρια ευνοϊκά και σε αυτό το σημείο του χρόνου δεν αποτελεί μια καλή ευκαιρία εμπορευματοποίησης της τεχνολογίας. Έτσι, εάν το συνολικό σκορ είναι κάτω από 150, δεν υπάρχει λόγος να αναμένετε κάποια επιτυχία μεταφοράς και το καλύτερο θα ήταν η κατεύθυνση προς πιο υποσχόμενες εναλλακτικές λύσεις. Πιθανόν ένα σκορ πάνω από 180 θα έδειχνε ένα λογικό επίπεδο για να προχωρήσει μια τεχνολογία σε μεταφορά. Ωστόσο, τα αρχικά σημεία αναφοράς μπορεί να ρυθμιστούν με την πάροδο του χρόνου και οι επαγγελματίες μεταφοράς τεχνολογίας να τα προσαρμόζουν στο δικό τους εργαστήριο χρησιμοποιώντας την εμπειρία τους.

For each of the criteria conditions below, enter a score for extent to which condition is met where 1 = not met, 2 = partially met, 3 = fully met. Enter a score from 1 to 3 for level of confidence in the rating where 1 = low confidence and 3 = high confidence. Multiply the two scores for each and enter the product as the weighted score. Finally, sum the weighted scores for a total score.

	Extent to Which Condition is Met	Level of Confidence	Wtd. Score
Market Readiness			
The technology offers significant identifiable and quantifiable benefits	---	---	---
The product/process has distinct advantages over competing products	---	---	---
The technology has future uses	---	---	---
There is a definable marketable product	---	---	---
A defined market is accessible	---	---	---
The market is a large one	---	---	---
The market is a growing one	---	---	---
The technology has immediate market uses	---	---	---
The technology will be first-to-market	---	---	---
Manufacturing is determined to be feasible	---	---	---
Market Readiness Score (Max. 90)		Subtotal	---
Technology Readiness			
The technology is a new, non-obvious invention	---	---	---
The patent and literature search are complete and clear	---	---	---
There are no other dominant patents	---	---	---
The technology is state-of-the-art or major breakthrough	---	---	---
The technology is a core or platform technology	---	---	---
No pending publications (<i>Canada only</i>)	---	---	---
Technology Readiness Score (Max. 45 or 54)		Subtotal	---
Commercial Readiness			
Prospective licensees are identified	---	---	---
Inventor has industry contacts	---	---	---
Licensee financial support is available for further development/patenting	---	---	---
There is access to venture capital	---	---	---
A positive return on investment is expected	---	---	---
Royalty/licensing income expected to provide positive net present value	---	---	---
Low marketing costs (<i>Canada only</i>)	---	---	---
Government support available for additional development (<i>Universities only</i>)	---	---	---
Commercial Readiness Score (Max. 54 or 63 or 71)		Subtotal	---
Management Readiness			
Inventor will champion as a team player	---	---	---
The inventor has realistic expectations for success	---	---	---
The inventor is recognized and established in the field	---	---	---
Commercialization skills are available	---	---	---
Management capabilities are available	---	---	---
Inventor holds patent (<i>Government labs only</i>)	---	---	---
Management Readiness Score (Max. 45 or 54)		Subtotal	---
		TOTAL SCORE	---

™M. Griffith, L. Heslop, E. Gregor, 1999

Εικόνα 10. Το μοντέλο τριφυλλίου "Cloverleaf model".

Οι υπο-βαθμολογίες σε καθεμία από τις τέσσερις κατηγορίες επίσης θα πρέπει να εξετάζονται. Μια τεχνολογία η οποία αποκτά μια συνολική υψηλή βαθμολογία, αλλά μια πολύ χαμηλή βαθμολογία σε μια από τις τέσσερις διαστάσεις πρέπει να επαναδιατυπωθεί για να βελτιωθεί αυτή η διάσταση.

Το σημαντικότερο συμπέρασμα της παρούσας μελέτης είναι ότι πρέπει να υπάρχει ουσιαστική αντοχή και στις τέσσερις διαστάσεις για να γίνει με επιτυχία μια μεταφοράς τεχνολογίας.

Βιβλιογραφία

- Ινστιτούτο Εργασίας (INE) (1997) *Νέες τεχνολογίες και κοινωνικές επιπτώσεις, Ενημέρωση*. Τεύχος 30, Νοέμβριος 1997.
- Μανιαδάκης, Ν. Φραγκουλάκης, Β. Πρεζεράκος, Π. (2007) *‘Αξιολόγηση υπηρεσιών υγείας: Σύγκριση κόστους νέων τεχνολογιών στην υγεία’*, Κοινωνία, Οικονομία και Υγεία, No.1, pp.92-106.
- Παπαϊωάννου, Δ. (1997) *‘Η Αποτίμηση των Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων’*, Σεπτέμβριος 1997, pp.1-97, [21 January 2013].
- Παρατηρητήριο για την κοινωνία της πληροφορίας (ΚτΠ) (2007) *‘Μελέτη Βελτίωσης Αποδοτικότητας των Επενδύσεων σε Τεχνολογίες Πληροφορικής στη Δημόσια Διοίκηση: Πλαίσιο αξιολόγησης της αποδοτικότητας των επενδύσεων σε τεχνολογίες πληροφορικής στο δημόσιο τομέα’*, Έκδοση 2η, Νοέμβριος 2007, [21 January 2007].
- Ballard, S., Hall, T. (1984) *‘Theory and practice of integrated impact assessment: the case of the western energy study’*, Forecast. Soc. Change, Vol. 25, No.1, February 1984, pp.37–48.
- Banta, D. (2009) *‘What is technology assessment?’*, International Journal of Technology Assessment in Health Care, Vol.25, No.1, pp.7-9.
- Banuls, V., Salmeron, J. (2006). *‘A scenario-based assessment model- SBAM’*, Forecast. Soc. Change, [Online] Available from: http://www.researchgate.net/publication/230750853_A_Scenario-based_Assessment_Model_-_SBAM?ev=prf_pub
- Bastani, B., Mintarno, E., Fernandez, D. (2007) *‘Technology Transfer: Licensing Intellectual Property from Universities to Industry’*, [Online], Available from: <http://www.iploft.com/Ev-BB-TechXfer.pdf>, [18 March 2013].
- Berg, M. et al., (1976) *‘A value-oriented policy generation methodology for technology assessment’*, Forecast. Soc. Change, Vol. 8, No. 4, pp.401–420.
- Berry, Dunn, McNeil and Parker (BDMP)(2011) *‘Information Technology Assessment’*, University of Hampshire, March 15th 2011, [23 January 2013].

Bozzette, S. et al. (2001) '*Pharmaceutical Technology Assessment for Managed Care Current Practice and Suggestions for Improvement*', Prepared for Sanofi-Synthelabo Inc., August 2001.

Chen, K. et al., (1981) '*Long-range scenario construction for technology assessment*', Forecast. Soc. Change, Vol. 20, No. 1, August 1981, pp.27–40. Available from: <http://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/24286/0000552.pdf;jsessionid=2183B76B8575E21E0999F038188DFC6E?sequence=1>

Coates, J. (1974) '*Some methods and techniques for comprehensive impact assessment*', Forecast. Soc. Change, Vol. 6, pp.341–357.

Coates, J. (1976) '*The role of formal models in technology assessment*', Technol. Forecast. Soc. Change, Vol. 9 No.1–2, pp.139–190.

Coates, J. (1982) '*What is technology assessment?*', Impact Assessment, Vol.1, No.1, pp.20-24, [17 January 2013].

Coates, J., (2001), '*A 21st century agenda for technology assessment*', Forecast. Soc. Change, Vol. 67, No.2–3, pp.303–308. Available from: http://www.josephcoates.com/pdf_files/252_21st_Century_TA_Agenda.pdf

Coates, V., Fabian, T. (1982) '*Technology assessment in industry: a counterproductive myth?*', Forecast. Soc. Change, Vol.22, pp.331–341.

Cooper, R. (1992) '*The NewProd System: The Industry Experience*', Journal of Product Innovation Management, Vol. 9, No.2, pp.113–127.

Dacus, C. (2012) '*Improving Acquisition Outcomes Through Simple System Technology Readiness Metrics*', Defense ARJ, October 2012, Vol. 19, No. 4, pp.444–461.

Department of Defense (DoD) (2009) '*Technology Readiness Assessment (TRA) Deskbook*', July 2009, Available from: http://www.skatelescope.org/public/2011-11-18_WBS-SOW_Development_Reference_Documents/DoD_TRA_July_2009_Read_Version.pdf [12 February 2013].

Department of Defense (DoD) (2011) *Technology Readiness Assessment (TRA) Guidance*, April 2011, Available from: <http://www.acq.osd.mil/chieftechnologist/publications/docs/TRA2011.pdf> [12 February 2013].

Draborg, E., Gyrd-Hansen D. (2005) '*International comparison of the definition and the practical application of health technology assessment*', *International Journal of Technology Assessment in Health Care*, Vol.21, No.1, January 2005, pp 89-95, [17 January 2013].

Dubos, G., Saleh, J., Braun, R.(2007) '*Technology Readiness Level, Schedule Risk and Slippage in Spacecraft Design: Data Analysis and Modeling*', American Institute of Aeronautics and Astronautics Space, 18-20 September 2007, pp.1-16, Available from: <https://smartech.gatech.edu/bitstream/handle/1853/26285/AIAA-2007-6020-357.pdf> [14 February 2013].

Ende, J., Mulder, K., Knot, M., Moors, E., Vergragt, P. (1998) '*Traditional and Modern Technology Assessment: Toward a Toolkit Technological Forecasting & Social Change 58*', nrs 1&2, pp. 5-21. Available from: http://ocw.tudelft.nl//courses/sustainable-development/technics-and-future/readings/?jumpurl=uploads%2Fmedia%2FTraditional_and_modern_Technology_Assessment.pdf

EUROPTA (2000) *European Participatory Technology Assessment – Participatory Methods in Technology Assessment and Technology Decision-Making project report*. [Online] Available from: http://www.tekno.dk/pdf/projekter/europta_Report.pdf

Farahani, F. (1996) *Culture and Technology: The Cultural Aspect of Technology*. In: Saraswati, B. *Interface of cultural identity development*, [Online], Available from: http://www.ignca.nic.in/ls_03019.htm [21 January 2013].

Friedman, C., Wyatt, J., Owens D. (2006) *Evaluation and Technology Assessment*. In: Friedman, C., Wyatt, J. *Biomedical Informatics*, 3rd ed. Springer, pp.403-443, [17 January 2013].

Garud, R. and Ahlstrom, D. (1997) '*Technology assessment: a socio-cognitive perspective*', Elsevier, Vol.14, No.1, pp.25-48.

Goldenberg, L. (2005) '*The "Integration/Penetration Model:" Social Impacts of Nanobiotechnology Issues*', Nanotechnology: Societal Implications-Individual Perspectives, pp.141-151.

Graettinger, C. et. al. (2002) '*Using the Technology Readiness Levels Scale to Support Technology Management in the DoD's ATD/STO Environments*', Software Engineering Process Management Program, Carnegie Mellon University, September 2002, Available from: <http://www.sei.cmu.edu/reports/02sr027.pdf> [15 February 2013].

Guston, D., Sarewitz, D. (2002) '*Real-time technology assessment*', Technology in Society, Elsevier, Vol.24, pp.93-109, [22 January 2013].

Hellstrom, T. (2003) '*Systemic innovation and risk: technology assessment and the challenge of responsible innovation*', Technol. Soc. Vol 25, pp.369–384.

Heslop, L., McGregor, E., Griffith, M. (2001) '*Development of a Technology Readiness Assessment Measure: The Coverleaf Model of Technology Transfer*', Journal of Technology Transfer, Vol. 26, No. 4, pp. 369-384.

Hicks, B., Larsson, A., Culley, S., Larsson, T. (2009) '*A methodology for evaluating Technology Readiness during product development*', International conference on engineering design, Stanford University, Stanford, USA, 24-27 August 2009, pp.157-168.

Huff, S. and Munro, M. (1985) '*Information Technology Assessment and Adoption: A Field Study*', MIS Quarterly, December 1985, pp.327-340.

Institute of Technology Assessment (ITA), (2013) *How ITA Works*, [Online], Available: <http://www.oeaw.ac.at/ita/ebene3/e2-1a.htm> [17 January 2013].

International Technology Education Association (ITEA), (2000/2002/2007) *Standards for technological literacy: Content for the study of technology*. Reston.

Keller, P., Ledergerber, U. (1998) '*Bimodal system dynamic a technology assessment and forecasting approach*', Forecast. Soc. Change, Vol. 58, pp.47–52.

Klein-Seetharaman, J. (2005) '*The Use of Analogies for Interdisciplinary Research in the Convergence of Nano-, Bio-, and Information Technology*', Nanotechnology: Societal Implications-Individual Perspectives, pp.152-157.

Konsbruck, R.L. (2002) '*Impacts of Information Technology on Society in the new Century*', [Online], Available from: <http://www.zurich.ibm.com/pdf/news/Konsbruck.pdf> [21 January 2013].

Linstone, H. et al., (1979) '*The use of structural modeling for technology assessment*', Forecast. Soc. Change, Vol 14, No. 4, September 1979, pp.291–327. Available from: http://www.academia.edu/300840/The_Use_of_Structural_Modeling_for_Technology_Assessment

Linstone, H. (1981) '*The multiple perspective concept: with applications to technology assessment and other decision areas*', Forecast. Soc. Change, Vol. 20, No.4, December 1981, pp.275–325. Available from: <http://www.cgee.org.br/atividades/redirKori/3321>

Lough, T. White, K. (1988) '*A technology assessment methodology for electric utility planning in the United States*', Forecast. Soc. Change, Vol.34, No 1, August 1988, pp.53–67.

Maloney J. (1982) '*How companies assess technology*', Forecast. Soc. Change, Vol.22, No.3–4, December 1982, pp.321–329.

Mankins, J. (1995) *Technology Readiness Levels*, Office of Space Access and Technology NASA, 6 April 1995, Available from: <http://www.hq.nasa.gov/office/codeq/trl/trl.pdf> [12 February 2013].

Masutti, O. (2001) '*Impact of IT on society in the new century*', Zürich, Switzerland, February 28th 2001, pp.1-6, [21 January 2007].

McDonald, A., Schratzenholzer, L. (2002) '*Learning curve and technology assessment*', Intern. J. Technol. Manage, Vol 23, Nos 7/8.

Merkhofer, M. (1982) '*A process for technology assessment based on decision analysis*', Forecast. Soc. Change, Vol. 22, No. 3–4, December 1982, pp.237–265.

Miller, S. (2005) *‘Converging Technologies: Innovation, Legal Risks, and Society’*, Nanotechnology: Societal Implications-Individual Perspectives, pp.158-160.

Minning, C., Moynihan, P., Stocky John, F. (2003) *‘Technology Readiness Levels for the New Millennium Program’*, Aerospace Conference 2003, IEEE, Vol.1, pp.1-10.

National Research Council (NRC), (1996) *The national science education standards*. Washington, The National Academy Press, pp.19-26, [16 January 2013].

NATO (2008), *Chapter 4: Technological gaps and the way to close them*, In: Bridging the Gap in Military Robotics, NATO Science and Technology Organization, Available from: <http://ftp.rta.nato.int/public//PubFullText/RTO/TR/RTO-TR-IST-052//TR-IST-052-04.pdf> [12 February 2013].

Nguyen, N. et al., (1996) *‘Methodological issues in information technology assessment’*, Intern. J. Technol. Manage, Vol.1, No.5–6, pp.566–581.

Nobel, C. (2012) *‘How technology adoption affects global economies’*, Harvard Business School, Working knowledge, July 30th 2012, pp.1-2.

Office of Technology Assessment, (1984) *Nuclear Power in an Age of Uncertainty*. [Online], Available from: <http://www.fas.org/ota/reports/8421.pdf> [22 January 2013].

Palm, E. Hansson, S. (2006), *‘The case for ethical technology assessment’*, Forecast. Soc. Change, Vol. 73, pp.543–558.

Porter, A. (1995) *‘Technology Assessment’*, Impact Assessment, Vol.13, pp.135-151.

Ramanujam, V., Saaty, T., (1981) *‘Technological choice in the less developed countries: an analytic hierarchy approach’*, Forecast. Soc. Change, Vol. 19, pp.81–98.

Sanders, M. (2010) *Τεχνολογία Επικοινωνιών*. Ίδρυμα Ευγενίδου, Β’ Έκδοση, Αθήνα.

Schot, J.W. and Rip, A. (1997) *‘The Past and the Future of Constructive Technology Assessment’*, Technological Forecasting and Social Change, Vol.54, No.2-3, pp. 251-268. Available from: http://doc.utwente.nl/34163/1/the_past_and_future.pdf

Siegrist, M. (2000) '*The Influence of Trust and Perceptions of Risks and Benefits on the Acceptance of Gene Technology*', Risk Analysis, Vol. 20, No. 2, pp.195-203.

Smith, J. (2005) '*An Alternative to Technology Readiness Levels for Non-Developmental Item (NDI) Software*', Proceedings of the 38th Hawaii International Conference on System Sciences, IEEE, pp.1-8, Available from: <http://www.sei.cmu.edu/reports/04tr013.pdf> [13 February 2013].

Smith, P., Byrd, J. (1978) '*A preliminary technology assessment of a standardized container recycling system*', Forecast. Soc. Change, Vol. 12, No.1, June1978, pp.31–39.

Thielke, T. et al. (2009) '*Pharmacy-Driven Technology Assessment: A Primer*', High Performance Pharmacy, Executive Alliance, pp.1-8.

Tran, T., Daim, T., (2008) '*A taxonomic review of methods and tools applied in technology assessment*', Technology Forecasting and Social Change, Vol. 75, No. 9, November 2008, pp 1396-1405.

Van Eijndhoven, J. (1997) '*Technology Assessment: Product or Process?*', Technological Forecasting & Social Change, Vol.54, No.2, pp.269-286.

Van Est, R., Brom, F. (2012) '*Technology assessment: Analytic and democratic practice*', In: Chadwick R (ed.) Encyclopedia of applied ethics: Second edition, volume 4. San Diego: Academic Press. pp. 306-320.

Wilhite, A., Lord, R. (2006). '*Estimating the risk of technology development*', Eng. Manage. J., Vol. 18, No. 3, September 3–10.

Winebrake, J., Creswick, B. (2003) '*The future of hydrogen fueling systems for transportation: an application of perspective-based scenario analysis using the analytic hierarchy process*', Forecast. Soc. Change, Vol. 70, pp.359–384. Available from:

<http://shc.ncue.edu.tw/data/%E8%AB%96%E6%96%87%E9%87%8D%E8%A6%81%E6%96%87%E7%8D%BB/The%20future%20of%20hydrogen%20fueling%20systems%20for%20transportation.pdf>

Wolstenholme, E. (2003) '*The use of system dynamics as a tool for intermediate level technology evaluation: three case studies*', J. Engin. Technol. Manage., Vol. 20, pp. 193–204. Available from: http://moodle.ncku.edu.tw/file.php/34778/moddata/forum/4058/36494/intermediate_1_evel_technology_evaluation_I.pdf

Wonacott, M. (2001) '*Technological Literacy*', Eric Digest, No.233, [16 January 2013].