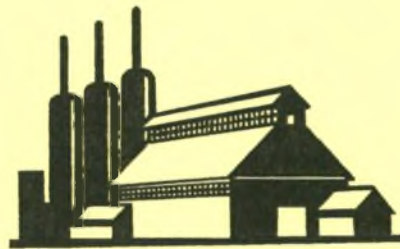




ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ**



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΤΙΤΛΟ:

« Δυναμική της διαχείρισης έργου και ανάπτυξης νέων προϊόντων »

Ελευθερίου Νεκτάριος

Επιβλέπων : Δρ. Γεώργιος Σταμπολής

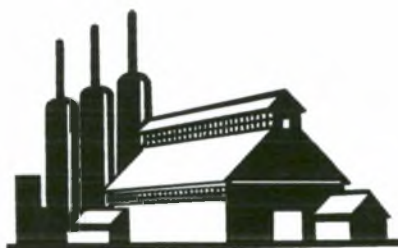
**ΒΟΛΟΣ
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2002**



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ**



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΤΙΤΛΟ:

« Δυναμική της διαχείρισης έργου και ανάπτυξης νέων προϊόντων »

Ελευθερίου Νεκτάριος

Επιβλέπων : Δρ. Γεώργιος Σταμπουλής

**ΒΟΛΟΣ
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2002**



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»

Αριθ. Εισ.: 960/1

Ημερ. Εισ.: 19-02-2004

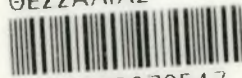
Δωρεά:

Ταξιθετικός Κωδικός: Δ

658.575

ΕΛΕ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000070547

Στους γονείς μου

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας νιώθω τη υποχρέωση να απευθύνω τις θερμές μου ευχαριστίες στον επιβλέποντα καθηγητή μου Δρ. Γεώργιο Σταμούλη, για τη σημαντική βοήθεια που μου πρόσφερε. Η καθοδήγησή του ήταν καθοριστικής σημασίας για την πρόοδο και την ολοκλήρωση της εργασίας μου, ενώ πολλές φορές εργάστηκε μαζί μου σπαταλώντας πολύ από τον προσωπικό του χρόνο. Επιπλέον θα ήταν παράλειψή μου να μην ευχαριστήσω τους γονείς μου για την αμέριστη συμπαράσταση και υπομονή που έδειξαν καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου, φροντίζοντας να με κρατάνε απερίσπαστο από τις ακαδημαϊκές υποχρεώσεις μου.

ΟΣΟ ΜΠΟΡΕΙΣ

Κι αν δεν μπορείς να κάνεις τη ζωή σου όπως την θέλεις,
τούτο προσπάθησε τουλάχιστον
όσο μπορείς: μην την εξευτελίζεις
μες στην πολλή συνάφεια του κόσμου,
μες τες πολλές κινήσεις κι ομιλίες.

Μην την εξευτελίζεις πηαίνοντάς την,
γυρίζοντας συχνά κι εκθέτοντάς την
στων σχέσεων και των συναναστροφών
την καθημερινήν ανοησία,
ως που να γίνει σα μια ξένη φορτική.

Κ. Π. Καβάφης (1913)

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Σελίδα

Κεφάλαιο 1

1.1 Εισαγωγή	1
1.2 Η οργανωτική δομή	2
1.3 Η διαδικασία ανάπτυξης του προϊόντος και η διαχείριση έργου	2
1.3.1 Η δυναμική του έργου ανάπτυξης	3
1.3.2 Προβλήματα κατά την ανάπτυξη του έργου	5

Κεφάλαιο 2

2.1 Εισαγωγή	7
2.2 Οι φάσεις ανάπτυξης ενός έργου	8
2.2.1 Αλληλεξαρτήσεις μεταξύ των φάσεων ανάπτυξης	9
2.2.1.1 Τα βασικά στοιχεία των φάσεων	11
2.2.1.2 Δραστηριότητες εντός των φάσεων	11
2.2.1.3 Δείκτης απόδοσης διαδικασίας ανάπτυξης προϊόντος	12
2.2.2 Περιορισμοί	13
2.2.3 Η δυναμική της ανάπτυξης του προϊόντος	13
2.2.3.1 Βασικοί παράγοντες για την επιτυχία μιας παραγωγικής διαδικασίας	13
2.2.3.1.1 Καθορισμός των απαιτήσεων (προδιαγραφές)	14
2.2.3.1.1.1 Διαχείριση της διαδικασίας καθορισμού των απαιτήσεων	15
2.2.3.1.2 Διαχείριση – Προγραμματισμός και κατανομή των πόρων	17
2.2.3.1.2.1 Στρατηγική κατανομής των πόρων	18
2.2.4 Ανάπτυξη πολύπλοκων προϊόντων και η αβεβαιότητα της καινοτομικής διαδικασίας	19
2.2.4.1 Περιορισμοί	20
2.2.4.2 Τι κάνει ένα προϊόν επιτυχημένο	21
2.4.3 Σχέση προϊόντος και καινοτομικής διαδικασίας	23
2.2.4.3.1 Γραμμικές και πολύπλοκες καινοτομικές διαδικασίες	24
2.2.4.4 Η οργάνωση των πολύπλοκων έργων ανάπτυξης	25

2.2.4.4.1 Κατανοώντας τα πολύπλοκα έργα ανάπτυξης	26
2.4.4.2 Ο χειρισμός των προβλημάτων κατά την ανάπτυξη πολύπλοκων προϊόντων	28
2.2.4.5 Η διαχείριση της αβεβαιότητας	29
2.2.4.5.1 Έλεγχος του έργου : έργο και διαχείριση ρίσκου	29
2.2.4.5.2 Εμποδίζοντας τα σχεδιαστικά σφάλματα : απόκτηση ικανοτήτων, προγράμματα και εξομοιωτές ανάλυσης της τεχνολογίας	30
2.2.4.5.3 Εμποδίζοντας τις λανθασμένες προδιαγραφές	31
2.2.4.6 Οργανωτικές αλλαγές	32
2.2.5 Παράλληλη Ανάπτυξη (Concurrent Engineering) – Εισαγωγή	33
2.2.5.1 Η παράλληλη ανάπτυξη σε σχέση με την ανάπτυξη κατά στάδια	34
2.2.5.2 Επιδράσεις στον προγραμματισμό	35
2.2.5.3 Επιπτώσεις για τον έλεγχο	36
2.2.5.4 Σημεία βελτίωσης	37
2.2.5.5 Η δυναμική της ανάπτυξης	37
2.2.5.6 Στοιχεία της δυναμικής αναπτυξιακής διαδικασίας	38
2.2.5.7 Μοντελοποιώντας το ταίριασμα (coupling) της διαδικασίας	39
2.2.5.8 Το ταίριασμα της εργασίας	40
2.2.5.9 Στρατηγικές ελέγχου και βελτίωσης	41
2.2.5.10 Συμπεράσματα	41
2.2.5.10.1 Προβλήματα εφαρμογής της Παράλληλης Ανάπτυξης	42

Κεφάλαιο 3

3.1 Εισαγωγή	46
3.2 Ανάλυση του προβλήματος	47
3.2.1 Στόχος του μοντέλου	48
3.3 Περιγραφή του μοντέλου προσομοίωσης	48
3.3.1 Καθορισμός των υποσυστημάτων	48
3.3.2 Ανάλυση των υποσυστημάτων με τη βοήθεια της συστημικής δυναμικής	49
3.3.2.1 Το μοντέλο συστημικής δυναμικής της ανάλυσης απαιτήσεων	49
3.3.2.2 Το μοντέλο συστημικής δυναμικής της E&A του προϊόντος	51

3.3.2.3 Το μοντέλο συστημικής δυναμικής της E&A της διαδικασίας ανάπτυξης του προϊόντος	52
3.3.2.4 Το μοντέλο συστημικής δυναμικής της παραγωγής	53
3.3.2.5 Το μοντέλο συστημικής δυναμικής της αγοράς	57
3.3.2.6 Το μοντέλο συστημικής δυναμικής της απόδοσης της εταιρείας	57
3.4 Ανάλυση των υποσυστημάτων του μοντέλου	60
3.4.1 Το υποσύστημα της ανάλυσης των απαιτήσεων	60
3.4.1.1 Τα στοιχεία του υποσυστήματος της ανάλυσης των απαιτήσεων	60
3.4.2 Το υποσύστημα της E&A του προϊόντος	63
3.4.2.1 Τα στοιχεία του υποσυστήματος της έρευνας και ανάπτυξης του προϊόντος	64
3.4.3 Το υποσύστημα της E&A της διαδικασίας ανάπτυξης του προϊόντος	67
3.4.3.1 Τα στοιχεία του υποσυστήματος της E&A της διαδικασίας ανάπτυξης του προϊόντος	67
3.4.4 Το υποσύστημα της παραγωγής	70
3.4.4.1 τα στοιχεία του υποσυστήματος της παραγωγής	71
3.4.5 Το υποσύστημα της αγοράς	74
3.4.5.1 Τα στοιχεία του υποσυστήματος της αγοράς	74
3.4.6 Το υποσύστημα της απόδοσης τη εταιρείας	77
3.4.6.1 Τα στοιχεία του υποσυστήματος της απόδοσης της εταιρείας	78

Κεφάλαιο 4

4.1 Εισαγωγή	81
4.2 Καθορισμός των μεταβλητών	81
4.2.1 Οι μεταβλητές στρατηγικής της εταιρείας	81
4.2.2 Οι μεταβλητές σεναρίου	82
4.3 Μελέτη των στρατηγικών επιλογών μιας εταιρείας με βάση τις μεταβλητές στρατηγικής	84
4.3.1 Στρατηγική 1 ^η	84
4.3.2 Στρατηγική 2 ^η	88
4.4 Συμπεράσματα	92
4.5 Χρήσιμα διαγράμματα	93

4.5.1 Ανάλυση ευαισθησίας του μοναδιαίου κόστους σε σχέση με το ρυθμό μάθησης	93
4.5.2 Ανάλυση ευαισθησίας του κεφαλαίου και των πωλήσεων σε σχέση με το ρυθμό αύξησης της αγοράς (market growth)	94
4.5.3 Ανάλυση ευαισθησίας των πωλήσεων ως προς το μέσο χρόνο ζωής του προϊόντος	95
Κεφάλαιο 5	
5.1 Εισαγωγή	97
5.2 Αποτελέσματα της προσομοίωσης και απολογισμός της προσέγγισης	98
5.3 Προτάσεις για έρευνα	99
Βιβλιογραφία	100
Παραρτήματα	
Παράρτημα Α	A-1
Παράρτημα Β	B-1

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Καινοτομία προϊόντος και διαδικασία ανάπτυξης

1.1 Εισαγωγή

Είναι πολύ δύσκολο να αναπτύσσει κανείς επιτυχημένα προϊόντα, που στο τέλος να αφήνουν και σημαντικά περιθώρια κερδοφορίας. Η διαδικασία ανάπτυξης του προϊόντος είναι μια δραστηριότητα που προϋποθέτει την συμβολή σχεδόν όλων των τμημάτων και λειτουργιών μιας εταιρείας. Γι' αυτόν ακριβώς το λόγο αποτελεί μια σημαντική πρόκληση για μια ομάδα έργου.

Παρ' όλ' αυτά πρόσφατες έρευνες έχουν δείξει ότι η τέχνη της ανάπτυξης προϊόντος δεν έχει βελτιωθεί και τόσο πολύ, με αποτέλεσμα σε πολλά έργα ανάπτυξης παρατηρούμε να λείπει η φωνή του πελάτη, ενώ πολλά προϊόντα εισέρχονται στη φάση της ανάπτυξης χωρίς να έχουν προσδιοριστεί πλήρως (Cooper, 1998).

Τα νέα προϊόντα στοχεύουν σε διεθνείς αγορές και πρέπει να διαθέτουν διεθνείς προδιαγραφές (Cooper, 1990). Ο διεθνής αυτός προσανατολισμός σημαίνει ότι καθορίζεται η αγορά σύμφωνα με τις διεθνείς συνθήκες και τα προϊόντα σχεδιάζονται έτσι ώστε να ικανοποιούν απαιτήσεις τέτοιων αγορών. Επίσης μπορεί να σημαίνει υιοθέτηση διεθνών διαδικασιών ανάπτυξης προϊόντων, χρησιμοποίηση διαλειτουργικών ομάδων με μέλη από όλο τον κόσμο και συλλογή πληροφοριών για την αγορά από πολλαπλές διεθνείς αγορές, οι οποίες θα συμβάλλουν στο σχεδιασμό του νέου προϊόντος (Cooper, 1999).

1.2 Η οργανωτική δομή

Μια εταιρεία πρέπει να διαθέτει μια άρτια οργάνωση προκειμένου να είναι ικανή να αντεπεξέλθει σε μια προσπάθεια ανάπτυξης ενός νέου προϊόντος, καθώς η επιτυχία δεν εξασφαλίζεται μόνο από μια επιτυχημένη διαδικασία, αλλά και από τη σωστή οργάνωση μιας εταιρείας. Ο καλός οργανωτικός σχεδιασμός σημαίνει ότι τα έργα είναι οργανωμένα ως μια διαλειτουργική ομάδα και καθοδηγούνται από ένα ισχυρό ηγέτη, από την αρχή μέχρι το τέλος, αφοσιωμένο και επικεντρωμένο στο εγχείρημα του οποίου ηγείται (Cooper, 1999).

1.3 Η διαδικασία ανάπτυξης του προϊόντος και η διαχείριση έργου

Η επιτυχημένη ανάπτυξη προϊόντος προϋποθέτει την αποτελεσματική διαχείριση έργου. Τα έργα έρευνας, σχεδιασμού και ανάπτυξης είναι περιβόητα για την αποτυχία τους να επιτύχουν την ολοκλήρωσή τους εντός του κόστους και των καθορισμένων χρονοδιαγραμμάτων, παρόλη τη σημαντική προσπάθεια που γίνεται τα τελευταία χρόνια για τη βελτίωση της διαχείρισης έργων (Reichelt and Lyneis, 1999).

Τα έργα αποτελούν δυναμικά συστήματα και πρέπει να αντιμετωπίζονται ανάλογα. Οι τρέχουσες προσεγγίσεις προγραμματισμού αποτυγχάνουν να λάβουν υπόψη παράγοντες όπως: η επανεπεξεργασία (ειδικότερα η μη αποκαλυφθείσα επανεπεξεργασία), οι επιδράσεις από αναδράσεις και συχνά οι διάφοροι φαύλοι κύκλοι, που προκαλούν αλλαγή στην παραγωγικότητα και την ποιότητα της εργασίας (Reichelt and Lyneis, 1999).

Γιατί όμως τα έργα εξακολουθούν να μην αποδίδουν σύμφωνα με τα αναμενόμενα; Ενώ είναι πολύπλοκα δυναμικά συστήματα εντούτοις τα εργαλεία του μανάτζμεντ (Reichelt and Lyneis, 1999):

1. βλέπουν τα έργα στατικά
2. λαμβάνουν μόνο μια τμηματική και στενή εικόνα του έργου, με συνέπεια οι μανάτζερ να μη μπορούν να αντιληφθούν την πολυπλοκότητά του
3. καλλιεργούν την αντίληψη ότι κάθε έργο είναι μοναδικό και έτσι γίνεται δύσκολη η συστηματική μάθηση κατά τη διάρκεια του έργου.

1.3.1 Η δυναμική του έργου ανάπτυξης

Προκειμένου να βελτιωθεί η απόδοση ενός έργου οι μάνατζερ θα πρέπει να καταλάβουν τις δυναμικές σχέσεις παραλληλίας που περιορίζουν την ακολουθία των εργασιών, καθώς επίσης και τα αποτελέσματα και τις επιδράσεις με τους πόρους (όπως το εργατικό δυναμικό), τους σκοπούς και τους στόχους του έργου (όπως είναι οι ημερομηνίες παράδοσης) (Ford and Sterman, 1998).

Η ικανότητα της ανάπτυξης ενός έργου γρήγορα, φθηνά και αποδοτικά έχει μετατρέψει την απόδοση των έργων ανάπτυξης προϊόντων σε μια περιοχή συνεχώς αυξανόμενου ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος. Οι εταιρίες φαίνεται ότι αντιλήφθηκαν τη νέα αυτή τάση και στράφηκαν προς ένα παράδειγμα ομαδικής παράλληλης ανάπτυξης. Αυξάνοντας την παραλληλία και τη διαλειτουργική ανάπτυξη, αυξάνεται επίσης και η δυναμική πολυπλοκότητα της ανάπτυξης προϊόντος (Wetherbe, 1995). Τα πνευματικά νοητικά μοντέλα που χρησιμοποιούνται πολλές φορές από τους μάνατζερ για να αξιολογήσουν, εκτιμήσουν και διαχειριστούν έργα δεν έχουν γενικώς βελτιωθεί ώστε να συμπεριλάβουν δυναμικές επιρροές στην απόδοση. Κατά συνέπεια η έλλειψη πλήρους κατανόησης συμβάλλει στην κακή διαχείριση των έργων ανάπτυξης.

Πολλές πλευρές των έργων επηρεάζουν την απόδοση συμπεριλαμβανομένων της διαδικασίας, των πόρων, του εύρους και των στόχων (αντικειμενικών σκοπών). Η διαδικασία ανάπτυξης ενός έργου περιγράφει τις ροές της εργασίας ανάμεσα στις φάσεις ανάπτυξης και την ολοκλήρωση των εργασιών εντός κάθε φάσης. Τα χαρακτηριστικά μιας αναπτυξιακής διαδικασίας περιγράφουν τη σχετική δυσκολία των διαδικασιών ανάπτυξης, τις παράλληλες σχέσεις μεταξύ των δραστηριοτήτων, τις καθυστερήσεις εντός της διαδικασίας όπως η ανακάλυψη ατελειών και επαναλήψεις εντός και μεταξύ των φάσεων. Η ποσότητα και αποτελεσματικότητα των πόρων επηρεάζουν το ρυθμό με τον οποίο διαφορετικές δραστηριότητες ανάπτυξης εκτελούνται μειώνοντας την παραγωγική ικανότητα. Το εύρος ενός έργου συντελεί στον καθορισμό της ολοκλήρωσης αυτού περιγράφοντας το σύνολο της εργασίας που απαιτείται για να ολοκληρωθεί κάθε φάση της ανάπτυξης. Οι στόχοι περιγράφουν τα αποδεκτά επίπεδα απόδοσης και προτεραιοτήτων του έργου. Όλα τα παραπάνω (διαδικασία, πόροι, εύρος και στόχοι) αλληλεπιδρούν με πολύπλοκους τρόπους επηρεάζοντας έτσι την απόδοση ενός έργου.

Ένα τέτοιο αιτιακό (causal) δυναμικό μοντέλο έργου πρέπει σαφώς να υποδεικνύει και να ολοκληρώνει τις επιρροές των διαδικασιών, των πόρων, του εύρους και των στόχων στην απόδοση. Τρία από αυτά τα τέσσερα χαρακτηριστικά έχουν εκτενώς μοντελοποιηθεί από διάφορους ερευνητές της συστημικής δυναμικής. Πολλά μοντέλα έχουν χρησιμοποιηθεί για να προσομοιώσουν τους πόρους ενός έργου και να διερευνήσουν τις επιδράσεις της διαχείρισής τους στην εξέλιξη ενός έργου (Cooper, 1980, Homer, Sterman, Greenwood and Perkola, 1993 κ.α.). Σημαντική προσοχή έχει δοθεί και στα αποτελέσματα των αλλαγών στο εύρος ενός έργου. Οι επιρροές των στόχων του χρονοδιαγράμματος στην απόδοση έχουν επίσης μοντελοποιηθεί από πολλούς ερευνητές (Abdel-Hamid, 1984, Rogers, 1974 κ.α.).

Εντούτοις λίγη έρευνα έχει γίνει στο πώς οι απαιτήσεις και οι περιορισμοί διαφορετικών αναπτυξιακών διαδικασιών επηρεάζουν την απόδοση ενός έργου. Η γενική εξαίρεση των δομών αναπτυξιακών διαδικασιών από τα μοντέλα των έργων, αναμφίβολα θεωρεί ότι οι αναπτυξιακές διαδικασίες δεν έχουν επίδραση στην απόδοση του έργου. Η διαθεσιμότητα της εργασίας, όπως περιγράφεται από τις σχέσεις προτεραιότητας εντός και μεταξύ των φάσεων ανάπτυξης, είναι ένας σημαντικός περιορισμός στην απόδοση του έργου (Clark and Fujimoto, 1991, Wheelwright and Clark, 1992). Κατά συνέπεια η εξαίρεση της διαδικασίας ανάπτυξης από την εξέταση της απόδοσης ενός έργου μπορεί να οδηγήσει σε μη ρεαλιστικές προβλέψεις απόδοσης κάτω από ακραίες καταστάσεις.

Από την άλλη πλευρά πρέπει να τονιστεί ότι μια περισσότερο κατάλληλη περιγραφή της δυναμικής ανάπτυξης πρέπει να περιλαμβάνει ροές εργασίας, ευδιάκριτες αναπτυξιακές δραστηριότητες, συγκεκριμένους και ξεκάθαρους περιορισμούς των εργασιών. Τα περισσότερα μοντέλα συστημικής δυναμικής που αναφέρονται σε ανάπτυξη προϊόντων ή έργων περιλαμβάνουν δομές διαδικασίας που επικεντρώνουν στους ρόλους δύο ή τριών δραστηριοτήτων (Abdel-Hamid, 1984, Ford, Hou and Seville, 1993). Εντούτοις αυτά τα μοντέλα δεν περιελάμβαναν δραστηριότητες, εκτός από τις συνηθισμένες δραστηριότητες ανάπτυξης (αρχική ολοκλήρωση, απαιτούμενη επανεπεξεργασία και επιλεκτική (ή ακόμα και προαιρετική) επανεπεξεργασία για τη βελτίωση της ποιότητας.), όπως η ποιοτική επιβεβαίωση και ο συντονισμός.

Όλ' αυτά σε συνάρτηση με την εξέταση της παραλληλίας ή ταυτόχρονης επεξεργασίας εντός ή μεταξύ των φάσεων ανάπτυξης, μας δίνουν μια πληρέστερη και ασφαλέ-

στερη ανάλυση για το τι πραγματικά επηρεάζει μια διαδικασία ανάπτυξης ενός προϊόντος ή ενός έργου (Ford and Sterman, 1998).

Η επιτυχία ή όχι στην ανάπτυξη και ολοκλήρωση ενός προϊόντος ή ενός έργου εξαρτάται από την αποδοχή του από τον πελάτη και το βαθμό που αυτός μένει ευχαριστημένος από την ποιότητα του προϊόντος, το κόστος και το χρόνο που αυτό ολοκληρώνεται και παραδίδεται.

1.3.2 Προβλήματα κατά την ανάπτυξη του έργου

Παρόλο που όλες οι εταιρίες έχουν αντιληφθεί τη σπουδαιότητα της διαδικασίας ανάπτυξης, εντούτοις λίγες είναι αυτές που πραγματικά καταφέρνουν να φέρουν εις πέρας σημαντικά έργα εντός του προγραμματισμού. Τα προβλήματα παρουσιάζονται κυρίως εξαιτίας των λανθασμένων προδιαγραφών ενός προϊόντος, οι οποίες όμως προσπαθούν να αντιμετωπιστούν μόνο όταν εμφανιστούν, προκαλώντας έτσι καθυστερημένες αλλαγές που δημιουργούν αναστάτωση σε όλη τη διαδικασία ανάπτυξης.

Προκειμένου να αντιμετωπιστούν αυτές οι δυσκολίες, γίνεται μια προσπάθεια να μειωθούν οι αποστάσεις μεταξύ των φάσεων της ανάπτυξης του προϊόντος χρησιμοποιώντας διαλειτουργικές ομάδες. Η αποτελεσματικότητα τέτοιων οργανωτικών δομών εξαρτάται από τη σωστή εφαρμογή τους. Μελέτες έχουν δείξει όμως, ότι η πρόωμη συμμετοχή ανθρώπων από επόμενες φάσεις ανάπτυξης σε κάποιες αρχικές, συχνά αποδεικνύεται ελάχιστα αποτελεσματική. Αυτό μας δείχνει ότι η χρησιμοποίηση των διαλειτουργικών ομάδων παρουσιάζει προβλήματα στην εφαρμογή της. Κατά συνέπεια μια αληθινά παράλληλη διαδικασία σπάνια λαμβάνει χώρα σωστά (Calderini and Cantamessa, 1997).

Η επανεπεξεργασία (rework) και οι μεταβολές της διαδικασίας που πολλές φορές συναντούμε, δημιουργούνται από τα στάδια καθορισμού των απαιτήσεων και σχεδιασμού του προϊόντος. Η έλλειψη κατανόησης και η λανθασμένη ερμηνεία των απαιτήσεων των πελατών, οι ανεπαρκείς πόροι, τα σχεδιαστικά σφάλματα και πολλά άλλα έχουν τις ρίζες τους στον ανεπαρκή συντονισμό και ολοκλήρωση. Είναι πιο εύκολο και φθηνότερο να προληφθεί ή να διορθωθεί ένα ελάττωμα κατά τη διάρκεια της διαδικασίας σχεδιασμού παρά στα τελευταία στάδια ενός έργου. Τα σχεδιαστικά σφάλματα μπορούν να μειωθούν εάν οι μάνατζερ κατανοήσουν, αναπτύξουν, και εφαρμόσουν τους κανόνες της διαχείρισης ποιότητας, διότι μόνο τότε θα μπορούν να αντιλαμβάνονται τη

διαχείρισης ποιότητας, διότι μόνο τότε θα μπορούν να αντιλαμβάνονται τη δημιουργία των σφαλμάτων τη στιγμή που αυτά εμφανίζονται και να τα θεραπεύουν (Love, Holt, Shen, Li and Irani, 2002).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Η διαχείριση του έργου και η ανάπτυξη νέων προϊόντων

2.1 Εισαγωγή

Η οικονομική και εμπορική επιτυχία των εταιριών εξαρτάται από την ικανότητά τους να αναγνωρίζουν τις ανάγκες των πελατών τους και την γρήγορη ανταπόκρισή τους σε αυτές, με την δημιουργία προϊόντων που τις ικανοποιούν αλλά και που μπορούν να παραχθούν με χαμηλό κόστος. Η επίτευξη ενός τέτοιου στόχου δεν είναι αποκλειστικά πρόβλημα του τμήματος μάρκετιν, ή του τμήματος σχεδιασμού ή της γραμμής παραγωγής. Είναι ένα σύνολο δραστηριοτήτων που ξεκινούν με την παρατήρηση ότι υπάρχει μια ευκαιρία στην αγορά και καταλήγουν στην παραγωγή, την πώληση και την διανομή του προϊόντος.

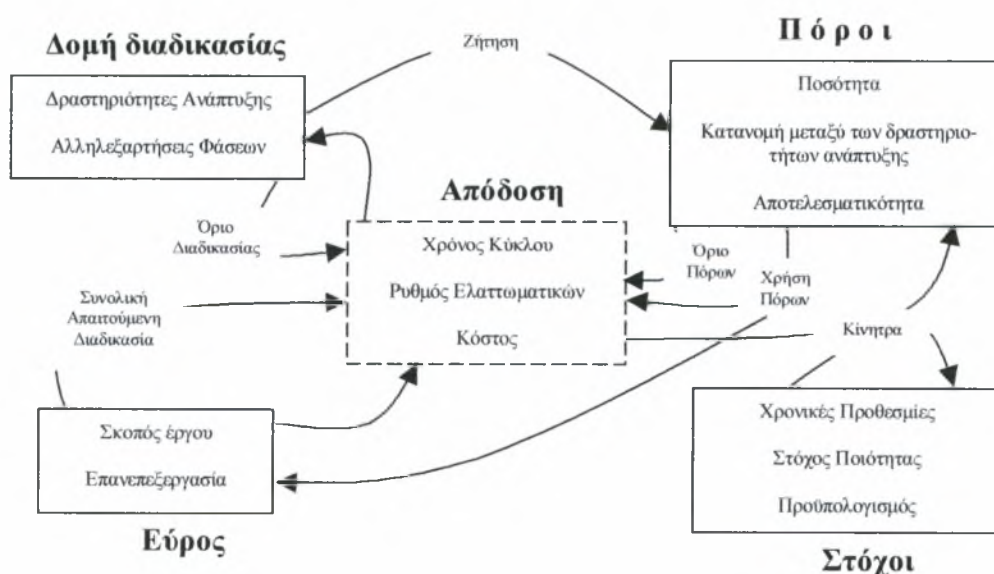
Η παροχή προϊόντων και υπηρεσιών μέσα στα όρια του χρονοδιαγράμματος και του προϋπολογισμού καθορίζει την αποτυχία ή την επιτυχία του προϊόντος και του έργου ανάπτυξης γενικότερα (Reichelt and Lyneis, 1999). Μεγάλη σημασία πρέπει να δοθεί στη σωστή και συντονισμένη λειτουργία των φάσεων ανάπτυξης ενός προϊόντος, καθώς συμβάλλουν αποφασιστικά στην ολοκλήρωση αυτού εντός του χρονοδιαγράμματος αλλά και εντός των εκτιμήσεων του προϋπολογισμού, διατηρώντας το κόστος ανάπτυξης σε ικανοποιητικά επίπεδα.

Ακολούθως δίνεται μια περιγραφή των φάσεων ανάπτυξης ενός προϊόντος ως στάδια ανάπτυξης ενός έργου.

2.2 Οι φάσεις ανάπτυξης ενός έργου

Σύμφωνα με τους Ford και Sterman (1998) η κάθε φάση ανάπτυξης παριστάνεται με μια γενική δομή που προσαρμόζεται για να αναπαραστήσει ένα συγκεκριμένο στάδιο της ανάπτυξης του προϊόντος, όπως για παράδειγμα το να γράψουμε έναν κώδικα λογισμικού ή να δοκιμάσουμε πρωτότυπα ολοκληρωμένων κυκλωμάτων ηλεκτρονικού υπολογιστή. Η γενική δομή έχει τέσσερα υποσυστήματα (που αποτελούν και τους παράγοντες που επιδρούν θετικά ή αρνητικά σε ένα έργο), τα οποία αλληλεπιδρούν και επηρεάζουν την απόδοση του έργου. Τα τέσσερα υποσυστήματα είναι οι διαδικασίες ανάπτυξης, οι πόροι, το εύρος και οι στόχοι. Για τη μέτρηση της απόδοσης χρησιμοποιούνται τρία κριτήρια ο χρόνος, η ποιότητα και το κόστος. Στην παρούσα μελέτη για λόγους ευκολίας και απλοποίησης πολλές φορές αυτοί οι τρεις παράγοντες αξιολόγησης του έργου θα αναφέρονται μαζί συνολικά σαν απόδοση και θα αντικατοπτρίζονται από το χρόνο κύκλου, τα ελαττωματικά προϊόντα και το κόστος. Οι βασικές αλληλεπιδράσεις των υποσυστημάτων φαίνονται στο σχήμα 2.1 και περιλαμβάνει δομές μεταβλητών στόχων, περιορισμούς πόρων και τη δημιουργία ζήτησης πόρων για αναπτυξιακές διαδικασίες (Ford and Sterman, 1998).

Σχήμα 2.1 : Οι φάσεις ανάπτυξης ενός έργου



Πηγή : Ford and Sterman, 1998

2.2.1 Αλληλεξαρτήσεις μεταξύ των φάσεων ανάπτυξης

Οι φάσεις ανάπτυξης ενός προϊόντος είναι οι ακόλουθες:

α. Φάση καθορισμού των χαρακτηριστικών του προϊόντος. Είναι υπεύθυνο το τμήμα μάρκετιν μιας εταιρίας, το οποίο αφού ερευνήσει τις συνθήκες της αγοράς και αξιολογήσει τις ανάγκες των πελατών αποφασίζει για τον καθορισμό των προδιαγραφών. Πρέπει να είναι σε συνεχή επαφή με το τμήμα σχεδιασμού προκειμένου οι απαιτήσεις που θα προβάλλει να μην είναι παράλογες και να μην ξεφεύγουν από τις τεχνολογικές κυρίως ικανότητες της εταιρίας.

β. Φάση σχεδιασμού. Σε αυτή τη φάση το προσωπικό του αντίστοιχου τμήματος αφού έχει πάρει τις προδιαγραφές του προϊόντος από το τμήμα μάρκετιν, προχωράει στο λεπτομερή σχεδιασμό του προς ανάπτυξη προϊόντος. Η επαφή με το προσωπικό του μάρκετιν πρέπει να αποτελεί συνεχή επιδίωξη, προκειμένου από αυτή την αλληλεπίδραση να αξιολογείται η πρόκληση ενός νέου προϊόντος.

γ. Φάση δοκιμής του πρωτοτύπου. Εδώ κατασκευάζεται ένα πρωτότυπο σύμφωνα με τα σχέδια της φάσης σχεδιασμού. Σκοπός είναι να αξιολογηθεί η ποιότητα του σχεδιασμού του προϊόντος και να φανεί αν αυτό ικανοποιεί τις προδιαγραφές που τέθηκαν από το τμήμα μάρκετιν. Έτσι δίνεται η έγκριση είτε για την παραγωγή του προϊόντος είτε για τον επανασχεδιασμό εκείνων των μερών που είναι εκτός προδιαγραφών.

δ. Φάση αξιολόγησης αξιοπιστίας/ποιότητας. Σε αυτή τη φάση γίνεται έλεγχος του τελικού προϊόντος όσον αφορά την αξιοπιστία και την ποιότητά του. Εδώ μπορούν να βρεθούν ατέλειες είτε της φάσης σχεδιασμού είτε της φάσης δοκιμής του πρωτοτύπου και ανάλογα με τα ευρήματα υπάρχει ανατροφοδότηση προς τα πίσω προκειμένου να βελτιωθεί η ποιότητα και η αξιοπιστία του τελικού προϊόντος.

Τα παραπάνω απεικονίζονται στο σχήμα 2.2. Σε αυτό παριστάνονται διάφοροι τύποι αλληλεπιδράσεων μεταξύ των φάσεων που συγκεκριμένα δείχνουν:

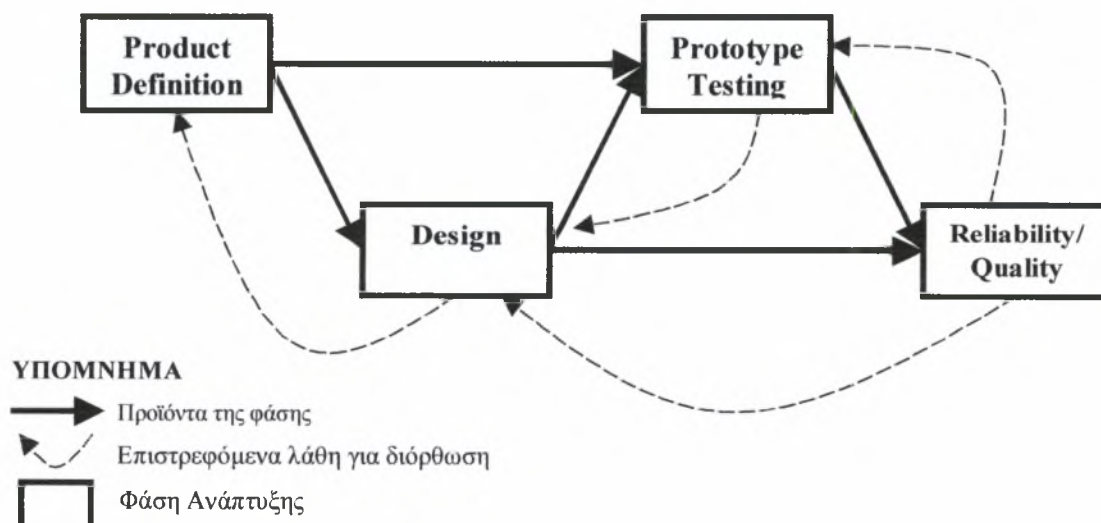
- Η εργασία που είναι σε εξέλιξη στις αρχικές φάσεις (upstream phases) περιορίζει (constrains) την πρόοδο στις εξαρτώμενες απ' αυτές επόμενες φάσεις (downstream phases). Αυτοί οι περιορισμοί φαίνονται στο σχήμα με τα συνεχόμενα βέλη στο δίκτυο του έργου.

- Οι ατέλειες που προέρχονται από κακή επεξεργασία των προηγούμενων φάσεων αλλοιώνουν την εργασία στις επόμενες φάσεις και πρέπει να διορθωθούν. Όταν τέτοιου είδους ατέλειες ανακαλυφθούν από μια φάση τότε αυτές επιστρέφουν για διόρθωση στη φάση που η ατέλεια δημιουργήθηκε. Αυτές οι ροές φαίνονται με τα διακεκομμένα βέλη.
- Η διόρθωση των ατελειών απαιτεί συντονισμό ανάμεσα στη φάση που ανακάλυψε την ατέλεια και στη φάση που τη δημιούργησε.
- Η απόδοση κάθε φάσης σχετικά με το χρονοδιάγραμμα, την ποιότητα και το κόστος επηρεάζει τη συμμόρφωση και την ακολουθία ολόκληρου του έργου ανάπτυξης με τους στόχους αυτού. Οι αποκρίσεις των μανάτζερ του έργου όσον αφορά την απόδοση επηρεάζει τους στόχους που έχουν τεθεί για κάθε φάση του έργου.

(Ford and Sterman, 1998)

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία της παράλληλης ανάπτυξης οι ροές των πληροφοριών μεταξύ των φάσεων στο μοντέλο είναι αμφίδρομες (Terwiesch, Loch and DeMeyer 1998). Επίσης στο σχήμα 2.2 η σχεδιασμένη δομή αντικατοπτρίζει το δίκτυο ανάπτυξης ενός έργου, στο οποίο διάφοροι βρόχοι επανάληψης δημιουργούνται από τις αμφίδρομες εξαρτήσεις των πληροφοριών μεταξύ των φάσεων (Smith and Eppinger 1997a,b).

Σχήμα 2.2: Το δίκτυο ενός έργου



Πηγή : Ford and Sterman, 1998

2.2.1.1 Τα βασικά στοιχεία των φάσεων

Σε ένα μοντέλο ανάπτυξης θα μπορούσαμε να αναπαραστήσουμε τα έργα με έναν αυθαίρετο αριθμό φάσεων οι οποίες θα μπορούσαν να συνδεθούν μεταξύ τους σε ένα αυθαίρετα πολύπλοκο δίκτυο σχέσεων παραλληλίας (concurrency relations), περιλαμβάνοντας ακολουθιακές, παράλληλες, μερικώς ταυτόχρονες (partially concurrent) και άλλες σχέσεις εξάρτησης. Οι βασικές μονάδες οι οποίες ρέουν σε ένα έργο είναι οι «αναπτυξιακές εργασίες» (development tasks). Εννοιολογικά μια αναπτυξιακή εργασία είναι μια ατομική μονάδα εργασίας ανάπτυξης. Σαν παραδείγματα τέτοιων μπορούμε να θεωρήσουμε την επιλογή μιας αντλίας, το γράψιμο μιας γραμμής ενός κώδικα υπολογιστή, την εγκατάσταση μιας δοκού σε ένα σπίτι κ.α. Η μονάδα έργου που χρησιμοποιείται για να περιγραφεί μια αναπτυξιακή εργασία μπορεί να διαφέρει μεταξύ των φάσεων ενός έργου. Για παράδειγμα η φάση καθορισμού του προϊόντος μπορεί να χρησιμοποιήσει τις προδιαγραφές σαν τη βάση για τις εργασίες, ενώ η φάση του σχεδιασμού για το ίδιο έργο (project) μπορεί να χρησιμοποιήσει για παράδειγμα τις γραμμές ενός κώδικα ηλεκτρονικού υπολογιστή. Από την άλλη αυτές οι στοιχειώδεις εργασίες θεωρούμε ότι εντός μιας φάσεως είναι όμοιες στο μέγεθος και αμετάβλητες. Αυτή η παραδοχή γίνεται πιο ακριβής καθώς το μέγεθος των αναπτυξιακών εργασιών που επιλέγεται μικραίνει, γι' αυτό και επιλέγονται όσο το δυνατόν μικρότερα κομμάτια αναπτυξιακού έργου σαν εργασίες (tasks). Επίσης οι στοιχειώδεις εργασίες θεωρούμε ότι είναι αρκετά μικρές ώστε να είναι ελαττωματικές ή σωστές, αλλά όχι μερικώς ελαττωματικές. Αυτή η παραδοχή εξασφαλίζεται από το μικρό μέγεθος των εργασιών. Αυτές οι παραδοχές που ειπώθηκαν για τις «αναπτυξιακές εργασίες» βοηθούν στο να αναγνωρίσουμε τμήματα (divisions) μεταξύ των αναπτυξιακών φάσεων και των αναπτυξιακών εργασιών, κυρίως κατά την ανάπτυξη μοντέλων (Ford and Sterman, 1998).

2.2.1.2 Δραστηριότητες εντός των φάσεων

Στα μοντέλα περιγραφής της αναπτυξιακής διαδικασίας μπορούμε να συμπεριλάβουμε πολλές δραστηριότητες εντός των φάσεων που την επηρεάζουν. Για τις ανάγκες

αυτής της μελέτης επιλέχθηκαν και αναπτύχθηκαν τέσσερις από αυτές. Αυτές οι δραστηριότητες είναι: η αρχική ολοκλήρωση (initial completion), η ποιοτική εξασφάλιση (quality assurance), η επανάληψη (iteration) κι ο συντονισμός (coordination). Η **αρχική ολοκλήρωση** εκφράζει την ολοκλήρωση μιας «αναπτυξιακής εργασίας» την πρώτη φορά. Η **ποιοτική εξασφάλιση** είναι η επιθεώρηση των εργασιών για ελαττώματα. Η δουλειά σε εργασίες που ακολουθεί την αρχική ολοκλήρωση προκείμενου να διορθωθούν ελαττωματικές εργασίες ή να βελτιωθεί η ποιότητα αναφέρεται σαν **επανάληψη**. Ο **συντονισμός** είναι η ολοκλήρωση (integration) του έργου ανάπτυξης του προϊόντος μεταξύ των φάσεων. Ένα παράδειγμα συντονισμού είναι όταν οι σχεδιαστές δουλεύουν με τα άτομα του τμήματος μάρκετιν για να βελτιώσουν τις προδιαγραφές του προϊόντος. Οι διαδικασίες, οι πόροι, ο σκοπός και οι στόχοι του έργου επηρεάζουν και τις τέσσερις αυτές αναπτυξιακές δραστηριότητες. Οι δομές της διαδικασίας που χρησιμοποιούνται σε μοντέλα προσομοιώνουν τους περιορισμούς που διαφορετικές αναπτυξιακές δραστηριότητες, οι αλληλεπιδράσεις τους και η διαθεσιμότητα της εργασίας εντός και μεταξύ των φάσεων επιδρούν στην πρόοδο ενός έργου. Οι δομές των πόρων προσομοιώνουν τις επιδράσεις του μεγέθους του εργατικού δυναμικού, της κατανομής των εργατών μεταξύ των δραστηριοτήτων ανάπτυξης, την παραγωγικότητα, την εμπειρία και την κόπωση. Οι δομές του σκοπού μοντελοποιούν τον αρχικό σκοπό της εργασίας για κάθε φάση και τις αλλαγές του σκοπού ανταποκρινόμενες στο χρονοδιάγραμμα, το κόστος και τις πιέσεις ποιότητας. Οι δομές των στόχων προσομοιώνουν την προδιαγραφή και τροποποίηση των στόχων ολόκληρου του έργου αλλά και των φάσεων για το χρόνο κύκλου, την ποιότητα και το κόστος σε σχέση με τους στόχους και τις πιέσεις στους εργατές εξαιτίας της χαμηλής παραγωγικότητας (Ford and Sterman, 1998).

2.2.1.3 Δείκτης απόδοσης διαδικασίας ανάπτυξης προϊόντος

Για να αποκτηθεί μια εικόνα της απόδοσης της διαδικασίας ανάπτυξης του προϊόντος και της δομής αυτού αναλύονται από τους μανάτζερ του έργου δύο πράγματα:

- (α) οι εργασίες που εκτελούνται από τις πολυλειτουργικές ομάδες και
- (β) η απόδοση των ατόμων ή των ομάδων.

Από την άλλη για να αποκτηθεί μια συνολική εικόνα της απόδοσης της εταιρίας για το εάν μια «λειτουργία» προσθέτει αξία εξαρτάται από δύο πράγματα:

(α) τον αριθμό των εργασιών που εκτελεί και οι οποίες προσθέτουν αξία και

(β) την ικανότητα να προσθέτει αξία, π.χ. πόσο κατάλληλο είναι ένα πρόσωπο ή μια ομάδα στο να διανείμει την πρόσθεση της αξίας (Haque, Pawar and Barson, 2000).

2.2.2 Περιορισμοί

Όλες οι διαδικασίες ανάπτυξης περιορίζονται από τις φυσικές και πληροφοριακές σχέσεις μεταξύ των εργασιών και των φάσεων ενός έργου. Αυτοί οι περιορισμοί περιλαμβάνουν τις διάρκειες των παραδοσιακών εργασιών και τις σχέσεις προτεραιότητας αλλά επίσης περιλαμβάνουν σχέσεις αλληλεπίδρασης που οδηγούν σε επανάληψη (Smith and Eppinger 1997b). Οι διοικητικές αποφάσεις σχετικά με τη διαθεσιμότητα της εργασίας, τους μηχανισμούς συντονισμού (Hauptman and Hirji 1996) και τα χαρακτηριστικά των πληροφοριών που μεταφέρονται μεταξύ των φάσεων ανάπτυξης (Krishman 1996) μπορούν επίσης να επηρεάσουν την εξέλιξη, όπως επίσης ο αριθμός, οι ικανότητες και η εμπειρία του προσωπικού που συμμετέχει σε ένα έργο (Abdel Hamid 1988). Αυτές οι διαδικασίες και πολιτικές μπορούν να αλληλεπιδράσουν και να περιορίσουν την εξέλιξη.

2.2.3 Η δυναμική της ανάπτυξης του προϊόντος

2.2.3.1 Βασικοί παράγοντες για την επιτυχία μιας παραγωγικής διαδικασίας

Ο σχεδιασμός αποτελεσματικών διαδικασιών ανάπτυξης ενός προϊόντος έχει λάβει σημαντική προσοχή από επαγγελματίες και εκπαιδευόμενους. Πολλοί οργανισμοί βιώνουν σημαντικές δυσκολίες στο να ακολουθήσουν τις διαδικασίες ανάπτυξης που αναφέρονται στη βιβλιογραφία και η συλλογή στοιχείων έχει δείξει ότι σε πολλές εταιρείες η επιθυμητή διαδικασία ανάπτυξης, όπως επίσης και η ακολουθία των εργασιών (tasks) που πραγματικά χρησιμοποιούνται για να δημιουργηθούν προϊόντα, είναι πολύ δύσκολο να ακολουθηθούν πιστά (Repenning, 2001).

Ενώ η ακαδημαϊκή βιβλιογραφία έχει κάνει αμέτρητες συνεισφορές στην κατανόηση του πώς πρέπει να δουλεύει η ανάπτυξη ενός προϊόντος, μικρή προσοχή έχει δοθεί στην ερώτηση γιατί οι οργανισμοί τόσο συχνά αποτυγχάνουν να εκτελέσουν την

στην ερώτηση γιατί οι οργανισμοί τόσο συχνά αποτυγχάνουν να εκτελέσουν την επιθυμητή διαδικασία ανάπτυξης όπως θα ήθελαν. Επιπλέον, ενώ υπάρχουν αμέτρητα πλαίσια για τη βοήθεια των μάνατζερ στο σχεδιασμό νέων αναπτυξιακών διαδικασιών, παρ' όλ' αυτά αποτυγχάνουν να ακολουθήσουν σωστά τη διαδικασία ανάπτυξης ενός προϊόντος (Repenning, 2001).

Για να αποφευχθεί μια τέτοια εξέλιξη, η αξιοσημείωτη πρόοδος στο σχεδιασμό της διαδικασίας πρέπει να συμπληρωθεί με μια βελτιωμένη κατανόηση των παραγόντων που συνεισφέρουν στην αποτελεσματική εκτέλεση της ανάπτυξης ενός νέου προϊόντος. Μια περίπτωση κακής κατανόησης των παραπάνω μπορεί να οδηγήσει μια εταιρία σε μια «πυροσβεστική κατάσταση» (fire fighting). Με τον όρο αυτό εννοούμε την απρογραμμάτιστη κατανομή των μηχανικών και των άλλων πόρων στην αποκατάσταση προβλημάτων που ανακαλύπτονται αργά σε ένα κύκλο ανάπτυξης κάποιου προϊόντος. Η τακτική αυτή της πυρόσβεσης εισάγει διάφορα κόστη σε κάποιο έργο που χρησιμοποιεί μια τέτοια μέθοδο: ολίσθηση ημερομηνιών εισαγωγής κάποιου προϊόντος, μείωση της ευκαιρίας για επιτυχία της αγοράς κ.α. Από την άλλη πλευρά, εντύπωση προκαλεί το γεγονός ότι σε πολλές εταιρίες μια τέτοια κατάσταση αποδεικνύεται ότι αποτελεί την εκ των πραγμάτων διαδικασία ανάπτυξης όχι ενός αλλά όλων των έργων που αναλαμβάνει. Αυτή η πυροσβεστική κατάσταση είναι αυτοενισχυόμενη (self-reinforcing) και από τη στιγμή που εμφανίζεται σε ένα έργο κάποιου οργανισμού διαδίδεται και στα υπόλοιπα που τυχόν να διαχειρίζεται εκείνη τη στιγμή. Έτσι ερχόμαστε αντιμέτωποι με μια κατάσταση μόνιμης υποβάθμισης της ικανότητας του συστήματος ανάπτυξης (Repenning, 2001).

2.2.3.1.1 Καθορισμός των απαιτήσεων (προδιαγραφές)

Παρόλο που έχει γίνει ουσιαστική πρόοδος στις μεθόδους, τις τεχνικές και τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται για τη φάση καθορισμού των απαιτήσεων κατά την ανάπτυξη ενός συστήματος (προϊόντος), έχει δοθεί μικρή έμφαση στην κατανόηση της αποτελεσματικότητας της διαδικασίας καθορισμού των απαιτήσεων. Για να είναι λοιπόν αποτελεσματική πρέπει να εξασφαλιστεί μια ισορροπία ανάμεσα στην τεχνική άποψη των σχεδιαστών και την κοινωνική άποψη των χρηστών και πελατών (Williams and Kennedy, 1997).

Σύμφωνα με τον Eason (1982) υπάρχει κάποια χρονική καθυστέρηση μεταξύ της απόκτησης κατανόησης εκείνου που αναπτύσσει τις απαιτήσεις του συστήματος από τεχνική άποψη και της κατανόησης του χρήστη. Ο Curtis (1988) αποκαλύπτει τις αιτίες των προβλημάτων στη διαδικασία καθορισμού των απαιτήσεων:

- Η ισχνή διάδοση των εφαρμογών της ισχύουσας γνώσης
- Κυμαινόμενες και συγκρουόμενες απαιτήσεις
- Απώλεια επικοινωνίας και συντονισμού

Η αναγκαιότητα της μάθησης και επικοινωνίας των επαγγελματιών και των χρηστών μεταξύ τους, ώστε να αναπτύξουν κοινή κατανόηση των απαιτήσεων του συστήματος, έχει γίνει σημαντικό πρόβλημα που απαιτεί μελέτη και επίλυση (Williams and Kennedy, 1997).

Για υπάρχοντα συστήματα καθορισμού απαιτήσεων έχουν δεχθεί μεγάλη κριτική, καθώς αποτυγχάνουν σε πολλές περιπτώσεις, να εκπληρώσουν τις απαιτήσεις του χρήστη και προσφέρουν μικρή απόδοση της επένδυσης. Η βελτίωση της αποτελεσματικότητας της διαδικασίας καθορισμού των απαιτήσεων είναι ένα μείζον θέμα για τα συστήματα ανάπτυξης που θέλουν να ικανοποιήσουν τους μετόχους τους, οι οποίοι περιμένουν από αυτά να αναπτύσσονται στον προβλεπόμενο χρόνο, εντός του προϋπολογισμού (Loucoroulos and Karakostas, 1995) και ποιοτικά σωστά (Davis et al., 1993).

2.2.3.1.1 Διαχείριση της διαδικασίας καθορισμού των απαιτήσεων

Διάφορα πλαίσια δράσης έχουν αναφερθεί στη βιβλιογραφία που παρέχουν κατανόηση στο πρόβλημα του καθορισμού των απαιτήσεων. Αυτά όμως, δε μπορούν να θεωρηθούν σαν μέθοδοι ανάλυσης πληροφοριακών αναγκών και καθορισμού των πληροφοριακών απαιτήσεων, εξαιτίας του γεγονότος ότι η κάλυψη αυτού του πεδίου τείνει στο να δώσει περισσότερη προσοχή σε θέματα της γλώσσας των προδιαγραφών ή να σχηματίσει ένα κομμάτι μιας ευρύτερης μεθόδου ανάπτυξης συστημάτων (Williams and Kennedy, 1999).

Η αποτυχία πολλών εταιρειών έχει αποδοθεί στην ανεπαρκή διαδικασία καθορισμού των απαιτήσεων. Αυτό οφείλεται στη μικρή κατανόηση της ισχύουσας γνώσης και

την ανεπαρκή χρήση των μεθόδων, τεχνικών και εργαλείων, ενώ από την άλλη παρατηρείται ανακολουθία στη διαδικασία καθορισμού των απαιτήσεων με τα διάφορα μοντέλα λογισμικού ανάπτυξης του κύκλου ζωής (Macaulay 1996).

Σύμφωνα τον Boehm (1981), ο οποίος παρέχει ένα από τα πιο ολοκληρωμένα εμπειρικά στοιχεία περιγραφής της σπουδαιότητας της διαδικασίας καθορισμού των απαιτήσεων, αναλύθηκαν 63 project λογισμικού και αποδείχθηκε ότι το σχετικό κόστος προσπάθειας (effort cost) και η δαπανούμενη ποσότητα προσπάθειας (effort spent) για την ανάλυση των απαιτήσεων αυξάνει δυσανάλογα καθώς το μέγεθος των projects αυξάνει.

Με όρους προδιαγραφών κόστους και ποιότητας, έγινε μια μελέτη 8380 εφαρμογών αναπτυξιακής προσπάθειας και βρέθηκε ότι οι υπερβάσεις κόστους ήταν της τάξης του 189% της αρχικής εκτίμησης και το 31,1% της αναπτυξιακής προσπάθειας ακυρώθηκε. Από τις προσπάθειες που ολοκληρώθηκαν μόνο το 16,2% περατώθηκε σύμφωνα με τα αρχικώς προβλεπόμενα. Στις μεγάλες εταιρίες μόνο το 9% των έργων πραγματοποιούνται στον προγραμματισμένο χρόνο και προϋπολογισμό ενώ ο μέσος χρόνος υπέρβασης του ορίου είναι 222% της αρχικής εκτίμησης (Standish Group, 1986).

Ένα δυσανάλογο ποσοστό λαθών οφειλόταν σε σφάλματα που είχαν γίνει κατά τον προσδιορισμό των απαιτήσεων (Fickelstein, 1989). Από τα διάφορα μοντέλα καθορισμού των απαιτήσεων που έχουν προταθεί από τους ερευνητές (Weiringa 1995, Newman and Robey, 1992), μπορεί να παρατηρηθεί ότι υπάρχει έλλειψη συμφωνίας σχετικά με τον προσδιορισμό των απαιτήσεων. Πολλοί είναι αυτοί που διαφωνούν με την άποψη ότι η διαδικασία καθορισμού των απαιτήσεων είναι κατά μια έννοια εξαρτώμενη από τις καταστάσεις. Για ξεκινήσει μια διαδικασία καθορισμού των απαιτήσεων είναι σίγουρα απαραίτητο να δοθεί κάποιο ερέθισμα. Το ερέθισμα για τη διαδικασία καθορισμού των απαιτήσεων μπορεί να είναι αλλαγές στις ανάγκες των χρηστών, αλλαγές στο υπάρχον σύστημα ή άλλες αλλαγές σε απαιτήσεις κάποιου προϊόντος (Costello and Liu, 1995).

Όποια κι αν είναι η αιτία και το ερέθισμα της διαδικασίας καθορισμού των απαιτήσεων, η πολυπλοκότητα που παρουσιάζεται από αυτή καθιστά επιτακτική την ανάγκη πλήρους κατανόησης της φύσης του προβλήματος. Αυτό το δεδομένο κάνει δύσκολο τον καθορισμό των εργασιών και των ικανοτήτων που χρειάζονται από ένα μηχανικό που θα καθορίσει τις απαιτήσεις ενός προϊόντος. Οι διαφορετικοί προσδιορισμοί που χρησιμοποιούνται από τους οργανισμούς για το μηχανικό που θα καθορίσει τις απαιτήσεις ση-

μαίνει ότι διαφορετική γνώση και ικανότητες εφαρμόστηκαν στη διαδικασία καθορισμού των απαιτήσεων. Η επίλυση ενός λανθασμένου προβλήματος είναι μια μεγάλη πηγή προβλημάτων στη διαχείριση της διαδικασίας καθορισμού των προϊόντων (Williams and Kennedy, 1999).

Είναι κρίσιμο να κατανοηθεί ότι οι οργανισμοί είναι πολύπλοκα κοινωνικοτεχνικά συστήματα, τα οποία επηρεάζονται πολύ από τη διαχειριστική κουλτούρα. Από αυτή την οπτική γωνία, είναι κατά συνέπεια απαραίτητο να χρησιμοποιήσουμε ένα μεθοδολογικό πλουραλισμό ή καινούριες προσεγγίσεις στην επίλυση των προβλημάτων, οι οποίες θα υποστηρίζουν την αποτελεσματική σύλληψη και σύνθεση του κόστους, του χρονοδιαγράμματος και της ποιότητας στη διαδικασία καθορισμού των απαιτήσεων (Galliers, 1984).

Η λογική του μεθοδολογικού πλουραλισμού είναι να μεγιστοποιήσουμε την κατανόησή μας στην εξαγωγή της επικρατούσας γνώσης η οποία μπορεί να προσδιοριστεί και να επικυρωθεί προκειμένου να βελτιωθεί η αποτελεσματικότητα της διαδικασίας καθορισμού των απαιτήσεων. Ο μηχανικός των απαιτήσεων χρειάζεται να εξοικειωθεί με ένα ευρύ πεδίο γνώσεων, ικανοτήτων, μεθόδων, εργαλείων και τεχνικών και από την άλλη πρέπει να είναι ικανός να επικοινωνεί με τους μη-τεχνικούς χρήστες αλλά και τους τεχνικούς σχεδιαστές του συστήματος.

Η επίδραση των εξωτερικών παραγόντων και των ανθρώπινων ζητημάτων στη διαδικασία καθορισμού των απαιτήσεων είναι τεράστια στο ότι η συμπεριφορά του συστήματος αλλάζει κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του προϊόντος (Williams and Kennedy, 1998).

2.2.3.1.2 Διαχείριση – Προγραμματισμός και κατανομή των πόρων

Πολλά project περιλαμβάνουν πολύπλοκα πακέτα εργασίας για τα οποία κάποιοι οργανισμοί σχεδίασης και σύμβασης είναι υπεύθυνοι, ειδικά όταν το προϊόντα είναι μεγάλα, διακριτά και πρωτότυπα. Τέτοια χαρακτηριστικά, που συναντάμε κυρίως στη βιομηχανία, δημιουργούν συγκεκριμένες απαιτήσεις όσον αφορά τις τεχνικές προγραμματισμού και χρονοδιαγράμματος που έχουν αναπτυχθεί για να τις εξυπηρετούν (Cheleka, Abeyasinghe, Greenwood and Johansen, 2001).

Το θέμα της διαθεσιμότητας των πόρων πολλές φορές είτε δεν λαμβάνεται υπόψη είτε παραλείπεται έως και μετά τους αρχικούς χρονικούς υπολογισμούς (Nkasu MM. COMSARS, 1994). Πολλά από τα προβλήματα με τα έργα της πραγματικής ζωής εμφανίζονται όταν οι δραστηριότητες απαιτούν πόρους που είναι διαθέσιμοι μόνο σε περιορισμένες ποσότητες και η απαίτηση για πραγματοποίηση παράλληλων δραστηριοτήτων δεν μπορεί να ικανοποιηθεί (Woodworth and Shanahan, 1998). Η αναγνώριση αυτού του περιορισμού έχει οδηγήσει πολλούς ερευνητές προς έναν προγραμματισμό δραστηριοτήτων με βάση τους περιορισμούς των πόρων.

2.2.3.1.2.1 Στρατηγική κατανομής των πόρων

Ο προγραμματισμός των πόρων σαφώς και συστηματικά ενσωματώνει αποφάσεις σχετικά με την ικανότητα στο σχεδιασμό της διαδικασίας. Οι Gordon και Tulip (1997) σκιαγράφησαν την ιστορία και ανάπτυξη του προγραμματισμού και περιέγραψαν τα βασικά βήματα της συσσώρευσης, εξομάλυνσης και κατανομής των πόρων. Μπορούν να προσδιοριστούν δύο προσεγγίσεις στον προγραμματισμό των πόρων σαν (Matthews, (1994):

- Χρονικά περιορισμένος προγραμματισμός
- Προγραμματισμός περιορισμένων πόρων

Και οι δύο μέθοδοι κάνουν μια χρονική ανάλυση (η οποία αποτυγχάνει να προσδιορίσει την παραγωγική ικανότητα και κατά συνέπεια περιέχει μη ρεαλιστικές ημερομηνίες) και προχωρούν με την ανάλυση της υπερφόρτωσης πόρων με το να μετακινούν τις δραστηριότητες σε περιόδους που υπάρχει η ικανότητα των πόρων να αναλάβουν τη δραστηριότητα. Ο *χρονικά περιορισμένος προγραμματισμός πόρων* υποθέτει ότι οι χρονικοί περιορισμοί είναι σταθεροί και ψάχνει να ξεκαθαρίσει τις υπερφορτώσεις χωρητικότητας με τον επιδέξιο χειρισμό του συγχρονισμού των δραστηριοτήτων εντός των ανοχών που υπάρχουν και χωρίς να επηρεάζεται ο αρχικός χρόνος ολοκλήρωσης του έργου. Ο *προγραμματισμός περιορισμένων πόρων* δέχεται την προτεραιότητα της σταθερής διαθεσιμότητας των πόρων και επιτρέπει όχι μόνο την ακολουθία και τις ανοχές των χρόνων να αλλαχθούν, αλλά (αν είναι απαραίτητο) η διάρκεια του έργου να αυξηθεί πέρα από την αρχική μη περιορισμένη διάρκεια του

την αρχική μη περιορισμένη διάρκεια του έργου. Εντούτοις όμως, σε πολλές περιπτώσεις η χρονική ανάλυση και ο χρονικά περιορισμένος προγραμματισμός πρέπει να θεωρηθούν μόνο ως ενδιάμεσα βήματα στη διαδικασία ανάπτυξης του χρονοδιαγράμματος (Matthews, 1994).

Με όρους εκτέλεσης προγραμματισμού πόρων προσδιορίζονται δύο κύριες προσεγγίσεις, η «σειριακή προσέγγιση» (όπου οι δείκτες προτεραιότητας καθορίζονται μια φορά, πριν την έναρξη της εργασίας προγραμματισμού) και η «παράλληλη προσέγγιση» (όπου οι δείκτες προτεραιότητας ανανεώνονται κάθε φορά που μια δραστηριότητα προγραμματίζεται). Μια παράλληλη προσέγγιση με επιτρεπτή χαλάρωση του «συνολικού περιορισμού των πόρων» και του «συνολικού περιορισμού του χρόνου» θεωρείται ως η πιο κατάλληλη σε μεγάλα έργα από τη στιγμή που τείνουν να περιέχουν μεγάλο ποσοστό δραστηριοτήτων που μπορούν να διαχωριστούν (Gordon and Tulip, 1997).

2.2.4 Ανάπτυξη πολύπλοκων προϊόντων και η αβεβαιότητα της καινοτομικής διαδικασίας

Οι εταιρίες μπορούν να μειώσουν τα αναπτυξιακά χρονοδιαγράμματα και κόστη με την αποτελεσματική κατανομή των πόρων προκειμένου να μειώσουν την αβεβαιότητα σχετικά με επιπτώσεις των διαφορετικών σχεδιαστικών επιλογών. Οι τεχνολογίες δημιουργήθηκαν ακολουθώντας μια ομάδα αλληλένδετων εργασιών επίλυσης προβλημάτων που περιορίζουν το εύρος των πιθανών καινοτομικών διαδικασιών. Οι δυναμικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ αυτών των αλληλένδετων εργασιών και η οργάνωση του εξειδικευμένου εργατικού δυναμικού επηρεάζει την επιτυχία της επίλυσης προβλημάτων και συνεπώς τον αριθμό και την έκταση των βρόχων ανάδρασης επανασχεδιασμού στην καινοτομική διαδικασία. Οι βρόχοι ανάδρασης του επανασχεδιασμού έχουν επιπτώσεις στο χρονοδιάγραμμα, το κόστος και την ποιότητα του έργου (Nightingale, 2000).

Σύμφωνα με έρευνες, τα πολύπλοκα προϊόντα που παράγονται από εταιρίες ολοκλήρωσης συστημάτων, προσφέρουν νέες προοπτικές στην ανάπτυξη νέων προϊόντων που δεν συναντώνται στη μαζική παραγωγή καταναλωτικών αγαθών. Τα πολύπλοκα προϊόντα χαρακτηρίζονται από τον υψηλό δείκτη ανάμιξης των χρηστών, ένα περιβάλλον πολλαπλών εταιρειών βασισμένο στην ανάπτυξη έργων και υψηλής κανονικοποίησης,

γραφειοκρατικά διοικούμενες αγορές (Hobday, 1998). Έχουν υψηλό δείκτη αβεβαιότητας και μια αντιστροφή στην παραδοσιακή επιλογή των προϊόντων από τις αγορές, με τους πελάτες, τους προμηθευτές, την κυβέρνηση να διαπραγματεύονται συμβόλαια, σχέδια προϊόντων και μεθόδους παραγωγής πριν η παραγωγή ολοκληρωθεί (Walker et al. 1988).

Τα πολύπλοκα αγαθά χαρακτηρίζονται επίσης από μια μεγάλη διακύμανση στην επιτυχία της ανάπτυξης, με τα μεγαλύτερα και περισσότερο πολύπλοκα προϊόντα να παρουσιάζουν μεγάλα επίπεδα αποτυχίας (Morris 1990). Για τα μεγάλης κλίμακας έργα λογισμικού σημειώνεται ότι για κάθε έξι συστήματα που μπαίνουν σε λειτουργία δύο άλλα ακυρώνονται (Gibbs, 1994 p. 72). Το ίδιο συναντάμε (υψηλοί ρυθμοί σφαλμάτων, μεγάλες υπερβάσεις κόστους και ολισθήσεις χρονοδιαγράμματος) και σε πολύπλοκα στρατιωτικά έργα. Παρόμοια προβλήματα συναντάμε και στην κατασκευαστική βιομηχανία με τα παραδείγματα κατασκευής του τούνελ της Μάγχης και το αεροδρόμιο του Ντένβερ να είναι περιβόητα για τις υπερβάσεις κόστους και χρονοδιαγράμματος (Nightingale, 2000).

Η ικανότητα των εταιρειών να παράγουν εντός των περιορισμών κόστους και χρονοδιαγράμματος και με πλήρη λειτουργικότητα εξαρτάται από την ικανότητά τους να κατανέμουν αποτελεσματικά τους πόρους και να συντονίζουν τις εξειδικευμένες γνώσεις και τεχνολογίες για την επίλυση σχεδιαστικών προβλημάτων και να εμποδίσουν τους δαπανηρούς επανασχεδιαστικούς βρόχους ανάδρασης. Από τη στιγμή που ο βαθμός αυτής της εργασίας επανασχεδιασμού επηρεάζει την παραγωγικότητα ενός έργου, δίνεται οικονομική έμφαση στην αβεβαιότητα της διαχείρισης (Nightingale, 2000).

2.2.4.1 Περιορισμοί

Όσο πιο πολύπλοκο είναι ένα προϊόν, τόσο περισσότερα λάθη υπάρχουν στην αναπτυξιακή διαδικασία που χρήζουν αλλαγής και τόσο μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα να υπάρχει διακύμανση στην απόδοση του έργου. Οι καινοτομικές διαδικασίες εξαρτώνται α) από τα φυσικά χαρακτηριστικά του προϊόντος και β) από την οργανωτική δομή της εταιρείας (Nightingale, 2000).

2.2.4.2 Τι κάνει ένα προϊόν επιτυχημένο

Το πρόγραμμα SAPPHO ξεκίνησε το 1968 και ήταν μια από τις πρώτες προσπάθειες συστηματικής αναγνώρισης του τι διαφοροποιεί τις επιτυχημένες και μη επιτυχημένες καινοτομίες (S.P.R.U. 1972, Rothwell et al. 1974). Παρόλο που η αρχική μελέτη ήταν βασισμένη σε καινοτομίες διαδικασίας στη χημική βιομηχανία και καινοτομίες προϊόντος στον τομέα των επιστημονικών οργάνων, τρία βασικά ευρήματα φάνηκαν καθαρά και υποστηρίχθηκαν από επόμενες μελέτες (Bacon et al., 1994). Αυτά είναι τα ακόλουθα:

1. Η σπουδαιότητα της «κατανόησης των αναγκών του χρήστη» σε ολόκληρη την εταιρία προκειμένου να επιβεβαιωθεί ότι το τελικό προϊόν ικανοποιεί τις απαιτήσεις του πελάτη. Επόμενες έρευνες έδειξαν την αλληλεπιδρούσα φύση των σχέσεων χρήστη και παραγωγού και πως αυτές επεκτείνονται περαιτέρω απλά «γνωρίζοντας τι θέλουν οι πελάτες» (Grieve and Ball, 1992). Επιπλέον έχει αποδειχθεί ότι οι χρήστες των προϊόντων είναι από τις σημαντικότερες πηγές καινοτομίας (Von Hippel, 1976). Ερευνητές ανακάλυψαν ότι χρησιμοποιώντας μηχανικούς ανάπτυξης παρά προσωπικό μάρκετιν σαν συνδέσμους με τους πελάτες και χρησιμοποιώντας πρωτότυπα για την υποβοήθηση της ανάδρασης των πελατών, παράχθηκαν εκπληκτικά αποτελέσματα (Bacon et al., 1994).

2. Η σπουδαιότητα του εσωτερικού, διαλειτουργικού συντονισμού της γνώσης. Υπάρχουν διαφορετικές αποδόσεις ανάμεσα σε εταιρείες που ολοκληρώνουν λειτουργικές πειθαρχίες (functional disciplines) και σε εκείνες που έχουν μια ακολουθιακή καινοτομική διαδικασία (Clark and Fujimoto, 1991). Η σημαντικότητα της οργανωτικής δομής για την ολοκλήρωση της γνώσης έχει τονιστεί από τους Wheelwright and Clark (1993), ενώ ο Rothwell (1993) έδειξε ότι η τεχνολογία της πληροφορίας μπορεί να βελτιώσει την ολοκλήρωση.

3. Η σπουδαιότητα των ισχυρών τεχνικών δυνατοτήτων σαν μια αναγκαία προϋπόθεση για την ενσωμάτωση εξωτερικών πηγών γνώσης. Αυτό έχει υποστηριχθεί από επόμενες εργασίες στην ολοκλήρωση της γνώσης (Prencipe, 2000).

Η ισορροπία ανάμεσα στους παράγοντες επιτυχίας είναι συγκεκριμένη για διάφορους τομείς. Εντός των πολύπλοκων τομέων προϊόντων η αναγκαιότητα του καλού project management, της καλής διαχείρισης ρίσκων και της καλής διαχείρισης των διαφορετικών παραγόντων του δικτύου της καινοτομίας έχουν γίνει επιβεβλημένα (Dvir et al.

1998). Σε μια σημαντική μελέτη 110 Ισραηλινών αμυντικών προγραμμάτων ο Dvir (1998) βρήκε ότι η ισορροπία των παραγόντων επιτυχίας ήταν μακριά από το γενικά αποδεκτό, με τα έργα λογισμικού να είναι πολύ διαφορετικά από τα έργα hardware, ενώ η διαχείριση ρίσκου και ο έλεγχος προϋπολογισμού ασήμαντος για έργα μικρής κλίμακας, αλλά ζωτικά για έργα μεγάλης κλίμακας.

Η παραπάνω μελέτη έφερε στην επιφάνεια έναν αριθμό ζητημάτων. Η κατάσταση ενός αριθμού εξαιρετικά εύρωστων ευρημάτων σχετικά με τους καθοριστικούς παράγοντες της επιτυχίας ανάπτυξης ενός προϊόντος και τα σαφή στοιχεία ότι η ισορροπία μεταξύ των διαφορετικών καθοριστικών παραγόντων (των σημαντικών και διαφόρων λιγότερο σημαντικών) είναι συγκεκριμένοι ανάλογα με τον τομέα και την τεχνολογία, φαίνεται να χρήζει εξήγησης. Η ερώτηση περιστρέφεται γύρω από το γιατί τα διαφορετικά προϊόντα θα έπρεπε να έχουν διαφορετικές ισορροπίες των παραγόντων επιτυχίας ή τι συνδέει τη φύση των προϊόντων με την αποτελεσματικότητα της καινοτομικής τους διαδικασίας;

Μια καρποφόρα ανάλυση αυτού του θέματος μπορεί να βρεθεί στη σύνδεση μεταξύ των «τεχνολογικών τροχιών» και «ρουτινών» στα εξελικτικά οικονομικά (Nelson and Winter 1982), τη σύνδεση μεταξύ των «μονοπατιών» και των «διαδικασιών» στη βιβλιογραφία των δυναμικών δυνατοτήτων (Teece and Pisano 1994) και τη σύνδεση μεταξύ των τομέων και δυναμικών «οργανωτικών δυνατοτήτων» στην εργασία του Chandler (1990). Η μελέτη του Chandler είναι ιδιαίτερης σημασίας καθώς τονίζει ότι «τα συστήματα παραγωγής» είναι «συστήματα» και δίνει έμφαση στον αποτελεσματικό διαχωρισμό και ολοκλήρωση του εξειδικευμένου εργατικού δυναμικού, τη σημασία της «παροχής» (throughput) στον καθορισμό της οικονομικής αποτελεσματικότητας και το ρόλο της τεχνολογίας στην τεχνολογία της παραγωγής. Παρά αυτή την έρευνα, οι ακριβείς μηχανισμοί που συνδέουν τη φύση των προϊόντων με τις καινοτομικές τους διαδικασίες και πώς αυτοί συνδέονται και ταιριάζουν με τους οργανωτικούς παράγοντες δεν είναι πλήρως κατανοητοί (Nightingale, 2000).

2.4.3 Σχέση προϊόντος και καινοτομικής διαδικασίας

Για να γίνει αντιληπτό τι συνδέει το προϊόν με την καινοτομική του διαδικασία πρέπει να εξερευνήσουμε και τη σχέση που υπάρχει μεταξύ τεχνολογίας, γνώσης και οργανισμού. Αύτη η σχέση περιγράφεται από τις «τεχνολογικές παραδόσεις» που επιτρέπουν στους μηχανικούς να αντιληφθούν πως τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν σχετίζονται με παρόμοια προβλήματα με γνωστές λύσεις (Nightingale 1998). Αυτή η σιωπηρή «αίσθηση της ομοιότητας» επιτρέπει στους μηχανικούς να προτείνουν ενδεχόμενες λύσεις και να μπορέσουν έτσι να μεταβάλουν το αρχικά γενικό πρόβλημα σε ένα πιο συγκεκριμένο υποπρόβλημα. Η διαδικασία μπορεί να επαναληφθεί δημιουργώντας έτσι μια ιεραρχία ολοένα και αυξανόμενων καθορισμένων υποπροβλημάτων και ένα αντίστοιχο σετ εργασιών επίλυσης προβλημάτων.

Οι ειδικοί ασχολούνται με την ακολουθία των βημάτων και των παραπάνω διαδικασιών και προσπαθούν να επιλύσουν τα δικά τους σχεδιαστικά προβλήματα προτείνοντας, δοκιμάζοντας και τροποποιώντας αβέβαιες λύσεις. Πιθανές λύσεις μπορούν να δοκιμαστούν (σε μια φθίνουσα σειρά αξιοπιστίας) με πειράματα, μαθηματικά μοντέλα και προσομοιώσεις. Αν οι δοκιμές δείξουν ότι οι προτεινόμενες λύσεις λειτουργούν σύμφωνα με τα αναμενόμενα, τότε οι παραδοχές και αντιλήψεις των μηχανικών ενισχύονται. Αν η προτεινόμενη λύση αποτύχει στις δοκιμές τότε οι μηχανικοί χρησιμοποιούν τα δεδομένα της δοκιμής για την καλύτερη κατανόηση του προβλήματος και ένας καινούριος κύκλος δοκιμής και σφάλματος ξεκινάει. Αυτή η διαδικασία σχηματίζει ένα «σχεδιαστικό κύκλο» όπου γίνονται επαναληπτικές προσπάθειες να παραχθούν σχέδια που πλησιάζουν περισσότερο στην επιθυμητή λειτουργία (Nightingale, 2000).

Όταν οι δοκιμές δείξουν ότι οι σχεδιαστικές επιλογές σε προηγούμενα στάδια ήταν λανθασμένες, η καινοτομική διαδικασία πρέπει να διοχετεύσει τις πληροφορίες αυτές σε προηγούμενα στάδια, κάτι που όμως προσθέτει σε κόστος και επιφέρει καθυστερήσεις στο χρονοδιάγραμμα. Συνεπώς η σχέση μεταξύ των προϊόντων και της καινοτομικής τους διαδικασίας δεν είναι άμεση. Πρώτον, υπάρχει ένας αριθμός από διαφορετικές τεχνολογικές παραδόσεις, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί, έτσι ώστε οι εταιρείες να μπορούν να διαφέρουν στο πως κατασκευάζουν ένα προϊόν. Δεύτερον, οι τεχνολογικές παραδόσεις παράγουν μόνο μια σειρά εργασιών επίλυσης προβλημάτων (problem-solving

tasks), και μπορούν να υπάρξουν πολλοί διαφορετικοί τρόποι να τους ταξινομήσεις, καθένas με διαφορετικό κόστος διάρθρωσης. Τρίτον, οι εταιρείες μπορούν να διαφέρουν στην ικανότητα τους να επιλύουν προβλήματα έτσι ώστε τα αποτελέσματα των αποφάσεων λανθασμένου σχεδιασμού δεν ανακαλύπτονται μέχρι να ολοκληρωθεί κάποιο επόμενο στάδιο στην ανάπτυξη του προϊόντος, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται υπερβάσεις κόστους και χρονοδιαγράμματος. Σαν αποτέλεσμα υπάρχει μια σειρά διαφορετικών τρόπων παραγωγής ενός προϊόντος κάθε ένας με διαφορετικό κόστος. Οι εταιρείες εκείνες που μπορούν πιο αποτελεσματικά να καταναείμουν τους πόρους τους και να μειώσουν τους βρόχους ανασχεδιασμού μπορούν να αυξήσουν τη «χρησιμοποίηση των ικανοτήτων τους» (capacity utilization) και να μειώσουν τα κόστη της ανάπτυξης προϊόντων. Εντούτοις, η οικονομική αναγκαιότητα της αποφυγής επανασχεδιασμού εξαρτάται από τη φύση του προϊόντος και της διαδικασίας και ειδικότερα από την πολυπλοκότητα του προϊόντος (Nightingale, 2000).

2.2.4.3.1 Γραμμικές και πολύπλοκες καινοτομικές διαδικασίες

Για απλές τεχνολογίες η καινοτομική διαδικασία τυπικά χωρίζεται σε μια γραμμική σειρά επαναληπτικών βημάτων, αλλά σε πολλά πολύπλοκα προϊόντα η λειτουργία που η τελική τεχνολογία πρέπει να εκφράσει μπορεί μόνο να παραχθεί τεμαχίζοντας το προϊόν σε υποσυστήματα και υποεξαρτήματα. Αυτό δημιουργεί μια «πυραμίδα» τρόπων επίλυσης προβλημάτων για συστήματα, υποσυστήματα και εξαρτήματα που αντικατοπτρίζουν τη φυσική δομή του προϊόντος (Walker et al. 1988).

Η διαδικασία του σχεδιασμού για κομμάτια που αποτελούν πολύπλοκα συστήματα είναι πολυεπίπεδη και ιεραρχική. Τα επίπεδα συνήθως ακολουθούν την ακόλουθη σειρά: 1) καθορισμός του project, 2) συνολικός σχεδιασμός, 3) σχεδιασμός κύριων εξαρτημάτων, 4) υποδιαίρεση των περιοχών σχεδιασμού από το προηγούμενο επίπεδο, 5) περαιτέρω διαίρεση των κατηγοριών του προηγούμενου επιπέδου σε εξαιρετικά συγκεκριμένα προβλήματα (Vincenti, 1990 p.9).

Όταν ο καθορισμός των υποεξαρτημάτων εξαρτάται μόνο από τις σχεδιαστικές επιλογές ψηλότερα στη σχεδιαστική ιεραρχία, όλες οι επαναλήψεις στην καινοτομική

διαδικασία επηρεάζουν μόνο τα εξαρτήματα και τα υποσυστήματα που είναι κάθετα συσχετισμένα.

Τα πολύπλοκα προϊόντα έχουν χρονικές και επαναληπτικές σχεδιαστικές διαδικασίες επειδή τα εξαρτήματα απαιτούν τροποποίηση εάν οι προδιαγραφές τους είναι πρώτον, απίθανο να ταιριάξουν, ή δεύτερον, λανθασμένες. Ο επανασχεδιασμός μπορεί να διαδοθεί εάν άλλα «ευαίσθητα συστήματα» πρέπει να τροποποιηθούν. Εάν η διαδικασία της αναθεώρησης των σχεδιαστικών προδιαγραφών απαιτεί πολύ χρόνο, οι σχεδιαστικές αλλαγές είναι εκτεταμένες ή τα εξαρτήματα σχετίζονται με ένα μεγάλο αριθμό «ευαίσθητων» εξαρτημάτων, το μέγεθος της εργασίας ανασχεδιασμού μπορεί να είναι πολύ μεγάλο. Υπάρχει συνεπώς ο κίνδυνος των «αλυσιδωτών σχεδιαστικών αλληλεπιδράσεων» που διαδίδονται μέσα στα διαφορετικά συστήματα με καταστροφικές συνέπειες. Τέτοιες καταστάσεις μπορούν να αυξήσουν τρομερά το κόστος και τις υπερβάσεις του χρονοδιαγράμματος ενός project. Τα πολύπλοκα προϊόντα έχουν συγκεκριμένα καινοτομικά προβλήματα που δεν συναντώνται σε άλλα περιβάλλοντα, ενώ τα προβλήματα αυτά κάνουν αισθητή την παρουσία τους με τους αυξανόμενους αριθμούς λαθών, την ευρεία διαφοροποίηση στην απόδοση της ανάπτυξης και τις αυξημένες απαιτήσεις στη διαχείριση ρίσκου, χρονοδιαγραμμάτων και προϋπολογισμών. Από τη στιγμή που η πιθανότητα αυτών των προβλημάτων εξαρτάται από την αποτελεσματική επικοινωνία εντός του έργου, έχει επομένως σχέση με την οργανωτική δομή του έργου (Nightingale, 2000).

2.2.4.4 Η οργάνωση των πολύπλοκων έργων ανάπτυξης

Από τη στιγμή που το κόστος, το χρονοδιάγραμμα και η ποιότητα των πολύπλοκων έργων ανάπτυξης εξαρτάται από την εξασφάλιση ότι οι σχεδιαστικές προδιαγραφές είναι σύγχρονες και ρεαλιστικές, η παραγωγικότητα της ανάπτυξης επηρεάζεται από το διαχωρισμό της εξειδικευμένης γνώσης και τη ροή των πληροφοριών μεταξύ των εξειδικευμένων ομάδων. Εάν καθένας πρέπει να επικοινωνεί με όλους τους άλλους μέσα στο project, τότε η ποσότητα της πληροφορίας θα αυξηθεί ως το τετράγωνο του αριθμού των ανθρώπων. Συνεπώς, από τη στιγμή που τα έργα ξεπερνούν ένα συγκεκριμένο μέγεθος η ποσότητα της επιπλέον επικοινωνίας που παράγεται προσθέτοντας επιπλέον προσωπικό

μπορεί να είναι περισσότερη απ' ό τι η συνεισφορά τους στο συνολικό έργο (Brooks 1995).

Αυτά τα επικοινωνιακά προβλήματα μπορούν να μειωθούν με την εξειδίκευση και το διαχωρισμό του εργατικού δυναμικού, κάνοντας κάποιες οργανωτικές αρχιτεκτονικές πιο αποτελεσματικές απ' ό τι άλλες στην παραγωγή συστημικά πολύπλοκων προϊόντων (Brooks 1995). Για την επιτυχία αυτού μεγάλο πλεονέκτημα έχουν οι οργανισμοί που βασίζονται στα έργα (project based organizations). Και αυτό γιατί οι ευέλικτοι οργανισμοί που βασίζονται στα έργα επιτρέπουν: α) οι πόροι να κατανέμονται αποτελεσματικά στο έργο, β) η γνώση να διαχειρίζεται για συγκεκριμένα τεχνικά, ρυθμιστικά και πελατειακά προβλήματα, γ) το ρίσκο και η αβεβαιότητα να διαχειρίζονται για να εξασφαλιστεί η ποιότητα του προϊόντος και δ) την αυξημένη ευελιξία στην απόκριση των αναγκών του πελάτη.

2.2.4.4.1 Κατανοώντας τα πολύπλοκα έργα ανάπτυξης

Σύμφωνα με όσα ειπώθηκαν παραπάνω είναι αντιληπτό ό τι πολλά project μπορούν να γίνουν πολύπλοκα ανάλογα με την αβεβαιότητά τους και την πιθανότητα ύπαρξης σχεδιαστικών βρόχων ανάδρασης. Οι έξι κύριοι παράγοντες αβεβαιότητας είναι οι ακόλουθοι:

1. **Οι υπάρχουσες τεχνολογικές παραδόσεις.** Εάν ένα αναπτυξιακό έργο έχει καλά καθορισμένες τεχνολογικές παραδόσεις που μπορούν να οδηγήσουν τη διαδικασία προς σχέδια που είναι γνωστά ως προς τον τρόπο δουλειάς, τότε το έργο είναι λιγότερο πιθανό να έχει σχεδιαστικούς βρόχους ανάδρασης. Συνεπώς οι ριζοσπαστικές καινοτομίες είναι περισσότερο πιθανό να αποτύχουν απ' ό τι οι συνηθισμένες μέθοδοι σχεδιασμού.

2. **Η εγγενής αβεβαιότητα της επιστήμης.** Πολλές φορές αδυναμίες ή διαφωνίες στην κατανόηση των νόμων της φύσης που καθορίζουν το πώς οι τεχνολογίες συμπεριφέρονται μπορούν να δημιουργήσουν διαφορές στο πώς οι τεχνολόγοι μπορούν να αντιληφθούν τα αποτελέσματα των σχεδιαστικών τροποποιήσεων. Όταν αυτές οι σχέσεις είναι δύσκολο να γίνουν αντιληπτές μπορούν να υπάρξουν σημαντικές αυξήσεις στο χρόνο και το κόστος της ανάπτυξης.

3. **Η πολυπλοκότητα του προϊόντος.** Αυξάνοντας τον αριθμό των διαφορετικών υποεξαρτημάτων αυξάνεται και η πολυπλοκότητα των σχεδιαστικών προβλημάτων και κατ' επέκταση η πολυπλοκότητα στον τρόπο διαχωρισμού του εργατικού δυναμικού (με όλα τα επιπλέον προβλήματα κατανομής πόρων και επικοινωνίας). Επιπλέον, πάνω από ένα συγκεκριμένο επίπεδο πολυπλοκότητας είναι δύσκολη η διαχείριση όλων των έκτακτων προβλημάτων που προκύπτουν.

4. **Συστημικές σχέσεις μεταξύ των υποσυστημάτων.** Αν τα υποσυστήματα είναι ευαίσθητα σε σχεδιαστικές αλλαγές οπουδήποτε μέσα στο έργο, τότε μπορεί να εμφανιστούν σχεδιαστικοί βρόχοι ανάδρασης οι οποίοι θα έχουν επίδραση στο κόστος και τα χρονοδιαγράμματα.

5. **Συγκεκριμένα ή ασαφή προβλήματα.** Για τις πολύπλοκες διεισδυτικές τεχνολογίες όπως αυτές των καταναλωτικών αγαθών, το πρόβλημα που είναι σχεδιασμένα να επιλύσουν μπορεί να αλλάξει κατά τη διάρκεια του χρόνου ζωής του έργου εξαιτίας κάποιων έκτακτων περιστάσεων, αλλαγών στις απαιτήσεις των πελατών, αλλαγών στους κανονισμούς και τις επιδράσεις της ίδιας της τεχνολογίας στο περιβάλλον. Αυτές οι αλλαγές επιδρούν στο κόστος και το χρονοδιάγραμμα του έργου.

6. **Οργανωτικές ακαμψίες.** Η επιτυχία ενός έργου εξαρτάται από την αποτελεσματική ενδοεπικοινωνία, η οποία μπορεί να μειωθεί από ακατάλληλες οργανωτικές δομές, πολιτισμικούς παράγοντες (cultural factors) και φυσική ή οργανωτική απόσταση. Ιδιαίτερης σημασίας είναι η αποτελεσματική κάθετη επικοινωνία που κρατάει ενήμερους τους προϊσταμένους για τις καθυστερήσεις και τα προβλήματα.

Αυτοί οι έξι παράγοντες μπορούν να αλληλεπιδράσουν όλοι μεταξύ τους και να παράγουν μια συνέχεια από απλά έως εξαιρετικά πολύπλοκα έργα, τα οποία σε όλη αυτή τη συνέχεια είναι πιθανό να έχουν πραγματικούς σχεδιαστικούς βρόχους ανάδρασης. Αυτοί οι βρόχοι ανάδρασης δημιουργούν επιπλέον οργανωσιακή πολυπλοκότητα και επιπλέον προβλήματα για τη διαχείριση του έργου και την κατανομή των πόρων. Έτσι ένα απλό προϊόν με δεδομένες τεχνολογικές παραδόσεις, ένα «σταθερό σχεδιαστικό χώρο», περιορισμένη πολυπλοκότητα, περιορισμένες συστημικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των εξαρτημάτων και ένα συγκεκριμένο πρόβλημα είναι απίθανο να υπερβεί εξαιρετικά τον προϋπολογισμό ή το χρονοδιάγραμμα (Nightingale, 2000).

2.4.4.2 Ο χειρισμός των προβλημάτων κατά την ανάπτυξη πολύπλοκων προϊόντων

Ενώ τα πολύπλοκα προϊόντα έχουν καινοτομικά προβλήματα που δεν συναντώνται στην ίδια έκταση στα απλά, υπάρχει ένας αριθμός τρόπων με τον οποίο οι εταιρίες μπορούν να βελτιώσουν την απόδοσή τους. Από τη στιγμή που η παραγωγικότητα της ανάπτυξης του προϊόντος εξαρτάται από την ευελιξία και την αποτελεσματική κατανομή των πόρων και των ανθρώπων και από την ικανότητα να μειωθεί ο αριθμός και η έκταση των σχεδιαστικών βρόχων ανάδρασης, δίνεται έμφαση στο συντονισμό της διαχείρισης αβεβαιότητας. Ο ακόλουθος πίνακας καταγράφει μια σειρά λύσεων σε σχεδιαστικά προβλήματα που επιτρέπουν στις ομάδες ανάπτυξης να ελέγξουν τα έργα και να μειώσουν την πιθανότητα αποτυχίας.

Πίνακας 1: Σχεδιαστικά προβλήματα και λύσεις

Έλεγχος του έργου	Διαχείριση έργου Διαχείριση ρίσκου Προγραμματισμός απρόοπτου Καλή επικοινωνία του έργου Καλή ηγεσία
Εμποδίζοντας τα σχέδια να αποτύχουν να ικανοποιήσουν τις προδιαγραφές	Επαναχρησιμοποίηση παλαιών σχεδίων Χρήση καθορισμένης τεχνολογίας Ανάλυση κατά τη διάρκεια της διαδικασίας σχεδιασμού Προσομοιώσεις
Εμποδίζοντας το σχεδιασμό λανθασμένων προδιαγραφών	Διαχείριση της «εργασίας σε εξέλιξη» Ανανέωση των σχετικών σχεδίων Οργανωτικές αλλαγές Ανεπίσημα κανάλια επικοινωνίας
Βελτιωμένες σχεδιαστικές επιλογές	Οργανωτικές αλλαγές Είσοδοι από την αλυσίδα της αξίας

Πηγή : Nightingale, 2000

2.2.4.5 Η διαχείριση της αβεβαιότητας

Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1990 υπήρχε μια τυποποιημένη διαδικασία για τη διαχείριση της αβεβαιότητας και τη μείωση του δαπανηρού επενασχεδιασμού, βασισμένη στη δαπάνη περισσότερων χρημάτων νωρίτερα στην αναπτυξιακή διαδικασία προκειμένου να μειωθεί η σχεδιαστική αβεβαιότητα και να εντοπιστούν τα πιθανά προβλήματα (ο περιορισμός της αβεβαιότητας δεν περιλαμβάνει απλώς το βρόχο του σχεδιασμού αλλά επίσης περιλαμβάνει και θέματα κατασκευής και υπηρεσιών, έτσι ώστε τα προβλήματα καθ' όλη τη διάρκεια της ανάπτυξης, κατασκευής και λειτουργίας ενός προϊόντος να αποφεύγονται) (Nightingale, 2000).

2.2.4.5.1 Έλεγχος του έργου : έργο και διαχείριση ρίσκου

Ο έλεγχος του έργου περιλαμβάνει επαναχρησιμοποίηση της ιστορικής σχεδιαστικής εμπειρίας για την ευέλικτη και αποτελεσματική κατανομή των πόρων και των ανθρώπων καθώς επίσης και τη μείωση των περιττών επενασχεδιαστικών βρόχων ανάδρασης. Ο έλεγχος επίσης διατηρείται με την εμπλοκή στην τυπική διαχείριση ρίσκου διαδικασιών για την αξιολόγηση πιθανών προβλημάτων και την εξασφάλιση ότι υπάρχουν ενδεχόμενα σχέδια για την αντιμετώπιση τυχόν αβεβαιοτήτων. Αυτό επιτυγχάνεται με το διαχωρισμό της ανάπτυξης του νέου προϊόντος σε τρεις φάσεις: **προγραμματισμός νέου προϊόντος**, όπου περίπου 10 μηχανικοί εργάζονται με κάποιον ειδικό προκειμένου να προσδιοριστεί πότε υπάρχει μια νέα αγορά η οποία μπορεί να γίνει τεχνολογικά ανταγωνιστική. Η επόμενη φάση είναι ο **πλήρης καθορισμός της έννοιας (concept)**, όπου περίπου 100 μηχανικοί εργάζονται κοντά με τους πελάτες, προκειμένου να μεταφράσουν τις απαιτήσεις της αγοράς σε τεχνολογικές προδιαγραφές, για να αναγνωριστούν τα νέα υλικά ή οι κατασκευαστικές τεχνικές που τυχόν θα απαιτηθούν και να καθοριστούν ενδεχόμενα ρίσκα. Στην τρίτη φάση, **τη δημιουργία του προϊόντος**, οι μηχανικοί καθορίζουν τα σχέδια με λεπτομέρεια, διενεργούν ανάλυση ρίσκου και ανακούφισης και αναπτύσσουν ενδεχόμενα σχέδια για τυχόν μη αναγνωρισθέντα ρίσκα. Και στα τρία στάδια υπάρχει στενή συνεργασία με τους πελάτες (Nightingale, 2000).

2.2.4.5.2 Εμποδίζοντας τα σχεδιαστικά σφάλματα : απόκτηση ικανοτήτων, προγράμματα και εξομοιωτές ανάλυσης της τεχνολογίας

Οι τρεις φάσεις της ανάλυσης κινδύνου υποστηρίζονται από μια τυποποιημένη διαδικασία «απόκτησης ικανοτήτων», η οποία επιβεβαιώνει ότι οι τεχνολογίες και οι ανταγωνιστικότητες είναι σε ένα στάδιο ανάπτυξης όπου μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατευθείαν στο προϊόν. Ένα πρόγραμμα ανάλυσης της τεχνολογίας (technology demonstrator programme) εξασφαλίζει ότι οι νέες τεχνολογίες έχουν δοκιμαστεί σαν φυσικά πρωτότυπα στην πράξη και όχι μόνο στο εργαστήριο, έτσι ώστε τυχόν αβεβαιότητες που εμπεριέχονται στην καινοτομική ανάπτυξη νέων τεχνολογιών διαχωρίζονται από την ανάπτυξη νέων προϊόντων. Καθώς οι τεχνολογίες κατανέμονται σε όλη την έκταση της ανάπτυξης του προϊόντος, αυτές αξιολογούνται και μελετώνται ως προς τα οικονομικά μεγέθη που απαιτούνται κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας (production spill over) (Nightingale, 2000).

Η εργασία του επανασχεδιασμού επίσης μειώνεται με την επαναχρησιμοποίηση καθορισμένης, εύκολα κατανοητής τεχνολογίας. Ο εύρωστος σχεδιασμός εκμεταλλεύεται τις οικονομίες του εύρους στον εξοπλισμό, τις πωλήσεις, το μάρκετινγκ και τις μετά την πώληση υπηρεσίες (after-sales) και επιτρέπει δοκιμασμένες (tried-and-tested) μεθόδους να ξαναχρησιμοποιηθούν. Επίσης, επιτρέπει την εκμετάλλευση των καμπύλων μάθησης και των σχεδιαστικών παραδόσεων που οδηγούν τους μηχανικούς μακριά από αμφίβολες τεχνικές προσεγγίσεις και προς προηγούμενα επιτυχημένες θεωρήσεις (Ruffles, 1993). Η επαναχρησιμοποίηση καθορισμένων τεχνικών απαιτεί μια κατανομή των ανθρώπων, όχι μόνο δεδομένων, έτσι ώστε η άρρητη γνώση να περάσει άμεσα από τον ένα στον άλλο. Αυτό έχει τυποποιηθεί σε ένα σύστημα ταξινόμησης διαφορετικών τεχνολογιών σύμφωνα με την ωριμότητά τους (Moore, 1995). Αυτή η ταξινόμηση εξασφαλίζει ότι οι λειτουργικές ομάδες που επανεκπαιδευμένα θα χρησιμοποιήσουν μια νέα τεχνολογία την αποκτούν πρώτα (Nightingale, 2000).

Η μεγαλύτερη βελτίωση στο σχεδιασμό έχει επέλθει από τη χρήση προσομοιώσεων σε υπολογιστή και συστημάτων CAD για την ανάλυση της συμπεριφοράς των εξαρτημάτων κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού, έτσι ώστε οι τροποποιήσεις να μπορούν

να γίνουν πριν ξεκινήσει μια επικίνδυνη φυσική δοκιμή (Moore, 1995). Οι προσομοιώσεις επίσης δρουν ως ένα «εικονικό μικροσκόπιο» που επιτρέπει τη λεπτομερή εξερεύνηση μιας συμπεριφοράς που μπορεί να είναι πολύ δύσκολο να αναλυθεί πειραματικά.

Οι προσομοιώσεις συμπληρώνουν πειραματικές δοκιμές σε εξέλιξη καθώς απαιτούν πειραματικά δεδομένα σαν «παραμέτρους εισόδου» για τη δοκιμή της ακρίβειας (η προσομοίωση δεν μπορεί σε καμία περίπτωση να αντικαταστήσει όλα τα φυσικά πειράματα καθώς απαιτούνται και φυσικές δοκιμές για την πιστοποίηση των προϊόντων). Η σχεδιαστική διαδικασία συνεχώς ξαναχρησιμοποιεί παλιά σχεδιαστικά δεδομένα για να παράξει ένα πρώτο προσομοιωμένο σχέδιο το οποίο δοκιμάζεται και τροποποιείται. Έτσι, αντί μιας αβέβαιης και εκτενούς διαδικασίας σχεδιασμού, κατασκευής και ανάλυσης, οι προσομοιώσεις οδηγούν τους μηχανικούς προς τα καθιερωμένα σχέδια και επιτρέπουν την έγκαιρη δοκιμή, η οποία επιταχύνει τις επαναλήψεις στον κύκλο του σχεδιασμού. Αυτό μπορεί να συμβάλει στη δημιουργία περισσότερο «ρεαλιστικών» προδιαγραφών, βελτιωμένο σχεδιασμό και ένα ευρύτερο αριθμό παραγόντων που θα επηρεάσουν τις σχεδιαστικές επιλογές, ενώ θα μειώσουν την αβεβαιότητα και τους επανασχεδιαστικούς βρόχους ανάδρασης (Nightingale, 2000).

2.2.4.5.3 Εμποδίζοντας τις λανθασμένες προδιαγραφές

Η σχεδιαστική αβεβαιότητα επίσης μειώνεται όταν οι μηχανικοί αντιλαμβάνονται το πώς τα εξαρτήματα αλληλεπιδρούν με τα σχετιζόμενα υποσυστήματα. Αυτή η πρακτικά σιωπηλή κατανόηση τυπικά μεταδίδεται μεταξύ των σχεδιαστών χρησιμοποιώντας σχέδια, διαγράμματα και εικόνες που παρουσιάζουν συνοπτικά το τι κάνει την τεχνολογία να «λειτουργεί» (Ferguson 1992).

Η χρήση σχεδιαγραμμάτων (blueprints) διευκολύνει το διαχωρισμό πολύπλοκων προβλημάτων και την κατανόηση των λειτουργιών των εξαρτημάτων από όλους. Αποφεύγονται έτσι δύο τύποι αβεβαιότητας: πρώτον, αβεβαιότητα που ο καθορισμός του προβλήματος θα είναι λανθασμένος και οι σχεδιαστές θα δημιουργήσουν εξαρτήματα που δεν θα λειτουργήσουν σύμφωνα με τα αναμενόμενα επειδή δεν θα έχουν καταλάβει τις σχεδιαστικές προδιαγραφές. Δεύτερον, αβεβαιότητα που περιλαμβάνει διαφορετικές

ομάδες σχεδιαστών που κατανοούν διαφορετικά το ίδιο πρόβλημα και έτσι παράγουν ασύμβατες λύσεις.

Πολλές φορές πριν την εισαγωγή αλλαγών, η διαδικασία του σχεδιασμού θα περάσει μέσα από μια σειρά βημάτων κατά τη διάρκεια των οποίων τα λάθη θα εμφανιστούν και το σχέδιο θα επιστρέψει για αναθεώρηση (Nightingale, 2000).

2.2.4.6 Οργανωτικές αλλαγές

Οι αλλαγές στην καινοτομική διαδικασία επίσης παράγουν και οργανωτικές αλλαγές. Οι δομές πάνω στις οποίες βασίζονται οι διαδικασίες και τα έργα περιέχουν μια ομάδα έργου, η οποία μεταφέρει το νέο προϊόν σε όλη τη διάρκεια της ανάπτυξής του αλληλεπιδρώντας με διαφορετικές ομάδες ανάπτυξης διαφόρων υποσυστημάτων. Οι ομάδες διαδικασίας (process teams) εξειδικεύονται στην εξασφάλιση ότι οι απαραίτητοι ειδικοί υπάρχουν, ενώ η συνέχεια του προσωπικού επιτρέπει τη συνεχή μάθηση και εξασφαλίζει ότι οι σιωπηρές ικανότητες, γνώσεις και τεχνικές πληροφορίες είναι διαθέσιμες (Nightingale, 2000).

Συνολικά η καινοτομική διαδικασία αλλάζει με τρεις τρόπους. Πρώτον, η οργάνωση της ανάπτυξης νέου προϊόντος πρέπει να απλοποιηθεί για να εκμεταλλευτούν οι μειώσεις των επανασχεδιαστικών βρόχων ανάδρασης. Δεύτερον, οι νέες διαδικασίες εάν υποστηρίζονται από ένα ηλεκτρονικό δίκτυο ανταλλαγής δεδομένων, εξασφαλίζεται ευκολότερη πρόσβαση στην εξελισσόμενη εργασία και υποβοηθείται έτσι η ταυτόχρονη ανάπτυξη (concurrent development). Τρίτον, εάν εξασφαλιστεί μια διαδικασία συνεχούς και σωστής κατανομής του προσωπικού γίνεται αντιληπτό ότι σε κάθε στάδιο της διαδικασίας ανάπτυξης θα υπάρχει επαρκής γνώση, ενώ θα γίνονται αντιληπτά και θα επιλύονται με το βέλτιστο τρόπο τυχόν προβλήματα που ανακύπτουν. Αυτές οι τρεις αλληλένδετες αλλαγές βοηθούν στην ολοκλήρωση της διαδικασίας ανάπτυξης (Moore, 1994). Κατά συνέπεια οι αλλαγές στη γνώση, την τεχνολογία και τον οργανισμό είναι αλληλεξαρτώμενες. Η άρρητη γνώση και τα δεδομένα που απαιτούνται για την ανάπτυξη ενός προϊόντος εξαρτώνται από συγκεκριμένα χαρακτηριστικά της τεχνολογίας και την κατανομή του εργατικού δυναμικού μέσα στην εταιρεία. Από την άλλη η κατανομή του εργατικού δυναμικού εξαρτάται από τις εργασίες (tasks) που δημιουργούνται από τις τεχνο-

λογικές παραδόσεις, οι οποίες με τη σειρά τους εξαρτώνται από την τεχνολογία και τη γνώση εντός της εταιρείας.

2.2.5 Παράλληλη Ανάπτυξη (Concurrent Engineering) – Εισαγωγή

Παραδοσιακά η ανάπτυξη ενός νέου προϊόντος θεωρούνταν μια οργανωτική δραστηριότητα που ήταν το αποτέλεσμα διαφόρων οργανωτικών δραστηριοτήτων που εκτελούνταν σε στάδια από την ανάπτυξη της ιδέας έως τη διανομή του προϊόντος. Η ακολουθιακή λειτουργία αυτών των λειτουργικών σταδίων είχε σαν αποτέλεσμα μεγάλους χρόνους ανάπτυξης και πολλά προβλήματα ποιότητας, εξαιτίας της έλλειψης επικοινωνίας και κατανόησης μεταξύ των φάσεων ανάπτυξης του προϊόντος αλλά και των αναγκών του πελάτη. Προκειμένου να αποφευχθούν αυτά τα προβλήματα η παράλληλη ανάπτυξη χρησιμοποιείται από πολλές εταιρίες, με στόχο την καλύτερη και γρηγορότερη δημιουργία των προϊόντων (Hansen, 1997). Εκμεταλλεύεται το ενδεχόμενο ταυτόχρονης εκτέλεσης των δραστηριοτήτων ανάπτυξης μεταξύ των έργων, τις διανομές των προϊόντων, τις φάσεις ανάπτυξης και τις ξεχωριστές εργασίες (tasks). Η παράλληλη ανάπτυξη αποτελείται από δύο βασικά συστατικά: τον παραλληλισμό ή αλλιώς την επικάλυψη των διαφορετικών αλλά έως τώρα ακολουθιακών δραστηριοτήτων και την πρόωπη συμμετοχή όλων των λειτουργιών της εταιρίας που συνεισφέρουν σε ένα επιτυχημένο προϊόν (Berging and Andersin, 1994). Η επικάλυψη των δραστηριοτήτων απαιτεί αυτές να διαχειρίζονται με διαφορετικό τρόπο. Η επικάλυψη απαιτεί οι διαφορετικοί δρώντες που συμμετέχουν να επικοινωνούν και να συνεργάζονται πιο δραστήρια απ' ό,τι σε περασμένες καταστάσεις. Για την επίτευξη αυτού δημιουργούνται πολυλειτουργικές ομάδες. Η επιτυχής υλοποίηση και διαχείριση αυτών των ομάδων είναι κυρίαρχης σημασίας. Η ύπαρξη των ομάδων προκαλεί εντάσεις στη δομή και τις διαδικασίες της οργάνωσης κατά τη λειτουργία της ανάπτυξης του προϊόντος, όσον αφορά τη διαθεσιμότητα των πόρων, τη ροή των πληροφοριών και τη λήψη αποφάσεων. Με την παράλληλη ανάπτυξη προκειμένου να βελτιωθούν οι επικαλυπτόμενες εργασίες απαιτείται σαφής κατανόηση της διαδικασίας ανάπτυξης του νέου προϊόντος. Για τη βελτίωση της απόδοσης κάθε δράσης απαιτείται κατανόηση του πώς και γιατί δεδομένες καταστάσεις δημιουργούνται (Christensen and Christensen, 1995). Για την κατανόηση της συμπεριφοράς χρειάζεται να μετρήσουμε ή να α-

ναλύσουμε με κάποιο τρόπο τη συμπεριφορά με το πέρασμα του χρόνου, κάτι που απαιτεί ότι θα έχουμε κάποιο μοντέλο που θα παριστάνει τις τρέχουσες πεποιθήσεις μας για το περιεχόμενο και τις αιτιακές (causal) εξαρτήσεις των διαφορετικών στοιχείων κάποιας δράσης και το οποίο θα μας βοηθήσει να κατανοήσουμε τον τρόπο που λειτουργεί ένας οργανισμός και τον τρόπο που αναπτύσσεται ένα προϊόν (Haque, Pawar and Barson, 2000).

Ένας οργανισμός είναι ένα σύστημα επεξεργασίας πληροφοριών και επικοινωνίας, δομημένο έτσι ώστε να επιτύχει ένα συγκεκριμένο αριθμό εργασιών (tasks) (Sharifi and Pawar, 1996 p. 255-264). Κατά συνέπεια για να λειτουργεί σωστά ένας οργανισμός είναι απαραίτητο να υιοθετηθεί ένα παράδειγμα επεξεργασίας πληροφορίας και λήψης αποφάσεων (Knight, 1979).

2.2.5.1 Η παράλληλη ανάπτυξη σε σχέση με την ανάπτυξη κατά στάδια

Τα προβλήματα της σταδιακής ανάπτυξης εμφανίζονται από τις πολύπλοκες αλληλεξαρτήσεις μεταξύ των αναπτυξιακών δραστηριοτήτων και τα αποτελέσματά τους στη συμπεριφορά της διαδικασίας. Αυτές οι εξαρτήσεις υπάρχουν από τη στήριξή τους σε κοινούς πόρους ή σε προϊόντα που απαιτείται μοιρασμένη εργασία (shared work-products) στο πέρασμα του χρόνου (Powell, Mander and Brown, 1999).

- **Κοινοί πόροι:** οι αλληλεξαρτήσεις των πόρων συμβαίνουν στο επίπεδο της παραλληλίας των εργασιών οι οποίες αντανακλούν την ανταγωνιστική φύση των δραστηριοτήτων για μια δεδομένη ποσότητα πόρων. Σε κάθε χρονική στιγμή, οι δεδομένοι πόροι μιας φάσης μπορούν να τοποθετηθούν σε ένα αριθμό εργασιών σε διαφορετικά έργα.
- **Προϊόντα που απαιτούν καταμερισμό εργασίας:** οι αλληλεξαρτήσεις των εργασιών κάποιων προϊόντων συμβαίνει στο επίπεδο της παραλληλίας των φάσεων μέσω της διαθεσιμότητας και της ποιότητας των προϊόντων μοιρασμένης εργασίας. Οι έξοδοι των προηγούμενων φάσεων σχηματίζουν τις εισόδους των επόμενων φάσεων (π.χ. οι απαιτήσεις στο σχεδιασμό).

Για να βελτιώσουμε την απόδοση της διαδικασίας ως σύνολο είναι απαραίτητο να ισορροπήσουμε αποτελεσματικά τα επίπεδα της παραλληλίας και της επανάληψης. Μια

αποτυχία σε αυτό το κομμάτι έχει δύο φανερές συνέπειες στη συμπεριφορά της διαδικασίας (Powell, Mander and Brown, 1999):

- **Φόρτος των πόρων:** ευμετάβλητες απαιτήσεις εργασίας μπορούν να οδηγήσουν σε ακραίες αυξομειώσεις στη χρήση των πόρων.
- **Αστάθεια εργασίας:** η μη διαθεσιμότητα και αστάθεια στην εργασία που γίνεται στην αρχή μπορεί να οδηγήσει σε καθυστερήσεις και επανεπεξεργασία στις επόμενες φάσεις.

Το δίκτυο του ταιριάσματος των πόρων και της εργασίας σε μια τμηματική διαδικασία έχει δείχθει ότι παρουσιάζει συστημική συμπεριφορά. Αυτή η συμπεριφορά οδηγείται από τη σχετική δύναμη των εσωτερικών σχέσεων μεταξύ των διαδικασιών ανάπτυξης και των εξωτερικών σχέσεων της διαδικασίας με το περιβάλλον της. Μια υπερφορτωμένη διαδικασία υπερβαίνει τα φυσικά όρια της απόδοσης, με αποτέλεσμα η κατάσταση αυτή να κλιμακώνεται και τελικά να παρατηρείται ένα φαινόμενο κυματισμού τη εργασίας ολισθαίνοντας μέσα στο δίκτυο της διαδικασίας προκαλώντας αυξημένη πίεση και ρίσκο προς το τέλος του έργου. Επομένως, μια καθυστέρηση στο χρονοδιάγραμμα ή μια αλλαγή στην ποσότητα της εργασίας σε κάθε σημείο του κύκλου ζωής, έχει πιθανότητες να προκαλέσει δραματικές υπερκατανομές των πόρων, που με τη σειρά τους καθυστερούν ή επιδρούν στην ποιότητα ή την απόδοση επόμενων φάσεων (Powell, Mander and Brown, 1999).

2.2.5.2 Επιδράσεις στον προγραμματισμό

Οι στατικές μέθοδοι προγραμματισμού αποτυγχάνουν να υποστηρίξουν την εκτίμηση του προγραμματιστή για το ταίριασμα της δυναμικής διαδικασίας και οδηγούν στη δημιουργία προγραμμάτων, που φαινομενικά είναι ρεαλιστικά, αλλά στερούνται επαρκούς κατανόησης της δυναμικής της παράλληλης εργασίας. Το αποτέλεσμα είναι μη ρεαλιστικά προγράμματα που προκαλούν καθυστερήσεις στην ανάπτυξη του προϊόντος (bottlenecks), περιόδους αστάθειας και κρίση διαχείρισης.

Ο τρόπος με τον οποίο μια διαδικασία προγραμματίζεται μπορεί να έχει σαφή επίδραση στο αποτέλεσμα. Οι εκτιμήσεις κόστους κατά τον κύκλο ζωής μπορούν να βασιστούν σε

ένα προτεινόμενο πρόγραμμα έργου (project plan) το οποίο σταδιακά ανανεώνεται σε όλα τα επίπεδα παραλληλίας. Έτσι μια κατανόηση της δυναμικής της διαδικασίας απαιτείται προκειμένου να καθοριστεί: (1) ο βαθμός της παραλληλίας που χρειάζεται για τη διασπορά των πόρων αποτελεσματικά και η παροχή ρεαλιστικών περιόδων επικάλυψης προκειμένου να σταθεροποιηθούν οι αρχικές εργασίες του προϊόντος και (2) το επίπεδο της επανάληψης που είναι απαραίτητο ώστε να ικανοποιηθούν αποτελεσματικά οι τεχνικοί αντικειμενικοί στόχοι και να αποφεύγεται η απορρέουσα επανεπεξεργασία (Powell, Mander and Brown, 1999).

2.2.5.3 Επιπτώσεις για τον έλεγχο

Ο έλεγχος πραγματοποιείται για να διατηρηθεί όσο περισσότερο γίνεται η αφοσίωση στον αρχικό προγραμματισμό και για να επιβεβαιωθεί ότι η εργασία περατώνεται σύμφωνα με το συγκεκριμένο χρονοδιάγραμμα και ικανοποιεί τα απαιτούμενα επίπεδα ποιότητας. Αυτό βέβαια στα πολύπλοκα έργα μπορεί να είναι δύσκολο να εκτιμηθεί. Για παράδειγμα, μια ραγδαία ανάπτυξη στην ορατή λειτουργικότητα μπορεί να καλύψει τα διαφαινόμενα επίπεδα μιας μη εντοπισμένης ανάγκης επανεπεξεργασίας, προκαλώντας υπερβολική προσπάθεια πολύ αργότερα στο πρόγραμμα. Ενώ ένα κρίσιμο χαρακτηριστικό κατά την ανάπτυξη ενός έργου είναι η απόκριση που έχει σε αλλαγές κατά τη διάρκεια της διαδικασίας ανάπτυξης, μπορεί να κάνει αυτές τις διαδικασίες να είναι λιγότερο προσαρμοστικές σε πιθανές αλλαγές. Η προστιθέμενη ικανότητα για αλλαγή κάνει τα έργα δεκτικά σε μετατόπιση των στόχων ή αλλαγή των προδιαγραφών, με κάθε επανάληψη να γίνεται μια ευκαιρία για πρόσθεση ή αλλαγή της λειτουργικότητας πέρα από τους αρχικά προγραμματισμένους σκοπούς (αυτό περιλαμβάνει και την τιμή ίσως του τελικού προϊόντος). Για να είναι μετρήσιμες αυτές οι αλλαγές πρέπει να καθοριστούν και να παρακολουθηθούν με κάποια βάση αποδεκτών επιπέδων για κάθε τύπο αλλαγής: (1) **εξωτερική αλλαγή** εξαιτίας της αστάθειας σε απαιτήσεις υψηλού επιπέδου, (2) **εσωτερική αλλαγή** εξαιτίας ελαττωμάτων ή αστάθειας εντός των διαδικασιών ανάπτυξης και (3) **επείγουσα αλλαγή** που ανακαλύφθηκε από τις δοκιμές του προϊόντος το περιβάλλον που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί. Όταν συμβαίνει μια αλλαγή, το ταίριασμα της διαδικασίας δείχνει ότι οι αποφάσεις ελέγχου είναι αναγκαίο να εξεταστούν στο περιβάλλον

της διαδικασίας ως σύνολο. Επιπλέον, κάθε αλλαγή στους πόρους, το χρονοδιάγραμμα ή το φόρτο εργασίας θα έχει ένα αποτέλεσμα κυματισμού και στις άλλες δραστηριότητες, περιορίζοντας έτσι τον αριθμό των αποτελεσματικών δράσεων ελέγχου που έχει στη διάθεσή του ένας μάνατζερ (Powell, Mander and Brown, 1999).

2.2.5.4 Σημεία βελτίωσης

Είναι απαραίτητο να έχει κάποιος κατά νου ότι η ανακάλυψη των ελαττωμάτων όσο πιο αργά γίνεται στη διαδικασία ανάπτυξης τόσο περισσότερο επιδρά στον πολλαπλασιασμό του κόστους. Έτσι είναι απαραίτητο να τηρείται κάποια ισορροπία όσον αφορά το χρόνο αντιμετώπισης κάποιων ανεπιθύμητων δράσεων μέσα στη διαδικασία ή ακόμα και το ίδιο το προϊόν. Κατά συνέπεια δυσχεραίνεται η διαδικασία αναγνώρισης των περιοχών ή τμημάτων που χρήζουν βελτίωσης, προκαλώντας προβλήματα ακόμα και στην αξιολόγηση της διαδικασίας (Powell, Mander and Brown, 1999).

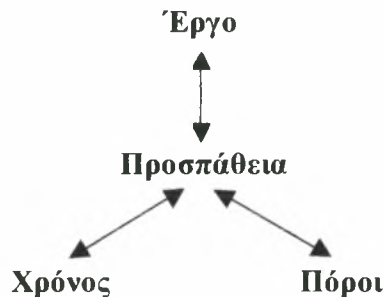
2.2.5.5 Η δυναμική της ανάπτυξης

Κατά τη χρησιμοποίηση πόρων για τη σύνδεση παράλληλων έργων, έχει αποδειχθεί ότι οι αποφάσεις προγραμματισμού και η κατανομή του εργατικού δυναμικού σε ένα έργο επηρεάζουν σημαντικά το κόστος και τη διάρκεια του άλλου (Abdel-Hamid, 1993). Επίσης η φύση των περιορισμών της διαδικασίας είναι τέτοια ώστε η απόδοση της διαδικασίας να επηρεάζεται από αποφάσεις που ελήφθησαν στο στάδιο του προγραμματισμού. Η κατανομή της εργασίας και των πόρων εντός του προγραμματισμένου χρονοδιαγράμματος μπορεί να καθοριστεί έτσι ώστε η παραγωγικότητα κάποιας φάσης ανάπτυξης του προϊόντος να είναι εντός κάποιων εφικτών επιπέδων οργανωτικής ικανότητας. Με αυτό τον τρόπο είναι πιθανό να δημιουργηθούν εύρωστες διαδικασίες με επιτυχή αποτελέσματα (Powell, Mander and Brown, 1999).

2.2.5.6 Στοιχεία της δυναμικής αναπτυξιακής διαδικασίας

Συνήθως χρησιμοποιούνται τέσσερα στοιχεία για την περιγραφή της διαδικασίας παραγωγής: πόροι, χρόνος, προσπάθεια (effort) και έργο. Αυτά τα στοιχεία είναι αλληλεξαρτώμενα. Για την κατανόηση των σχέσεων των στοιχείων χρησιμοποιούμε το ακόλουθο σχήμα:

Σχήμα 2.3: Το τρίγωνο της διαδικασίας



Πηγή : Powell, Mander and Brown, 1999

Ένα δίκτυο τριγώνων διαδικασίας μπορεί να παρασταθεί στο επίπεδο της εργασίας, της φάσης, της διανομής, του έργου και του οργανισμού για την αναπαράσταση της ιεραρχίας της παραλληλίας της διαδικασίας. Για όλ' αυτά υπάρχουν τέσσερις περιορισμοί προγραμματισμού: προγραμματισμένοι πόροι (διαθέσιμο προσωπικό), προγραμματισμένος χρόνος (διαθέσιμος χρόνος), προγραμματισμένη προσπάθεια (συνολικό κόστος) και προγραμματισμένη εργασία (η ποσότητα της εργασίας που απαιτείται για τη διάθεση στην έξοδο της επιθυμητής ποιότητας). Σε κάθε επίπεδο είναι το ταίριασμα της εργασίας και των πόρων που καθορίζουν την επίδραση του προγραμματισμού μιας δραστηριότητας στην απόδοση της διαδικασίας. Η διαχείριση της διαδικασίας είναι η αποτελεσματική ανταλλαγή μεταξύ των σχετικών περιορισμών της διαδικασίας και της ικανότητας της διαδικασίας.

Δύο επιπλέον δομικά στοιχεία κρίσιμου ενδιαφέροντος της δυναμικής της διαδικασίας είναι η παραγωγικότητα και η ποιότητα. Η παραγωγικότητα (ανθρωποώρες/μονάδα) ή ρυθμός εργασίας (μονάδες/ανθρωποώρες) είναι η σχέση μεταξύ προσπά-

θειας και εργασίας. Η ποιότητα παρουσιάζεται ως μια λειτουργία διάσπασης που επιστέφει ένα επίπεδο επανεπεξεργασίας από το συνολικό επίπεδο εργασίας που πραγματοποιείται. Τα έξι στοιχεία αυτά (πόροι, χρόνος, προσπάθεια, εργασία, παραγωγικότητα και ποιότητα), οι περιορισμοί και οι σχέσεις μεταξύ τους φαίνεται ότι είναι οι οδηγοί της συμπεριφοράς της διαδικασίας και της απόδοσης (Powell, Mander and Brown, 1999).

2.2.5.7 Μοντελοποιώντας το ταίριασμα (coupling) της διαδικασίας

Εάν τα επίπεδα των πόρων είναι σχετικά σταθερά, η προσοχή μετατοπίζεται στην κατανομή της προσπάθειας των πόρων μεταξύ των τρεχουσών δραστηριοτήτων. Τα επίπεδα της κατανομής των πόρων πρέπει να γίνονται σύμφωνα με τους ρυθμούς εργασίας που απαιτούνται για την ολοκλήρωση των διαφόρων δραστηριοτήτων στο καθορισμένο χρονοδιάγραμμα. Παρ' όλ' αυτά όμως η δυναμική κατανομή των πόρων είναι αντικείμενο ενός αριθμού ανωμαλιών και επιρροών. Η παρακολούθηση της εργασίας που έχει γίνει αντανakλά την αντιληφθείσα πρόοδο παρά την πραγματική εισάγοντας έτσι αποκλίσεις στην εκτίμηση του απαιτούμενου ρυθμού εργασίας.

Ένας μείζων παράγοντας καθορισμού του εφαρμοζόμενου ρυθμού εργασίας είναι η παραγωγικότητα. Οι δύο βασικοί οδηγοί της παραγωγικότητας είναι η πίεση του χρονοδιαγράμματος και η πίεση της προσπάθειας (ή του κόστους). Η πίεση του χρονοδιαγράμματος αντανakλά τη σχέση μεταξύ της απαιτούμενης παραγωγικότητας και της πραγματικής παραγωγικότητας. Παρατηρούμε ότι είναι πιθανό να αυξήσουμε την πίεση στην ομάδα ανάπτυξης (επιθυμώντας επιπλέον παραγωγικότητα) αλλά μέχρι ένα συγκεκριμένο σημείο, μετά το οποίο η παραγωγικότητα αποκλίνει δραστικά. Συνεπώς, η πίεση του χρονοδιαγράμματος είναι ένας σημαντικός παράγοντας στον καθορισμό των χρονοδιαγραμμάτων, από τη στιγμή που η απαιτούμενη παραγωγικότητα δεν πρέπει να βγει εκτός των εφικτών ορίων κάποιας συγκεκριμένης ομάδας ανάπτυξης. Η πίεση της προσπάθειας (ή του κόστους) σχετίζει την τρέχουσα προσπάθεια με την προγραμματισμένη προσπάθεια και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αποτίμηση και την αξιολόγηση του προφίλ του κόστους ενός σχεδίου ή ως ένας δευτερεύων οδηγός της εφαρμοσμένης παραγωγικότητας.

Από την άλλη η συμπίεση των χρονοδιαγραμμάτων ανάπτυξης απαιτεί αυξημένη παραγωγικότητα από τους διαθέσιμους πόρους χωρίς να φτάνουμε το σημείο όπου η παραγωγικότητα αποκλίνει εξαιτίας της υπερβολικής εργασίας. Αλλάζοντας το χρονοδιάγραμμα μιας συγκεκριμένης φάσης της διαδικασίας έχει μεγάλη επίδραση στην απόδοση και την κατανομή των πόρων και στις άλλες φάσεις εξαιτίας της παράλληλης ανάπτυξης (Powell, Mander and Brown, 1999).

2.2.5.8 Το ταίριασμα της εργασίας

Η παραγωγή της εργασίας μοντελοποιείται από ένα επίπεδο *απαιτούμενης εργασίας* μετακινούμενο προς την *τελειωμένη εργασία* με ένα ρυθμό που καθορίζεται από τα επιτρεπτά όρια που καθορίζονται από τους διαθέσιμους πόρους και την παραγωγικότητα. Οι αλληλεξαρτήσεις των εργασιών συνδέουν τις φάσεις μιας διαδικασίας από την εξάρτηση προϊόντων κοινής εργασίας, καθώς οι έξοδοι μιας φάσης σχηματίζουν τις εισόδους της επόμενης (π.χ. οι απαιτήσεις για το στάδιο του σχεδιασμού).

Το ταίριασμα της εργασίας εισάγει δύο νέες περιοχές μοντελοποίησης – τη μεταφορά και την επανεπεξεργασία – με τις επιπτώσεις τους στην απόδοση της διαδικασίας. Η επανεπεξεργασία εμφανίζεται ως ένα αποτέλεσμα δραστηριοτήτων που λαμβάνουν χώρα εντός μιας φάσης (εσωτερική επανεπεξεργασία) ή ως μια απόκριση σε προβλήματα που δημιουργούνται στις προηγούμενες φάσεις ανάπτυξης αλλά δεν ανακαλύπτονται πριν την άφιξη των τελευταίων φάσεων (εξωτερική επανεπεξεργασία).

Τα περάσματα συμβαίνουν (δηλαδή το ξεκίνημα της επόμενης φάσης πριν τελειώσει η προηγούμενη) όταν οι έξοδοι μιας φάσης έχουν φτάσει σε ένα συγκεκριμένο σημείο ωριμότητας κατάλληλο ώστε να μπορεί η επόμενη φάση να ξεκινήσει. Πρακτικά, το κριτήριο της μετάβασης στην επόμενη φάση εξαρτάται από τη σχέση μεταξύ των φάσεων ανάπτυξης. Κατά τη μελέτη της παράλληλης ανάπτυξης και επανάληψης ενδιαφερόμαστε για τη μεγιστοποίηση του βαθμού επικάλυψης των φάσεων του κύκλου ζωής.

Από την άλλη πλευρά ο σχετικός προγραμματισμός των έργων και των φάσεων έχει επίδραση στην παραγωγικότητα αλλά και στην ποιότητα. Επιπλέον, κάθε αλλαγή στη διαδικασία θα έχει κυματιστή επίδραση στη συμπεριφορά των υπόλοιπων κομματιών της διαδικασίας (Powell, Mander and Brown, 1999).

2.2.5.9 Στρατηγικές ελέγχου και βελτίωσης

Ιχνηλατώντας την απόδοση της διαδικασίας ένας μάνατζερ θα παρατηρήσει ότι έχει διαθέσιμο ένα περιορισμένο αριθμό εργαλείων ελέγχου για να επηρεάσει τη συμπεριφορά ενός έργου σε συγκεκριμένα σημεία κατά τη διάρκεια της διαδικασίας. Είναι πιθανό να εφαρμόσει (1) *έλεγχο εργασίας* για να αλλάξει τη σχετική κατανομή της εργασίας μεταξύ των φάσεων της διαδικασίας, (2) *έλεγχο προσπάθειας* προκειμένου να μεταβάλλει το χρόνο εργασίας (π.χ. χρήση υπερωριών), (3) *έλεγχος πόρων* για να αυξήσει ή να μειώσει το επίπεδο των πόρων και (4) *έλεγχο χρονοδιαγράμματος* ώστε να αυξήσει ή να μειώσει το διαθέσιμο χρόνο για μια δραστηριότητα και να αλλάξει τη σχετική σειρά ή την προτεραιότητα των δραστηριοτήτων.

Προκειμένου, από την άλλη πλευρά, να βελτιώσει την απόδοση της διαδικασίας μπορεί να καταφύγει σε μια σειρά μεθόδων μερικές από τις οποίες είναι οι ακόλουθες (Powell, Mander and Brown, 1999):

- Πειραματισμός
- Συνολική θεώρηση
- Χρονική ενημερότητα
- Συμπίεση του χρόνου ανάπτυξης (lead-time compression)

2.2.5.10 Συμπεράσματα

Κατά την ανάπτυξη ενός προϊόντος το επιθυμητό είναι να μειωθεί όσο γίνεται περισσότερο χρόνος ανάπτυξής του, κάτι που θεωρείται ιδιαίτερα κρίσιμο για την επιτυχία του. Το να αναπτύσσει προϊόντα γρηγορότερα από τους ανταγωνιστές σου μπορεί να αυξήσει το μερίδιο αγοράς, το κέρδος και τα μακροχρόνια ανταγωνιστικά οφέλη. Σαν ανταπόκριση σε αυτό το κατά κάποιον τρόπο «κάλεσμα της αγοράς» πολλές εταιρίες στράφηκαν από την ακολουθιακή προς την παράλληλη/ταυτόχρονη (concurrent) ανάπτυξη των προϊόντων τους. Η παράλληλη ανάπτυξη είναι σχεδιασμένη βασικά να μειώσει το χρόνο κύκλου με την επικάλυψη των αναπτυξιακών δραστηριοτήτων έτσι ώστε αυτές να εκτελούνται όσο το δυνατόν πιο παράλληλα. Οι μεγάλες μειώσεις στο χρόνο κύκλου

μπορούν να πραγματοποιηθούν εφαρμόζοντας την παράλληλη ανάπτυξη (Wheelwright and Clark, 1992).

2.2.5.10.1 Προβλήματα εφαρμογής της Παράλληλης Ανάπτυξης

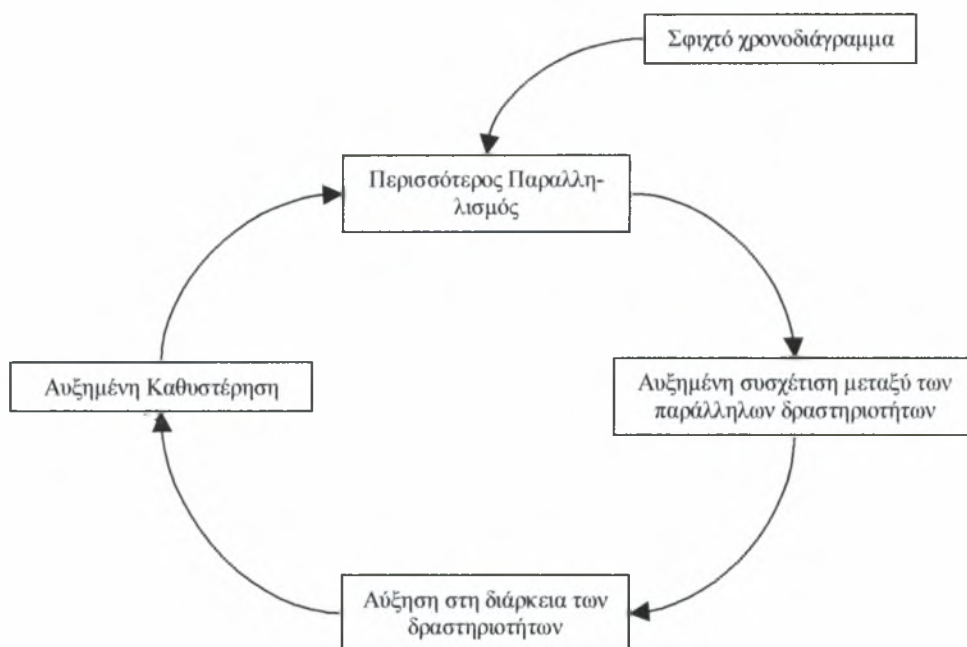
Παρόλο που η παράλληλη ανάπτυξη συμβάλει, εάν εφαρμοστεί σωστά, στη σημαντική μείωση του χρόνου κύκλου, εντούτοις η επιτυχής εφαρμογή της έχει αποδειχθεί δύσκολη για πολλές εταιρίες. Μερικές αποτυχίες εφαρμογής και προκλήσεις έχουν συνδεθεί με τον αυξημένο συντονισμό που απαιτείται μεταξύ των μελών, όλων των φάσεων της ανάπτυξης, των επικαλυπτόμενων δραστηριοτήτων (Haddad 1996). Για παράδειγμα οι Wheelwright και Clark (1992) παρουσιάζουν μια περίπτωση στην οποία η εφαρμογή του concurrent engineering αύξησε τους χρόνους κύκλου εξαιτίας της ανεπιτυχούς λειτουργίας των διαλειτουργικών ομάδων (cross-functional teams), την πρωτεύουσα δομή συντονισμού στην παράλληλη ανάπτυξη.

Σε μια διαδικασία ανάπτυξης ενός προϊόντος που η ανάπτυξη των συσχετιζόμενων κομματιών αυτού λαμβάνει χώρα παράλληλα, έχει σαν αποτέλεσμα οι δραστηριότητες να διαρκούν περισσότερο, από τη στιγμή που κάθε μια πρέπει να λαμβάνει γνώση των άλλων. Αυτό προκαλεί καθυστέρηση σε ολόκληρο το πρόγραμμα. Αν υπάρχουν αυστηροί χρονικοί περιορισμοί, έτσι ώστε η καθυστέρηση να μη μπορεί να απορροφηθεί με την παράταση της διάρκειας του έργου, αυτό σημαίνει ότι το έργο πρέπει να γίνει περισσότερο παράλληλο καθώς οι καθυστερημένες δραστηριότητες επικαλύπτονται χρονικά περισσότερο με τις επιτυχημένες μη καθυστερημένες δραστηριότητες .

Όλ' αυτά βέβαια πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στον αρχικό σχεδιασμό. Εντούτοις, η διαδικασία γίνεται πολύ δυσκίνητη (nonrobust), καθώς μια μικρή αύξηση σε ένα από τα στοιχεία της διαδικασίας ανάπτυξης, προκαλεί το σχηματισμό ενός θετικού βρόχου ανατροφοδότησης με κάθε ένα από τα τέσσερα στοιχεία στο βρόχο του σχήματος 2.4, μεγεθύνοντας τον επόμενο (ένα θετικό βρόχο ανατροφοδότησης που ενισχύει τα ανεπιθύμητα αποτελέσματα, όπως αυτό γενικά ονομάζεται «φαύλος κύκλος»). Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική κλιμάκωση (Williams, Eden, Ackermann and Tait, 1995).

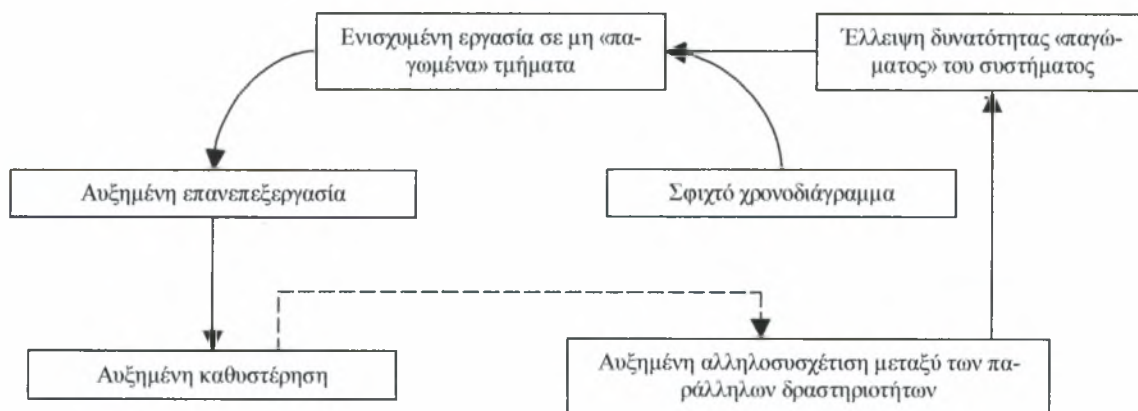
Ο βασικός βρόχος όπως επίσης και οι επιπλέον βρόχοι που τον επιταχύνουν φαίνονται στα σχήματα που ακολουθούν:

Σχήμα 2.4: Ο βασικός βρόχος



Πηγή : Williams, Eden, Ackermann and Tait, 1995

Σχήμα 2.5: Επιπλέον βρόχος 1

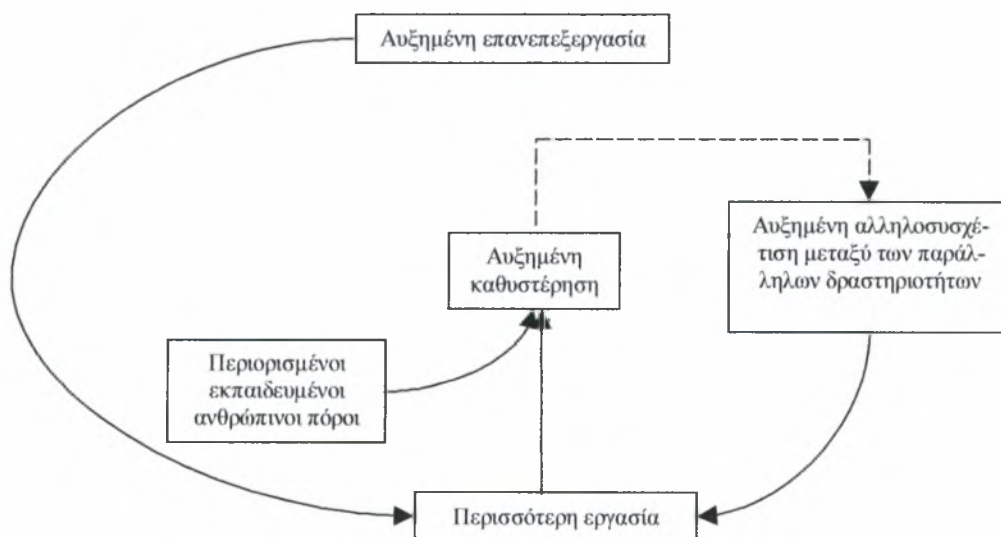


Πηγή : Williams, Eden, Ackermann and Tait, 1995

Όπου υπάρχουν αυξημένες αλληλοσυσχετίσεις μεταξύ παράλληλων δραστηριοτήτων που αναπτύσσουν συσχετιζόμενα κομμάτια ενός προϊόντος, αυτό υποδηλώνει αυξημένη δυσκολία στην παροχή ενός συστήματος παγώματος, από τη στιγμή που ένα εξάρτημα θα επιδρά (cross impact) ολόένα και περισσότερο στα υπόλοιπα εξαρτήματα, δημιουργώντας ένα αποτέλεσμα «κυματισμού» μέσα στο σύστημα. Αυτή η έλλειψη της δυνατότητας παγώματος του συστήματος, όταν ξανά συνδυαστεί με ένα αυστηρά περιορισμένο χρονοδιάγραμμα, αναγκάζει τη διαχείριση της ανάπτυξης να ασχολείται με αντικείμενα για τα οποία το περιβάλλον σύστημα δεν είναι ακόμα παγωμένο (αντικείμενα για τα οποία θα κανονικά θα θέλαμε να δουλέψουμε). Το κύριο αποτέλεσμα ενδιαφέροντος εδώ είναι ότι ο σχεδιασμός τέτοιων αντικειμένων θα πρέπει να επανεπεξεργαστεί αν υπάρχουν αλλαγές στο μέχρι στιγμής «μη παγωμένο» περιβάλλον σύστημα (as-yet-unfrozen). Αυτό προκαλεί καθυστέρηση και συνεισφέρει στο φαύλο κύκλο που φαίνεται στο σχήμα 2.4 (Williams, Eden, Ackermann and Tait, 1995).

Ένα δεύτερο παράδειγμα ενός επιπλέον παράγοντα που επιδεινώνει την κατάσταση φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα:

Σχήμα 2.6: Επιπλέον βρόχος 2

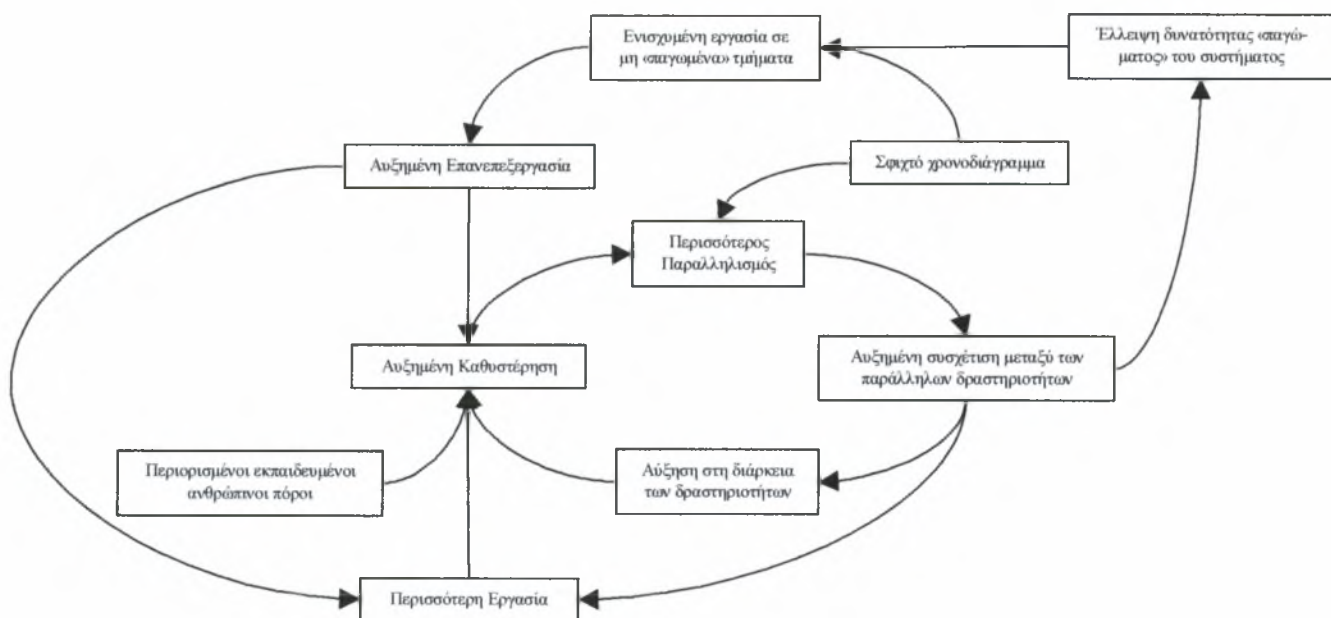


Πηγή : Williams, Eden, Ackermann and Tait, 1995

Δύο από τους παράγοντες που προσδιορίζονται παραπάνω, η αυξημένη χρήση των παράλληλων δραστηριοτήτων που είναι αλληλοσχετιζόμενες και η αυξημένη ανάγκη για επανεπεξεργασία, προκαλούν το απόλυτο σύνολο της εργασίας που απαιτείται να γίνει στο σύστημα να αυξάνεται. Στην κατάσταση που υπάρχουν περιορισμένοι εκπαιδευμένοι ανθρώπινοι πόροι, προκαλείται επιπλέον καθυστέρηση που συνεισφέρει στη θετική ανάδραση.

Στο Σχήμα 2.7 φαίνεται μια διάθρωση ενός αμοιβαία ενισχυμένου βρόχου, ο οποίος είναι ήδη πολύπλοκος, με τέσσερις θετικούς βρόχους ανάδρασης.

Σχήμα 2.7: Οι βρόχοι συνδυνασμένοι



Πηγή : Williams, Eden, Ackermann and Tait, 1995

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Ανάπτυξη του μοντέλου προσομοίωσης

3.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται το μοντέλο προσομοίωσης. Παρακολουθείται η προσπάθεια μιας εταιρείας αυτή από τη φάση της ανάλυσης των απαιτήσεων έως την παραγωγή και γίνεται μελέτη του τρόπου με τον οποίο αυτό το προϊόν διαχέεται στην αγορά και επιχειρείται μια μέτρηση της απόδοσής του με βάση την απόδοση του κεφαλαίου της εταιρείας.

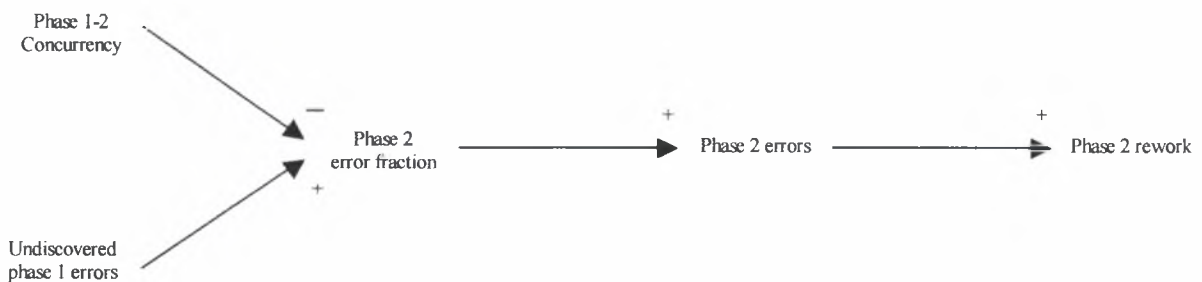
Αρχικά γίνεται μια προσέγγιση του προβλήματος με τη βοήθεια της συστημικής δυναμικής, κατά την οποία αναπτύσσονται οι σχέσεις και οι αλληλεπιδράσεις των στοιχείων όλων των υποσυστημάτων που υπάρχουν κατά την ανάπτυξη του προϊόντος. Αυτό βοηθάει και στην καλύτερη κατανόηση του προβλήματος. Στη συνέχεια αναπτύσσεται ένα μοντέλο προσομοίωσης με τη βοήθεια του περιβάλλοντος προσομοίωσης i-think. Ουσιαστικά αυτή η γλώσσα είναι ένα εργαλείο που μας βοηθάει στην πιστή αναπαράσταση όλων των δυναμικών εξαρτήσεων μεταξύ και εντός των υποσυστημάτων, ενώ από την άλλη δίνει τη δυνατότητα στους μάνατζερ να ασκήσουν αποτελεσματικότερα τα καθήκοντα τους καθώς για διάφορες στρατηγικές επιλογές και σενάρια της αγοράς μπορεί να προβλεφθεί η συμπεριφορά ενός ολόκληρου συστήματος.

Στο παράρτημα Α, υπάρχει αναλυτική απεικόνιση του μοντέλου προσομοίωσης και των διασυνδέσεων μεταξύ των διαφόρων υποσυστημάτων, ενώ στο παράρτημα Β αναφέρονται συγκεντρωτικά οι εξισώσεις που περιγράφουν όλες τις μεταβλητές του μοντέλου που αναπτύσσεται.

3.2 Ανάλυση του προβλήματος

Στο μοντέλο που θα αναλυθεί παρακάτω, γίνεται μια προσπάθεια προσέγγισης του προβλήματος της παραλληλίας μεταξύ των φάσεων ανάπτυξης ενός προϊόντος. Πιο συγκεκριμένα, οι εταιρείες στην προσπάθειά τους να επιταχύνουν την εισαγωγή του υπό ανάπτυξη προϊόντος στην αγορά, προκειμένου να αποκομίσουν κεφάλαια που θα εξασφαλίσουν τη βιωσιμότητά τους στο ανταγωνιστικό περιβάλλον που δρουν, επιλέγουν την παράλληλη ανάπτυξη (Concurrent Engineering). Το ερώτημα όμως που προκύπτει και αναμένεται να απασχολήσει και στο μέλλον πολλούς μάνατζερ είναι το πόσο παράλληλα μπορούν να ξεκινούν οι φάσεις, ώστε να εξασφαλίζεται ένα ικανοποιητικό επίπεδο ποιότητας για το προϊόν. Δεδομένου ότι όταν οι φάσεις ανάπτυξης του προϊόντος ξεκινούν παράλληλα ή είναι επικαλυπτόμενες, η φάση που έπεται μιας προηγούμενης (π.χ. η φάση έρευνας και ανάπτυξης (E&A) του προϊόντος έπεται της ανάλυσης απαιτήσεων), έχει έλλειψη πληροφορίας κάτι το οποίο είναι δυνατόν να προκαλέσει τη δημιουργία σφαλμάτων.

Σχήμα 3.1: Η επίδραση της παράλληλης ανάπτυξης μεταξύ των φάσεων ενός έργου



Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Αυτό συμβαίνει διότι όσο προχωράει κάποιο έργο, τυχόν δεδομένα για παράδειγμα της φάσης ανάλυσης των απαιτήσεων είναι δυνατόν να τροποποιηθούν με βάση κάποιες νέες πληροφορίες που προέκυψαν από την ανάλυση της αγοράς. Κατά συνέπεια τα νέα αυτά δεδομένα μεταβιβάζονται προς τη φάση της E&A του προϊόντος προκαλώντας την αναθεώρηση πολλών παραμέτρων του. Αυτό ακριβώς είναι που προκαλεί και τους βρόχους επανεπεξεργασίας σε κάποια φάση ανάπτυξης.

Έτσι λοιπόν η διερεύνηση του πότε ακριβώς θα ξεκινάει μια φάση μετά την έναρξη της προηγούμενης ή την ολοκλήρωσή της, είναι ζωτικής σημασίας για τις εταιρείες που χρησιμοποιούν την παράλληλη ανάπτυξη κατά τη δημιουργία των προϊόντων τους. Πρέπει όμως να προσεχθεί ότι, όπως τονίστηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, ο μεγάλος βαθμός παραλληλίας μπορεί να επιφέρει μεγάλο ποσοστό επανεπεξεργασίας (rework) και μεγάλες καθυστερήσεις. Γι' αυτό το λόγο κάθε εταιρεία επιβάλλεται να χρησιμοποιήσει το εργαλείο της παράλληλης ανάπτυξης με βάση κάποιο σοβαρό στρατηγικό σχεδιασμό.

3.2.1 Στόχος του μοντέλου

Στόχος του μοντέλου είναι να γίνει μια προσπάθεια μελέτης των παραγόντων που μπορούν να επηρεάσουν τη δημιουργία ενός ποιοτικά αποδεκτού προϊόντος και η εξεύρεση κατάλληλης στρατηγικής για μια εταιρεία που αναπτύσσει ένα νέο προϊόν με βάση το βαθμό παραλληλίας ή επικάλυψης των διαδοχικών φάσεων ανάπτυξης που θα επιλέξει για να επιτύχει την έγκαιρη εισαγωγή του στην αγορά.

3.3 Περιγραφή του μοντέλου προσομοίωσης

3.3.1 Καθορισμός των υποσυστημάτων

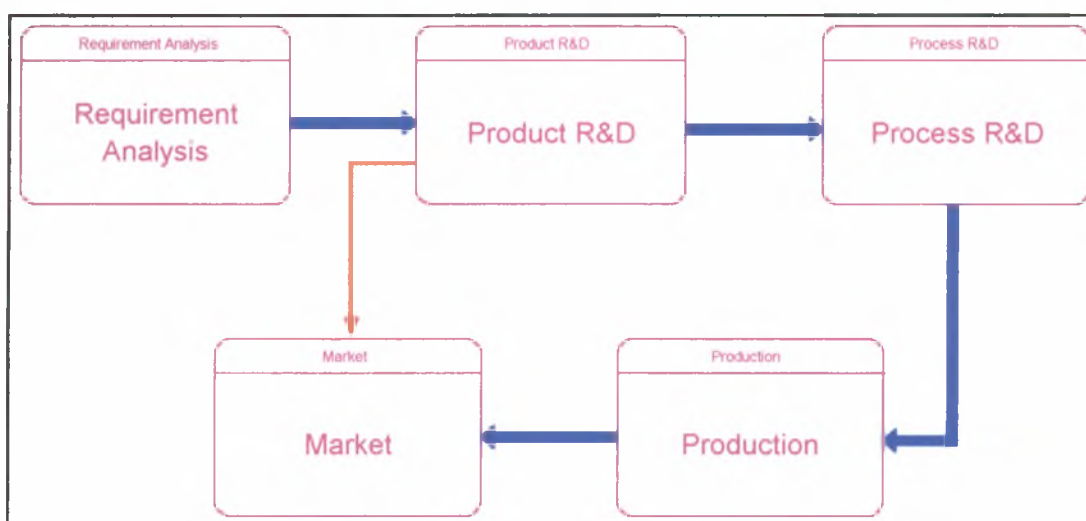
Η μελέτη της ανάπτυξης ενός νέου προϊόντος προϋποθέτει τη δομή και λειτουργία της εταιρείας με βάση κάποια χαρακτηριστικά. Η γνώση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των διαφόρων δομών μιας επιχείρησης θα μας βοηθήσει στο να αξιολογήσουμε και την απόδοση της εταιρείας. Κατά συνέπεια για την ανάπτυξη του μοντέλου απαιτείται ο καθορισμός των παρακάτω υποσυστημάτων:

- Το υποσύστημα της ανάλυσης των απαιτήσεων (Requirement Analysis)
- Το υποσύστημα της έρευνας και ανάπτυξης (E&A) του προϊόντος (Product R&D)
- Το υποσύστημα της έρευνας και ανάπτυξης της διαδικασίας ανάπτυξης του προϊόντος (Process R&D)
- Το υποσύστημα της παραγωγής (Production)
- Το υποσύστημα της αγοράς (Market) και

- Το υποσύστημα μέτρησης της απόδοσης της εταιρείας (Performance)

Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι διασυνδέσεις των υποσυστημάτων με βάση το συγκεκριμένο μοντέλο που αναπτύσσεται στην παρούσα εργασία.

Σχήμα 3.1 Γενικό μοντέλο προσομοίωσης



Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Από το ανωτέρω σχήμα μπορούμε να αντιληφθούμε ότι κάθε φάση, κατά την εξέλιξη ολόκληρου του έργου ανάπτυξης, επηρεάζει την επόμενη μεταβιβάζοντάς της τυχόν ελαττώματα ή προβλήματα (συνεχές βέλος). Τα προβλήματα που ανακαλύπτονται κατά τη φάση E&A του προϊόντος (διακεκομμένο βέλος) αλλά και κατά την παραγωγή επηρεάζουν τη διάχυση του προϊόντος στην αγορά καθώς επιδρούν στην ποιότητά του.

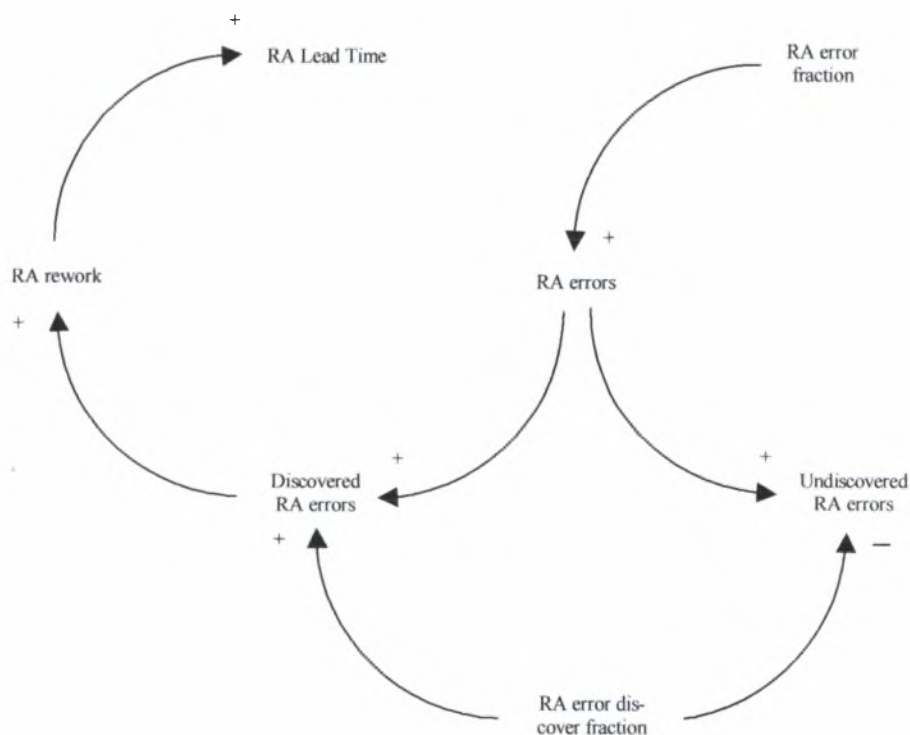
3.3.2 Ανάλυση των υποσυστημάτων με τη βοήθεια της συστημικής δυναμικής

Ακολούθως παρουσιάζονται τα διάφορα υποσυστήματα του μοντέλου προσομοίωσης με τη βοήθεια της συστημικής δυναμικής.

3.3.2.1 Το μοντέλο συστημικής δυναμικής της ανάλυσης απαιτήσεων

Κατά τη διαδικασία καθορισμού των απαιτήσεων ενός προϊόντος, όπως και σε κάθε διαδικασία, είναι αναπόφευκτο να παρουσιάζεται ένας αριθμός σφαλμάτων (RA errors). Από αυτά τα σφάλματα κάποιο ποσοστό ανακαλύπτεται (Discovered RA errors) ενώ κάποιο άλλο όχι (Undiscovered RA errors). Το ποσοστό των ανακαλυπτόμενων λαθών εξαρτάται από τη σωστή λειτουργία του τμήματος ποιοτικού ελέγχου και καθορίζονται από το λόγο ανακάλυψης λαθών (RA error discover fraction). Τα λάθη αυτά είναι που δημιουργούν και τους βρόχους επανεπεξεργασίας (RA rework) μέσα στη φάση ανάπτυξης. Το πλήθος των εν λόγω βρόχων και η διάρκειά τους επηρεάζουν καθοριστικά τη συνολική διάρκεια (Lead Time) της φάσης ανάλυσης των απαιτήσεων του προϊόντος. Τα λάθη εκείνα που τελικά δεν ανακαλύπτονται μεταφέρονται και επηρεάζουν τις επόμενες φάσεις. Όσο μεγαλύτερος είναι ο λόγος ανακάλυψης λαθών τόσο περισσότερα λάθη θα ανακαλύπτονται και τόσο λιγότερα θα μεταφέρονται στην επόμενη φάση. Αυτό όμως έχει σαν αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη διάρκεια της επανεπεξεργασίας. Στο σχήμα 3.2 φαίνεται το συστημοδυναμικό μοντέλο της ανάλυσης των απαιτήσεων.

Σχήμα 3.2: Το δυναμικό σύστημα της ανάλυσης των απαιτήσεων



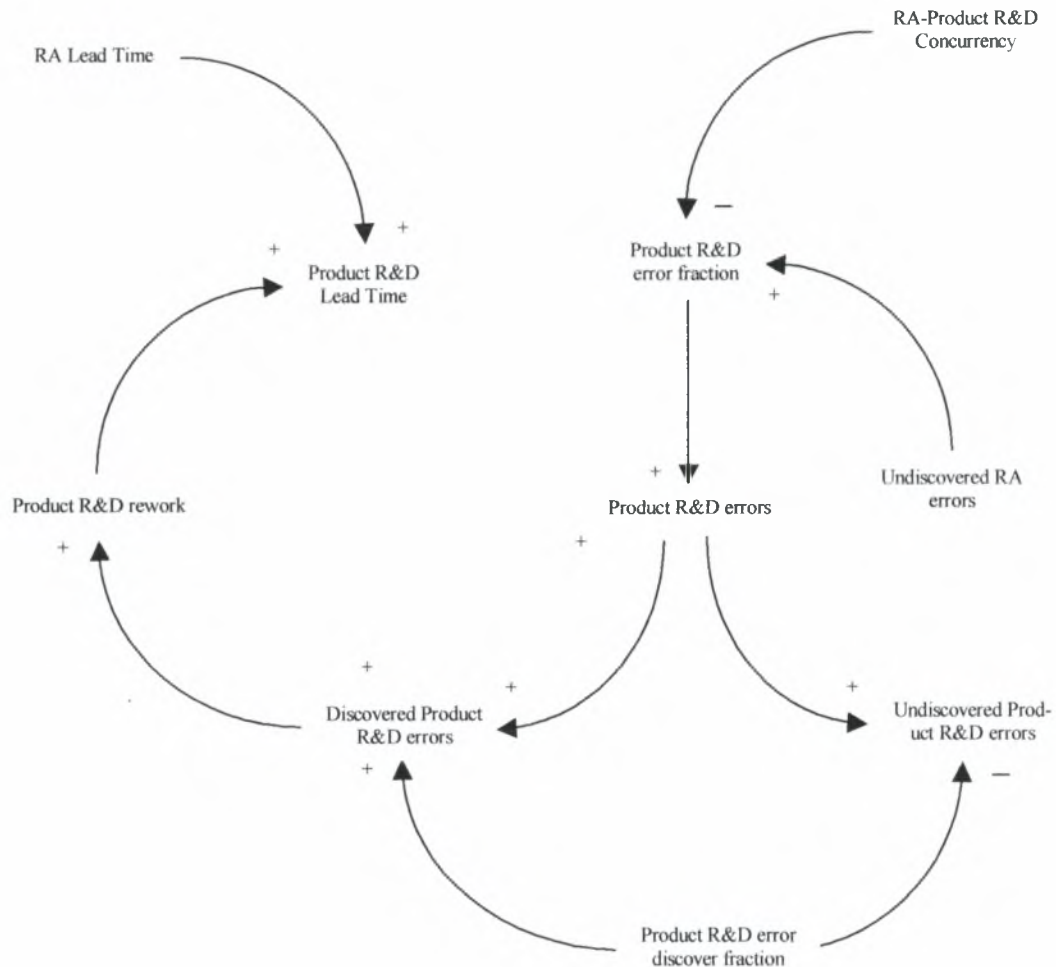
Πηγή: Ιδία επεξεργασία

3.3.2.2 Το μοντέλο συστημικής δυναμικής της E&A του προϊόντος

Για να ξεκινήσει το στάδιο της E&A του προϊόντος θα πρέπει να έχει ολοκληρωθεί πλήρως ή τουλάχιστον κάποιο ποσοστό του προηγούμενου σταδίου (της ανάλυσης απαιτήσεων). Είναι ευνόητο ότι αυτό γίνεται διότι δεν είναι δυνατόν να ξεκινήσει η E&A του προϊόντος χωρίς κάποια ποσότητα πληροφορίας που θα προέρχεται από το προηγούμενο στάδιο. Το πότε ακριβώς όμως θα ξεκινήσει και πόση πληροφορία θα έχει εκείνη τη στιγμή εξαρτάται από τη στρατηγική της εκάστοτε εταιρείας. Το χρονικό αυτό σημείο καθορίζεται από το βαθμό παραλληλίας που επιλέγεται από μια δεδομένη στρατηγική (RA-Product R&D Concurrency). Η έναρξη της φάσης E&A του προϊόντος πριν την ολοκλήρωση της φάσης καθορισμού των απαιτήσεων επηρεάζει το ποσοστό των λαθών που γίνονται (Product R&D error fraction). Αυτό οφείλεται στην έλλειψη πληροφορίας. Σε πραγματικές καταστάσεις είναι δυνατόν κάποια στιγμή να τροποποιηθούν ορισμένα δεδομένα κατά τη φάση ανάλυσης των απαιτήσεων. Όταν αυτές οι τροποποιήσεις φθάσουν στο επόμενο στάδιο, της E&A του προϊόντος, τότε θα πρέπει να επανεπεξεργαστούν εκείνες οι εργασίες που σχετίζονται με αυτές τις αλλαγές. Όπως γίνεται αντιληπτό δημιουργούνται έτσι πρόσθετα λάθη που θα είχαν προληφθεί εάν η E&A του προϊόντος είχε ξεκινήσει αργότερα. Την κατάσταση αυτή επιβαρύνουν και τα λάθη που προέρχονται από τη φάση της ανάλυσης των απαιτήσεων και δεν έχουν ανακαλυφθεί (Undiscovered RA errors). Όπως και στο προηγούμενο στάδιο έτσι κι εδώ, από τα λάθη (Product R&D errors) σύμφωνα με το λόγο ανακάλυψης λαθών κάποια ανακαλύπτονται (Discovered Product R&D errors) και κάποια όχι (Undiscovered Product R&D errors). Αυτά που ανακαλύπτονται πηγαίνουν για επανεπεξεργασία (Product R&D rework) και τα υπόλοιπα μεταφέρονται στην επόμενη φάση. Όπως είναι λογικό εάν δεν περατωθεί η φάση της ανάλυσης των απαιτήσεων δεν είναι δυνατόν να ολοκληρωθεί η E&A του προϊόντος κι αν έχει αρχίσει νωρίς, καθώς δεν θα έχει ολοκληρωθεί η ροή των πληροφοριών. Κατά συνέπεια καθυστερήσεις στην ολοκλήρωση της ανάλυσης των απαιτήσεων θα δημιουργήσει αλυσιδωτά καθυστερήσεις και στη διάρκεια της E&A του προϊόντος (Product R&D Lead Time). Στο σχήμα 3.3 απεικονίζεται το μοντέλο συστημικής δυναμικής της E&A του προϊόντος.



Σχήμα 3.3: Το δυναμικό σύστημα της E&A του προϊόντος



Πηγή: Ιδία επεξεργασία

3.3.2.3 Το μοντέλο συστημικής δυναμικής της E&A της διαδικασίας ανάπτυξης του προϊόντος

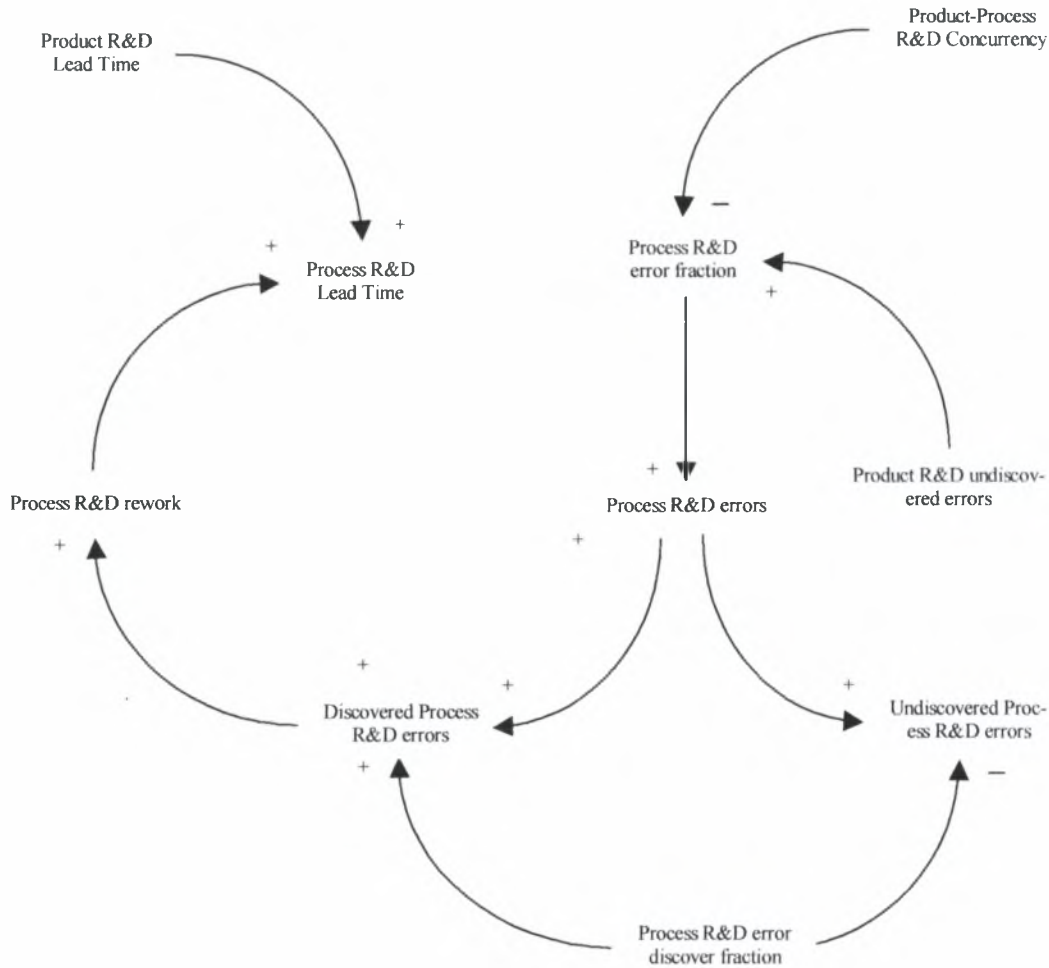
Η ανάπτυξη ενός ποιοτικά σωστού προϊόντος προϋποθέτει και την ύπαρξη μιας σωστής, καλά οργανωμένης και αποτελεσματικής διαδικασίας. Έτσι λοιπόν μετά την E&A του προϊόντος πρέπει να αναπτυχθεί και η διαδικασία μέσω της οποίας το προϊόν θα παραχθεί. Και εδώ ισχύει ότι και στην E&A του προϊόντος. Η E&A της διαδικασίας μπορεί να ξεκινήσει πριν ολοκληρωθεί ο σχεδιασμός του προϊόντος με όλα τα αντίστοιχα

που ίσχυαν στην προηγούμενη ανάλυση, πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Σύμφωνα με κάποια δεδομένη στρατηγική της εταιρείας, έχει καθοριστεί ένας βαθμός παραλληλίας προκειμένου να διευκρινιστεί η χρονική στιγμή της έναρξης της φάσης του σχεδιασμού της διαδικασίας (Process R&D Concurrency). Η χρονική στιγμή της έναρξης της E&A της διαδικασίας ανάπτυξης, μαζί με τα λάθη από τη φάση της E&A του προϊόντος που δεν έχουν ανακαλυφθεί (Product R&D undiscovered errors), επηρεάζουν το ποσοστό των λαθών που γίνονται (Process R&D error discover fraction). Με τη σειρά τους από τα συνολικά λάθη που τελικά γίνονται (Process R&D errors), κάποια δεν ανακαλύπτονται (Undiscovered Process R&D errors) και περνούν στο επόμενο στάδιο, ενώ τα υπόλοιπα ανακαλύπτονται με βάση ένα ποσοστό ανακάλυψης (Process R&D error discover fraction) και οδηγούνται για επανεπεξεργασία (Process R&D rework). Το ποσοστό των λαθών, η διάρκεια της επανεπεξεργασίας καθώς και η ολική διάρκεια της προηγούμενης φάσης (Product R&D Lead Time) επηρεάζουν τη χρονική διάρκεια της E&A της διαδικασίας (Process R&D Lead Time). Στο σχήμα 3.4 φαίνεται το μοντέλο συστημικής δυναμικής της E&A της διαδικασίας.

3.3.2.4 Το μοντέλο συστημικής δυναμικής της παραγωγής

Αφού έχουν πια ολοκληρωθεί οι τρεις προηγούμενες φάσεις, τότε μπορεί να ξεκινήσει η παραγωγή του προϊόντος. Τα λάθη που έχουν παραμείνει από την ανάλυση της διαδικασίας ανάπτυξης και δεν έχουν ανακαλυφθεί (Process R&D undiscovered errors), συμβάλλουν στη δημιουργία λαθών κατά την παραγωγή (Production error fraction). Αυτό είναι λογικό καθώς μια κακή διαδικασία παραγωγής θα δυσχεραίνει το έργο της, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται πολύ συχνά χαμηλής ποιότητας προϊόντα. Από την άλλη όσο προχωράει η παραγωγή τόσο περισσότερο αυξάνεται η μάθηση του προσωπικού στο να εκτελεί γρηγορότερα και αποτελεσματικότερα την εργασία του (Production Learning). Η αύξησης βεβαίως της μάθησης θα γίνεται με κάποιο ρυθμό που καθορίζεται από το βαθμό και την ταχύτητα με τη οποία η παραγωγική μας διαδικασία και το προσωπικό που την εκτελεί, αφομοιώνει τη διαδικασία της παραγωγής.

Σχήμα 3.4: Το δυναμικό σύστημα της διαδικασίας ανάπτυξης



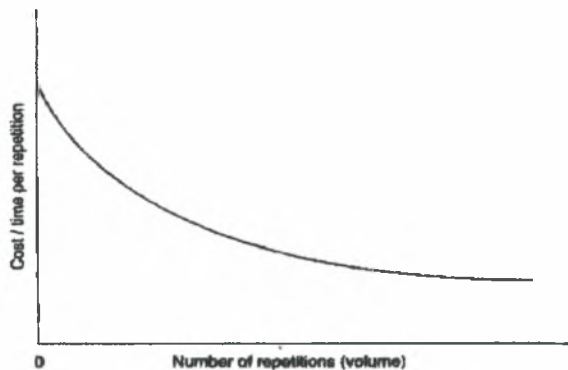
Πηγή: Ίδια επεξεργασία

Όπως λοιπόν, μπορεί να παρατηρηθεί, η μάθηση κατά την διάρκεια της παραγωγής, έχει θετικές επιρροές στις ικανότητες της επιχείρησης. Το να υπάρχει μάθηση κατά την διάρκεια της παραγωγής, έχει ως αποτέλεσμα την συγκέντρωση γνώσης για την παραγωγική διαδικασία, η οποία κάνει την εταιρεία περισσότερο αποτελεσματική κατά την παραγωγή των επόμενων προϊόντων της. Όσο περισσότερο αποτελεσματική είναι όμως η παραγωγική διαδικασία της εταιρείας, τόσο περισσότερη γνώση αποκτούν οι εργαζόμενοι, με ευεργετικά αποτελέσματα, όχι μόνο όσον αφορά την εμπειρία που αποκτούν, αλλά και όσον αφορά το συνολικό κόστος της παραγωγής. Το γεγονός αυτό, έρχεται σε α-

πόλυτη συμφωνία με τη καμπύλη μάθησης, όπως φαίνεται και από το σχήμα 3.5. Για παράδειγμα εάν έχουμε μια καμπύλη μάθησης 90%, αυτό σημαίνει ότι υπάρχει ένας αντίστοιχος 10% ρυθμός βελτίωσης κατά την εκτέλεση των εργασιών. Αυτό μεταφράζεται ως εξής. Κατά την παραγωγή του πρώτου προϊόντος εάν απαιτείται χρόνος A , τότε για το δεύτερο προϊόν θα απαιτείται 10% λιγότερος χρόνος για να εκτελεστεί. Το ίδιο θα ισχύει και για το 4^ο, το 8^ο προϊόν κ.ο.κ. Όπως γίνεται λοιπόν αντιληπτό, οι αυξημένες ικανότητες της επιχείρησης έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση της ταχύτητας ανάπτυξης της παραγωγικής διαδικασίας.

Σχήμα 3.5: Η καμπύλη μάθησης

LEARNING CURVES IN SERVICES AND MANUFACTURING



Τα παραπάνω συνοψίζονται από τη σχέση:

$$\text{Time for the } n\text{th unit} = T \times L^n$$

Where T = unit cost or unit time of the first unit
 L = learning curve rate
 n = number of times T is doubled

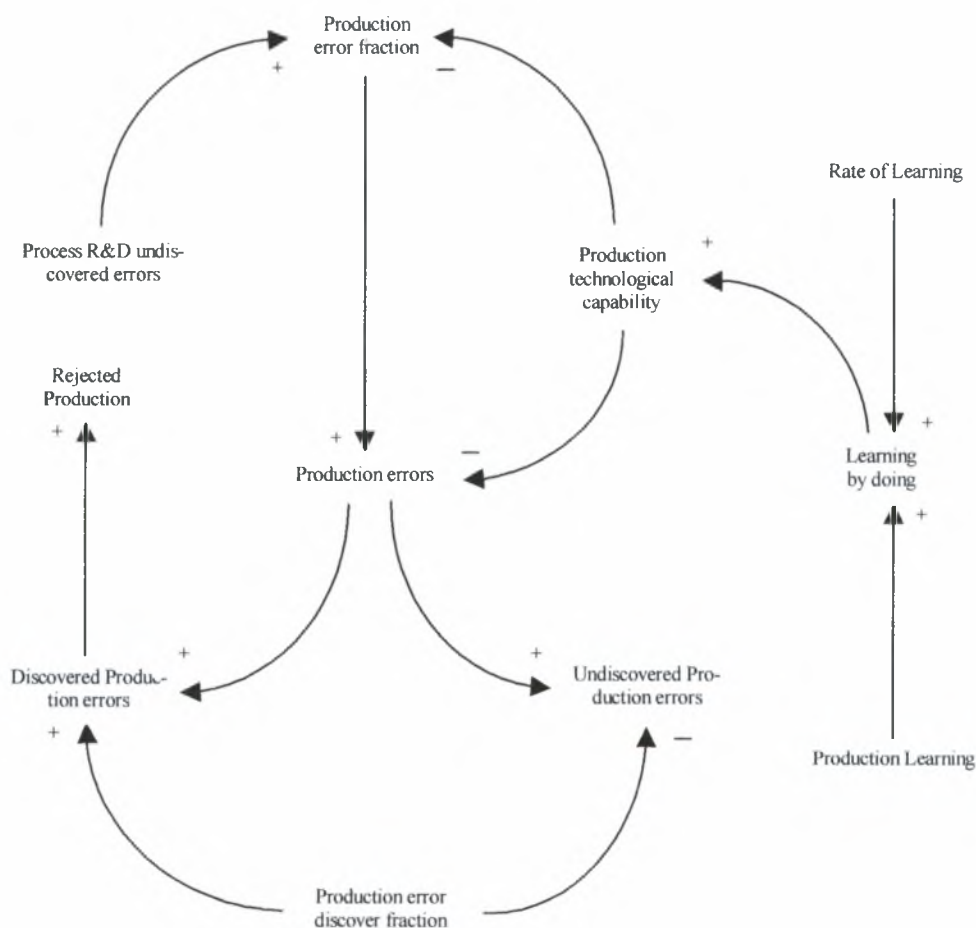
The Learning-Curve Effect States That Time per Repetition Decreases as the Number of Repetitions Increases

Πηγή: Heizer and Render, 2001

Όλα τα παραπάνω θα μπορούσαν να συνοψιστούν λέγοντας ότι όσο προχωράει η παραγωγή αυξάνεται και η μάθηση κατά τη διάρκεια της (Learning by doing). Η αύξηση της μάθησης κατά την παραγωγή συντελεί στην αύξηση της τεχνολογικής ικανότητας της εταιρείας (Production technological capability), κάτι που σημαίνει ότι αυξάνεται η ικανότητα της εταιρείας να παράγει περισσότερα ποιοτικά προϊόντα καθώς θα μειώνεται δραστικά ο αριθμός των λαθών κατά την παραγωγή (Production errors). Και εδώ όπως είναι φυσικό σύμφωνα με κάποιο λόγο ανακάλυψης λαθών ορισμένα λάθη ανακαλύπτονται

(Discovered Production errors), ενώ τα υπόλοιπα συνοδεύουν το προϊόν που τελικά θα βγει στην αγορά, μειώνοντας κατά ένα μέρος την ποιότητά του (Undiscovered Production errors). Μια βασική παραδοχή που κάνουμε είναι ότι η εταιρεία μας κατά την παραγωγή δεν επανεπεξεργάζεται τυχόν ελαττωματικά προϊόντα, τα οποία και τελικά αποβάλλονται από την παραγωγή (Rejected Production). Στο σχήμα 3.6 απεικονίζεται το μοντέλο συστημικής δυναμικής της παραγωγικής διαδικασίας.

Σχήμα 3.6: το δυναμικό σύστημα της παραγωγής



Πηγή: Ιδία επεξεργασία

3.3.2.5 Το μοντέλο συστημικής δυναμικής της αγοράς

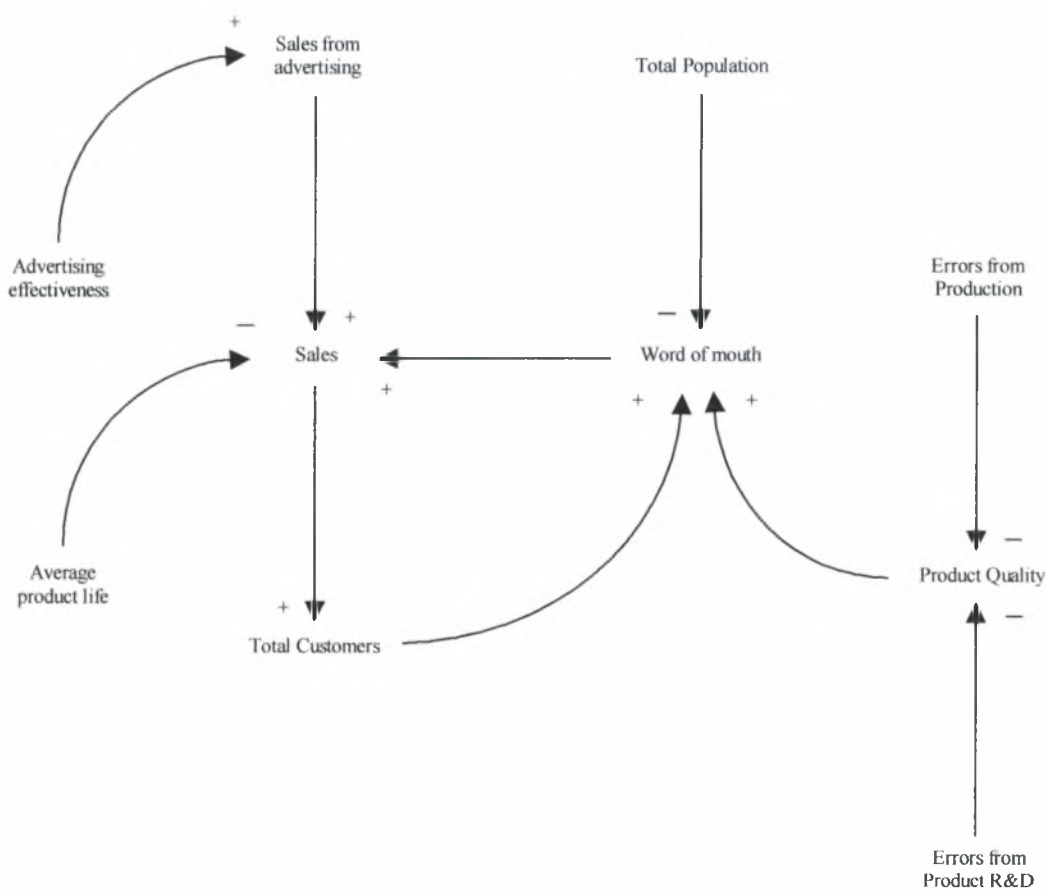
Από τη στιγμή που το προϊόν έχει πια παραχθεί είναι ώρα να δοκιμαστεί στην αγορά. Το πλήθος των πωλήσεων που θα επιτευχθεί θα μας παρέξει έναν τρόπο αξιολόγησης της επιτυχίας του. Θα μας δείξει δηλαδή εάν ικανοποιεί τις ανάγκες των πελατών. Βέβαια η επιτυχία του προϊόντος δεν εξαρτάται μόνο από την ποιότητα του. Η διαφημιστική εκστρατεία που θα πραγματοποιηθεί και η αποτελεσματικότητά που θα έχει αυτή (Advertising effectiveness), είναι σίγουρο ότι θα οδηγήσει έναν ανάλογο αριθμό πελατών να αγοράσουν το προϊόν. Έτσι επιτυγχάνονται κάποιες πωλήσεις εξαιτίας της διαφήμισης (Sales from advertising) οι οποίες συμβάλουν στο συνολικό αριθμό των πωλήσεων (Sales). Από την άλλη πλευρά, όσο περισσότερα λάθη έχουν απομείνει που δεν έχουν ανακαλυφθεί από τις φάσεις της E&A του προϊόντος (Errors from Product R&D) και της παραγωγής (Errors from Production), τόσο καλύτερη θα είναι η ποιότητα του προϊόντος και τόσο περισσότεροι θα το αγοράζουν. Αυτό συμβαίνει διότι οι πελάτες που είναι ήδη χρήστες του προϊόντος (Total Customers) θα μεταφέρουν από στόμα σε στόμα αυτή τους την ικανοποίηση (Word of mouth), με αποτέλεσμα να επηρεάζουν κι άλλους στο να αγοράσουν το προϊόν μας. Είναι προφανές ότι ένα κακό ποιοτικά προϊόν θα επηρεάζει αρνητικά τις πωλήσεις που συμβαίνουν με την από στόμα σε στόμα διάδοση. Στο σχήμα 3.7 βλέπουμε το μοντέλο συστημικής δυναμικής της αγοράς και των πωλήσεων.

3.3.2.6 Το μοντέλο συστημικής δυναμικής της απόδοσης της εταιρείας

Το πλήθος των πωλήσεων μιας εταιρείας ρυθμίζει και το διαθέσιμο κεφάλαιο που υπάρχει κάθε στιγμή, το οποίο καθορίζει και τη βιωσιμότητα της εταιρείας. Τα κόστη ανάπτυξης κάθε φάσης ενός έργου καθώς και οι διάρκειες αυτών συνεισφέρουν στα συνολικά έξοδα που έχει κάθε φάση ανάπτυξης (RA, Product R&D, Process R&D και Production Expenditure). Όσο περισσότερο διαρκούν τόσο μεγαλύτερα είναι τα έξοδα των φάσεων. Επίσης, όσο περισσότερη παραγωγή έχουμε (Production), με την προϋπόθεση ότι καλύπτουμε αντίστοιχη ζήτηση, κατά κανόνα τόσο περισσότερα έσοδα έχουμε από τις πωλήσεις (Sales Revenue), το επίπεδο των οποίων ρυθμίζεται από την τιμή πώλησης του προϊόντος μας (Price). Η απόδοση του αρχικού κεφαλαίου μας εκφράζεται από το

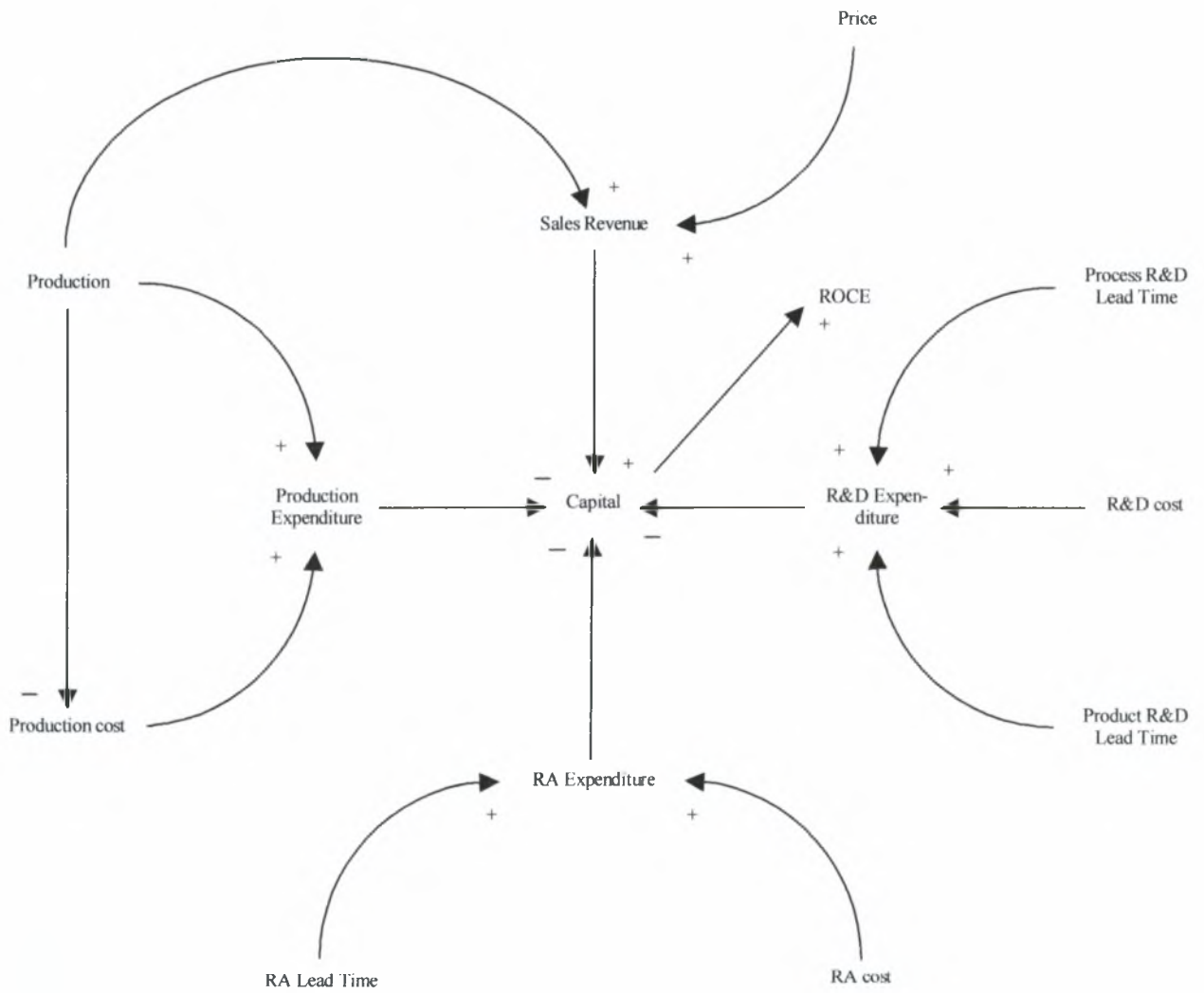
δείκτη ROCE (Return On Capital Employment), που μας δείχνει το ποσοστό αύξησής του. Το σχήμα 3.8 περιγράφει το συστημοδυναμικό μοντέλο της απόδοσης της εταιρείας.

Σχήμα 3.7: Η δυναμική της αγοράς



Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Σχήμα 3.8: Η δυναμική της απόδοσης της εταιρείας



Πηγή: Ιδία επεξεργασία

3.4 Ανάλυση των υποσυστημάτων του μοντέλου

3.4.1 Το υποσύστημα της ανάλυσης των απαιτήσεων

Σε αυτή τη φάση ανάπτυξης του προϊόντος επιχειρείται ο καθορισμός των χαρακτηριστικών του. Όπως τονίστηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, το τμήμα μάρκετινγκ μιας εταιρείας ερευνά τις συνθήκες της αγοράς και προσπαθεί να ανακαλύψει νέες ή λανθάνουσες ανάγκες των πελατών, δημιουργώντας έτσι ένα σύνολο απαιτήσεων που πρέπει να λάβει υπόψη του το τμήμα της έρευνας και ανάπτυξης του προϊόντος. Τυχόν παραλείψεις ή σφάλματα σε αυτή τη φάση μεταβιβάζονται στην επόμενη φάση χωρίς να επιστρέφουν. Αυτή είναι μια από τις παραδοχές που χρησιμοποιείται κατά την ανάπτυξη του παρόντος μοντέλου.

3.4.1.1 Τα στοιχεία του υποσυστήματος της ανάλυσης των απαιτήσεων

RA Start (Requirement Analysis Start)

Δηλώνει τη χρονική στιγμή που ουσιαστικά ξεκινάει η διαδικασία ανάλυσης και καθορισμού των απαιτήσεων. Εκφράζεται από τη σχέση:

```
IF TIME=1 THEN 100 ELSE 0
```

Total RA tasks

Παριστάνει το σύνολο των στοιχειωδών εργασιών που πρόκειται να πραγματοποιηθούν κατά την ανάλυση των απαιτήσεων. Όπως είχε τονιστεί και στο προηγούμενο κεφάλαιο, κάθε φάση ανάπτυξης ενός έργου μπορεί να διαιρεθεί σε ένα σύνολο στοιχειωδών εργασιών οι οποίες εκτελούνται διαδοχικά. Όταν ολοκληρωθεί η επεξεργασία όλων, ουσιαστικά έχει ολοκληρωθεί και η συγκεκριμένη φάση ανάπτυξης. Στην παρούσα μελέτη για λόγους ευκολίας γίνεται μια αναγωγή των στοιχειωδών αυτών εργασιών στο 100, θεωρώντας ως συνολικό αριθμό το 100 αν και στην πραγματικότητα είναι φυσικά πολύ περισσότερες.

RA rate

Δείχνει το ρυθμό με τον οποίο γίνεται επεξεργασία του συνόλου των στοιχειωδών εργασιών της ανάλυσης των απαιτήσεων. Οι στοιχειώδεις εργασίες επεξεργάζονται μια τη φορά.

RA not Checked

Αφού τελειώσει η επεξεργασία κάθε στοιχειώδους εργασίας που πραγματοποιείται κατά την ανάλυση των απαιτήσεων, συγκεντρώνονται προκειμένου έπειτα να ελεγχθούν εάν έχουν εκτελεστεί σωστά.

RA check rate

Είναι ο ρυθμός με τον οποίο ελέγχονται οι στοιχειώδεις εργασίες. Κατά κάποιον τρόπο αποτελεί μια διαδικασία ποιοτικού ελέγχου των εργασιών που εκτελούνται. Εκφράζεται από τη σχέση:

$$RA_not_checked - RA_rework_disc$$
RA rework disc (RA rework discovery)

Κατά τη διαδικασία ελέγχου κάποια task ανακαλύπτεται ότι είναι ελαττωματικά. Αυτά τότε επιστρέφονται πίσω στην αρχή προκειμένου να επεξεργαστούν εκ νέου. Η ανακάλυψη των σφαλμάτων εξαρτάται από το ρυθμό με τον οποίο γίνονται λάθη κατά την ανάλυση των απαιτήσεων και το ποσοστό των ελαττωματικών που ανακαλύπτει ο ποιοτικός έλεγχος. Θεωρούμε ότι η επανεπεξεργασία κάθε στοιχειώδους εργασίας δεν είναι κάποια ξεχωριστή διαδικασία και το τυχόν ελάττωμα επεξεργάζεται από την αρχή, σαν να μην υπήρχε. Εκφράζεται από τη σχέση:

$$RA_not_checked * RA_error_disc_fraction * RA_error_rate$$
RA completed & checked

Αποτελεί ένα δείκτη του ποσοστού των εργασιών που έχουν ολοκληρωθεί στη φάση ανάπτυξης του προϊόντος.

Info from RA

Είναι μια πληροφορία για το επίπεδο ανάπτυξης του σταδίου ανάλυσης των απαιτήσεων. Η έλλειψη ή η ύπαρξη πληροφορίας που συνεπάγεται η τιμή της εν λόγω μεταβλητής επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό και το επίπεδο της επανεπεξεργασίας που θα υφίσταται στο στάδιο της E&A του προϊόντος, αλλά και το ρυθμό με τον οποίο θα γίνονται σφάλματα στην επόμενη φάση ανάπτυξης. Εξαρτάται από το ποσοστό των στοιχειωδών εργασιών που έχουν ολοκληρωθεί, καθώς το ποσοστό ολοκλήρωσης της φάσης του καθορισμού των απαιτήσεων ρυθμίζει και την ποσότητα της πληροφορίας.

Κατά την ανάπτυξη του μοντέλου, έχει αναλυθεί και ένα υποσύστημα που παρουσιάζεται ως RA Quality. Το συγκεκριμένο υποσύστημα όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό αποτελεί υποσύνολο του υποσυστήματος της ανάλυσης των απαιτήσεων και τα στοιχεία του θα παρουσιαστούν διαδοχικά ως συνέχεια των στοιχείων του υποσυστήματος που αναλύεται. Στο μοντέλο παρουσιάζεται ξεχωριστά για λόγους ευκολίας στην επεξεργασία και την παρακολούθηση των σφαλμάτων. Αντίστοιχα υπάρχουν στα υποσυστήματα της E&A του προϊόντος, της E&A της διαδικασίας ανάπτυξης και της παραγωγής, τα οποία θα παρουσιαστούν με τον ίδιο τρόπο.

RA error rate

Εκφράζει το ρυθμό με τον οποίο πραγματοποιούνται λάθη κατά τη διάρκεια του καθορισμού των απαιτήσεων. Αποτελεί σταθερά του συστήματος και μπορεί θεωρητικά να πάρει τιμές από 0 έως 1.

RA errors

Παρουσιάζει τα λάθη που πραγματοποιούνται κατά τη φάση ανάλυσης των απαιτήσεων. Εξαρτάται από το ρυθμό με τον οποίο πραγματοποιούνται οι στοιχειώδεις εργασίες και από ρυθμό των λαθών που γίνονται.

RA error disc fraction (RA error discover fraction)

Κατά την ανάλυση των απαιτήσεων συμβαίνουν φυσιολογικά κάποια λάθη που μειώνουν την ποιότητα της δουλειάς που γίνεται. Από αυτά τα λάθη ένα ποσοστό ανακαλύπτεται

και τα υπόλοιπα περνούν στην επόμενη φάση ανάπτυξης. Αυτό ακριβώς εκφράζει και η ανωτέρω μεταβλητή. Αποτελεί σταθερά του συστήματος και οι επιτρεπτές τιμές που μπορεί να πάρει είναι από 0 έως 1.

Total RA errors

Είναι ο συνολικός αριθμός των λαθών που τελικά πραγματοποιούνται στο στάδιο της ανάλυσης των απαιτήσεων.

Disc RA errors (Discovered RA errors)

Δηλώνει τα λάθη που ανακαλύπτονται και εξαρτάται από το ποσοστό ανακάλυψης των λαθών και τα συνολικά λάθη που έχουν γίνει. Εκφράζεται από τη σχέση:

$Total_RA_errors * RA_error_disc_fraction$

Undisc RA errors (Undiscovered RA errors)

Εκφράζει το ρυθμό με τον οποίο εξέρχονται σφάλματα που δεν έχουν ανακαλυφθεί από τη φάση ανάλυσης των απαιτήσεων. Εκφράζεται από τη σχέση:

$Total_RA_errors - Disc_RA_errors$

Overall Undisc RA errors (Overall undiscovered RA errors)

Τα τελικά λάθη που προκύπτουν κατά τη διαδικασία του RA. Τα λάθη αυτά συγκεντρώνονται στο μοντέλο προκειμένου να υπάρχει ένα μέτρο αξιολόγησης της ποιότητας της εργασίας του σταδίου καθορισμού των απαιτήσεων.

3.4.2 Το υποσύστημα της E&A του προϊόντος

Στη φάση αυτή λαμβάνονται τα δεδομένα που έχουν προκύψει από τη φάση καθορισμού των απαιτήσεων και με βάση αυτά γίνεται στην ουσία μια προσπάθεια σχεδιασμού του προϊόντος. Εδώ το προϊόν θα αποκτήσει μορφή. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι σφάλματα ή παραλείψεις της προηγούμενης φάσης, όπως έχει τονιστεί και παραπάνω, θα έχουν ως συνέπεια σφάλματα στο ίδιο το προϊόν. Στο παρόν μοντέλο θεωρούμε ότι

σφάλματα του σταδίου της ανάλυσης των απαιτήσεων που ανακαλύπτονται στο στάδιο της E&A του προϊόντος δεν επιστρέφονται πίσω.

3.4.2.1 Τα στοιχεία του υποσυστήματος της έρευνας και ανάπτυξης του προϊόντος

RA & Product R&D Concurrency

Είναι ένας από τους παράγοντες που καθορίζουν τη στρατηγική της εταιρείας. Εκφράζει το πότε ακριβώς θα ξεκινήσει η E&A του προϊόντος και αποτελεί μια μεταβλητή απόφασης της εταιρείας καθώς δείχνει το βαθμό παραλληλίας των φάσεων ανάπτυξης ενός έργου. Επειδή έχει γίνει αναγωγή των μεγεθών ως προς το 100, προκύπτει ότι οι τιμές που θα παίρνει η εν λόγω μεταβλητή θα είναι από 0 έως 100.

Product R&D tasks

Όπως και στο προηγούμενο υποσύστημα υποδηλώνει το σύνολο των στοιχειωδών εργασιών που πρόκειται να επεξεργαστούν. Η αρχική τιμή των εργασιών αυτών είναι 100.

Product R&D

Καθορίζει το πότε ξεκινάει η E&A του προϊόντος, με βάση το βαθμό παραλληλίας (Concurrency), και παράλληλα προσομοιάζει το ρυθμό με τον οποίο ολοκληρώνεται η επεξεργασία κάθε στοιχειώδους εργασίας της E&A του προϊόντος. Εκφράζεται από τη σχέση:

IF RA_completed_ & _checked >= RA&Product_R&D_Concurrency THEN 1 ELSE 0

Product R&D not checked

Εδώ παραμένει κάποια στοιχειώδης εργασία μέχρις ότου λάβει χώρα ο ποιοτικός έλεγχος του σταδίου E&A.

Product R&D check rate

Παρουσιάζεται ο ρυθμός με τον οποίο ελέγχονται οι στοιχειώδεις εργασίες και οδηγούνται προς το σημείο ολοκλήρωσής τους. Είναι τρόπος τινά ο ποιοτικός έλεγχος του συγκεκριμένου σταδίου. Εκφράζεται από τη σχέση:

Product_R&D_not_checked-Product_R&D_rework_disc

Product R&D rework disc (Product R&D rework discovery)

Τα λάθη αυτού του σταδίου επιστρέφουν πίσω για επεξεργασία με κάποιο συγκεκριμένο ρυθμό. Το ποσοστό των στοιχειωδών εργασιών που θα υποστούν επανεπεξεργασία (ουσιαστικά είναι αυτές που έχουν ανακαλυφθεί ότι έχουν σφάλματα) εξαρτάται από τον αρχικό ρυθμό με τον οποίο γίνονται λάθη κατά την E&A του προϊόντος, από το ποσοστό των λαθών που ανακαλύπτει ο ποιοτικός έλεγχος αλλά και από την επίδραση που έχει το προηγούμενο στάδιο της ανάλυσης των απαιτήσεων. Δηλαδή το πόσα σφάλματα που δεν έχουν ανακαλυφθεί στο στάδιο του καθορισμού των απαιτήσεων περνούν στην E&A του προϊόντος καθώς επίσης και από την πληροφορία που υπάρχει για το ποσοστό των εργασιών που έχουν ολοκληρωθεί στη φάση καθορισμού των απαιτήσεων τη στιγμή που θα ξεκινήσει η E&A του προϊόντος. Εκφράζεται από τη σχέση:

$$\text{Product_R\&D_not_checked} * \text{Product_R\&D_error_disc_fraction} * (1 + \text{RA_impact}) * \\ * \text{Init_Product_R\&D_error_rate}$$

Product R&D completed & checked

Δείχνει τον αριθμό των στοιχειωδών εργασιών που έχουν ολοκληρωθεί κατά τη φάση της E&A του προϊόντος.

Info from Product R&D

Αποτελεί την πληροφορία που δίνεται στην επόμενη φάση ανάπτυξης, για το επίπεδο ολοκλήρωσης του σταδίου που αναλύεται. Η πληροφορία αυτή επηρεάζει το ρυθμό που γίνονται λάθη στην επόμενη φάση καθώς και το ποσοστό των εργασιών που θα επανεπεξεργαστούν. Εξαρτάται κι εδώ από το ποσοστό ολοκλήρωσης της φάσης E&A του προϊόντος διότι καθορίζει και το επίπεδο της πληροφορίας που θα παρέχεται στην επόμενη φάση.

RA impact

Αποτελεί ένα δείκτη μέτρησης της επίδρασης που έχει το στάδιο καθορισμού απαιτήσεων στο στάδιο E&A του προϊόντος. Εξαρτάται από την πληροφορία που υπάρχει για το

ποσοστό ολοκλήρωσης των εργασιών της προηγούμενης φάσης ανάπτυξης καθώς και από τον αριθμό των σφαλμάτων αυτής που δεν έχουν ανακαλυφθεί. Εκφράζεται από τη σχέση:

$$\text{Overall_undisc_RA_errors/Info_from_RA}$$

Init Prod R&D error rate (Initial Product R&D error rate)

Εκφράζει τον αρχικό ρυθμό με τον οποίο γίνονται λάθη στη φάση της E&A του προϊόντος. Αποτελεί σταθερά του συστήματος και παίρνει τιμές από 0 έως 1.

Product R&D error disc fraction (Product R&D error discover fraction)

Δηλώνει το ποσοστό ανακάλυψης λαθών κατά τη διαδικασία E&A. Αποτελεί σταθερά του συστήματος και οι επιτρεπτές τιμές της είναι από 0 έως 1.

Product R&D errors

Είναι ο ρυθμός με τον οποίο γίνονται λάθη κατά την E&A του προϊόντος. Εξαρτάται από το ρυθμό που λαμβάνει χώρα η διαδικασία E&A, από την επίδραση του σταδίου καθορισμού των απαιτήσεων όπως αναφέρθηκε παραπάνω και από τον αρχικό ρυθμό με τον οποίο γίνονται λάθη. Εκφράζεται από τη σχέση:

$$\text{Product_R\&D*(RA_impact+1)*Init_Product_R\&D_error_rate}$$

Total Product R&D errors

Μας δείχνει τα συνολικά λάθη που έχουν γίνει κατά την E&A του προϊόντος.

Product R&D disc errors (Product R&D discovered errors)

Προσομοιάζει τον αριθμό των σφαλμάτων που έχουν ανακαλυφθεί και εξαρτάται από το ποσοστό ανακάλυψης λαθών. Εκφράζεται από τη σχέση:

$$\text{Total_Product_R\&D_errors*Product_R\&D_error_disc_fraction}$$

Product R&D undisc errors (Product R&D undiscovered errors)

Δείχνει το ρυθμό που εξέρχονται λάθη που δεν έχουν ανακαλυφθεί προς τις επόμενες φάσεις επεξεργασίας. Εκφράζεται από τη σχέση:

Total_Product_R&D_errors-Product_R&D_disc_errors

Overall Product R&D undisc errors (Overall Product R&D undiscovered errors)

Ο συνολικός αριθμός των λαθών που δεν έχουν ανακαλυφθεί. Αποτελεί μια παράμετρο αξιολόγησης της ποιότητας του προϊόντος.

3.4.3 Το υποσύστημα της E&A της διαδικασίας ανάπτυξης του προϊόντος

Αφού έχει πια σχεδιαστεί το προϊόν που πρόκειται να παράγουμε είναι απαραίτητο να καθοριστεί και το πώς θα γίνει η παραγωγή. Γι' αυτό το λόγο κάθε εταιρεία πριν ξεκινήσει την παραγωγή πρέπει να κάνει σχεδιασμό της διαδικασίας ανάπτυξης του προϊόντος προκειμένου αυτό να μπορέσει να παραχθεί αποτελεσματικά και γρήγορα. Το νόημα αυτού είναι ότι η διαδικασία παραγωγής πρέπει να καθοριστεί με βάση τα χαρακτηριστικά και τις απαιτήσεις του προς ανάπτυξη προϊόντος. Όσο καλύτερα γίνει τόσο καλύτερα θα εκμεταλλευτούν τα τυχόν πλεονεκτήματά του.

3.4.3.1 Τα στοιχεία του υποσυστήματος της E&A της διαδικασίας ανάπτυξης του προϊόντος

Product & Process R&D Concurrency

Αποτελεί τον άλλο παράγοντα στρατηγικής επιλογής της εταιρείας στο παρόν μοντέλο καθώς καθορίζει τη χρονική στιγμή που θα ξεκινήσει ουσιαστικά η διαδικασία E&A της διαδικασίας ανάπτυξης. Εκφράζει το βαθμό παραλληλίας των φάσεων E&A του προϊόντος και της διαδικασίας και το πόσο επικαλύπτει η μια την άλλη. Και εδώ όπως και στην προηγούμενη μεταβλητή οι επιτρεπτές τιμές είναι από 0 έως 100.

Process R&D tasks

Υποδηλώνει το σύνολο των στοιχειωδών εργασιών που πρόκειται να γίνουν κατά τη διαδικασία ανάπτυξης. Σύμφωνα με την αναγωγή στο 100 που έχει γίνει, η αρχική τιμή είναι 100.

Process R&D

Καθορίζει το πότε θα ξεκινήσει η E&A της διαδικασίας, με βάση το βαθμό παραλληλίας (Concurrency) και προσομοιώνει το ρυθμό ολοκλήρωσης της επεξεργασίας κάθε στοιχειώδους εργασίας. Εκφράζεται από τη σχέση:

```
IF Product_R&D_completed_&_checked>=Product&Process_R&D_Concurrency THEN
1 ELSE 0
```

Process R&D not checked

Το σύνολο των εργασιών που έχει υποστεί επεξεργασία και αναμένει τη διαδικασία ποιοτικού ελέγχου.

Process R&D check rate

Είναι ο ρυθμός με τον οποίο οι στοιχειώδεις εργασίες ελέγχονται και τελικά ολοκληρώνουν την επεξεργασία τους. Εκφράζεται από τη σχέση:

```
Process_R&D_not_checked-Process_R&D_rework_disc
```

Process R&D rework disc (Process R&D rework discovery)

Υποδηλώνει τις εργασίες που έχουν ανακαλυφθεί από τον ποιοτικό έλεγχο ότι χρειάζονται επανεπεξεργασία και στέλνονται πίσω. Εκφράζεται από τη σχέση:

```
Process_R&D_not_checked*Process_R&D_error_disc_fraction*
(1+Product_R&D_impact)*Init_Process_R&D_error_rate
```

Process R&D completed & checked

Φανερώνει το ποσοστό των στοιχειωδών εργασιών κατά την E&A της διαδικασίας που έχουν ολοκληρωθεί. Μετά από αυτό το σημείο είναι έτοιμη να ξεκινήσει η παραγωγή. Στο παρόν μοντέλο θεωρούμε ότι για να ξεκινήσει η παραγωγή θα πρέπει να έχουν ολοκληρωθεί η E&A του προϊόντος και της διαδικασίας. Έτσι δεν έχει οριστεί βαθμός παραλληλίας μεταξύ αυτής της φάσης και της παραγωγής.

Product R&D impact

Καθορίζει το βαθμό επίδρασης της φάσης E&A του προϊόντος κατά το σχεδιασμό της διαδικασίας. Εξαρτάται από την πληροφορία που έχουμε για το βαθμό ολοκλήρωσης του σχεδιασμού του προϊόντος καθώς και από τα σφάλματα που τυχόν δεν έχουν ανακαλυφθεί από την προηγούμενη φάση. Ουσιαστικά κατά ένα μέρος συμβάλει στη δημιουργία λαθών κατά το σχεδιασμό της διαδικασίας και επηρεάζει το βαθμό επανεπεξεργασίας. Εκφράζεται από τη σχέση:

$$\text{Overall_Product_R\&D_undisc_errors/Info_from_Product_R\&D}$$

Init Proc R&D error rate (Initial Process R&D error rate)

Ο αρχικός ρυθμός δημιουργίας λαθών καθ' όλη τη διάρκεια της E&A της διαδικασίας. Είναι μια από τις σταθερές του συστήματος και παίρνει τιμές από 0 έως 1.

Process R&D error disc fraction (Process R&D error discover fraction)

Αποτελεί ένα δείκτη που μας δείχνει το ποσοστό των στοιχειωδών εργασιών, από αυτές που έχουν λάθη, που τελικά ανακαλύπτεται ότι απαιτούν επανεπεξεργασία. Είναι και αυτή σταθερά του μοντέλου και οι επιτρεπτές τιμές είναι από 0 έως 1.

Process R&D errors

Φανερώνει το ρυθμό παραγωγής λαθών κατά την επεξεργασία των στοιχειωδών εργασιών. Εξαρτάται από το βαθμό επιρροής που υπάρχει από την προηγούμενη φάση του έργου, από το ρυθμό που γίνονται λάθη και από το ρυθμό με τον οποίο γίνεται η επεξεργασία των στοιχειωδών εργασιών. Εκφράζεται από τη σχέση:

$$\text{Process_R\&D} * (\text{Product_R\&D_impact} + 1) * \text{Init_Process_R\&D_error_rate}$$

Total Process R&D errors

Ο συνολικός αριθμός των λαθών που τελικά γίνονται στη διάρκεια του σχεδιασμού της διαδικασίας παραγωγής.

Process R&D disc errors (Process R&D discovered errors)

Ο αριθμός των λαθών που τελικά ανακαλύπτονται και στέλνονται για επανεπεξεργασία, με βάση κάποιο συγκεκριμένο ποσοστό ανακάλυψης λαθών. Εκφράζεται από τη σχέση:

$Total_Process_R\&D_errors * Process_R\&D_error_disc_fraction$

Process R&D undisc errors (Process R&D undiscovered errors)

Ο ρυθμός των λαθών που τελικά δεν ανακαλύπτονται και παραμένουν ως σφάλματα της διαδικασίας ανάπτυξης του προϊόντος. Εκφράζεται από τη σχέση:

$Total_Process_R\&D_errors - Process_R\&D_disc_errors$

Overall Process R&D undisc errors (Process R&D undiscovered errors)

Ο συνολικός αριθμός των λαθών της διαδικασίας ανάπτυξης που τελικά δεν ανακαλύπτονται. Είναι ο παράγοντας εκείνος που τελικά θα επηρεάσει τα σφάλματα που τυχόν θα γίνουν και θα εξέλθουν από την παραγωγή.

3.4.4 Το υποσύστημα της παραγωγής

Αφού έχει ολοκληρωθεί το στάδιο του καθορισμού της διαδικασίας ανάπτυξης, ξεκινάει η παραγωγή. Εδώ τα προϊόντα κατά την επεξεργασία τους θεωρούνται αυτόνομες οντότητες και δεν διαχωρίζονται σε στοιχειώδεις εργασίες. Επιπλέον προϊόντα που έχουν σφάλματα και προκύπτουν κατά τη διάρκεια της παραγωγής δεν επανεπεξεργάζονται αλλά αποβάλλονται (σαν παράδειγμα μπορούν να αναφερθούν οι μικροεπεξεργαστές που δεν είναι δυνατόν όσοι είναι ελαττωματικοί να υποστούν διορθωτική επεξεργασία).

Από την άλλη πλευρά, η ροή της παραγωγής επηρεάζεται από το ρυθμό με τον οποίο μαθαίνει το προσωπικό που συμμετέχει σε αυτή. Έτσι λοιπόν όσο προχωράει η παραγωγή η δουλειά θα εκτελείται πιο αποτελεσματικά και θα μειώνεται ο ρυθμός που γίνονται λάθη.

Σε κάθε περίπτωση πάντως ο τρόπος παραγωγής εξαρτάται από το προς ανάπτυξη προϊόν αλλά και από τη φιλοσοφία της εταιρίας.

3.4.4.1 τα στοιχεία του υποσυστήματος της παραγωγής

Production

Παρουσιάζει το ρυθμό παραγωγής των προϊόντων. Τα προϊόντα εδώ θεωρούνται ως αυτοτελείς οντότητες και δεν διαχωρίζονται σε στοιχειώδεις εργασίες. Η παραγωγή, όπως τονίστηκε και παραπάνω ξεκινάει μόλις ολοκληρωθεί εντελώς το στάδιο της E&A της διαδικασίας. Ο ρυθμός παραγωγής επηρεάζεται από το ρυθμό των πωλήσεων, αλλά και από το ρυθμό ανακάλυψης και από βολής των ελαττωματικών. Εκφράζεται από τη σχέση:

```
IF ROUND(Process_R&D_completed_&_checked)=100 THEN Sales*(1+Reject_rate)
ELSE 0
```

Production not checked

Δείχνει τα προϊόντα που έχει ολοκληρωθεί η παραγωγή τους, πριν όμως λάβει χώρα η διαδικασία του ποιοτικού ελέγχου.

Production check

Είναι ο ρυθμός εξόδου από την παραγωγή των προϊόντων εκείνων που έχουν υποστεί έλεγχο και είναι ποιοτικά άρτια. Εκφράζεται από τη σχέση:

```
Production_completed_not_checked-Rejects
```

Production completed & checked

Εκφράζει το σύνολο των προϊόντων που έχουν βγει επιτυχώς από την παραγωγική διαδικασία.

Rate of learning

Παρουσιάζει το ρυθμό μάθησης που αποκτάται από το προσωπικό της παραγωγής όσο αυτή προχωράει. Με άλλα λόγια μας δείχνει το πώς μειώνεται ο χρόνος εκτέλεσης της εργασίας παραγωγής και συνεπώς το κόστος της. Ο ρυθμός μάθησης στο μοντέλο που αναλύουμε μπορεί να κυμαίνεται από 0 έως 10%.

Learning factor b

Το στοιχείο αυτό είναι μια παράμετρος η οποία με βάση το ρυθμό μάθησης κατά την παραγωγή, επηρεάζει και συγκεκριμένα μειώνει το κόστος παραγωγής του νέου προϊόντος. Οι τιμές του συντελεστή μάθησης κυμαίνονται από 0 έως 0,152 για τους παραπάνω αντίστοιχους ρυθμούς μάθησης. Αναλυτικά οι τιμές του συντελεστή μάθησης για τις αντίστοιχες τιμές του ρυθμού μάθησης φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα:

Learning rate	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Learning factor b	0	0,0145	0,02915	0,04394	0,05889	0,074	0,08927	0,1047	0,12029	0,13606	0,152

Learning

Είναι ο δείκτης που μας δείχνει το επίπεδο μάθησης που υπάρχει τη στιγμή που παράγεται ένα προϊόν για συγκεκριμένο συντελεστή μάθησης. Δίνεται από τη σχέση:

IF Production_completed_&_checked=0 THEN 0 ELSE

Production_completed_&_checked^(-b).

Init Production error rate

Ο αρχικός ρυθμός παραγωγής λαθών κατά την παραγωγή εξαρτάται από τα λάθη που δεν έχουν ανακαλυφθεί από την E&A της διαδικασίας. Εκφράζεται από τη σχέση:

Overall_Process_R&D_undisc_errors/100

Production error rate

Δείχνει το ρυθμό που γίνονται λάθη κατά την παραγωγή. Ο ρυθμός αυτός εξαρτάται από τον αρχικό ρυθμό παραγωγής λαθών μόνο που συνεχώς βελτιώνεται καθώς η διαδικασία της μάθησης συντελεί στη μείωση των λαθών αλλά και τη βελτίωση της ποιότητας εργασίας κατά την παραγωγή. Εκφράζεται από τη σχέση:

Init_Production_error_rate*Learning

Production error discover fraction

Είναι το ποσοστό των προϊόντων που ανακαλύπτονται ότι είναι ελαττωματικά. Αποτελεί και ένα μέτρο αξιολόγησης της ποιότητας της παραγωγικής διαδικασίας. Παίρνει τιμές από 0 έως 1.

Production errors

Μας δείχνει το ρυθμό παραγωγής λαθών κατά την παραγωγή. Εξαρτάται από το ρυθμό παραγωγής αλλά και από το ρυθμό που κάνει λάθη το προσωπικό παραγωγής. Δίνεται από τη σχέση:

$Production * Production_error_rate$

Total Production errors

Κατ' αναλογία με τα άλλα στάδια της ανάπτυξης όλου του έργου ανάπτυξης του προϊόντος, δείχνει το συνολικό αριθμό λαθών που έχουν γίνει στην παραγωγή.

Production disc errors (Production discovered errors)

Από τα συνολικά λάθη της παραγωγής κάποια από αυτά ανακαλύπτονται με βάση το ποσοστό ανακάλυψης αυτών (*Production error discover fraction*). Δίνεται από τη σχέση:

$Total_Production_errors * Production_error_disc_fraction$

Production undisc errors (Production undiscovered errors)

Αντίστοιχα με την προηγούμενη μεταβλητή, κάποιο ποσοστό των λαθών της παραγωγής δεν ανακαλύπτεται με αποτέλεσμα να μειώνει την ποιότητα του τελικού προϊόντος. Εκφράζεται από τη σχέση:

$Total_Production_errors - Production_disc_errors$

Overall undisc Production errors

Αποτελεί το συνολικό αριθμό των σφαλμάτων της παραγωγής, τα οποία και αποτελούν τον άλλο παράγοντα, μαζί με τα σφάλματα της E&A του προϊόντος που δεν ανακαλύπτονται, που επιδρά στην ποιότητα του τελικού προϊόντος που τελικά θα βγει στην αγορά.

3.4.5 Το υποσύστημα της αγοράς

Στο στάδιο αυτό εξετάζεται η δυναμική της αγοράς και των πωλήσεων. Πώς δηλαδή αυτές επηρεάζουν και επηρεάζονται από τα υπόλοιπα στοιχεία του συστήματος. Όπως μπορεί να γίνει εύκολα αντιληπτό, η επιτυχία ή μη ενός προϊόντος βασίζεται στο πόσο επιτυχημένο είναι αυτό στην αγορά. Αυτό μεταφράζεται από το πλήθος των πωλήσεων που επιτυγχάνονται με βάση τα δεδομένα χαρακτηριστικά του προϊόντος που έχει τελικά εισέλθει στην αγορά.

Ένα από τα προβλήματα που εμφανίζεται με την παρουσίαση ενός νέου προϊόντος είναι η έλξη νέων αγοραστών. Όταν ξεκινάει η ανάπτυξη δεν υπάρχει κάποια βάση αγοραστών γιατί αυτοί που δέχονται στην αρχή το νέο προϊόν είναι πολλοί λίγοι ή και κανένας ακόμα. Υπάρχουν πολλοί τρόποι ενημέρωσης του κοινού, που μπορούν να επιφέρουν άμεση υιοθέτηση του νέου προϊόντος όπως είναι η διαφήμιση και οι αναφορές στα μέσα μαζικής ενημέρωσης. Από την άλλη βέβαια η αγορά έχει τους δικούς της κανόνες και τα δικά της χαρακτηριστικά που τελικά θα καθορίσουν το βαθμό διάχυσης του προϊόντος.

3.4.5.1 Τα στοιχεία του υποσυστήματος της αγοράς

New Customers

Όταν βγαίνει ένα νέο προϊόν στην αγορά από το συνολικό πληθυσμό υπάρχουν κάποιοι που τελικά θα γίνουν πιθανοί πελάτες που μπορεί εν τέλει να αγοράσουν το προϊόν. Ο ρυθμός αυτός που κάποιοι θα γίνουν πιθανοί πελάτες εξαρτάται από το ποσοστό αύξησης του αγοραστικού κοινού. Δίνεται από τη σχέση:

$$\text{Potential_Customers} * \text{market_growth} / 52$$

Potential Customers

Είναι το σύνολο των ενδεχόμενων πελατών που υπάρχει πιθανότητα να αγοράσουν το προϊόν που έχει παραχθεί. Έχει αρχική τιμή 1000000.

Sales

Αυτή η μεταβλητή μας δείχνει το σύνολο των πωλήσεων που η εταιρία επιτυγχάνει κάθε εβδομάδα. Ο ρυθμός των πωλήσεων επηρεάζει και το ρυθμό της παραγωγής. Δηλαδή εάν δεν πουλάει το προϊόν δεν υπάρχει λόγος να συνεχίζεται η παραγωγή με τον ίδιο ρυθμό. Θεωρούμε ότι υπάρχει πάντοτε η κατάλληλη παραγωγική ικανότητα για να μπορούμε να καλύψουμε τη ζήτηση και όσες κι αν είναι οι πωλήσεις, προϊόντα θα παράγονται πάντα για να καλύψουν τη ζήτηση. Εκφράζεται από τη σχέση:

Potential_Customers*(Advertising_Effectiveness+Sales_from_Word_of_Mouth)

Customers

Το στοιχείο αυτό εκφράζει το συνολικό αριθμό των ατόμων που τελικά έχει αγοράσει το προϊόν και έχει γίνει χρήστης.

Discard rate

Αφού κάποιοι πελάτες έχουν αγοράσει το προϊόν που έχουμε βγάλει στην αγορά, τότε κάποιοι από αυτούς με κάποιο ρυθμό σταματάνε να γίνονται χρήστες και ανάλογα με την εμπειρία που έχουν αποκομίσει γίνονται ξανά πιθανοί πελάτες ή χάνονται τελείως πράγμα που σημαίνει ότι δεν θα αγοράσουν πάλι το προϊόν μας. Το σταμάτημα της χρήσης του προϊόντος εξαρτάται επίσης και από το χρόνο ζωής αυτού. Εκφράζεται από τη σχέση:

Customers/Average_Product_Life_I

Experienced users

Είναι εκείνοι που έχουν δοκιμάσει το προϊόν και θα αποφασίσουν ανάλογα με τις εντυπώσεις που αποκόμισαν από τη χρήση του για το αν θα ξαναγίνουν πιθανοί πελάτες ή θα αποχωρήσουν από την αγορά του συγκεκριμένου προϊόντος και δεν θα το ξαναγοράσουν. Το πόσο καλό ποιοτικά είναι το προϊόν μας θα κρίνει και την κίνηση των χρηστών.

Return rate

Ο ρυθμός επιστροφής των χρηστών που είναι ικανοποιημένοι από το προϊόν και γίνονται πάλι πιθανοί πελάτες. Ισούται με:

Experienced_users*Product_Quality

Lost Customers

Οι δυσαρεστημένοι πελάτες από το προϊόν χάνονται και δεν πρόκειται να γίνουν πάλι χρήστες αυτού. Δίνεται από τη σχέση:

Experienced_users*(1-Product_Quality)

Average Product Life I

Η μεταβλητή αυτή καθορίζει τη μέγιστη διάρκεια ζωής του προϊόντος και μπορεί να πάρει διάφορες τιμές ανάλογα με τη στρατηγική της εταιρείας ή τα πιθανά σενάρια που μπορεί να υπάρξουν. Στο μοντέλο που αναπτύσσουμε θεωρούμε ότι μπορεί να πάρει τιμές μεταξύ 150 και 250 εβδομάδων.

Advertising Effectiveness

Αποτελεί μια μεταβλητή που δείχνει την αποτελεσματικότητα της διαφήμισης του προϊόντος. Όταν ένα νέο προϊόν εισάγεται σε μια αγορά ο μόνος τρόπος να γίνει γνωστό για να αγοραστεί είναι μέσω της διαφήμισης. Όπως είναι φυσικό η επίδραση της διαφήμισης θα είναι πιο σημαντική στην αρχή της ζωής του προϊόντος και λιγότερο προς το τέλος της ζωής του, που μεγαλύτερο ρόλο θα παίζει η εμπειρία των χρηστών και πως αυτοί τη μεταφέρουν προς τους άλλους. Εκφράζεται από τη σχέση:

Advertising_cost*0.008/20000

Market growth

Είναι η μεταβλητή εκείνη που μας δείχνει το ρυθμό αύξησης της αγοράς μέσα σε μια εβδομάδα. Αποτελεί ένα μέτρο ελέγχου της αλλαγής του δημογραφικού χάρτη. Μπορεί να αποτελέσει μια παράμετρο σεναρίου στο μοντέλο που αναπτύσσεται. Παίρνει τιμές από 0 έως 0,2.

Population change

Δηλώνει το ποσοστό της αύξησης του πληθυσμού που συμβαίνει μετά από κάποια δεδομένη αύξηση της ανωτέρω μεταβλητής. Εκφράζεται από τη σχέση:

$Total_Population_N * market_growth / 52$

Total Population N

Είναι το στοιχείο εκείνο που μας δίνει την τιμή του συνολικού αρχικού πληθυσμού που υπάρχει στη χώρα που λανσάρεται το προϊόν μας. Ένα μέρος αυτού του πληθυσμού αποτελεί και τους πιθανούς πελάτες της εταιρείας. Ως αρχική τιμή ορίζεται το 1000000.

Product Quality

Αποτελεί το δείκτη της ποιότητας του προϊόντος που τελικά έχει λανσαριστεί στην αγορά. Εξαρτάται από τα σφάλματα που δεν έχουν ανακαλυφθεί και έχουν περάσει από τη φάση της E&A του προϊόντος και από την παραγωγή. Δίνεται από τη σχέση:

$$1 - ((Overall_undisc_Production_errors / Production_completed_ \& _checked) + (Overall_Product_R\&D_undisc_errors) / 100)$$

Adoption Fraction i

Το στοιχείο αυτό εκφράζει το ποσοστό των εκείνων που θα υιοθετήσουν τελικά το προϊόν. Έχει άμεση εξάρτηση από το βαθμό ποιότητας του προϊόντος έχει εισαχθεί στην αγορά. Εκφράζεται από τη σχέση:

$$0.02 * Product_Quality - 0.005$$

Sales from Word of Mouth

Είναι ο άλλος παράγοντας που επηρεάζει το ρυθμό των πωλήσεων. Αποτελεί έναν τρόπο έλξης του αγοραστικού κοινού και αναφέρεται στην εξάπλωση του προϊόντος από στόμα σε στόμα. Υφίσταται είτε με θετική είτε με αρνητική δράση ανάλογα με το βαθμό ικανοποίησης του πελάτη από το προϊόν. Ισούται με:

$$Contact_Rate_c * Adoption_Fraction_i * Customers / Total_Population_N$$

Contact Rate c

Παριστάνει το ρυθμό με τον οποίο συναντιούνται αυτοί που είναι ήδη πελάτες με τους ενδεχόμενους πελάτες μέσα σε μια εβδομάδα. Όσο περισσότερες συναντήσεις τόσο πιο

γρήγορα διαχέεται το προϊόν στην αγορά, εφόσον αυτοί που το έχουν δοκιμάσει είναι ικανοποιημένοι. Ως αρχική τιμή ορίζεται 3 συναντήσεις την εβδομάδα.

3.4.6 Το υποσύστημα της απόδοσης τη εταιρείας

Το υποσύστημα της απόδοσης της εταιρείας μας παρέχει μια ένδειξη της κατάστασης του κεφαλαίου της, όπως αυτό διαμορφώνεται με βάση συγκεκριμένες στρατηγικές επιλογές της. Οι επιλογές αυτές αφορούν κυρίως τους βαθμούς παραλληλίας μεταξύ των φάσεων ανάπτυξης του προϊόντος, τους οποίους θα επιλέξει η εταιρεία προκειμένου να φέρει το προϊόν της πιο γρήγορα και πιο αποτελεσματικά στην αγορά. Από την άλλη πλευρά παρέχει πληροφορίες για την κίνηση των εξόδων και εσόδων που έχει η εταιρεία με βάση τα κόστη ανάπτυξης του προϊόντος και τα έσοδα από τις πωλήσεις.

3.4.6.1 Τα στοιχεία του υποσυστήματος της απόδοσης της εταιρείας

Capital

Μας δείχνει το διαθέσιμο κεφάλαιο που υπάρχει κάθε στιγμή στα ταμεία της εταιρείας.

RA Expenditure

Εκφράζει το κεφάλαιο που δαπανάται από το τμήμα μάρκετιν, προκειμένου να ολοκληρώσει τη διαδικασία ανάλυσης των απαιτήσεων για το προς ανάπτυξη προϊόν. Δίνεται από τη σχέση:

$$RA_cost*RA_rate$$

RA cost

Αποτελεί το κόστος για το τελίωμα κάθε στοιχειώδους εργασίας του σταδίου καθορισμού των απαιτήσεων. Η τιμή του ορίζεται στις 15000.

R&D Expenditure

Εκφράζει τα έξοδα που έγιναν κατά το σχεδιασμό του προϊόντος και της διαδικασίας ανάπτυξής του. Εκφράζεται από τη σχέση:

$$R\&D_Cost*(Process_R\&D+Product_R\&D)$$

R&D cost

Το συνολικό κόστος των στοιχειωδών διαδικασιών ανάπτυξης των φάσεων E&A. η τιμή του ορίζεται στις 50000.

Production Expenditure

Δηλώνει το κεφάλαιο που δαπανάται για την παραγωγή όλων των μονάδων του προϊόντος. Δίνεται από τη σχέση:

$$Unit_Cost*Production$$

Init unit Cost

Είναι το αρχικό κόστος κάθε μονάδας προϊόντος που παράγεται. Η τιμή του ορίζεται 100.

Unit cost

Το αρχικό κόστος παραγωγής κάθε μονάδας προϊόντος όσο προχωράει η παραγωγή μειώνεται καθώς αυξάνεται η μάθηση, οπότε γίνονται λιγότερα λάθη και επομένως μειώνονται οι πιθανότητες επανεπεξεργασίας που αυξάνει από τη μεριά της το κόστος παραγωγής. Δίνεται από τη σχέση:

$$Initial_Unit_Cost*Learning$$

Advertising Expenditure

Τα έξοδα που κάνει η εταιρεία για τη διαφήμιση του προϊόντος της. Ισούται με:

$$Advertising_cost$$

Advertising cost

Δείχνει το κόστος για τη διαφήμιση του προϊόντος που εισάγει στην αγορά η εταιρεία. Το πότε θα ξεκινήσει η διαφήμιση εξαρτάται από το πότε θα ολοκληρωθεί η διαδικασία της E&A της διαδικασίας. Αυτό είναι λογικό καθώς όταν το προϊόν βγει από την παραγωγή θα πρέπει να είναι ήδη γνωστό στους καταναλωτές για να έχει πιθανότητες επιτυχίας, κά-

τι για το οποίο δεν υπάρχει χρόνος να γίνει μετά το τέλος της παραγωγής. Εκφράζεται από τη σχέση:

$$\text{ROUND}(\text{Process_R\&D_completed_}\&_checked/100-0.49)*20000$$

Sales Revenue

Είναι τα έσοδα της εταιρείας που απορρέουν από τον αριθμό των πωλήσεων και την τιμή του προϊόντος. Εκφράζεται από τη σχέση:

$$\text{Price*Sales}$$

Price

Εκφράζει την τιμή πώλησης του προϊόντος που αναπτύχθηκε. Η τιμή του ορίζεται στις 120

Initial Capital

Είναι το αρχικό ποσό κεφαλαίου που διαθέτει η εταιρεία τη στιγμή που αρχίζει το εγχείρημα της ανάπτυξής του. Αρχική τιμή είναι 100000000.

ROCE (Return On Capital Employment)

Είναι ένας δείκτης που παρουσιάζει το ποσοστό αύξησης του αρχικού κεφαλαίου επένδυσης της εταιρείας. Δίνεται από τη σχέση:

$$\text{Capital/Initial_Capital.}$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Ανάλυση στρατηγικών και σεναρίων

4.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο εξετάζεται η συμπεριφορά του μοντέλου που αναπτύχθηκε, αναλύοντας συγκεκριμένα σεναρία που είναι δυνατόν να λάβουν χώρα και εξετάζοντας κάποιες στρατηγικές επιλογές που μπορεί να ακολουθήσει η εταιρεία προκειμένου να επιτύχει καλύτερη απόδοση του κεφαλαίου της. Επισημαίνεται ότι ο χρονικός ορίζοντας της προσομοίωσης είναι 750 εβδομάδες (περίπου 14,5 χρόνια), διάστημα αρκετά μεγάλο έτσι ώστε να μπορέσουμε να βγάλουμε ασφαλή συμπεράσματα για την πορεία του κεφαλαίου και των πωλήσεων του προϊόντος που αναπτύσσεται.

4.2 Καθορισμός των μεταβλητών

4.2.1 Οι μεταβλητές στρατηγικής της εταιρείας

Στο μοντέλο που μελετάται υπάρχουν δύο μεταβλητές που μπορούν να καθορίσουν τις στρατηγικές επιλογές της εταιρείας. Και οι δύο έχουν να κάνουν με τον καθορισμό του πότε θα ξεκινήσουν οι φάσεις της E&A του προϊόντος και της διαδικασίας αντίστοιχα και με τι ποσοστό πληροφορίας. Όσο μικρότερη τιμή έχουν τόσο νωρίτερα ξεκινάει η φάση ανάπτυξης που επηρεάζουν και τόσο λιγότερη πληροφορία θα έχει εκείνη από την προηγούμενη. Η ύπαρξη ή μη επαρκούς πληροφορίας οδηγεί σε απουσία ή εμφάνιση λαθών, πράγμα το οποίο καθορίζει σε σημαντικό βαθμό την ποιότητα του προϊόντος και επηρεάζει την πορεία των πωλήσεων. Πιο συγκεκριμένα οι δύο αυτές μεταβλητές είναι οι ακόλουθες:

RA & Product R&D Concurrency: Είναι η μεταβλητή που ρυθμίζει τη χρονική στιγμή έναρξης του σταδίου E&A του προϊόντος. Παίρνει τιμές από 0 έως 100 και δείχνει ότι για παράδειγμα εάν έχει τιμή 70 σημαίνει ότι όταν έχει ολοκληρωθεί κατά 70% το στάδιο της ανάλυσης των απαιτήσεων, τότε μπορεί να ξεκινήσει και η E&A του προϊόντος. Πολλές εταιρείες προκειμένου να προλάβουν τον ανταγωνισμό, ακολουθούν παρόμοιες στρατηγικές έναρξης των φάσεων θέλοντας να μειώσουν το χρόνο ανάπτυξης του προϊόντος τους. Βέβαια, αν αυτές οι στρατηγικές χρησιμοποιούνται χωρίς την προσεκτική μελέτη είναι δυνατόν να οδηγήσουν, αντίθετα από τα αναμενόμενα, σε επιμήκυνση του χρόνου ανάπτυξης του προϊόντος και συνεχείς βρόχους επανεπεξεργασίας, λόγω της έλλειψης ζωτικής πληροφορίας, με καταστροφικά αποτελέσματα.

Στο μοντέλο που μελετάμε επιλέχθηκαν δύο τιμές για την ανωτέρω μεταβλητή στρατηγικής: Βαθμός παράλληλης ανάπτυξης 60 και 90.

Product & Process R&D Concurrency: Κατ' αντιστοιχία με την προηγούμενη μεταβλητή αυτή καθορίζει το πότε θα ξεκινήσει η φάση E&A της διαδικασίας παραγωγής του προϊόντος μετά τη φάση E&A του ίδιου του προϊόντος. Η χρησιμοποίησή της γίνεται με την ίδια ακριβώς λογική με την προηγούμενη. Και εδώ επιλέξαμε τις ίδιες τιμές κατά τη στρατηγική επιλογή της εταιρείας. Δηλαδή κι εδώ επιλέχθηκε βαθμός παράλληλης ανάπτυξης 60 και 90.

4.2.2 Οι μεταβλητές σεναρίου

Για τη μελέτη της συμπεριφοράς του μοντέλου επιλέχθηκαν τρεις μεταβλητές με γνώμονα το πώς επηρεάζουν την ποιότητα του τελικού προϊόντος, οι δύο πρώτες, αλλά και το κόστος παραγωγής, η τρίτη. Αυτές είναι οι ακόλουθες:

- **Ποσοστό ανακάλυψης λαθών κατά την E&A του προϊόντος (Product R&D error discover fraction):** Εάν κατά το σχεδιασμό του προϊόντος μια εταιρεία αδυνατεί να εντοπίσει όλα τα σφάλματα που τυχόν παρουσιάζονται, εξαιτίας της κακής λειτουργίας του τμήματος ποιοτικού ελέγχου, τότε εκείνα που δεν ανακαλύπτονται μοιραία συνοδεύουν το προϊόν έως την παραγωγή και την είσοδο του στην αγορά, μειώνοντας αισθητά την ποιότητά του. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να εμποδίζεται η γρήγορη διάχυσή του και γενικότερα η εμπορική του επιτυχία. Με αυτό το σκεπτικό θεωρήθηκε σκόπιμο να εξετάσουμε τη

συμπεριφορά του μοντέλου μας σε σχέση με τις διάφορες τιμές που μπορεί να πάρει η μεταβλητή αυτή. Οι τιμές που επελέγησαν είναι: 0,5 και 0,8.

- **Ποσοστό ανακάλυψης λαθών κατά την παραγωγή του προϊόντος (Production error discover fraction):** Όπως και στο σχεδιασμό του προϊόντος έτσι και τα λάθη της παραγωγής που δεν ανακαλύπτονται επιδρούν στην ποιότητα του τελικού προϊόντος, επηρεάζοντας τις πωλήσεις. Έτσι το πόσα από αυτά τα λάθη ανακαλύπτουμε είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας αξιολόγησης της τελικής του απόδοσης. Γι' αυτό το λόγο επιλέξαμε και αυτή τη μεταβλητή για να εξεταστεί η συμπεριφορά του μοντέλου. Οι τιμές που επελέγησαν για εξέταση είναι και εδώ 0,5 και 0,9.
- **Ρυθμός μάθησης (Rate of learning):** Επειδή ο ρυθμός μάθησης κατά ένα μέρος ρυθμίζει το ρυθμό λαθών στην παραγωγή, αλλά από την άλλη επίσης επιδρά στη μείωση του κόστους παραγωγής της μονάδας προϊόντος, θεωρήθηκε ως ένας πολύ σημαντικός παράγοντας για την εκτίμηση της απόδοσης του μοντέλου. Επιλέγονται δύο τιμές με αρκετή διαφορά μεταξύ τους προκειμένου να εξετάσουμε τη συμπεριφορά του μοντέλου σε κάπως ακραίες συνθήκες. Οι τιμές λοιπόν που επελέγησαν είναι οι: 2 και 8.

Πίνακας 4.1: Οι συνδυασμοί των πιθανών τιμών για το σχηματισμό των σεναρίων

Αριθμός σεναρίου	1	2	3	4	5	6	7	8
Product R&D error discover fraction	0,5	0,8	0,5	0,8	0,5	0,8	0,5	0,8
Production error discover fraction	0,5	0,5	0,9	0,9	0,5	0,5	0,9	0,9
Rate of learning	2	2	2	2	8	8	8	8

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Αν συνδυαστούν οι μεταβλητές στρατηγικής και οι μεταβλητές σεναρίου σχηματίζουν τελικά 32 συνδυασμούς πιθανών καταστάσεων που θα αναλυθούν παρακάτω. Οι συνδυασμοί των πιθανών σεναρίων απεικονίζονται στον πίνακα 4.1.

4.3 Μελέτη των στρατηγικών επιλογών μιας εταιρείας με βάση τις μεταβλητές στρατηγικής

Σύμφωνα με τις τιμές των μεταβλητών στρατηγικής μπορούμε τώρα να καθορίσουμε 4 πιθανές στρατηγικές επιλογές. Για όλες τις στρατηγικές και τα σενάρια θα υπολογίζονται οι μεταβλητές:

α. Συνολικό κεφάλαιο (Capital)

β. Πωλήσεις (Sales)

γ. Ποιότητα (Quality)

Οι πιθανές πολιτικές και σενάρια αναλύονται ακολούθως.

4.3.1 Στρατηγική 1^η

Σε αυτή τη στρατηγική εξετάζουμε την περίπτωση να ξεκινάει η E&A του προϊόντος ενώ έχει ολοκληρωθεί το 60% της ανάλυσης των απαιτήσεων, που σημαίνει ότι η μεταβλητή RA & Product R&D έχει την τιμή 60.

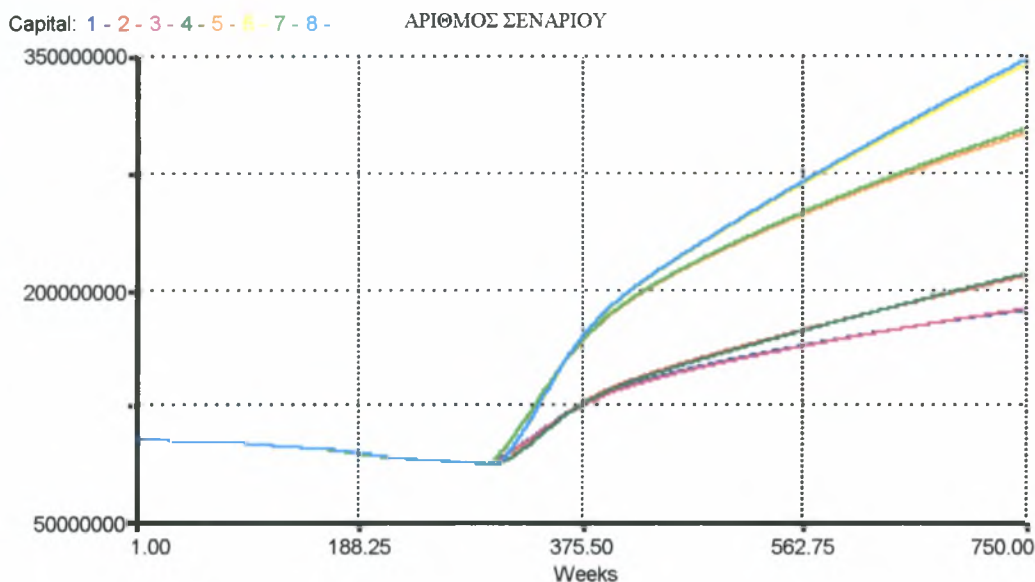
Θα εξεταστούν 2 περιπτώσεις. Στη μια η μεταβλητή Product & Process R&D Concurrence θα έχει την τιμή 60 και στην άλλη 90 (δηλαδή η E&A της διαδικασίας ξεκινάει όταν η E&A του προϊόντος έχει φτάσει στο 60 % και 90% αντίστοιχα).

1^η Περίπτωση – RA & Product R&D Concurrence=60 και Product & Process R&D Concurrence=60

Εδώ εξετάζεται η περίπτωση κατά την οποία η E&A του προϊόντος ξεκινάει όταν η ανάλυση των απαιτήσεων έχει ολοκληρωθεί κατά 60% και παράλληλα η E&A της διαδικασίας ξεκινάει όταν έχει ολοκληρωθεί επίσης το 60% της E&A του προϊόντος. Γι' αυτή την περίπτωση τρέχουμε όλα τα πιθανά σενάρια. Τα αποτελέσματα απεικονίζονται στα σχήματα 4.1 και 4.2 αντίστοιχα για τις μεταβολές του κεφαλαίου και των πωλήσεων αντίστοιχα. Επίσης το διαθέσιμο κεφάλαιο με βάση τα διάφορα σενάρια φαίνεται στον πίνακα 4.2. Από τα παραπάνω δεδομένα παρατηρούμε ότι το τελικό κεφάλαιο επηρεάζεται θετικά σε μεγαλύτερο βαθμό όταν το ποσοστό ανακάλυψης λαθών είναι μεγαλύτερο κατά τη φάση της E&A του προϊόντος. Αυτό είναι απόλυτα λογικό, καθώς όσο περισσότερα λάθη ανακαλύπτονται τόσο λιγότερα θα περνούν στις επόμενες φάσεις, με αποτέλεσμα η ποιότητα του τελικού προϊόντος να

είναι καλύτερη. Έτσι μπορούμε να επιτύχουμε περισσότερες πωλήσεις. Από την άλλη πλευρά όσα λάθη ανακαλύπτονται κατά την παραγωγή επειδή απορρίπτονται, συνεισφέρουν λιγότερο στις τελικές πωλήσεις, πράγμα που σημαίνει λιγότερα προϊόντα στην αγορά και άρα λιγότερα κέρδη. Επίσης είναι φανερό ότι όταν έχουμε μεγάλο ρυθμό μάθησης αυξάνονται περισσότερο τα κέρδη, πράγμα απόλυτα φυσιολογικό καθώς μειώνεται το μοναδιαίο κόστος του προϊόντος.

Σχήμα 4.1: Η απόδοση του κεφαλαίου κατά την 1^η περίπτωση της 1^{ης} στρατηγικής

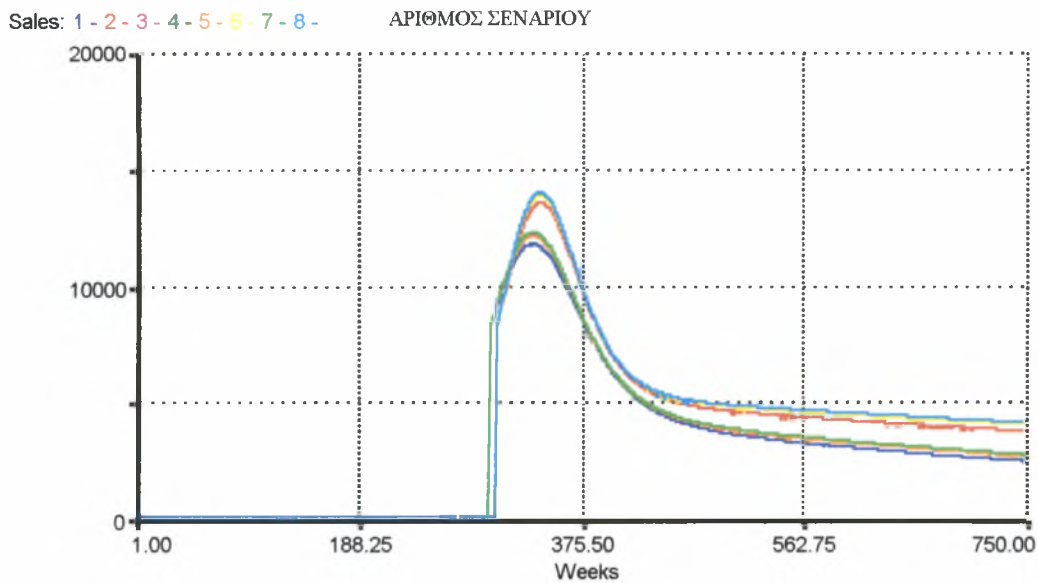


Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Πίνακας 4.2: Οι τιμές του κεφαλαίου για την 1^η περίπτωση της 1^{ης} στρατηγικής

Σενάριο	1	2	3	4	5	6	7	8
Κεφάλαιο	184305805,3	206420575,9	185105828,7	207772506,25	298668917,15	343029783,1	301489136,4	346205390,9

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Σχήμα 4.2: Οι πωλήσεις του προϊόντος κατά την 1^η περίπτωση της 1^{ης} στρατηγικής

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

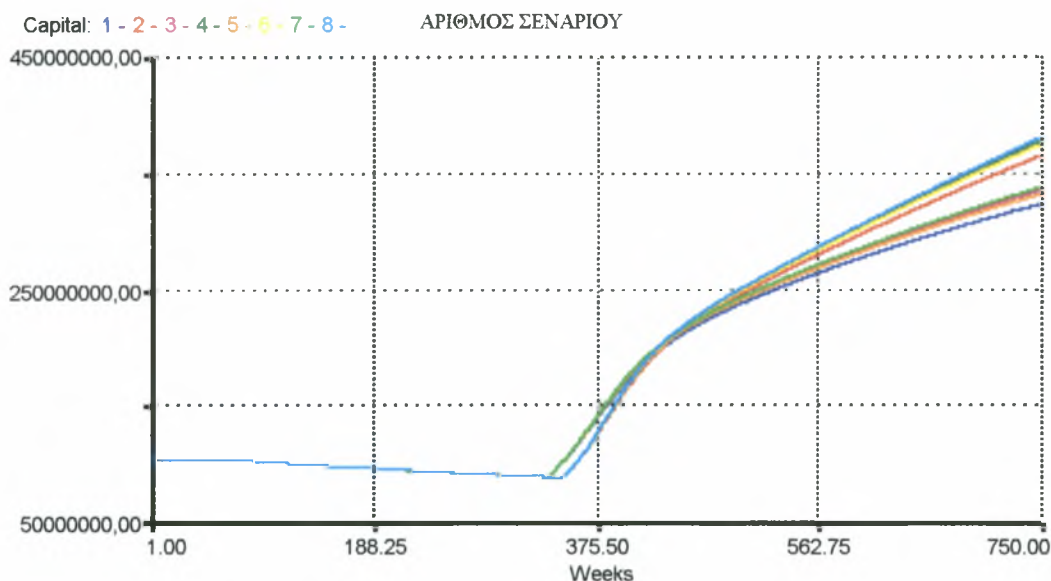
2^η Περίπτωση – RA & Product R&D Concurrency=60 και Product & Process R&D Concurrency=90

Σε αυτή την περίπτωση εξετάζουμε τη συμπεριφορά του μοντέλου όταν η E&A του προϊόντος ξεκινάει τη στιγμή που η ανάλυση των απαιτήσεων έχει ολοκληρωθεί κατά 60%, ενώ η E&A της διαδικασίας αρχίζει τη στιγμή που η E&A του προϊόντος είναι στο 90%.

Στο σχήμα 4.3 απεικονίζεται η απόδοση του κεφαλαίου της εταιρείας για τα διάφορα σενάρια που θεωρήσαμε, ενώ στον πίνακα 4.3 εμφανίζονται αναλυτικά οι αριθμητικές τιμές του κεφαλαίου για τα εν λόγω σενάρια. Από την άλλη πλευρά στο σχήμα 4.4 απεικονίζονται οι πωλήσεις του προϊόντος μας. Παρατηρούμε ότι, ενώ στην προηγούμενη περίπτωση η απόδοση του κεφαλαίου είχε μεγαλύτερες διακυμάνσεις στην τελική του τιμή, εδώ τα πράγματα είναι πιο ομαλά. Αυτό οφείλεται κατά ένα μέρος στο γεγονός ότι η E&A της διαδικασίας ανάπτυξης του προϊόντος ξεκινάει αργά σχετικά (όταν πια έχει ολοκληρωθεί το 90% της E&A του προϊόντος), με αποτέλεσμα να υπάρχει περισσότερη πληροφορία διαθέσιμη. Αυτό σημαίνει ότι γίνεται καλύτερος σχεδιασμός της διαδικασίας ανάπτυξης οπότε τελικά υπάρχουν λιγότερα σφάλματα, σε σχέση με το ποσοστό της διαθέσιμης πληροφορίας, τόσο κατά τη διαδικασία ανάπτυξης όσο και κατά την παραγωγή. Έτσι το προϊόν παρουσιάζεται να

είναι καλύτερο ποιοτικά κάτι που μεταφράζεται σε περισσότερες πωλήσεις και άρα μεγαλύτερη απόδοση κεφαλαίου. Η καθυστέρηση στην έναρξη των πωλήσεων, φαίνεται στο σχήμα 4.4 ως απόρροια του μικρότερου βαθμού παραλληλίας μεταξύ των φάσεων E&A του προϊόντος και της διαδικασίας (Product & Process Concurrency=90).

Σχήμα 4.3: Η απόδοση του κεφαλαίου κατά τη 2^η περίπτωση της 1^{ης} στρατηγικής



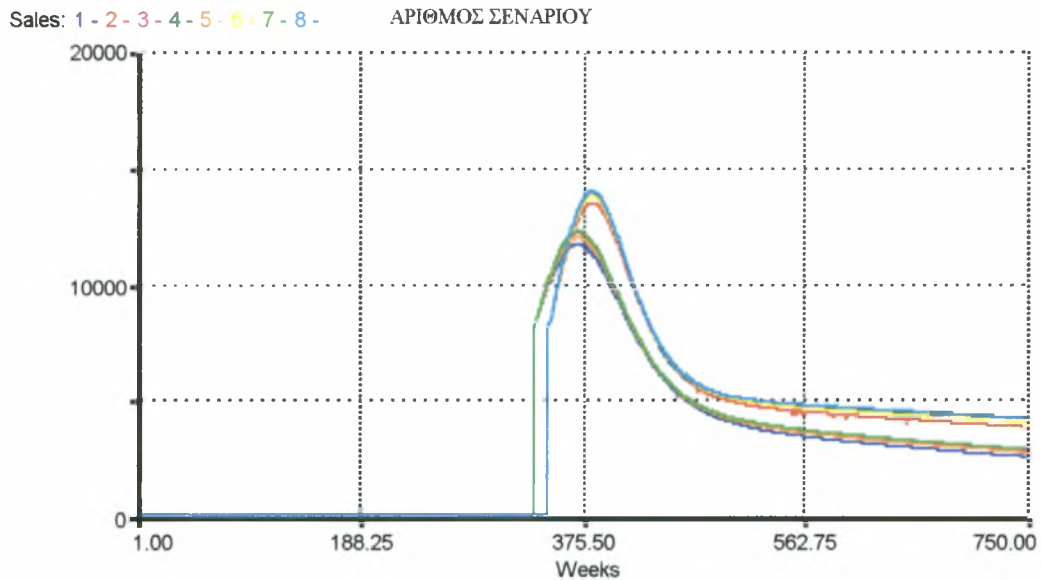
Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Πίνακας 4.3: Οι τιμές του κεφαλαίου για τη 2^η περίπτωση της 1^{ης} στρατηγικής

Σενάριο	1	2	3	4	5	6	7	8
Κεφάλαιο	320764982,1	362932106,1	332543363,9	375440181,4	329470941,2	372410352,6	335268991,45	378530109

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Σχήμα 4.4: Οι πωλήσεις του προϊόντος κατά τη 2^η περίπτωση της 1^{ης} στρατηγικής



Πηγή: Ιδία επεξεργασία

4.3.2 Στρατηγική 2^η

Σε αυτή τη στρατηγική θεωρούμε ότι το στάδιο του καθορισμού των απαιτήσεων έχει ολοκληρωθεί κατά 90% πριν ξεκινήσει η E&A του προϊόντος. Και εδώ θα εξετάσουμε για τα διάφορα σεναρία 2 διαφορετικές περιπτώσεις κατά τις οποίες η E&A της διαδικασίας ξεκινάει όταν έχει ολοκληρωθεί το 60% και 90% αντίστοιχα της E&A του προϊόντος.

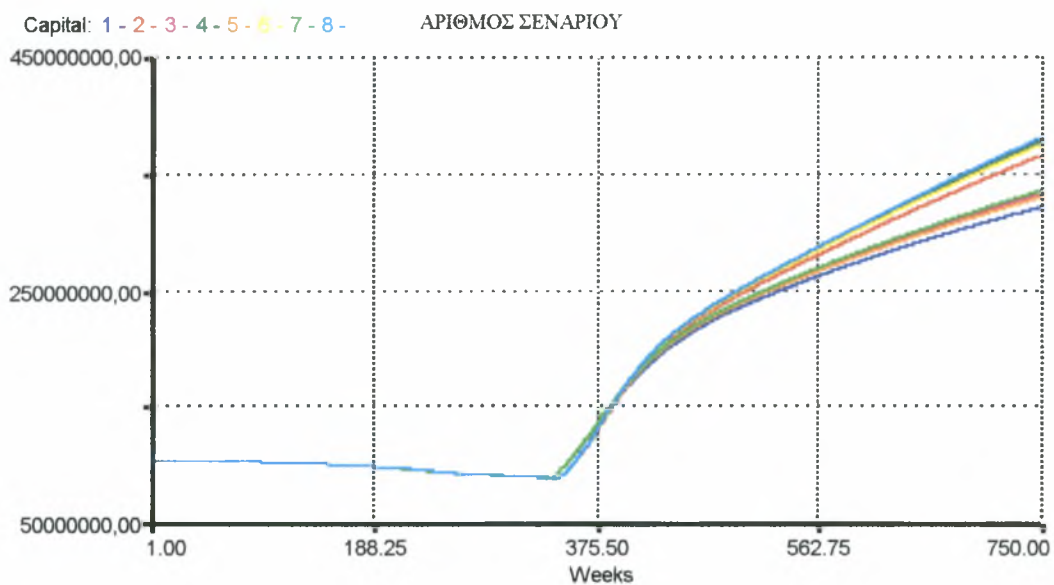
1^η Περίπτωση - RA & Product R&D Concurrency=90 και Product & Process R&D Concurrency=60

Σε αυτή την περίπτωση επιλέγεται η E&A του προϊόντος να αρχίζει όταν ο καθορισμός των απαιτήσεων είναι στο 90%, ενώ η E&A της διαδικασίας όταν η E&A του προϊόντος είναι στο 60%. Γι' αυτή την περίπτωση θα δούμε την απόδοση του κεφαλαίου και την πορεία των πωλήσεων με βάση τα αρχικά σεναρία.

Είναι φανερό ότι ο μικρός βαθμός παραλληλίας που υπάρχει μεταξύ των φάσεων καθορισμού των απαιτήσεων και E&A του προϊόντος, συμβάλλει στην καλύτερη απόδοση του κεφαλαίου, περίπου στα ίδια επίπεδα με τη 2^η περίπτωση της 1^{ης}

στρατηγικής, καθώς υπάρχει περισσότερη πληροφορία για το σχεδιασμό του προϊόντος, πράγμα που μεταφράζεται με λιγότερα λάθη σε σχέση πάντα με τη διαθέσιμη πληροφορία. Το ίδιο ισχύει και για τις πωλήσεις καθώς η ποιότητα του προϊόντος σαφώς είναι σε υψηλά επίπεδα. Στο σχήμα 4.5 παριστάνεται γραφικά το κεφάλαιο της εταιρείας για τα διάφορα σενάρια που εξετάζουμε, ενώ στον πίνακα 4.4 φαίνονται οι ακριβείς τιμές του τελικού κεφαλαίου. Στο σχήμα 4.6 παρουσιάζεται το γράφημα των πωλήσεων.

Σχήμα 4.5: Η απόδοση του κεφαλαίου κατά την 1^η περίπτωση της 2^{ης} στρατηγικής



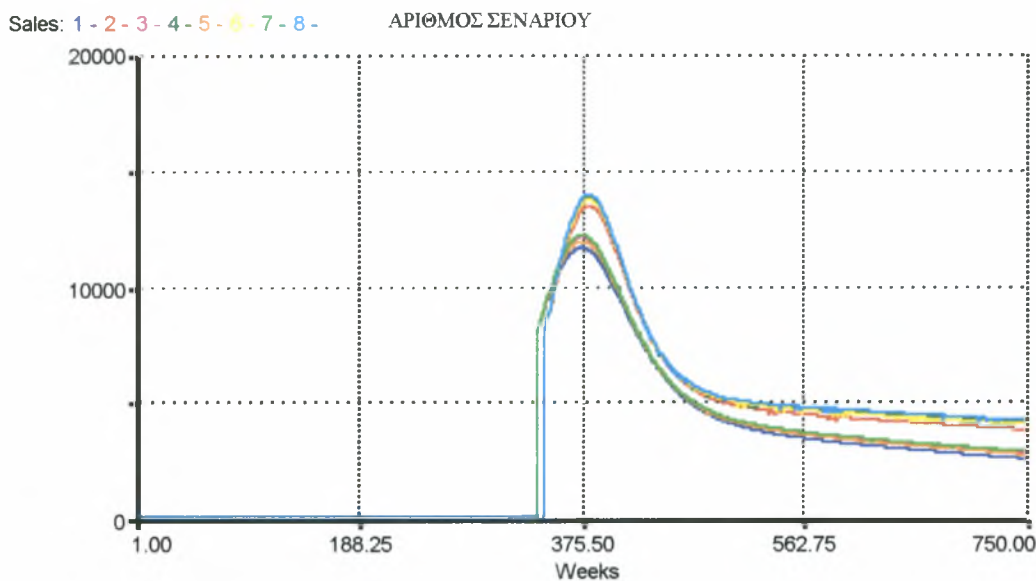
Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Πίνακας 4.4: Οι τιμές του κεφαλαίου για την 1^η περίπτωση της 2^{ης} στρατηγικής

Σενάριο	1	2	3	4	5	6	7	8
Κεφάλαιο	318791529,6	363263073,2	330257786,2	375791777,7	327281318,8	372623752,1	332893113,8	378700597,1

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Σχήμα 4.6: Οι πωλήσεις του προϊόντος κατά την 1^η περίπτωση της 2^{ης} στρατηγικής



Πηγή: Ιδία επεξεργασία

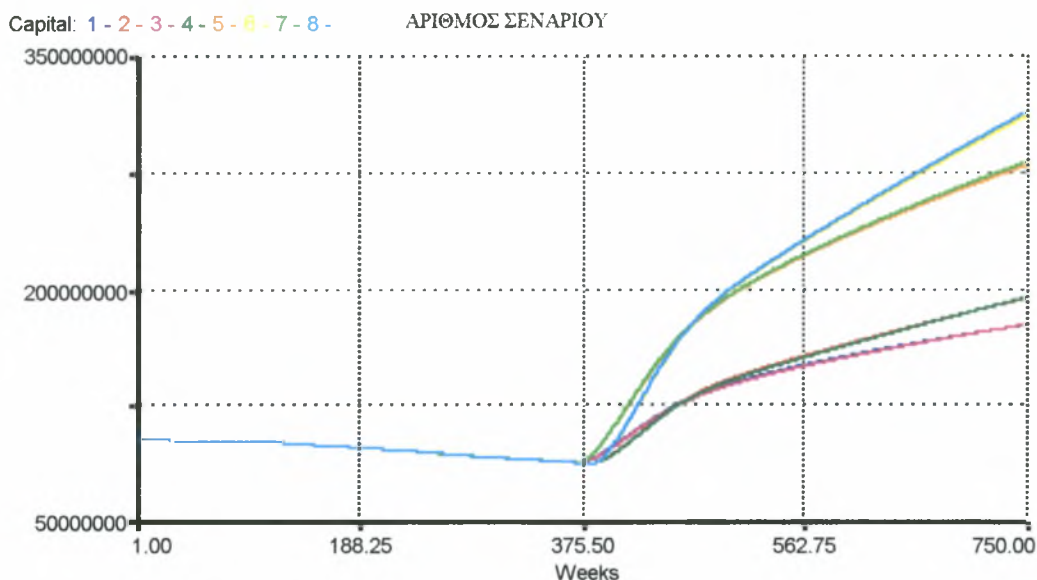
2^η Περίπτωση - RA & Product R&D Concurrency=90 και Product & Process R&D Concurrency=90

Τώρα θα εξεταστεί ο τελευταίος δυνατός συνδυασμός των μεταβλητών στρατηγικής του μοντέλου. Εδώ επιλέγεται η έναρξη της E&A του προϊόντος να λαμβάνει χώρα όταν έχει περατωθεί το 90% του σταδίου καθορισμού των απαιτήσεων όπως επίσης και η έναρξη της φάσης της E&A της διαδικασίας ανάπτυξης όταν έχει ολοκληρωθεί το 90% της E&A του προϊόντος. Προχωρώντας θα εξεταστεί κι εδώ η απόδοση του κεφαλαίου και οι πωλήσεις.

Στο σχήμα 4.7 φαίνονται οι αποδόσεις του κεφαλαίου μας με βάση τα σενάρια που καθορίστηκαν ενώ στον πίνακα 4.5 βλέπουμε τις αριθμητικές τιμές του κεφαλαίου όπως αυτό διαμορφώνεται στο τέλος του χρόνου προσομοίωσης. Όπως γίνεται αντιληπτό από τα σχεδιαγράμματα το κεφάλαιο έχει καλύτερη απόδοση όταν η ανακάλυψη τυχόν λαθών γίνεται νωρίς (το ποσοστό ανακάλυψης να είναι πιο μεγάλο κατά τη φάση E&A του προϊόντος). Επίσης αν και θεωρητικά θα έπρεπε να είχαμε μεγαλύτερο κεφάλαιο σε αυτή την περίπτωση, καθώς οι μεταβλητές στρατηγικής έχουν τη μεγαλύτερη τιμή και κατά συνέπεια η διαθέσιμη πληροφορία από την προηγούμενη φάση στην επόμενη θα είναι περισσότερη με αποτέλεσμα καλύτερη ποιότητα στο προϊόν, εντούτοις το κεφάλαιο παραμένει στο χαμηλότερο επίπεδο σε σχέση με τις άλλες περιπτώσεις. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι, όπως προκύπτει και

από τα γραφήματα, οι πωλήσεις (σχήμα 4.8) λαμβάνουν χώρα πολύ αργότερα (περίπου την 375 εβδομάδα) από κάθε άλλη περίπτωση. Κατά συνέπεια αργεί να αποδώσει η επένδυσή μας γιατί αργεί να βγει στην αγορά το προϊόν, οπότε καθυστερεί η εισροή κεφαλαίου στα ταμεία της εταιρείας. Η καθυστέρηση αυτή της εισόδου στην αγορά του προϊόντος είναι ζωτικής σημασίας αφού έτσι η εταιρεία μας μπορεί έτσι να χάσει ένα μεγάλο μέρος της αγοράς από τους ανταγωνιστές που έχουν προϊόντα στην αγορά πολύ νωρίτερα από τη δική μας είσοδο. Και εδώ η μεγάλη διακύμανση του κεφαλαίου οφείλεται στην αύξηση του ρυθμού μάθησης κατά την παραγωγή, με αποτέλεσμα την αποδοτικότερη και ποιοτικά καλύτερη παραγωγή.

Σχήμα 4.7: Η απόδοση του κεφαλαίου κατά την 2^η περίπτωση της 2^{ης} στρατηγικής



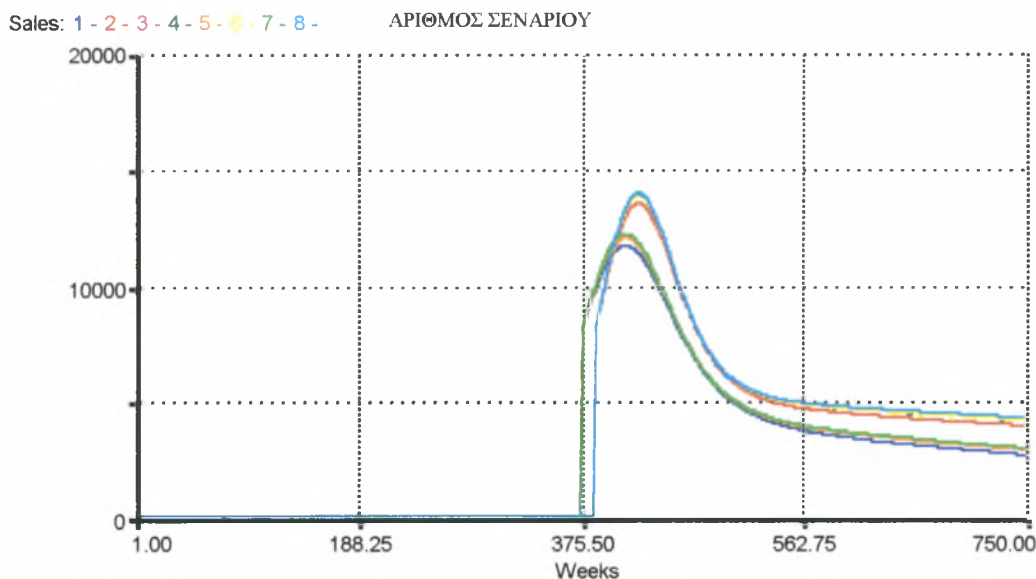
Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Πίνακας 4.5: Οι τιμές του κεφαλαίου για τη 2^η περίπτωση της 2^{ης} στρατηγικής

Σενάριο	1	2	3	4	5	6	7	8
Κεφάλαιο	174574197,2	191782256,9	174720845,6	192184254,7	277660371,5	309854525,7	279864088,9	312186611,6

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Σχήμα 4.8: Οι πωλήσεις του προϊόντος κατά τη 2^η περίπτωση της 2^{ης} στρατηγικής



Πηγή: Ιδία επεξεργασία

4.4 Συμπεράσματα

Από την ανάλυση των παραπάνω σεναρίων βγάζουμε πολλά χρήσιμα συμπεράσματα. Πρώτον, όταν έχουμε μεγάλο ποσοστό ανακάλυψης λαθών στις αρχικές φάσεις ανάπτυξης ενός προϊόντος τότε η απόδοση της επένδυσής μας είναι περισσότερο αποτελεσματική, καθώς μπορεί να έχουμε περισσότερη επανεπεξεργασία, αλλά από την άλλη λιγότερα σφάλματα που δεν ανακαλύπτονται περνούν στις επόμενες φάσεις ανάπτυξης του προϊόντος και επηρεάζεται λιγότερο η ποιότητα του τελικού προϊόντος. Δεύτερον, όταν έχουμε μεγάλο ρυθμό μάθησης το κόστος της μονάδας παραγωγής μειώνεται, με συνέπεια τη μείωση των εξόδων παραγωγής κάτι που συνεισφέρει θετικά στο τελικό μας κεφάλαιο. Τρίτον όταν έχουμε μικρό βαθμό παραλληλίας, τότε το προϊόν αργεί να εισέλθει στην αγορά, με συνέπεια την απώλεια ζωτικού χρόνου μέχρι την έναρξη των πωλήσεων. Έτσι υπάρχει σοβαρός κίνδυνος να χαθεί μεγάλο μέρος της αγοράς και η επένδυσή μας αν και είναι σχεδιασμένη σωστά, να αποτύχει λόγω αυτής της καθυστέρησης εισόδου στην αγορά. Τέλος, φαίνεται ότι η πιο αποδοτική περίπτωση στρατηγικής, με βάση τα σενάριο που εξετάστηκαν, είναι η 2^η περίπτωση της 1^{ης} στρατηγικής με πολύ μικρό έως αμυδρό προβάδισμα έναντι της 1^{ης} περίπτωσης της 2^{ης} στρατηγικής.

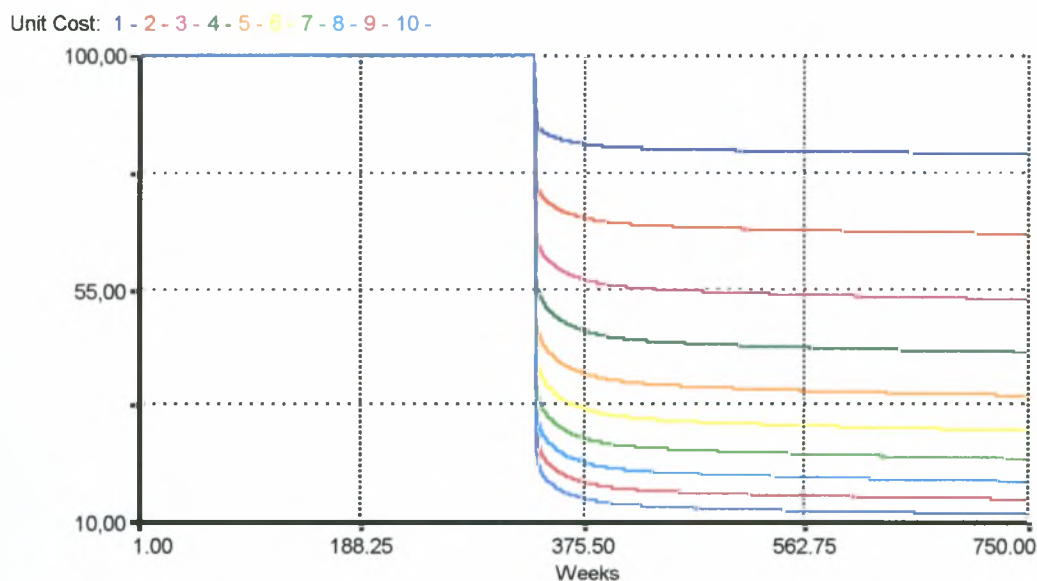
4.5 Χρήσιμα διαγράμματα

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιάσουμε μερικές αναλύσεις ευαισθησίας κάποιων μεταβλητών του μοντέλου για γίνει περισσότερο κατανοητή η επιρροή τους σε διάφορα στοιχεία του.

4.5.1 Ανάλυση ευαισθησίας του μοναδιαίου κόστους σε σχέση με το ρυθμό μάθησης

Η συμπεριφορά του μοναδιαίου κόστους παραγωγής σε σχέση με το ρυθμό μάθησης φαίνεται στο σχήμα 4.9. Σημειώνεται ότι απεικονίζεται η συμπεριφορά του μοναδιαίου κόστους παραγωγής για 10 τιμές του ρυθμού μάθησης (από 1 έως 10).

Σχήμα 4.9: Η συμπεριφορά του μοναδιαίου κόστους παραγωγής ως προς το ρυθμό μάθησης



Πηγή: Ιδία επεξεργασία

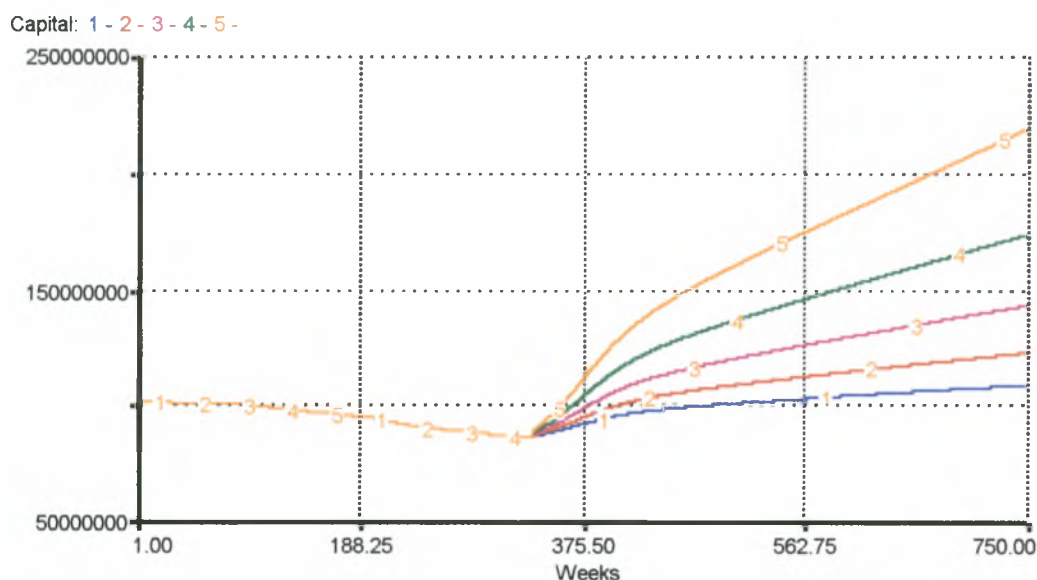
Βλέπουμε λοιπόν, όπως αναμενόταν, ότι το κόστος παραγωγής για μια μονάδα προϊόντος συνεχώς μειώνεται όσο αυξάνει ο ρυθμός μάθησης. Αυτό είναι πολύ λογικό από τη στιγμή που όσο εξελίσσεται η παραγωγή το προσωπικό που συμμετέχει σε αυτή αποκτά εμπειρία στον τρόπο εκτέλεσης μιας εργασίας. Έτσι μαθαίνει σιγά σιγά να την εκτελεί αποδοτικότερα και ποιοτικά καλύτερα, με αποτέλεσμα να απορρίπτονται ολοένα και λιγότερα ελαττωματικά προϊόντα από την παραγωγή και κατά συνέ-

πεια να μειώνεται και στο σύνολό του το κόστος παραγωγής. Όσο περισσότερο οι εταιρείες εργάζονται προς αυτή την κατεύθυνση, την εξασφάλιση ολοένα και μεγαλύτερου ποσοστού μάθησης, τόσο καλύτερα αποτελέσματα και απόδοση θα έχουν στην αρχική τους επένδυση.

4.5.2 Ανάλυση ευαισθησίας του κεφαλαίου και των πωλήσεων σε σχέση με το ρυθμό αύξησης της αγοράς (market growth)

Στα σχήματα 4.10 και 4.11 παρουσιάζεται η συμπεριφορά του κεφαλαίου και των πωλήσεων σε σχέση με το ρυθμό αύξησης της αγοράς. Η ανάλυση γίνεται για 5 τιμές του ρυθμού αύξησης της αγοράς (από 0 έως 0.2).

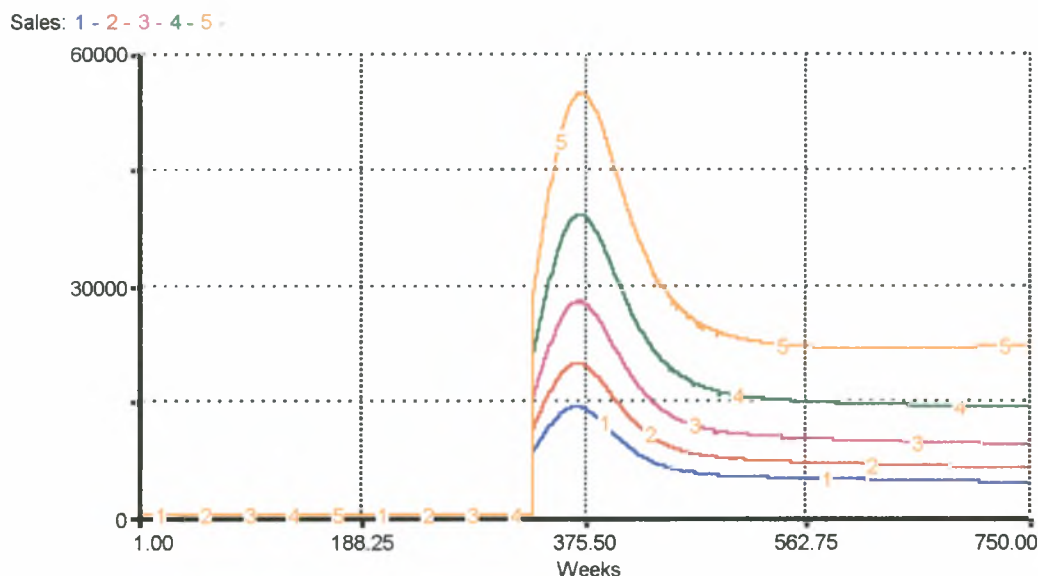
Σχήμα 4.10: Η συμπεριφορά του κεφαλαίου ως προς το ρυθμό αύξησης της αγοράς



Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Παρατηρούμε ότι όσο αυξάνει το μέγεθος της αγοράς, τόσο αυξάνεται και το κεφάλαιο μας, ως απόρροια των αυξημένων πωλήσεων. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι θα υπάρχουν κάθε φορά περισσότεροι πιθανοί αγοραστές που τελικά θα αγοράζουν το προϊόν και θα γίνουν πελάτες της εταιρείας.

Σχήμα 4.11: Η συμπεριφορά των πωλήσεων ως προς το ρυθμό αύξησης της αγοράς



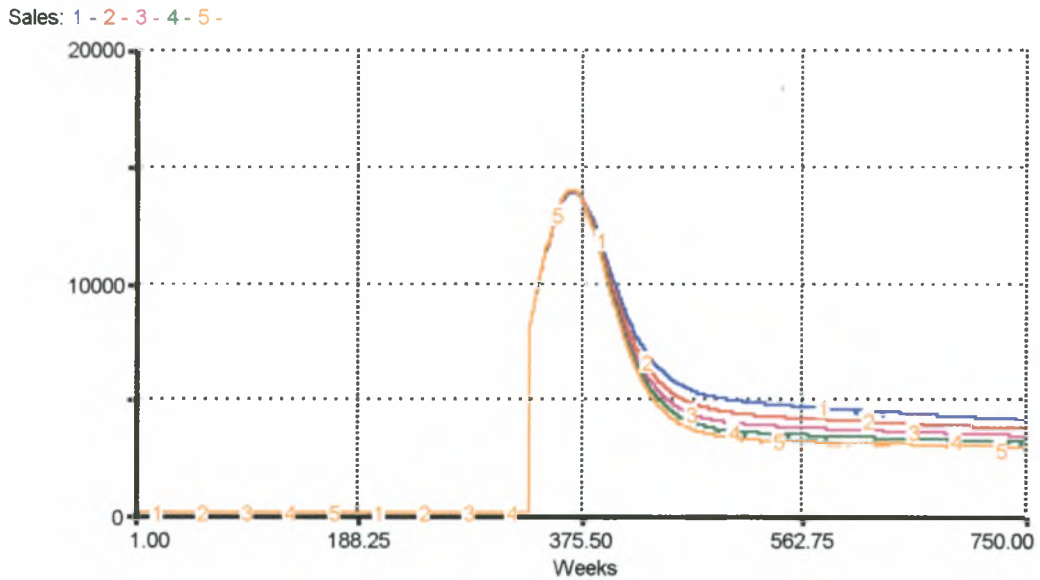
Πηγή: Ιδία επεξεργασία

4.5.3 Ανάλυση ευαισθησίας των πωλήσεων ως προς το μέσο χρόνο ζωής του προϊόντος

Στο σχήμα 4.12 απεικονίζεται η συμπεριφορά των πωλήσεων με βάση το μέσο χρόνο ζωής του προϊόντος. Η ανάλυση γίνεται με βάση 5 τιμές του μέσου χρόνου ζωής του προϊόντος (από 150 έως 250 εβδομάδες).

Είναι φανερό ότι όσο αυξάνεται ο χρόνος ζωής του προϊόντος τόσο περισσότερες πωλήσεις θα γίνουν. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι όσο μεγαλύτερος είναι ο χρόνος ζωής, τόσο περισσότεροι από τους πιθανούς πελάτες θα αγοράζουν το προϊόν, αφού θα υπάρχει περισσότερο καιρό στην αγορά. Επίσης αυξάνεται και η πιθανότητα να αγοράσει κάποιος πελάτης που έμεινε ευχαριστημένος το προϊόν περισσότερες από μια φορές, καθώς όταν, σύμφωνα με το μοντέλο, γίνει πιθανός πελάτης ξανά το προϊόν θα συνεχίσει να υφίσταται στην αγορά.

Σχήμα 4.12: Η συμπεριφορά των πωλήσεων ως προς το μέσο χρόνο ζωής του προϊόντος



Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Τονίζεται ότι όλες οι αναλύσεις ευαισθησίας έγιναν με τις τιμές των δύο μεταβλητών στρατηγικής (RA & Product R&D Concurrency και Product & Process R&D Concurrency) να είναι και οι δύο 70.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Συμπεράσματα – Προτάσεις για έρευνα

5.1 Εισαγωγή

Στην παρούσα διπλωματική εργασία έγινε μια προσπάθεια προσέγγισης και ανάλυσης των παραγόντων εκείνων που συμβάλουν στην επιτυχημένη ανάπτυξη ενός προϊόντος. Έγινε προσπάθεια ιχνηλάτησης ζητημάτων που αφορούν τη διαχείριση των έργων και των παραγόντων που τα επηρεάζουν είτε θετικά είτε αρνητικά. Σε αυτή την προσπάθεια είδαμε ότι τα επιτυχημένα έργα δεν εξαρτώνται μόνο από το σωστό σχεδιασμό του προς ανάπτυξη προϊόντος, αλλά από ένα σύνολο διαδικασιών και οργανωτικών δομών μέσα σε μια επιχείρηση που συνεχώς αλληλεπιδρούν.

Η ανάπτυξη των προϊόντων δεν είναι κάτι το στατικό. Έχει μια δυναμική που προκαλεί πολλές φορές μεγάλες αλλαγές σε αυτά που αρχικώς θεωρούνταν σωστά και αδιάσειστα. Στα πλαίσια αυτής της δυναμικής είναι φανερό ότι οι ανάγκες των πελατών είναι συνεχώς μεταβαλλόμενες και αυξανόμενες. Όποιος μπορέσει να ανακαλύψει τις κρυφές ανάγκες των πελατών θα έχει ένα πολύ σημαντικό προβάδισμα στο κινήγι ενός μεριδίου στην αγορά.. Δεν αρκεί όμως μόνο αυτό. Όλοι οι μηχανισμοί μιας επιχείρησης πρέπει να δουλεύουν επικεντρωμένοι σε ένα κοινό όραμα, γι' αυτό και οι σωστές οργανωτικές δομές συμβάλλουν αποφασιστικά προς αυτή την κατεύθυνση.

Επίσης στην παρούσα διπλωματική ασχοληθήκαμε με θέματα που αφορούν τον προγραμματισμό των έργων ανάπτυξης προϊόντων και τα προβλήματα που συχνά συναντώνται. Στα περισσότερα έργα συναντάμε πολλές υπερβάσεις στα χρονοδιαγράμματα και τον προϋπολογισμό. Οι υπερβάσεις αυτές ιδιαίτερα σε μεγάλα έργα είναι ζωικής σημασίας και οδηγούν σε απώλεια κεφαλαίων και πελατών. Μια από τις

τεχνικές που συνήθως εφαρμόζεται και μελετάται σε σημαντικό βαθμό, είναι η αποτελεσματική κατανομή των πόρων της επιχείρησης. Υπάρχουν εταιρείες που με μειωμένους πόρους αλλά με σωστή στρατηγική κατανομής, έχουν καταφέρει ότι άλλες εταιρείες με πολύ περισσότερους.

Τέλος, στα πλαίσια της προσπάθειας μείωσης του χρόνου ανάπτυξης των προϊόντων έγινε μια προσέγγιση του ζητήματος της παράλληλης ανάπτυξης (Concurrent Engineering). Η παράλληλη ανάπτυξη είναι ένα εργαλείο που εάν χρησιμοποιηθεί με σύνεση, σωστό προγραμματισμό και στρατηγική μπορεί να αποφέρει μεγάλες μειώσεις στον τελικό χρόνο κύκλου του προϊόντος. Από την άλλη όμως είναι ένας επικίνδυνος εχθρός στα χέρια αυτού δεν θα προσπαθήσει να εφαρμόσει πιστά τις βασικές αρχές του, καθώς ο μεγάλος βαθμός παραλληλίας μπορεί να οδηγήσει σε επιμήκυνση του χρόνου κύκλου του προϊόντος, εξαιτίας των αυξημένων βρόχων επανεπεξεργασίας που είναι δυνατόν να προκαλέσει η έλλειψη σημαντικών πληροφοριών.

5.2 Αποτελέσματα της προσομοίωσης και απολογισμός της προσέγγισης

Κατά το σχηματισμό του τελικού μοντέλου καταβλήθηκε μεγάλη προσπάθεια στην εξεύρεση όλων των παραγόντων που μπορούν να συμβάλουν σε μεγάλο βαθμό στην όσο το δυνατόν πιο πιστή προσομοίωση όλης της πορείας ανάπτυξης ενός προϊόντος. Εντούτοις δεν ήταν δυνατή στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής η περιγραφή όλων αυτών των παραγόντων.

Έγινε μια προσπάθεια να δοθεί περισσότερη έμφαση στον παράγοντα της παράλληλης ανάπτυξης και πώς αυτός τελικά επιδρά στο σχεδιασμό, την ποιότητα και τη διαδικασία παραγωγής του προϊόντος. Από την ανάλυση του μοντέλου ανακαλύφθηκε ότι: πρώτον, λάθη τα οποία συμβαίνουν στην αρχή της διαδικασίας και δεν ανακαλύπτονται μειώνουν την ποιότητα του τελικού προϊόντος. Όσο πιο αργά ανακαλύπτουμε τα λάθη, τόσο μεγαλύτερη επίδραση έχει αυτό στην ποιότητα και μειώνει σημαντικά τις πωλήσεις. Δεύτερον, ο βαθμός παραλληλίας μεταξύ των φάσεων πρέπει να έχει κάποια ισορροπία καθώς αποδείχθηκε ότι πολύ μεγάλη παραλληλία οδηγεί σε χαμηλές πωλήσεις λόγω των πολλών σφαλμάτων, ενώ μικρή παραλληλία δημιουργεί μικρή απόδοση κεφαλαίου καθώς το προϊόν εισάγεται αργά στην αγορά και χάνεται πολύτιμος χρόνος. Τρίτον, η μάθηση κατά την παραγωγή είναι ένας παράγοντας που μπορεί να μειώσει δραματικά το μοναδιαίο κόστος παραγωγής, αλλά και να οδηγήσει σε βελτίωση της ποιότητας του προϊόντος. Η μάθηση αποκτάται από την εμπει-

ρία εκτέλεσης των εργασιών. Τέλος, ένας ακόμη παράγοντας που επηρεάζει την πορεία και το πλήθος των πωλήσεων και κατ' επέκταση την απόδοση του κεφαλαίου, είναι ο μέσος χρόνος ζωής του προϊόντος. Όσο μεγαλύτερος τόσο περισσότερες οι πωλήσεις. Κάτι ανάλογο ισχύει και για την περίπτωση που αυξάνεται το μέγεθος της αγοράς, καθώς θα υπάρχουν περισσότεροι διαθέσιμοι πιθανοί πελάτες που θα επιθυμούσαν να αγοράσουν το προϊόν μας.

5.3 Προτάσεις για έρευνα

Στην παρούσα διπλωματική έγινε μια προσπάθεια προσέγγισης του προβλήματος της παράλληλης ανάπτυξης. Παρ' όλ' αυτά όμως, δεν έχουν καλυφθεί όλοι εκείνοι οι παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη ενός προϊόντος καθώς κάτι τέτοιο θα ξέφευγε από τα όρια της παρούσας διπλωματικής. Έτσι λοιπόν μελλοντικές εργασίες θα μπορούσαν να εξετάσουν θέματα όπως η επανεπεξεργασία λαθών που ανακαλύπτονται από επόμενες φάσεις ανάπτυξης του προϊόντος και επιστρέφουν στο στάδιο απ' όπου προήλθαν. Σίγουρα καμία διαδικασία και κανένα προϊόν δεν είναι τέλεια και πολλές φορές σφάλματα για παράδειγμα από το στάδιο σχεδιασμού ανακαλύπτονται από το προσωπικό της παραγωγής. Η διαδικασία συντονισμού για την επανεπεξεργασία των λαθών παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον και μπορεί να οδηγήσει σε βαθύτερη κατανόηση των προβλημάτων που υπάρχουν στα διάφορα έργα ανάπτυξης προϊόντων. Η εξέταση της εισαγωγής διαφορετικών γενιών του ίδιου προϊόντος ή ενός εντελώς νέου προϊόντος, θα μας παρείχε ένα μέσο ελέγχου του πως επηρεάζει η μια γενιά προϊόντος τις πωλήσεις του άλλου.

Επίσης μεγάλο ενδιαφέρον θα παρουσίαζε η προσπάθεια παρακολούθησης και προσομοίωσης εκείνων των λαθών από κάθε φάση ανάπτυξης που τελικά δεν ανακαλύπτεται και συνεχίζει μέχρι το τέλος, ώσπου να βγει το προϊόν στην αγορά. Ίσως μια μελέτη ενός τέτοιου μοντέλου βοηθήσει στην αποτελεσματικότερη διαδικασία ανακάλυψης λαθών, έτσι ώστε να διατηρείται η ποιότητα του προϊόντος σε υψηλά επίπεδα. Διότι όπως και να 'χει ένα προϊόν που δεν ικανοποιεί τον πελάτη δεν πρόκειται, όσο καλό κι αν λέμε εμείς ότι είναι, να επιβιώσει στο σκληρό ανταγωνισμό της αγοράς.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Abdel-Hamid, T. K., 1984. The Dynamics of Software Development Project Management: An Integrative System Dynamics Perspective. Doctoral Thesis, MIT, Cambridge, MA.

Abdel-Hamid, T. K., 1993. A Multi-Project Perspective of Single-Project Dynamics. *Journal of Systems and Software* 22 (3) 151-165.

Abdel-Hamid, T., 1998. Understanding the “90% Syndrome” in Software Project Management: A simulation-Based Case Study. *Journal of Systems and Software* 8 319-330.

Bacon, G., Beckman, S., Mowery, D., Wilson, E., 1994. Managing Product Definition in High-Technology Industries: A Pilot Study. *California Management Review* 2, 32–56.

Berging, J. and Andersin, H., 1994. Designing Performance Measurement Systems for Improving the Visibility of the Concurrent Engineering Process. Proceedings of the Concurrent Engineering Research and Applications Conference (CE94), Pittsburgh, PA, August 1994, pp. 62-68.

Boehm, B. W., 1981. Software Engineering Economics. Prentice Hall.

Brooks, F., 1995. The Mythical Man Month 25th Anniversary Edition. *Addison-Wesley*, London.

Calderini, M. and Cantamessa, M., 1997. Innovation Paths in Product Development: An Empirical Research. *International Journal of Production Economics* 51 (1997) 1-17.

Chandler, A. D. Jr., 1990. Scale and Scope: the Dynamics of Industrial Capitalism. *Belknap Press*, Cambridge, MA.

Chelaka, M., Abeyasinghe, L., Greenwood, D. J. and Johansen, D. E., 2001. An efficient Method for Scheduling Construction Projects with Resource Constraints. *International Journal of Project Management* 19 (2001) 29-45.

Christensen, L. and Christensen, T., 1995. An Integrated Framework for Modeling CE-Towards more Complete and Correct Enterprise Models, ICE '95. International Conference on Concurrent Enterprising. Stockholm, Sweden.

Clark, K. B., Fujimoto, T., 1991. Product Development Performance: Strategy, Organisation, and Management in the World Auto Industry. *Harvard Business School Press*, Boston, MA.

Clark, K. B., Fujimoto, T., 1991. Product Development Performance: Strategy, Organisation, and Management in the World Auto Industry. *Harvard Business School Press*, Boston, MA.

Cooper, K. G., 1980. Naval Ship Production: A Claim Settled and a Framework Built. *The Institute of Management Sciences*, In *interfaces*, 10:6, Dec. 1980.

Cooper, R. G. and Kleinschmidt, E. J., 1990. New Products: The Key Factors in Success (Monograph). Chicago: *American Marketing Association*, 1990.

Cooper, R. G., 1998. Benchmarking New Product Performance: Results of the Best Practices Study. *European Management Journal* 16: 1-17.

Cooper, R. G., 1999. From Experience: The Invisible Success Factors in Product Innovation. *Journal of Product Innovation Management* 16: 115-133.

Costello, R. J. and Liu, D. B., 1995. Metrics for Requirements Engineering. *The Journal of Systems and Software* 29(1): 39-63.

Curtis, B. Krasner, H. and Iscoe, N., 1988. A Field Study of the Software Design Process for Large Systems. *Communications of the ACM* 31(11) : 1268-1287.

Davis, A., Overmyer, S., Jordan, K., Caruso, J., Dandashi, F., Dihn, A., Kincaid, G., Ledebor, G., Reynolds, P., Sitaram, P., Ta, A. and Theofanos, M., 1993. Identifying and Measuring Quality in a Software Requirements Specification. *1st International Symposium on Software Metrics* pp. 141-152.

Dvir, D., Lipovetsky, S., Shenar, A., Tisher, A., 1998. In Search of Project Classification: A Non-Universal Approach to Project Success Factors. *Research Policy* 27 9, 915–935.

Ferguson, E. S., 1992. *Engineering and the Minds Eye*. MIT Press, Cambridge. MA.

Finkelstein, L., 1982. Theory and Philosophy of Measurement. *Handbook of Measurement Science*, Volume 1: Theoretical Fundamentals, P. H. Sydenham (ed.), Wiley.

- Ford, D. N., & Sterman, D. J., 1998. Dynamic Modeling of Product Development Processes. *System Dynamics Review* 14(1), 31-68.
- Ford, D., Hou, A. and Seville, D., 1993. An Exploration of Systems Product Development at Gadget Inc. Technical Report D-4460, System Dynamics Group, Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology. Cambridge, MA.
- Galiers, R. D. (ed), 1984. Information Systems Research : Issues, Methods and Practical Guidelines. *Information Systems Series*. Alfred Waller Ltd Henley-on-Thames.
- Gibbs, W. W., 1994. Software's Chronic Crisis. *Scientific American* 9, 72-81.
- Gordon, J. and Tulip, A., 1997. Resource Scheduling. *International Journal of Project Management* 15(6): 359-370.
- Grieve, A., Ball, D. F., 1992. The Role of Process Plant Contractors in Transferring Technology. *R&D Management* 22 2, 183-192.
- Haddad, C. J., 1996. Operationalising the Concept of Concurrent Engineering: A Case Study from the US Auto Industry. *IEEE Transactions on Engineering Management* 43 (2) 124-132.
- Hansen, R. W., 1997. Reducing Delivery Times in Engineer-to-Order Firms by Using the Concepts of Concurrent Engineering, Proceedings of the Fourth International Conference on Concurrent Enterprising (ICE '97). *The University of Nottingham*, October, 1997, pp. 495-508.
- Haque, B., Pawar, S. K. and Barson, J. R., 2000. Analysing Organisational Issues in Concurrent new Product Development. *International Journal of Production Economics* 67 (2000) 169-182.
- Hauptman, O. and K.K. Hirji, 1996. The Influence of Process Concurrency on Project Outcomes in Product Development: An Empirical Study of Cross-Functional Teams. *IEEE Transactions on Engineering Management* 43(2) 153-178.
- Heizer, J. and Render, B., 2001. Operation Management, 6th edition, pp. 833-843.
- Hobday, M., 1998. Product Complexity, Innovation and Industrial Organisation. *Research Policy* 26, 689-710.

Homer, J., Sterman J., Greenwood, B. and Perkola, M., 1993. Delivery Time Reduction in Pulp and Paper Mill Construction Projects: A Dynamic Analysis of Alternatives. Proceedings of the 1993 International System Dynamics Conference, Cancun, Mexico, Monterrey Institute of Technology.

Knight, P. G., 1979. Organisations: An Information System Perspective. Wadsworth, Belmont, CA.

Krishnan, V., 1996. Managing the Simultaneous Execution of Coupled Phases in Concurrent Product Development. *IEEE Transactions on Engineering Management* 43(2)210-217.

Loucopoulos, P. and Karakostas, V., 1995. System Requirements Engineering. McGraw-Hill.

Love, P. E. D., Holt, G. D., Shen, L. Y., Li, H. and Irani, Z., 2002. Using System Dynamics to Better Understand Change and Rework in Construction Project Management Systems. *International Journal of Project Management* 20 (2002) 425-436.

Macaulay, L. A., 1996. Requirements Engineering Applied Computing. Springer.

Matthews, M., 1994. Resource Scheduling: Incorporating Capacity into Schedule Construction. *Project Management Journal* 25(2): 44-54.

Moore, C. 1994. Electronic Product Definition, the Rolls Royce Vision. *Internal Document Rolls Royce*.

Moore, C., 1995. Personal communication.

Morris, P. W. G., 1990. The Strategic Management of Projects. *Technology in Society* 12, 197–215.

Nelson, R. R., Winter, S. G., 1982. An Evolutionary Theory of Economic Change. *The Belknap Press of Harvard University Press*, Cambridge, MA.

Newman, M. and Robey, D., 1992. A Social Process Model of User-Analyst Relationships. *MIS Quarterly*, June pp. 249-266.

Nightingale, P., 1998. A Cognitive Model of Innovation. *Research Policy*, 689–709.

Nightingale, P., 2000. The Product-Process-Organisation Relationship in Complex Development Projects. *Research Policy* 29 (2000) 913-930.

- Nkasu MM. COMSARS, 1994. A Computer-Sequencing Approach to Multiresource-Constrained Scheduling, Part 1: Deterministic networks. *International Journal of Project Management* 12(3): 183-92.
- Powel, A., Mander, K. and Brown, D., 1999. Strategies for Lifecycle Concurrency and Iteration – A System Dynamics Approach. *The Journal of Systems and Software* 46 (1999) 151-161.
- Prencipe, A., 2000. Divide and Rule: Firm Boundaries in The Aircraft Engine Industry. Unpublished PhD thesis, SPRU, University of Sussex.
- Reichelt, K. and Lyneis, J., 1999. The Dynamics of Project Performance: Benchmarking the Drivers of Cost and Schedule Overrun. *European Management Journal*, Vol. 17, No. 2, pp. 135-150.
- Repenning, N. P., 2001. Understanding Fire Fighting in new Product Development. *The Journal of Product Innovation Management* 18 (2001)285-300.
- Rogers, E. B., 1974. A Simple Model of R&D Project Dynamics. *Productivity Press*, pp. 293-314, Cambridge, MA.
- Rothwell, R., 1993. Towards the Fifth Generation Innovation Process. *SPRU Working Paper*.
- Rothwell, R., Freeman, C., Horley, A., Jervis, V. I. P., Robertson, Z. B., Townsend, J., 1974. SAPPHO Updated, Project SAPPHO Phase II. *Research Policy* 3, 258–291.
- Ruffles, P., 1993. RB211 and Trent: Basing New Technology on Established Experience. *Rolls Royce Magazine* 8, 22–27.
- Sharifi, S. and Pawar, S. K., 1996. Product Design as a Means of Integrating Differentiation. *Technovation* 16 (5) (1996) 255-264.
- Smith, R. P. and S. D. Eppinger, 1997a. A Predictive Model of Sequential Iteration in Engineering Design. *Management Science* 43(8) 1104-1120.
- Smith, R. P. and S. D. Eppinger, 1997b. Identify Controlling Features of Engineering Design Iteration. *Management Science* 43(3) 276-293.
- Sterman, D. J., 2000. Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World. *The McGraw-Hill Companies, Inc.*, Chapter 9, pp. 323-347.

- Teece, D. J., Pisano, G., 1994. Dynamic Capabilities of Firms: An Introduction. *Industrial and Corporate Change* 3, 537–556.
- Terwiesch, C. CH Loch and A. DeMeyer, 1998. A Framework for Exchanging Preliminary Information in Concurrent Development Processes. Working Paper 98/53/TM. INSEAD. Fontainebleau, France 1998.
- Vincenti, W. G., 1990. What Engineers Know and How They Know It. *Johns Hopkins Univ. Press*, Baltimore, MD.
- Walker, W., Graham, M., Harbor, B., 1988. From Components to Integrated Systems: Technological Diversity and Integration Between the Military and Civilian Sectors. In: Gummett, P., Reppy, J. Eds, *The Relations Between Defence and Civilian Technologies*. *Kluwer Academic Publishing*, London.
- Wetherbe, J. C., 1995. Principles of Cycle Time Reduction: You Can Have Your Cake and Eat It Too. *Cycle Time Research* Vol. 1, No. 1, pp. 1-24. FedEx Center for Cycle Time Research, Memphis TN.
- Wheelwright, S. C. and Clark, B. K., 1992. Revolutionising Product Development, Quantum Leaps in Speed, Efficiency and Quality. *The Free Press*. New York.
- Wheelwright, S., and Clark, B. K., 1993. Revolutionising Product Development: Quantum Leaps in Speed, Efficiency and Quality. *Free Press*, New York.
- Wieringa, R. J., 1995. Requirements Engineering: Frameworks for Understanding. John Wiley.
- Williams, D. and Kennedy, M., 1997. A Viewpoints Conceptual Framework for Improving the Organisational Information Requirements: A System Dynamics Perspective. In Yaman Barlas, Vedat G. Dicker and Seekin Polat Eds. 15th International System Dynamics Conference, Istanbul, Turkey. *System Dynamics Society*, Vol. 2, pp:475-479.
- Williams, D. and Kennedy, M., 1999. A Framework for Improving the Requirements Engineering Process Effectiveness. *International Council on Systems Engineering Conference*. Brighton, UK, 5-11 June.
- Williams, T., Eden, C., Ackermann, F. and Tait, A., 1995. Vicious Circles of Parallelism. *International Journal of Project Management* Vol. 13, No. 3, pp. 151-155.
- Woodworth, B. M. and Shanahan, S., 1998. Identifying the Critical Sequence in a Resource-Constrained Project. *International Journal of Project Management* 6(2): 89-96.

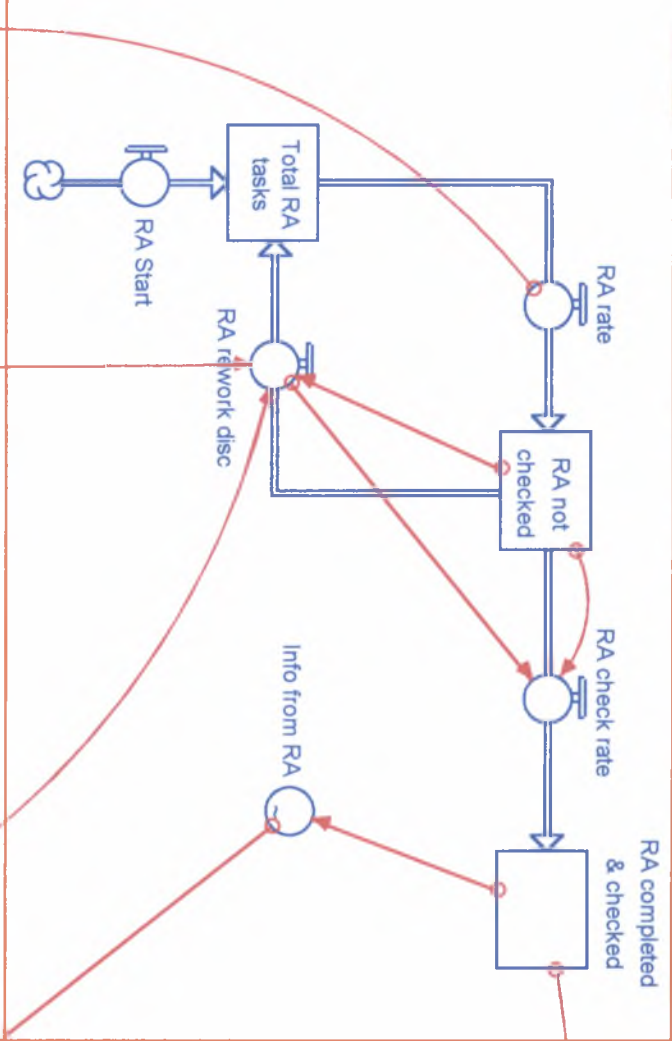
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Το μοντέλο προσομοίωσης

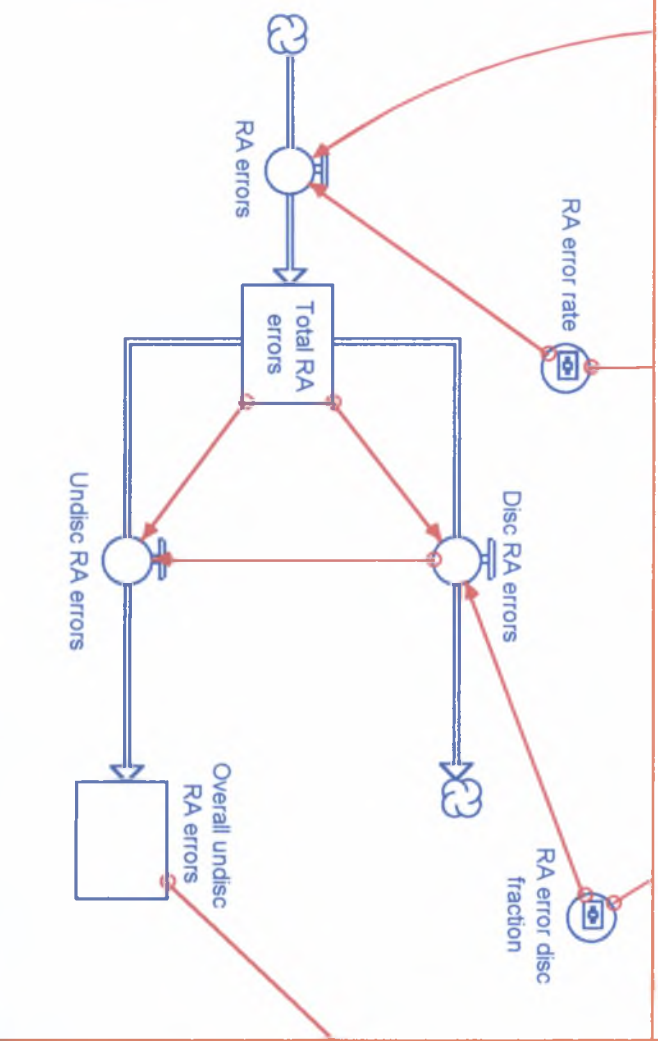
Στις σελίδες που ακολουθούν παρουσιάζεται το μοντέλο προσομοίωσης που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία. Για λόγους εύκολης κατανόησης και ανάγνωσης έχει κατανεμηθεί σε τρεις σελίδες.



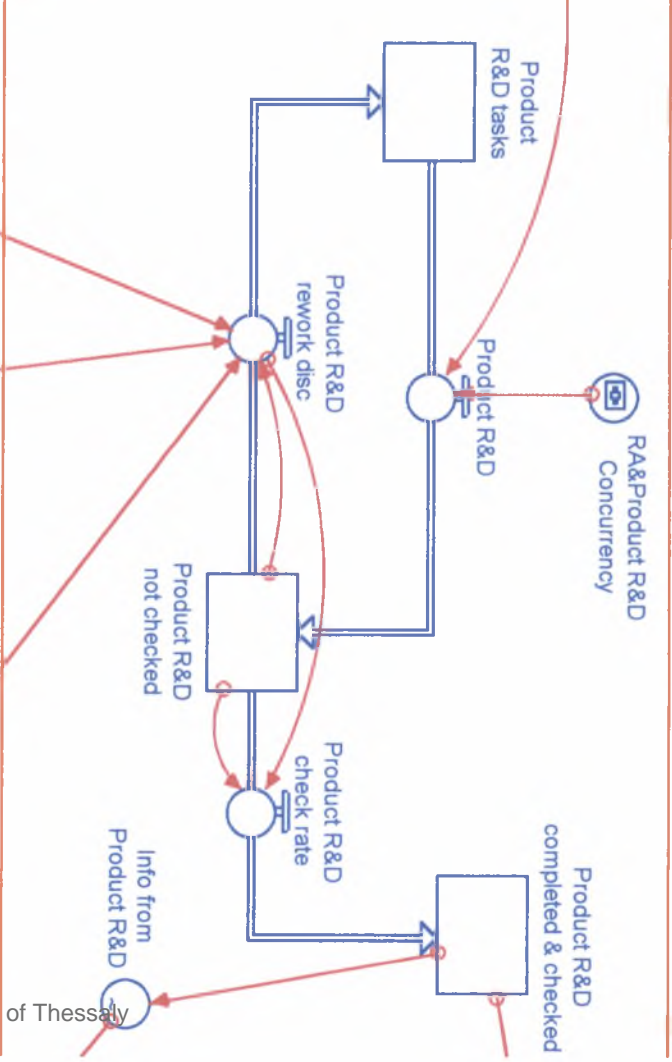
Requirement Analysis Phase



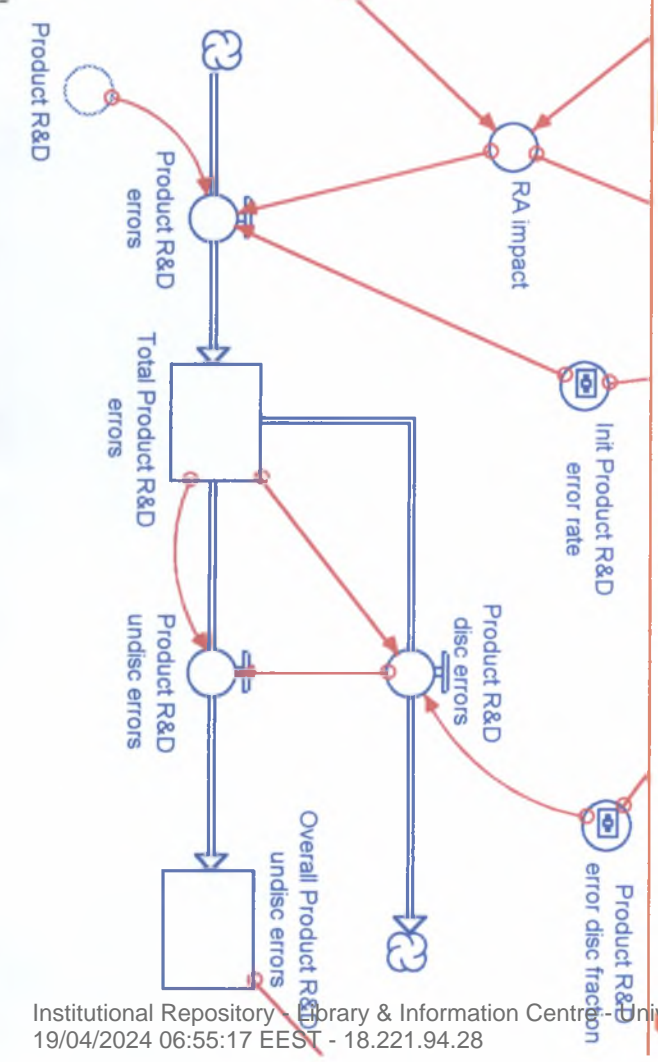
RA Quality



Product R&D

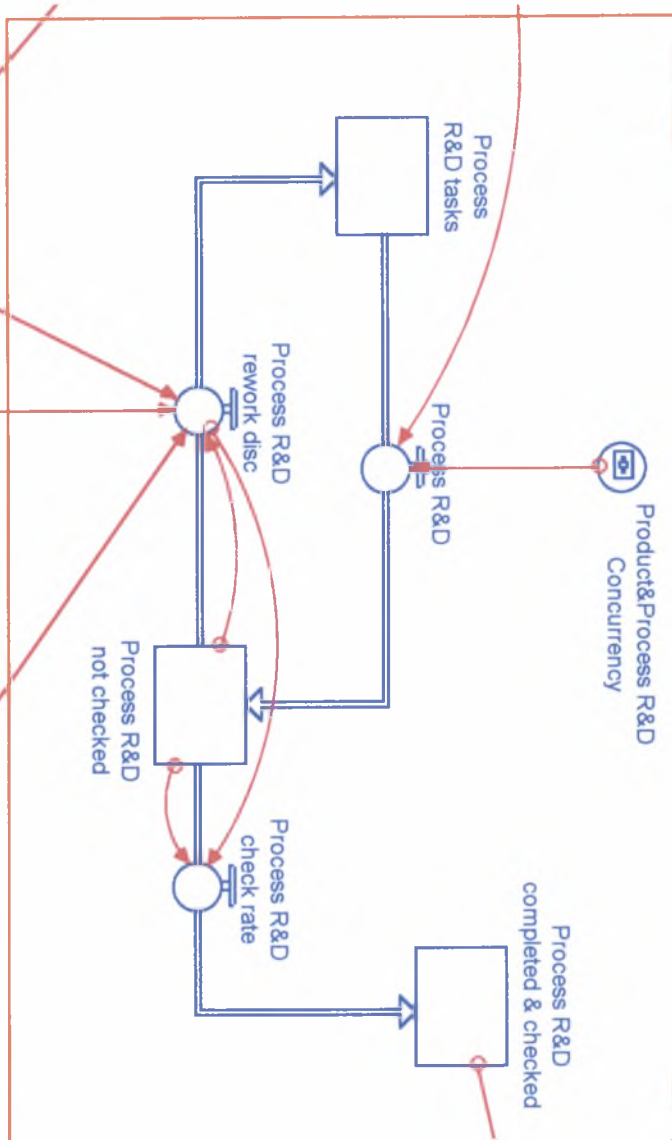


Product R&D Quality

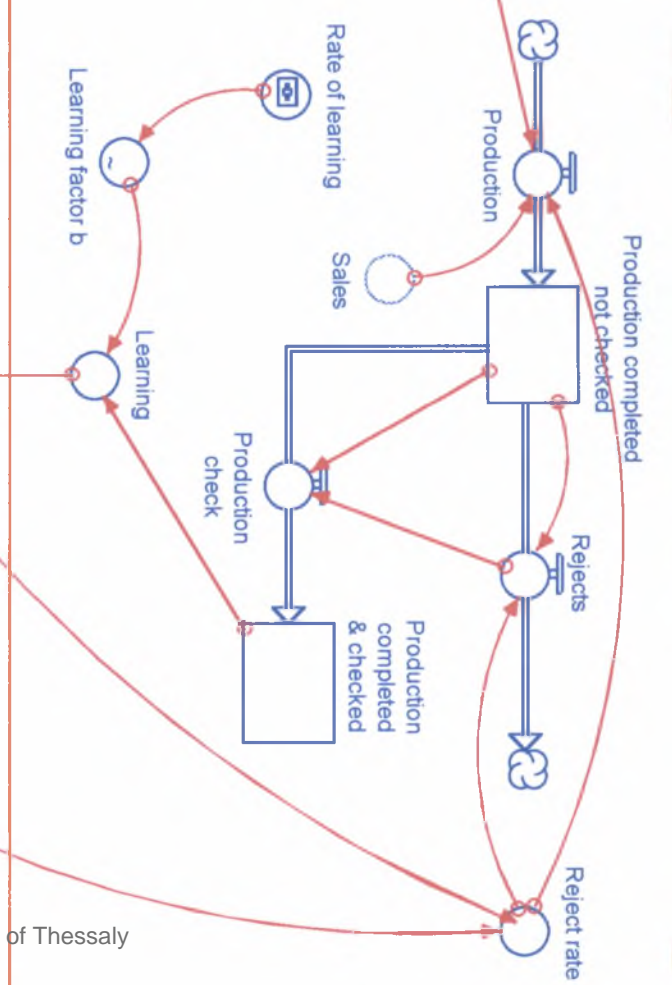




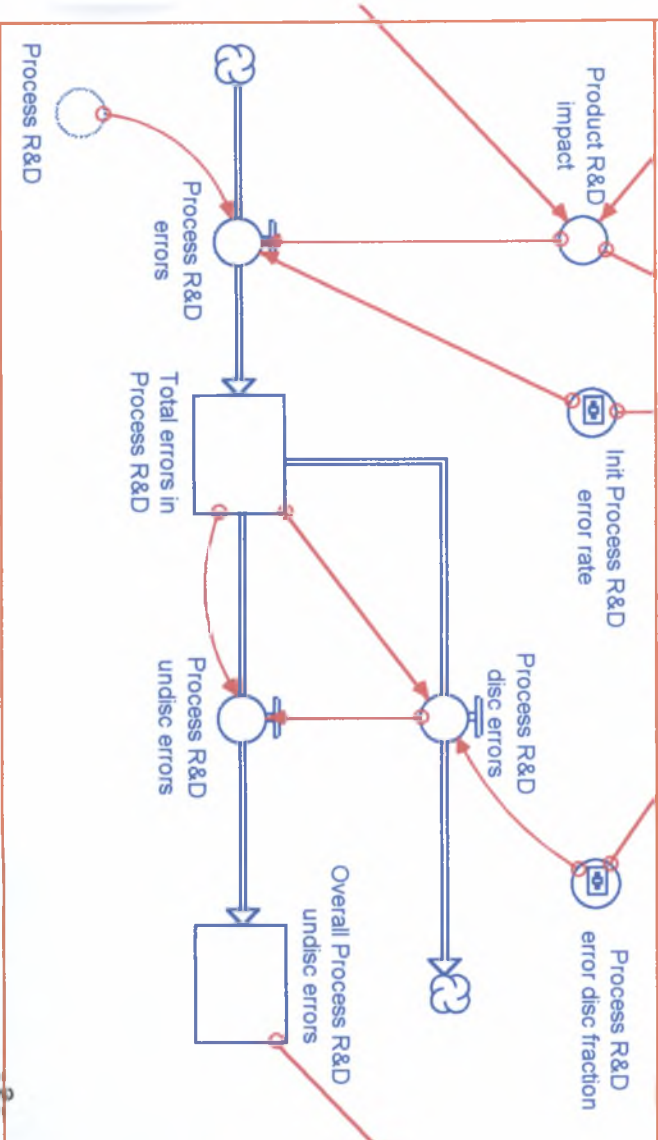
Process R&D



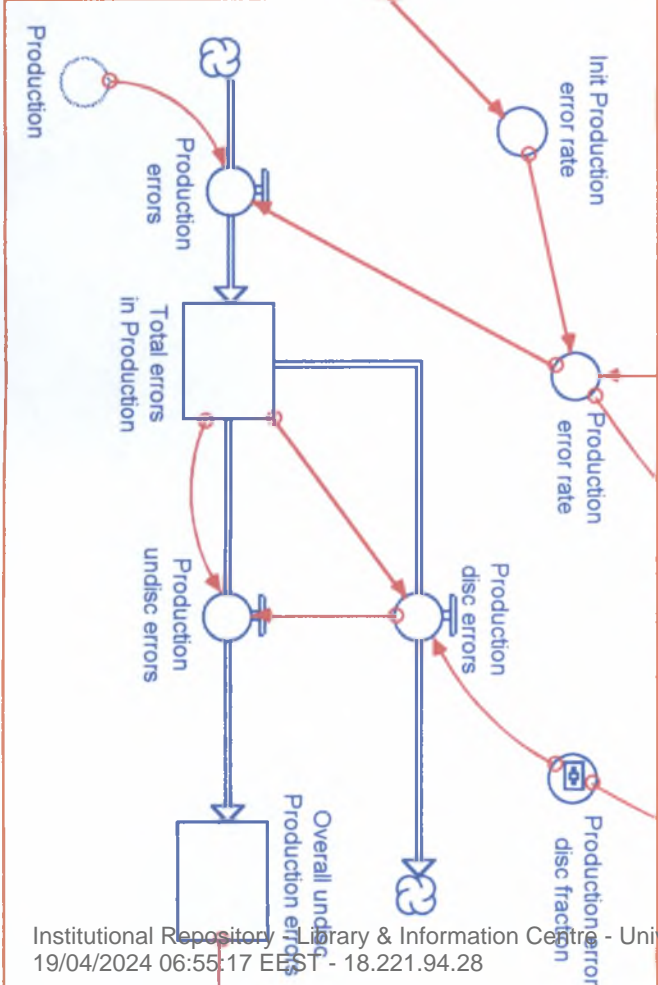
Production Phase



Process R&D Quality

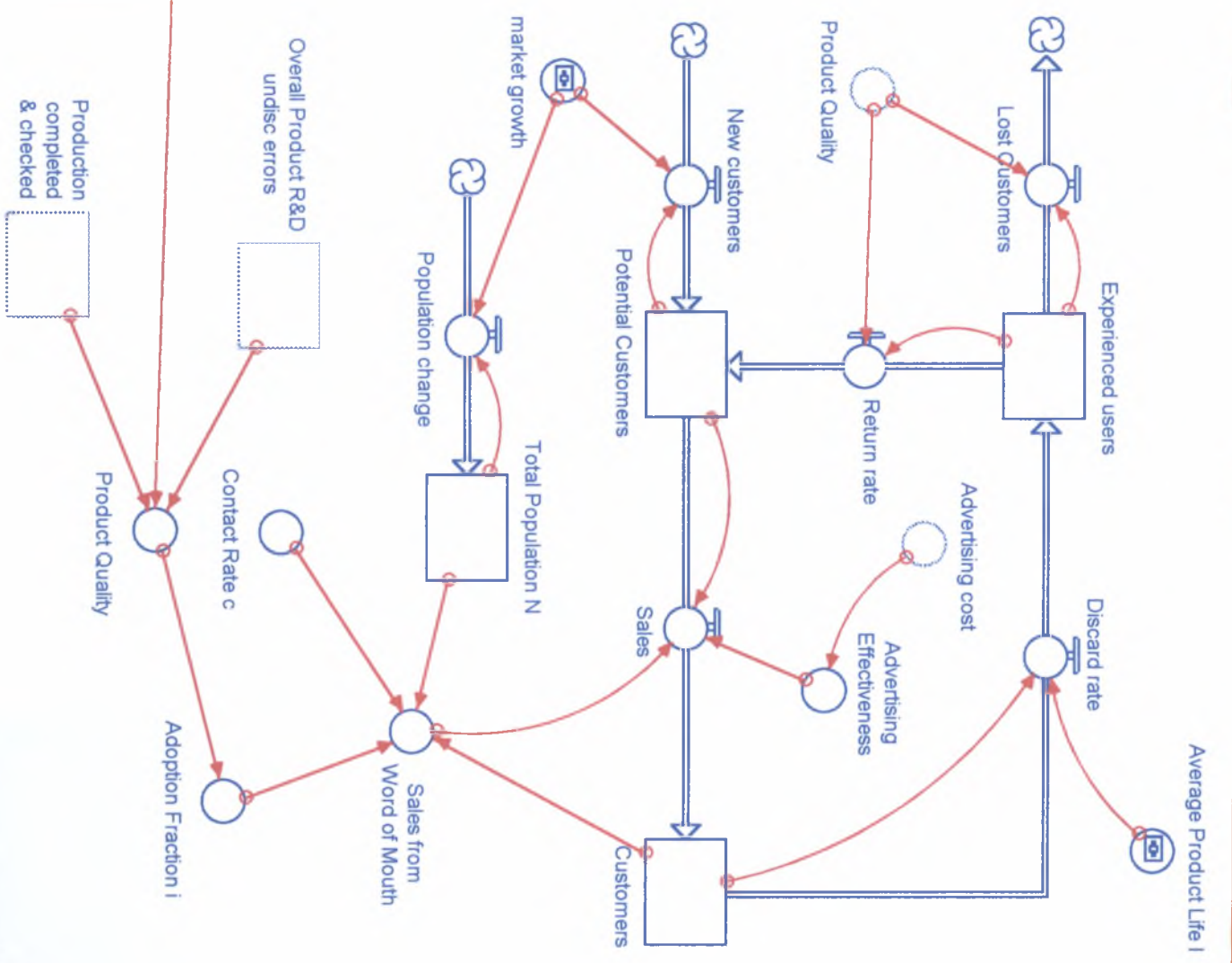


Production Quality

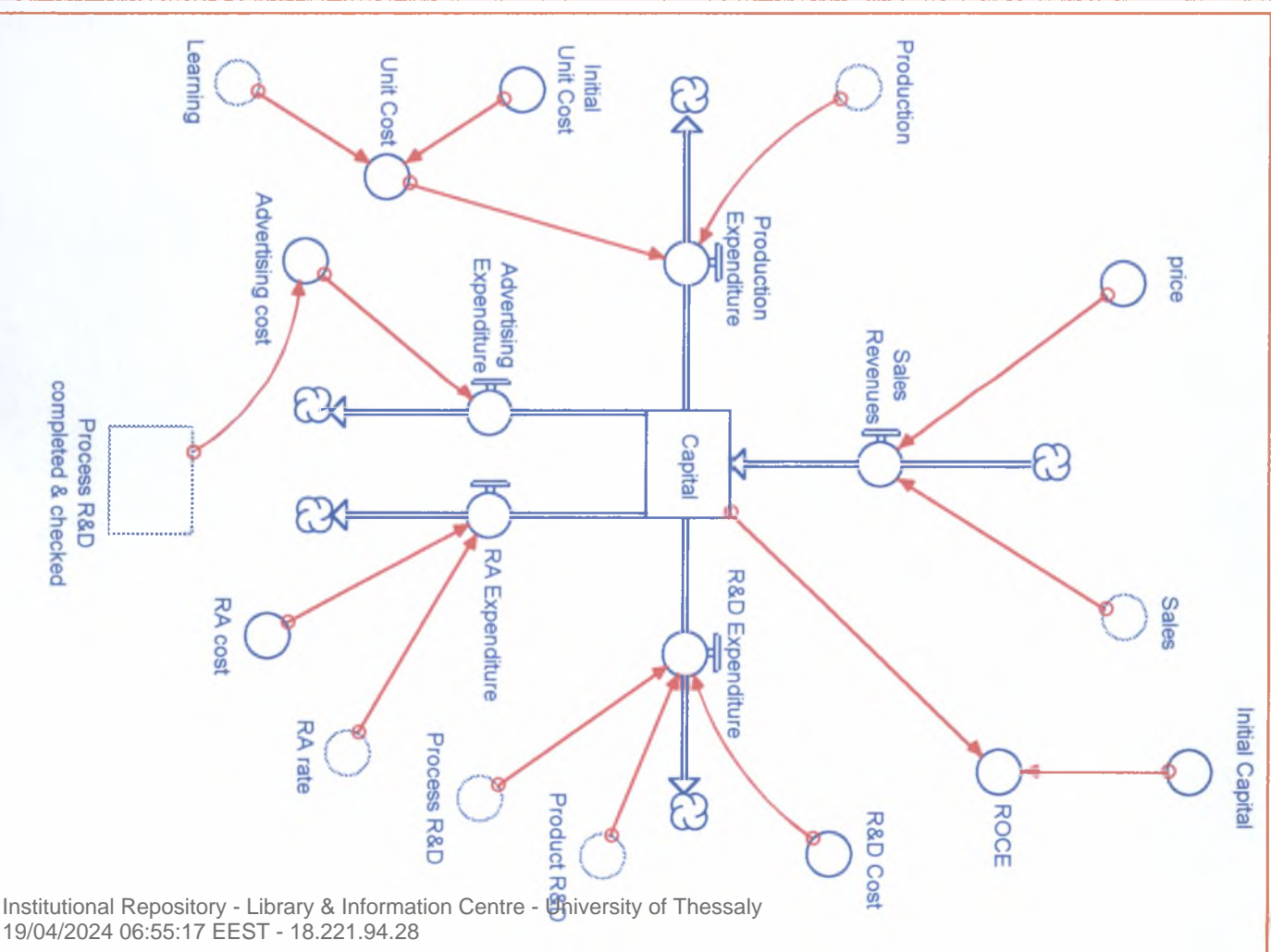




Market



Performance



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β**Αναλυτική περιγραφή των εξισώσεων του μοντέλου προσομοίωσης****Market**

$$\text{Customers}(t) = \text{Customers}(t - dt) + (\text{Sales} - \text{Discard_rate}) * dt$$

$$\text{INIT Customers} = 0$$

INFLOWS:**Sales**

$$\text{Potential_Customers} * (\text{Advertising_Effectiveness} + \text{Sales_from_Word_of_Mouth})$$

OUTFLOWS:

$$\text{Discard_rate} = \text{Customers} / \text{Average_Product_Life_I}$$

$$\text{Experienced_users}(t) = \text{Experienced_users}(t - dt) + (\text{Discard_rate} - \text{Return_rate} - \text{Lost_Customers}) * dt$$

$$\text{INIT Experienced_users} = 0$$

INFLOWS:

$$\text{Discard_rate} = \text{Customers} / \text{Average_Product_Life_I}$$

OUTFLOWS:

$$\text{Return_rate} = \text{Experienced_users} * \text{Product_Quality}$$

$$\text{Lost_Customers} = \text{Experienced_users} * (1 - \text{Product_Quality})$$

$$\text{Potential_Customers}(t) = \text{Potential_Customers}(t - dt) + (\text{New_customers} + \text{Return_rate} - \text{Sales}) * dt$$

$$\text{INIT Potential_Customers} = 1000000$$

INFLOWS:

$$\text{New_customers} = \text{Potential_Customers} * \text{market_growth} / 52$$

$$\text{Return_rate} = \text{Experienced_users} * \text{Product_Quality}$$

OUTFLOWS:**Sales**

$$\text{Potential_Customers} * (\text{Advertising_Effectiveness} + \text{Sales_from_Word_of_Mouth})$$

$$\text{Total_Population_N}(t) = \text{Total_Population_N}(t - dt) + (\text{Population_change}) * dt$$

$$\text{INIT Total_Population_N} = 1000000$$

INFLOWS:

$$\text{Population_change} = \text{Total_Population_N} * \text{market_growth} / 52$$

$$\text{Adoption_Fraction_i} = 0.02 * \text{Product_Quality} - 0.005$$

$$\text{Advertising_Effectiveness} = \text{Advertising_cost} * 0.008 / 20000$$

$$\text{Average_Product_Life_I} = 150$$

$$\text{Contact_Rate_c} = 3$$

$$\text{market_growth} = 0$$

$$\text{Product_Quality} = 1 -$$

$$((\text{Overall_undisc_Production_errors} / \text{Production_completed_ \& _checked}) + (\text{Overall_Product_R\&D_undisc_errors}) / 100)$$

$$\text{Sales_from_Word_of_Mouth} =$$

$$\text{Contact_Rate_c} * \text{Adoption_Fraction_i} * \text{Customers} / \text{Total_Population_N}$$

Performance

$$\text{Capital}(t) = \text{Capital}(t - dt) + (\text{Sales_Revenues} - \text{Production_Expenditure} - \text{R\&D_Expenditure} - \text{RA_Expenditure} - \text{Advertising_Expenditure}) * dt$$

$$\text{INIT Capital} = \text{Initial_Capital}$$

INFLOWS:

$$\text{Sales_Revenues} = \text{price} * \text{Sales}$$

OUTFLOWS:

$$\text{Production_Expenditure} = \text{Unit_Cost} * \text{Production}$$

$$\text{R\&D_Expenditure} = \text{R\&D_Cost} * (\text{Process_R\&D} + \text{Product_R\&D})$$

$$\text{RA_Expenditure} = \text{RA_cost} * \text{RA_rate}$$

$$\text{Advertising_Expenditure} = \text{Advertising_cost}$$

$$\text{Advertising_cost} = \text{ROUND}(\text{Process_R\&D_completed_ \& _checked} / 100 - 0.49) * 20000$$

$$\text{Initial_Capital} = 100000000$$

$$\text{Initial_Unit_Cost} = 100$$

$$\text{price} = 120$$

$$\text{R\&D_Cost} = 50000$$

$$\text{RA_cost} = 15000$$

$$\text{ROCE} = \text{Capital} / \text{Initial_Capital}$$

$$\text{Unit_Cost} = \text{Initial_Unit_Cost} * \text{Learning}$$

Process R&D

$$\text{Process_R\&D_completed_ \& _checked}(t) =$$

$$\text{Process_R\&D_completed_ \& _checked}(t - dt) + (\text{Process_R\&D_check_rate}) * dt$$

$$\text{INIT Process_R\&D_completed_ \& _checked} = 0$$

INFLOWS:

$$\text{Process_R\&D_check_rate} = \text{Process_R\&D_not_checked}$$

$$\text{Process_R\&D_rework_disc}$$

$$\text{Process_R\&D_not_checked}(t) = \text{Process_R\&D_not_checked}(t - dt) + (\text{Process_R\&D} - \text{Process_R\&D_rework_disc} - \text{Process_R\&D_check_rate}) * dt$$

$$\text{INIT Process_R\&D_not_checked} = 0$$

INFLOWS:

$$\text{Process_R\&D} = \text{IF}$$

$$\text{Product_R\&D_completed_ \& _checked} \geq \text{Product\&Process_R\&D_Concurrency}$$

$$\text{THEN 1 ELSE 0}$$

OUTFLOWS:

$$\text{Process_R\&D_rework_disc} =$$

$$\text{Process_R\&D_not_checked} * \text{Process_R\&D_error_disc_fraction} * (1 + \text{Product_R\&D_impact}) * \text{Init_Process_R\&D_error_rate}$$

$$\text{Process_R\&D_check_rate} = \text{Process_R\&D_not_checked}$$

$$\text{Process_R\&D_rework_disc}$$

$$\text{Process_R\&D_tasks}(t) = \text{Process_R\&D_tasks}(t - dt) + (\text{Process_R\&D_rework_disc} - \text{Process_R\&D}) * dt$$

$$\text{INIT Process_R\&D_tasks} = 100$$

INFLOWS:

Process_R&D_rework_disc =
Process_R&D_not_checked*Process_R&D_error_disc_fraction*(1+Product_R&D_impact)*Init_Process_R&D_error_rate

OUTFLOWS:

Process_R&D = **IF**
Product_R&D_completed_&_checked>=Product&Process_R&D_Concurrency
THEN 1 ELSE 0
Product&Process_R&D_Concurrency = 70

Process R&D Quality

Overall_Process_R&D_undisc_errors(t) =
Overall_Process_R&D_undisc_errors(t - dt) + (Process_R&D_undisc_errors) * dt
INIT Overall_Process_R&D_undisc_errors = 0

INFLOWS:

Process_R&D_undisc_errors = **Total_errors_in_Process_R&D-**
Process_R&D_disc_errors
Total_errors_in_Process_R&D(t) = Total_errors_in_Process_R&D(t - dt) +
(Process_R&D_errors - Process_R&D_disc_errors -
Process_R&D_undisc_errors) * dt
INIT Total_errors_in_Process_R&D = 0

INFLOWS:

Process_R&D_errors =
Process_R&D*(Product_R&D_impact+1)*Init_Process_R&D_error_rate
OUTFLOWS:
Process_R&D_disc_errors =
Total_errors_in_Process_R&D*Process_R&D_error_disc_fraction
Process_R&D_undisc_errors = **Total_errors_in_Process_R&D-**
Process_R&D_disc_errors
Init_Process_R&D_error_rate = 0.3
Process_R&D_error_disc_fraction = 0.8
Product_R&D_impact =
Overall_Product_R&D_undisc_errors/Info_from_Product_R&D

Product R&D

Product_R&D_completed_&_checked(t) =
Product_R&D_completed_&_checked(t - dt) + (Product_R&D_check_rate) * dt
INIT Product_R&D_completed_&_checked = 0

INFLOWS:

Product_R&D_check_rate = **Product_R&D_not_checked-**
Product_R&D_rework_disc
Product_R&D_not_checked(t) = Product_R&D_not_checked(t - dt) +
(Product_R&D - Product_R&D_rework_disc - Product_R&D_check_rate) * dt
INIT Product_R&D_not_checked = 0

INFLOWS:

Product_R&D = **IF**
RA_completed_&_checked >= **RA** & **Product_R&D_Concurrency** THEN 1 ELSE
 0

OUTFLOWS:

Product_R&D_rework_disc =
Product_R&D_not_checked * **Product_R&D_error_disc_fraction** * (1 + **RA_impact**
) * **Init_Product_R&D_error_rate**
Product_R&D_check_rate = **Product_R&D_not_checked** -
Product_R&D_rework_disc
Product_R&D_tasks(t) = **Product_R&D_tasks(t - dt)** +
 (**Product_R&D_rework_disc** - **Product_R&D**) * **dt**
INIT Product_R&D_tasks = 100

INFLOWS:

Product_R&D_rework_disc =
Product_R&D_not_checked * **Product_R&D_error_disc_fraction** * (1 + **RA_impact**
) * **Init_Product_R&D_error_rate**

OUTFLOWS:

Product_R&D = **IF**
RA_completed_&_checked >= **RA** & **Product_R&D_Concurrency** THEN 1 ELSE
 0
RA & **Product_R&D_Concurrency** = 60
Info_from_Product_R&D = **GRAPH(Product_R&D_completed_&_checked)**
 (0.00, 5.00), (10.0, 34.5), (20.0, 52.5), (30.0, 65.5), (40.0, 75.0), (50.0, 82.5), (60.0,
 87.5), (70.0, 93.0), (80.0, 97.0), (90.0, 99.0), (100, 100)

Product R&D Quality

Overall_Product_R&D_undisc_errors(t) =
Overall_Product_R&D_undisc_errors(t - dt) + (**Product_R&D_undisc_errors**) *
dt
INIT Overall_Product_R&D_undisc_errors = 0

INFLOWS:

Product_R&D_undisc_errors = **Total_Product_R&D_errors** -
Product_R&D_disc_errors
Total_Product_R&D_errors(t) = **Total_Product_R&D_errors(t - dt)** +
 (**Product_R&D_errors** - **Product_R&D_disc_errors** -
Product_R&D_undisc_errors) * **dt**
INIT Total_Product_R&D_errors = 0

INFLOWS:

Product_R&D_errors =
Product_R&D * (**RA_impact** + 1) * **Init_Product_R&D_error_rate**

OUTFLOWS:

Product_R&D_disc_errors =
Total_Product_R&D_errors * **Product_R&D_error_disc_fraction**
Product_R&D_undisc_errors = **Total_Product_R&D_errors** -
Product_R&D_disc_errors
Init_Product_R&D_error_rate = 0.3

Product_R&D_error_disc_fraction = 0.7
RA_impact = Overall_undisc_RA_errors/Info_from_RA

Production Phase

Production_completed_&_checked(t) = Production_completed_&_checked(t - dt) + (Production_check) * dt

INIT Production_completed_&_checked = 1

INFLOWS:

Production_check = Production_completed_not_checked-Rejects

Production_completed_not_checked(t) = Production_completed_not_checked(t - dt) + (Production - Rejects - Production_check) * dt

INIT Production_completed_not_checked = 0

INFLOWS:

Production = IF ROUND(Process_R&D_completed_&_checked)=100 THEN Sales*(1+Reject_rate) ELSE 0

OUTFLOWS:

Rejects = Production_completed_not_checked*Reject_rate

Production_check = Production_completed_not_checked-Rejects

Learning = IF Production_completed_&_checked= 0 THEN 0 ELSE Production_completed_&_checked^(-Learning_factor_b)

Rate_of_learning = 0

Reject_rate = Production_error_disc_fraction*Production_error_rate

Learning_factor_b = GRAPH(Rate_of_learning)

(0.00, 0.00), (1.00, 0.0145), (2.00, 0.0291), (3.00, 0.0439), (4.00, 0.0589), (5.00, 0.074), (6.00, 0.0893), (7.00, 0.105), (8.00, 0.12), (9.00, 0.136), (10.0, 0.152)

Production Quality

Overall_undisc_Production_errors(t) = Overall_undisc_Production_errors(t - dt) + (Production_undisc_errors) * dt

INIT Overall_undisc_Production_errors = 0

INFLOWS:

Production_undisc_errors = Total_errors_in_Production-Production_disc_errors

Total_errors_in_Production(t) = Total_errors_in_Production(t - dt) + (Production_errors - Production_disc_errors - Production_undisc_errors) * dt

INIT Total_errors_in_Production = 0

INFLOWS:

Production_errors = Production*Production_error_rate

OUTFLOWS:

Production_disc_errors = Total_errors_in_Production*Production_error_disc_fraction

Production_undisc_errors = Total_errors_in_Production-Production_disc_errors

Init_Production_error_rate = Overall_Proccss_R&D_undisc_errors/100

Production_error_disc_fraction = 0.9

Production_error_rate = Init_Production_error_rate*Learning

RA Quality

$$\text{Overall_undisc_RA_errors}(t) = \text{Overall_undisc_RA_errors}(t - dt) + (\text{Undisc_RA_errors}) * dt$$

$$\text{INIT Overall_undisc_RA_errors} = 0$$
INFLOWS:

$$\text{Undisc_RA_errors} = \text{Total_RA_errors} - \text{Disc_RA_errors}$$

$$\text{Total_RA_errors}(t) = \text{Total_RA_errors}(t - dt) + (\text{RA_errors} - \text{Disc_RA_errors} - \text{Undisc_RA_errors}) * dt$$

$$\text{INIT Total_RA_errors} = 0$$
INFLOWS:

$$\text{RA_errors} = \text{RA_rate} * \text{RA_error_rate}$$
OUTFLOWS:

$$\text{Disc_RA_errors} = \text{Total_RA_errors} * \text{RA_error_disc_fraction}$$

$$\text{Undisc_RA_errors} = \text{Total_RA_errors} - \text{Disc_RA_errors}$$

$$\text{RA_error_disc_fraction} = 0.6$$

$$\text{RA_error_rate} = 0.4$$
Requirement Analysis Phase

$$\text{RA_completed_ \& _checked}(t) = \text{RA_completed_ \& _checked}(t - dt) + (\text{RA_check_rate}) * dt$$

$$\text{INIT RA_completed_ \& _checked} = 0$$
INFLOWS:

$$\text{RA_check_rate} = \text{RA_not_checked} - \text{RA_rework_disc}$$

$$\text{RA_not_checked}(t) = \text{RA_not_checked}(t - dt) + (\text{RA_rate} - \text{RA_rework_disc} - \text{RA_check_rate}) * dt$$

$$\text{INIT RA_not_checked} = 0$$
INFLOWS:

$$\text{RA_rate} = 1$$
OUTFLOWS:

$$\text{RA_rework_disc} = \text{RA_not_checked} * \text{RA_error_disc_fraction} * \text{RA_error_rate}$$

$$\text{RA_check_rate} = \text{RA_not_checked} - \text{RA_rework_disc}$$

$$\text{Total_RA_tasks}(t) = \text{Total_RA_tasks}(t - dt) + (\text{RA_Start} + \text{RA_rework_disc} - \text{RA_rate}) * dt$$

$$\text{INIT Total_RA_tasks} = 0$$
INFLOWS:

$$\text{RA_Start} = \text{IF TIME}=1 \text{ THEN } 100 \text{ ELSE } 0$$

$$\text{RA_rework_disc} = \text{RA_not_checked} * \text{RA_error_disc_fraction} * \text{RA_error_rate}$$
OUTFLOWS:

$$\text{RA_rate} = 1$$

$$\text{Info_from_RA} = \text{GRAPH}(\text{RA_completed_ \& _checked})$$

$$(0.00, 4.00), (10.0, 29.0), (20.0, 45.5), (30.0, 60.5), (40.0, 72.5), (50.0, 80.5), (60.0, 87.0), (70.0, 93.0), (80.0, 95.5), (90.0, 98.0), (100, 100)$$