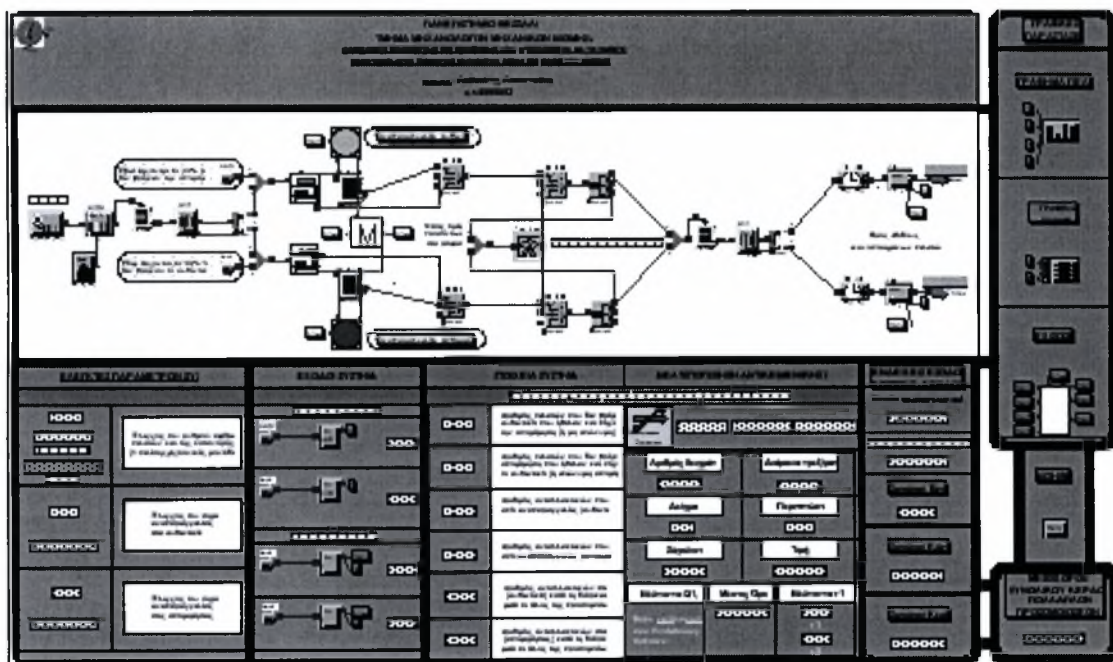


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

Διαχείριση Εργασιών και Αποθεμάτων με
Προσομοίωση Διακριτού Γεγονότος



Διπλωματική Εργασία: Αρβανίτης Κ. Απόστολος

Επιβλέποντες: Δρ. Σταμπούλης Γεώργιος
Επιτροπή: Δρ. Λυμπερόπουλος Γεώργιος, Δρ. Μπακούρος Ι.

Βόλος, Φεβρουάριος 2003



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

Αριθ. Εισ.: 892/1
Ημερ. Εισ.: 19-02-2004
Δωρεά: _____
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ ΜΜΒ
2003
ΑΡΒ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000070534

Στους γονείς μου
και στην Ελίνα

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Πριν περάσω στην παρουσίαση της διπλωματικής μου εργασίας, νοιώθω την ανάγκη να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όλους εκείνους τους ανθρώπους που με στήριξαν, με βοήθησαν και μου συμπαραστάθηκαν όλα αυτά τα χρόνια που φοιτώ στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Θα ήθελα, καταρχάς, να ευχαριστήσω τους δύο επιβλέποντες καθηγητές της εργασίας μου, τον δρ. Γεώργιο Σταμπουλή και τον επίκουρο καθηγητή Γεώργιο Λυμπερόπουλο για την αμέριστη βοήθεια και συμπαράσταση που μου έδωσαν για να γίνει εφικτή η ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, τόσο στο γνωστικό όσο και στο ανθρώπινο επίπεδο.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επίκουρο καθηγητή Ιωάννη Μπακούρο για την συμμετοχή του στην τριμελή εξεταστική επιτροπή και για τις σημαντικές γνώσεις που αποκόμισα από τα μαθήματά του όλα αυτά τα χρόνια, καθώς και τον επίκουρο καθηγητή του Τμήματος Μηχανολόγων και Αεροναυπηγών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πατρών Εμμανουήλ Αδαμίδα για τη σημαντική βοήθεια που μου προσέφερε.

Ευχαριστώ και τον κ. Γκουντόπουλο Δ., πρόεδρο του Εμπορικού Επιμελητηρίου Λάρισας, για τα στοιχεία που μας έδωσε και για τη συνεργασία του.

Ευχαριστώ και όλους τους φίλους μου στο Εργαστήριο Οργάνωσης και Διοίκησης της Παραγωγής και ειδικά τους Δημήτρη Παππά και Σιδηρόπουλο Μιχάλη για τη συμπαράσταση στις δύσκολες στιγμές και για τις εποικοδομητικές ώρες που περάσαμε μαζί, όπως και τους Πουλιανίτη Κων/νο, Χουλιάρα Αριστοτέλη, Ζήκο Γεώργιο και Κακαράντζα Σωτήρη για τη φιλία και βοήθεια που μου προσέφεραν.

Μέσα από την ψυχή μου θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου για όλα αυτά τα χρόνια ηθικής και οικονομικής συμπαράστασης και για την αγάπη που μου έδειξαν και μου δείχνουν. Τους χρωστώ πραγματικά τα πάντα!

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ στην αρραβωνιαστικά και μέλλουσα σύζυγό μου Ελίνα για όλα όσα έχει κάνει για μένα, για την αγάπη, την κατανόηση και την αφοσίωση που μου δείχνει, καθώς και για την καθοριστικής σημασίας βοήθειά της σε ότι αφορά την έγκαιρη διεκπεραίωση αυτής της διπλωματικής εργασίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή.....	1
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο – ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....</u>	<u>3</u>
1.1 Μοντέλα ουρών.....	3
1.1.1 Χαρακτηριστικά των Συστημάτων ουρών.....	4
1.1.2 Περιοχές εφαρμογών των συστημάτων ουρών.....	5
1.1.3 Αρχές της θεωρίας ουρών.....	7
1.1.4 Υποδιεργασίες.....	10
1.1.5 Συστατικά ενός συστήματος ουρών.....	13
1.1.6 Αναπαράσταση συστημάτων ουρών.....	14
1.2 Θεωρία αποθεμάτων.....	15
1.2.1 Μοντέλα αποθεμάτων.....	19
1.3 Μοντέλα διαχείρισης αποθηκευτικών χώρων.....	23
1.3.1 Σχετική Βιβλιογραφία.....	23
1.4 Ανάλυση Ευαισθησίας.....	25
1.4.1 Η σπουδαιότητα της ανάλυσης ευαισθησίας.....	26
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο – ΔΙΑΤΥΠΩΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ & ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ</u>	<u></u>
<u>EXTEND5.....</u>	<u>28</u>
2.1 Η επιχείρηση και το πρόβλημά της.....	28
2.2 Το περιβάλλον προσομοίωσης του Extend5.....	30
2.2.1 Ανάλυση δεδομένων και Βελτιστοποίηση.....	33
2.2.2 Κινητική Αναπαράσταση και Ιεραρχική Μοντελοποίηση.....	34
2.2.3 Αρχιτεκτονική Διακριτού Γεγονότος.....	37

<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο – ΑΝΑΠΤΥΞΗ & ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ.....</u>	39
3.1 Πρόχειρο Μοντέλο – Διάγραμμα Ροής.....	39
3.2 Περιγραφή πλήρους μοντέλου.....	40
3.2.1 Δομή του πλήρους μοντέλου.....	41
3.3 Κυρίως μοντέλο.....	41
3.3.1 Έλεγχος αποθεμάτων.....	42
3.3.2 Επιλογές των πελατών.....	43
3.3.3 Διαδικασία Αναπαραγγελίας.....	45
3.3.4 Ικανοποίηση παραγγελίας πελατών.....	47
3.4 Επιφάνεια χειρισμού και εξαγωγής αποτελεσμάτων.....	50
3.4.1 Επιφάνεια «Ελεγκτές Παραμέτρων Συστήματος».....	50
3.4.2 Επιφάνεια «Έξοδοι Συστήματος».....	51
3.4.3 Επιφάνεια «Στοιχεία Συστήματος».....	52
3.4.4 Επιφάνεια «Βελτιστοποίηση Αντικειμενικής Συνάρτησης».....	53

<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο – ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗΣ.....</u>	56
4.1 Κατάστρωση της αντικειμενικής συνάρτησης.....	56
4.2 Εισαγωγή της αντικειμενικής συνάρτησης κόστους στο μοντέλο.....	58
4.3 Παράμετροι Βελτιστοποίησης.....	60

<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο – ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....</u>	65
5.1 Σενάρια που προσομοιώθηκαν.....	65
5.1.1 Σενάρια Αφίξεων.....	66
5.1.2 Υπάρχουσα πολιτική στην επιχείρηση.....	69
5.2 Αποτελέσματα Ανάλυσης Ευαισθησίας.....	70
5.3 Αποτελέσματα κίνησης πελατών – Εσόδων από πωλήσεις.....	72
5.3.1 Γραφήματα κίνησης πελατών - εσόδων από βελτιστοποίηση.....	72

5.3.2 Γραφήματα κίνησης πελατών - εσόδων υπάρχουσας πολιτικής... 77

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ & ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ... 83

6.1 Συμπεράσματα εργασίας..... 83

6.2 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα και ανάλυση..... 87

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ..... 89

Εισαγωγή

Ο σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να βελτιστοποιήσει τις διαδικασίες διαχείρισης εργασιών και αποθεμάτων μιας επιχείρησης μέσω προσομοίωσης διακριτού γεγονότος σε ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Η εφαρμογή της μεθόδου έγινε πάνω στην επιχείρηση εμπορίας ανταλλακτικών αυτοκινήτων του κ. Γκουντόπουλου, προέδρου του Εμπορικού Επιμελητηρίου στο νομό Λαρίσης. Όπως κάθε εμπορική επιχείρηση, πλην των πιο πρόσφατων δικτυακών (π.χ. η Amazon.com δεν έχει καθόλου αποθήκες), έχει το πρόβλημα της σωστής διαχείρισης των αποθεμάτων της ούτως ώστε να ελαχιστοποιήσει το κόστος λειτουργίας της. Ένα άλλο σημαντικό ζήτημα είναι αυτό των αναπαραγγελιών, καθώς και η εξυπηρέτηση των πελατών της. Όλα αυτά λαμβάνονται υπ' όψιν στο μοντέλο που πραγματεύεται η εν λόγω εργασία.

1. Μεθοδολογία προσέγγισης του προβλήματος

Για να εφαρμοστεί ο ανασχεδιασμός των επιχειρηματικών διαδικασιών χρειάζεται κάποια προεργασία για να πάρει το πρόβλημα την σωστή του διάσταση. Πιο συγκεκριμένα, λοιπόν, αρχικά πραγματοποιούνται επισκέψεις του μελετητή του προβλήματος στην επιχείρηση, έτσι ώστε με την συζήτηση με τους εργαζόμενους και τη διοίκηση να κατανοηθούν τα ζητήματα που θα τον απασχολήσουν.

Στη συνέχεια κατασκευάζονται διαγράμματα ροής των διαδικασιών που μελετούνται με αποτέλεσμα μία πιο σφαιρική εικόνα του προβλήματος. Στο σημείο αυτό ξεκινάει η μέτρηση των παραμέτρων της διαδικασίας, με την καταγραφή των χρόνων αφίξεων, των αναπαραγγελιών, του κόστους των προϊόντων και όλων αυτών των απαραίτητων στοιχείων που ενεργοποιούν την εν λόγω διαδικασία που μελετάται.

Μετά το τέλος της καταγραφής αυτής, αρχίζει η δημιουργία του μοντέλου που αναπαριστά όλα τα παραπάνω στον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Αυτό στην συγκεκριμένη περίπτωση έγινε με τη χρήση του λογισμικού πακέτου **Extend5**™ και του πρόσθετου module **Extend + BPR**™, το οποίο είναι ειδικό για προσομοίωση διακριτού γεγονότος, η οποία προσομοιώνει πιο αποτελεσματικά από άλλες στατικές

μεθόδους τις διεργασίες μιας επιχείρησης. Περνώντας στο πρόγραμμα τα στοιχεία που καταγράψαμε στην επιχείρηση, έχουμε ένα μοντέλο που αναπαριστά τις διαδικασίες όπως αυτές έχουν πραγματικά (“as-is” model).

Τέλος, ξεκινάει ο ανασχεδιασμός της διαδικασίας τροποποιώντας το μοντέλο που έχει κατασκευαστεί ώστε να μας δίνει τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα, ενώ παράλληλα εξετάζονται οι αλληλεπιδράσεις και οι επιπτώσεις των νέων διαδικασιών.

2. Παρουσίαση περιεχομένων της εργασίας

Στο 1^ο Κεφάλαιο γίνεται βιβλιογραφική ανασκόπηση της θεωρίας ουράς και αποθεμάτων, παρουσιάζεται δηλαδή το θεωρητικό υπόβαθρο της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Στο 2^ο Κεφάλαιο περιγράφεται η επιχείρηση και το πρόβλημά της και γίνεται αναφορά στο περιβάλλον εργασίας και στις δυνατότητες του λογισμικού με το οποίο θα γίνει η προσομοίωση, δηλαδή του **Extend5**.

Στο 3^ο Κεφάλαιο γίνεται η ανάπτυξη και η περιγραφή του μοντέλου που κατασκευάσαμε βήμα προς βήμα, καθώς και των στόχων που θελήσαμε να επιτύχουμε.

Στο 4^ο Κεφάλαιο περιγράφεται αναλυτικά η διαδικασία της βελτιστοποίησης της αντικειμενικής συνάρτησης, όπως αυτή γίνεται αυτόματα από το μοντέλο.

Στο 5^ο Κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της βελτιστοποίησης και όλα τα σενάρια που προσομοιώθηκαν, καθώς και τα αποτελέσματα της υπάρχουσας πολιτικής παραγγελιών της επιχείρησης.

Τέλος, στο 6^ο Κεφάλαιο παρατίθενται τα συμπεράσματα που απορρέουν από την παρούσα διπλωματική εργασία, καθώς και κάποιες προτάσεις για περαιτέρω μελέτη και ανάλυση του θέματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

1.1 Μοντέλα ουρών

Τα συστήματα ουρών (Queing models) ή μοντέλα διακριτού γεγονότος (Discrete Event models) έχουν μεγάλη παράδοση σε πολλές επιστήμες. Στη μηχανολογία, στη διαχείριση της ροής εργασιών και σε αρκετούς άλλους επιστημονικούς κλάδους, η μοντελοποίηση διακριτού γεγονότος είναι σχεδόν συνώνυμη με την προσομοίωση.

Από την οπτική γωνία της προσομοίωσης διακριτού γεγονότος, ένα μοντέλο είναι η αναπαράσταση ενός συστήματος «σε όρους των οντοτήτων του και των χαρακτηριστικών τους, των σχηματισμών, των γεγονότων, των δραστηριοτήτων και των χρόνων υστέρησης» (Kheirf, 1988,1998). Ενώ η έννοια ενός συστήματος ως «μία συλλογή οντοτήτων οι οποίες αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και με το χρόνο για την επίτευξη ενός συνόλου στόχων ή σκοπών» (Bunge, 1979) είναι αρκετά κοινή, ο ρόλος του γεγονότος ως «ένα στιγμιαίο περιστατικό στο χρόνο το οποίο μεταβάλλει την κατάσταση του συστήματος» δεν είναι ο ίδιος σε όλες τις προσεγγίσεις της προσομοίωσης. Τα μοντέλα διαφορικών εξισώσεων είναι μοντέλα συνεχούς χρόνου (Continuous Time models), ενώ τα δυναμικά συστήματα και τα μικροαναλυτικά μοντέλα προσομοίωσης προχωρούν με διακριτά και ισαπέχοντα χρονικά βήματα

1.1.1 Χαρακτηριστικά των συστημάτων ουρών

Σε ένα σύστημα ουράς, ο χρόνος δεν είναι ούτε συνεχής ούτε περνάει με ισαπέχοντα διακριτά βήματα, αλλά συνεχίζει από γεγονός σε γεγονός. Τα γεγονότα προγραμματίζονται με κάποια διάταξη, π.χ. μια λίστα με όλα τα μελλοντικά γεγονότα που μπορούν να προκαθοριστούν για μια δοσμένη χρονική περίοδο. Τα περασμένα γεγονότα αφαιρούνται από την λίστα αυτή και τα ίδια τα γεγονότα που μένουν μπορούν να παράγουν άλλα, που εισέρχονται με τη σειρά τους στη διάταξη.

Σε όρους της μεταφοράς ουράς των μοντέλων διακριτού γεγονότος, υπάρχουν τουλάχιστον τρία διαφορετικά είδη αντικειμένων, ονόματι *θέσεις εξυπηρέτησης* (*servers*), *πελάτες* (*customers*) και *ουρές* (*queues*). Μιλώντας τεχνικά, υπάρχει ακόμα ένα αντικείμενο, η *διάταξη* (*agenda*), στην οποία αναφερθήκαμε παραπάνω.

Τα συστήματα ουρών είναι στοχαστικά. Αυτό σημαίνει ότι, π.χ. ο χρόνος μεταξύ των αφίξεων των πελατών όπως επίσης και ο χρόνος εξυπηρέτησης του πελάτη είναι τυχαίος, ακολουθώντας μία συγκεκριμένη τυχαία κατανομή. Επίσης τα μοντέλα διακριτού γεγονότος είναι δυναμικά, δηλαδή η κατάσταση των θέσεων εξυπηρέτησης, των πελατών και των ουρών εξαρτώνται από προηγούμενες καταστάσεις.

System	Servers	Customers
Bank	Tellers	Customers
Hospital	Doctors, nurses, beds	Patients
Computer System	CPU, I/O devices	Jobs
Manufacturing System	Machines, workers	Parts
Airport	Runways, gates, security check-in stations	Airplanes, travelers
Communications network	Nodes, links	Messages, packets

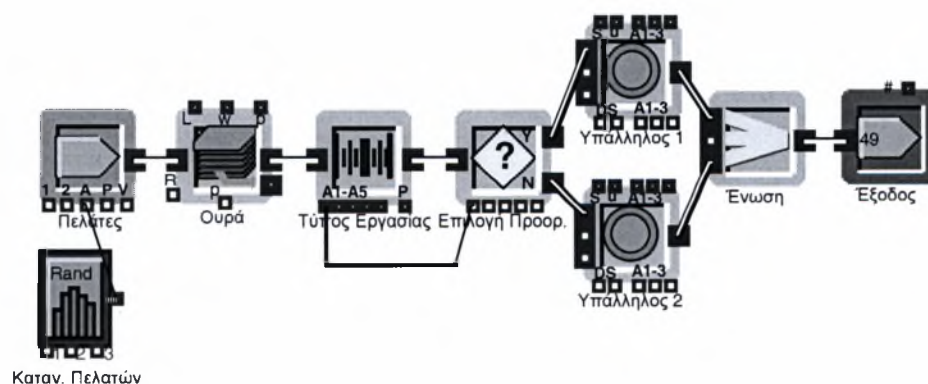
Πίνακας 1.1. Εφαρμογές συστημάτων ουρών
 (Πηγή: A quick Introduction to Queuing Theory,
www.cs.uml.edu/~giam/Mikkeli/IntroQueTheo.ppt)

1.1.2 Περιοχές εφαρμογών των συστημάτων ουρών

Ο Πίνακας 1.1 περιέχει μερικά παραδείγματα εφαρμογών των συστημάτων ουρών.

Ας αναλογιστούμε για παράδειγμα μία τράπεζα με κάποιον αριθμό υπαλλήλων στα ταμεία για την εξυπηρέτηση των πελατών. Σε κάποιες χρονικές στιγμές μπορεί να υπάρχουν στο χώρο του καταστήματος της τράπεζας περισσότεροι πελάτες από όσους μπορούν να εξυπηρετήσουν οι υπάλληλοι. Σε αυτή την περίπτωση, ένας νέος πελάτης, ο οποίος θα καταφθάσει κάποια απροσδόκητη στιγμή, θα περιμένει μπροστά στο ταμείο σχηματίζοντας μία ουρά, περιμένοντας να ελευθερωθεί η θέση στο ταμείο. Μετά από κάποιο (τυχαίο) χρονικό διάστημα θα εξυπηρετηθεί, πράγμα που απαιτεί επίσης κάποιο χρόνο που ούτε ο πελάτης ούτε ο υπάλληλος της τράπεζας γνωρίζουν προκαταβολικά.

Η ερώτηση εδώ είναι: «με δεδομένα κάποια στατιστικά στοιχεία για τις κατανομές των χρόνων αφίξεων των πελατών και των χρόνων εξυπηρέτησης, πόσοι υπάλληλοι της τράπεζας θα έπρεπε να είναι διαθέσιμοι για την ελαχιστοποίηση του μέσου χρόνου αναμονής των πελατών στην ουρά και επίσης του χρόνου που δεν απασχολούνται οι υπάλληλοι (νεκρός χρόνος)»; Στο Σχήμα 1.1 βλέπουμε ένα τέτοιο απλό μοντέλο ουράς με 2 υπαλλήλους, κατασκευασμένο στο Extend TM.



Σχήμα 1.1 Μοντέλο ουράς με 2 υπαλλήλους (Πηγή: Extend Tutorials)

Οι ίδιες σκέψεις ισχύουν και για τα άλλα παραδείγματα του Πίνακα 1.1: τα λογισμικά προγράμματα περιμένουν από τον επεξεργαστή να τα ελευθερώσει, οι εκτυπωτικές εργασίες περιμένουν από τον εκτυπωτή να τις ελευθερώσει, τα αεροσκάφη περιμένουν να ελευθερωθεί ο διάδρομος για να απογειωθούν ή να προσγειωθούν και σε όλες τις περιπτώσεις θέλουμε να προβλέψουμε πόσο χρόνο χρειάζεται, κατά μέσο όρο, ένα πρόγραμμα υπολογιστή, μία εκτυπωτική εργασία ή ένα αεροσκάφος να περιμένουν μέχρι να εξυπηρετηθούν, με δεδομένους μέσους χρόνους άφιξης και εξυπηρέτησης.

Παρόλη την απλότητα των παραπάνω παραδειγμάτων, μπορούμε να φανταστούμε και πιο σύνθετες καταστάσεις: ένας επιβάτης πρέπει πρώτα να μπει στην ουρά μπροστά στο γραφείο πληροφοριών για να μάθει που πρέπει να πάει να πάρει το εισιτήριό του (πράγμα το οποίο χρειάζεται κάποιο χρόνο, τη μέση τιμή του οποίου μπορεί να γνωρίζουμε από πριν), όπου πάλι θα μπει σε ουρά μαζί με έναν αριθμό άλλων επιβατών, των οποίων ο μέσος χρόνος αναμονής εξαρτάται από τον αριθμό των επιβατών που μπορεί να εξυπηρετήσει ανά ώρα το γραφείο πληροφοριών. Η απόκτηση του εισιτηρίου χρειάζεται επίσης κάποιο χρόνο που εξαρτάται από το αν ο επιβάτης έχει να δηλώσει αποσκευές. Αφού εξυπηρετηθούν, οι επιβάτες στέλνονται στην κατάλληλη πύλη όπου φτάνουν μετά από κάποιο χρονικό διάστημα και ούτω καθεξής.

Με δεδομένο ότι ξέρουμε κάποια στατιστικά χαρακτηριστικά για όλες τις διαδικασίες άφιξης και εξυπηρέτησης που αναφέρθηκαν παραπάνω, μπορούμε να καταρτίσουμε ένα πρόγραμμα ενδεχόμενων γεγονότων του τύπου «ο επιβάτης Α φτάνει στο τέλος της ουράς μπροστά από το γραφείο πληροφοριών» ή «το γραφείο πληροφοριών αρχίζει την εξυπηρέτηση του επιβάτη Γ» ή «ο επιβάτης Δ πήρε το εισιτήριό του». Με έναν μεγάλο αριθμό τέτοιων γεγονότων, μπορεί να κατασκευαστεί μία ρεαλιστική προσομοίωση μίας εργάσιμης ημέρας, π.χ. σε ένα αεροδρόμιο.

Ένα τέτοιο μοντέλο προχωράει από γεγονός σε γεγονός. Πιο συγκεκριμένα:

- Το γεγονός «ο πελάτης κατέφθασε» βάζει τον πελάτη αυτόν σε ουρά και την ίδια στιγμή προγραμματίζει το γεγονός «ο επόμενος πελάτης καταφθάνει» στο εγγύς μέλλον.

- Το γεγονός «αρχίζει η εξυπηρέτηση του επόμενου πελάτη στην ουρά» μεταφέρει αυτόν τον πελάτη από την ουρά στην εξυπηρέτηση και την ίδια στιγμή προγραμματίζει το γεγονός «ο πελάτης εξυπηρετήθηκε» στο εγγύς μέλλον.
- Το γεγονός «ο πελάτης εξυπηρετήθηκε» ενεργοποιεί το επόμενο γεγονός «αρχίζει η εξυπηρέτηση του επόμενου πελάτη στην ουρά».

Μεταξύ των γεγονότων δεν συμβαίνει τίποτα το ουσιαστικό. Αφού τα περισσότερα γεγονότα προγραμματίζουν τα επόμενα (όπως στα παραπάνω παραδείγματα), η λίστα των γεγονότων αναβαθμίζεται κάθε φορά: το προγραμματισμένο γεγονός εισέρχεται στη λίστα των γεγονότων στην κατάλληλη θέση και το παρών γεγονός αφαιρείται από την κορυφή της λίστας.

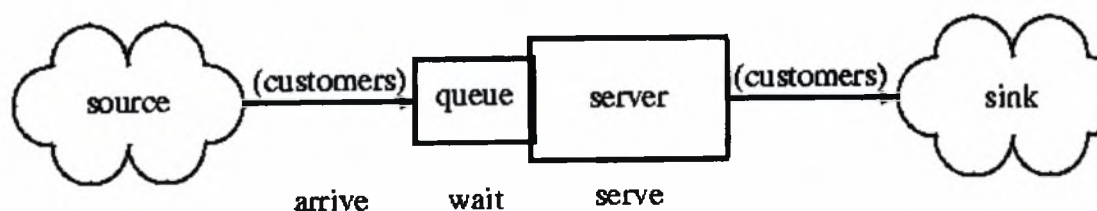
Η συνηθισμένη προσομοίωση διακριτού γεγονότος χειρίζεται όλα τα γεγονότα ξεχωριστά. Σε πολύπλοκα μοντέλα υπάρχουν πολλές ρουτίνες (οι οποίες περιγράφουν τι θα γίνει στο γεγονός) και πολλές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ρουτινών (π.χ. ένα γεγονός προγραμματίζει ένα άλλο). Γι' αυτό τα προγράμματα προσομοίωσης είναι δύσκολο να διαβαστούν, να διορθωθούν, να αλλάξουν και να διατηρηθούν. Έτσι, έχουν αναπτυχθεί πιο πολύπλοκα στυλ προγραμματισμού για την αποφυγή του «κατακερματισμού της λογικής του μοντέλου» (Kreutzer, 1986):

- Προσανατολισμός της διαδικασίας: η δομή και συμπεριφορά ενός τύπου πελατών ενσωματώνονται σε μια διαδικασία η οποία είναι ένας κύκλος ζωής γεγονότων (η διαδικασία ενώνει όλα τα γεγονότα για έναν πελάτη, οι διαδικασίες σταματούν και επανεκκινούνται σε χρόνους γεγονότων).
- Προσανατολισμός των δραστηριοτήτων: μία δραστηριότητα ομαδοποιεί περιγραφές μεταβολών καταστάσεων στην αρχή και στο τέλος χρονοβόρων δραστηριοτήτων («είσοδος στην ουρά» και «έξοδος από την ουρά» ή «έναρξη εξυπηρέτησης» και «τέλος εξυπηρέτησης»).

1.1.3 Αρχές της θεωρίας ουρών

Τα συστήματα ουρών συχνά περιγράφονται με διαγράμματα όπως αυτό του Σχήματος 1.2. Μία πηγή - source παράγει νέους πελάτες οι οποίοι φτάνουν στο

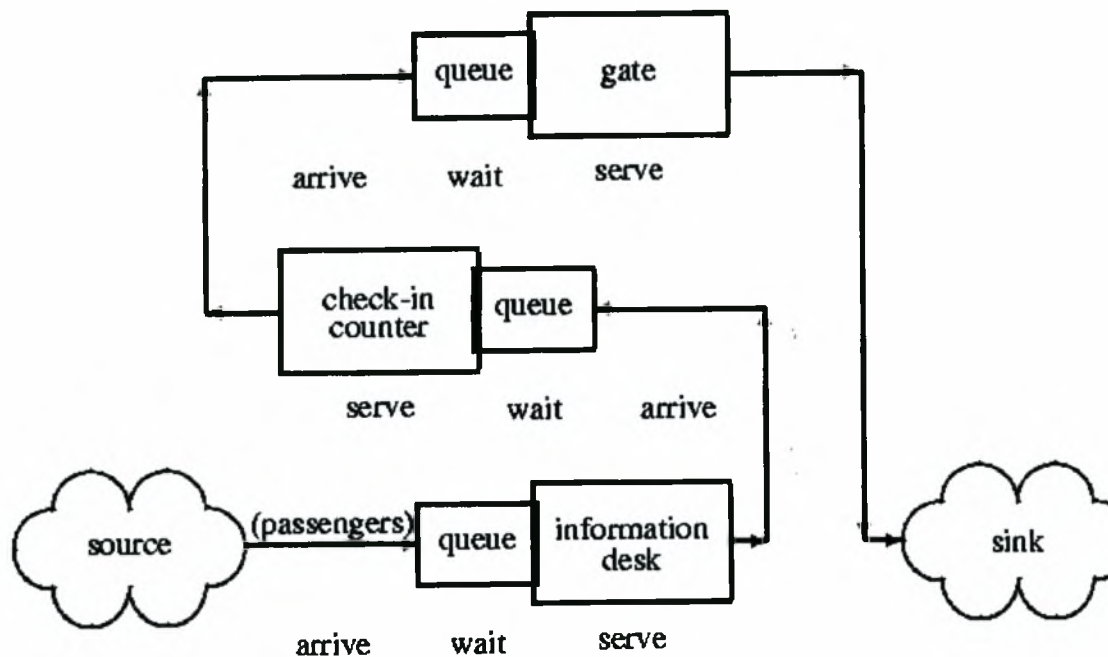
σύστημα, μπαίνουν στην ουρά μπροστά από κάποιο σημείο εξυπηρέτησης όπου περιμένουν μέχρι να εξυπηρετηθούν. Μόλις γίνει αυτό, φεύγουν από το σύστημα μέσω της εξόδου – sink. Οι ουρές (queues) και οι θέσεις εξυπηρέτησης (servers) καλούνται στατικά αντικείμενα ή πόροι του συστήματος, ενώ οι πελάτες είναι δυναμικά αντικείμενα. Οι πηγές και οι εξοδοί αναπαριστούν το περιβάλλον του συστήματος.



Σχήμα 1.2. Κοινό διάγραμμα συστήματος ουράς

(Πηγή: *Queuing Models and Discrete Event Simulation*, Troitzsch, Claus)

Το Σχήμα 1.3 δείχνει το παράδειγμα του αεροδρομίου. Η «πηγή» αναπαριστά τον κόσμο έξω από το αεροδρόμιο από τον οποίο οι επιβάτες καταφθάνουν με αυτοκίνητο, τρένο ή δημόσιες συγκοινωνίες. Οι χρόνοι αφίξεών τους ακολουθούν μία συγκεκριμένη κατανομή της οποίας τουλάχιστον η μέση τιμή θα είναι γνωστή. Με δεδομένο ότι οι χρόνοι αφίξεων δεν μπορούν να είναι αρνητικοί, είναι δυνατόν να γίνουν κάποιες αρχικές υποθέσεις για την κατανομή. Μόλις η κατανομή γίνει γνωστή (ή υποτεθεί λογικά), μία γεννήτρια τυχαίων αριθμών μπορεί να δώσει τον χρόνο για το επόμενο γεγονός άφιξης και το γεγονός αυτό να εισαχθεί στη λίστα εκκρεμών γεγονότων. Το ίδιο ισχύει για τον χρόνο που το γραφείο πληροφοριών χρειάζεται για την εξυπηρέτηση του μέσου επιβάτη. Ως εκ τούτου, η γεννήτρια τυχαίων αριθμών μπορεί να δώσει το χρόνο ο οποίος χρειάζεται για την εξυπηρέτηση του επιβάτη στο γραφείο πληροφοριών (ο οποίος είναι ίσος με τον χρόνο που ο επόμενος επιβάτης στην ουρά μπορεί να εξυπηρετηθεί).



Σχήμα 1.3. Διάγραμμα συστήματος ουράς σε αεροδρόμιο

(Πηγή: *Queuing Models and Discrete Event Simulation*, Troitzsch, Claus)

Υπάρχει κάποιος αριθμός εκδοτηρίων εισιτηρίων σε ένα τυπικό αεροδρόμιο, έτσι το γραφείο πληροφοριών πρέπει να ξέρει που να στείλει τους πελάτες του. Ο ελάχιστος χρόνος μεταξύ του τέλους της εξυπηρέτησης στο γραφείο πληροφοριών και της εισαγωγής στην ουρά μπροστά από το κατάλληλο εκδοτήριο εισιτηρίων θα εξαρτηθεί από την απόσταση μεταξύ των δύο οντοτήτων (αυτός ο χρόνος μπορεί να θεωρηθεί σταθερός, αλλά μία κανονική κατανομή με κάποια μέση τιμή και μία σχετικά μικρή τυπική απόκλιση είναι επίσης λογική επιλογή). Ο χρόνος εξυπηρέτησης στα εκδοτήρια εξαρτάται από το αν οι επιβάτες έχουν να δηλώσουν αποσκευές ή όχι.

Υπάρχουν επίσης αρκετές πύλες σε ένα αεροδρόμιο. Τα εκδοτήρια θα στείλουν τους επιβάτες σε μία από τις πύλες και αυτοί θα φτάνουν στην πύλη αυτή έχοντας πάρει την πληροφορία από ένα από τα εκδοτήρια (ας σκεφτούμε εκδοτήρια για εισιτήρια πρώτης θέσεως, επαγγελματικά και οικονομικά που εξυπηρετούν τους επιβάτες διαφορετικών πτήσεων την ίδια στιγμή). Τα εκδοτήρια πρέπει να ξέρουν που να στείλουν τους επιβάτες και ο ελάχιστος χρόνος μεταξύ της εξόδου από το

εκδοτήριο και της άφιξης στην πύλη θα εξαρτηθεί επίσης από την απόσταση μεταξύ των δύο οντοτήτων. Ο μέγιστος χρόνος άφιξης παρατηρείται όταν φεύγει το αεροπλάνο και ο πραγματικός χρόνος αφίξεως θα είναι κάποιος χρόνος μεταξύ του ελάχιστου και του μέγιστου δυνατού. Ο χρόνος εξυπηρέτησης στην πύλη μπορεί επίσης να εξαρτάται, π.χ. από τις αποσκευές χειρός των επιβατών. Στο τέλος της όλης διαδικασίας ο επιβάτης διοχετεύεται στην έξοδο, η οποία σε αυτή την περίπτωση είναι το αεροσκάφος (όπου ο επιβάτης αφήνει το αεροδρόμιο και μπαίνει στον έξω κόσμο).

1.1.4 Υποδιεργασίες

Μετά από αυτό το πιο περίπλοκο παράδειγμα, μπορούμε να επιστρέψουμε σε μία πιο συστηματική περιγραφή των υποδιεργασιών ενός μοντέλου διακριτού γεγονότος. Διακρίνουμε τρεις υποδιεργασίες:

Διαδικασία αφίξεων:

Εδώ μπορούμε να κάνουμε διάκριση

- μεταξύ ενός πεπερασμένου αριθμού αφίξεων και ενός άπειρου, που είναι συνήθως η περίπτωση.
- μεταξύ του να έχουμε μόνο ένα τύπο επιβατών (π.χ. πρώτης θέσεως, επαγγελματικού, οικονομικού).
- μεταξύ της περίπτωσης μόνο ενός από πολλούς τύπους απαιτήσεων των επιβατών (π.χ. επιβάτες με ή χωρίς αποσκευές).
- εάν η απόσταση αφίξεως είναι ντετερμινιστική (σταθερή) ή στοχαστική (π.χ. με εκθετική κατανομή), με τη δεύτερη να αποτελεί τον κανόνα. Ο ρυθμός αφίξεων (αφίξεις στη μονάδα του χρόνου) συμβολίζεται με το λ , ενώ το $1 / \lambda$ είναι η μέση τιμή του χρόνου μεταξύ δύο διαδοχικών αφίξεων.
- εάν ο ρυθμός αφίξεων εξαρτάται από το μήκος της ουράς (επιβάτες που θέλουν μόνο να αγοράσουν εισιτήριο για ένα ταξίδι την επόμενη

εβδομάδα μπορεί να γυρίσουν στο σπίτι τους, δηλαδή να «μη φθάσουν» αν νομίσουν ότι η ουρά είναι πολύ μεγάλη).

Διαδικασία αναμονής:

Εδώ μπορούμε να κάνουμε διάκριση

- εάν το μήκος της ουράς είναι πεπερασμένο ή άπειρο (συνήθως ο κανόνας).
- μεταξύ αρκετών διάφορων σειρών εξυπηρέτησης, με πιο συνηθισμένη περίπτωση την FIFO (first in – first out, πρώτος μπαίνει – πρώτος βγαίνει) σειρά.

Διαδικασία εξυπηρέτησης:

Εδώ μπορούμε να κάνουμε διάκριση

- εάν μόνο ένας ή παραπάνω θέσεις εξυπηρέτησης είναι διαθέσιμες την ίδια χρονική στιγμή και για τον ίδιο τύπο πελατών και απαιτήσεων. Η συνηθισμένη περίπτωση είναι με έναν υπάλληλο για κάθε ουρά, αν και παραπάνω υπάλληλοι (καθένας από τους οποίους φωνάζει τον επόμενο πελάτη στην κορυφή της ουράς όταν είναι ελεύθερη) είναι επίσης κοινή περίπτωση.
- εάν υπάρχει μόνο ένας ή παραπάνω εργασιών εξυπηρέτησης (σε ένα πιο πολύπλοκο σύστημα θα είχαμε πολλούς τύπους υπαλλήλων σε σειρά ή παράλληλα, όπως στο παράδειγμα του αεροδρομίου, όπου γραφείο πληροφοριών, εκδοτήρια εισιτηρίων και οι πύλες είναι διαφορετικοί τύποι υπαλλήλων).
- μεταξύ σταθερού ρυθμού εξυπηρέτησης και ενός ρυθμού εξυπηρέτησης εξαρτούμενου από τις απαιτήσεις των πελατών (π.χ. διαφορετικοί ρυθμοί εξυπηρέτησης στο εκδοτήριο εισιτηρίων για επιβάτες με ή χωρίς αποσκευές).

- μεταξύ ενός ντετερμινιστικού και ενός στοχαστικού (τυχαίου) χρόνου εξυπηρέτησης (που μπορεί να κατανέμεται εκθετικά). Ο ρυθμός εξυπηρέτησης (αριθμός πελατών ανά χρονική μονάδα) συμβολίζεται με το μ , με $1 / \mu$ τον μέσο χρόνο εξυπηρέτησης.

Ανάλογα με το συνδυασμό των εναλλακτικών σε ένα συγκεκριμένο μοντέλο, κάποιοι τύποι συστημάτων ουράς έχουν αναλυτική λύση. Η μέση τιμή του φόρτου του συστήματος ορίζεται ως $\rho = \lambda / \mu$.

Άλλες ενδιαφέρουσες παράμετροι είναι οι εξής:

N : αριθμός αντικειμένων (πελατών) στο σύστημα

Nq : αριθμός πελατών στην ουρά

Ns : αριθμός πελατών που εξυπηρετούνται

W : χρόνος αναμονής

Wq : χρόνος αναμονής στην ουρά

Ws : χρόνος αναμονής για εξυπηρέτηση

Σε απλές περιπτώσεις, οι τιμές τους μπορούν να βρεθούν αναλυτικά, αλλά σε πιο πολύπλοκες καθορίζονται μέσω προσομοιωτικών πειραμάτων. Για να λύνονται αναλυτικά, τα συστήματα ουρών πρέπει να πληρούν τις ακόλουθες προϋποθέσεις: ο ρυθμός αφίξεων πρέπει να είναι μικρότερος από τον ρυθμό εξυπηρέτησης ($\rho < 1$), οι διαδικασίες αφίξεων και εξυπηρέτησης πρέπει να υπακούουν σε συγκεκριμένες κατανομές. Για παράδειγμα, ένα σύστημα με αφίξεις και εξυπηρετήσεις κατά Markov και κάθε αριθμό παράλληλων θέσεων εξυπηρέτησης έχει αναλυτική λύση, όπως και ένα σύστημα με αφίξεις και εξυπηρετήσεις κατά Markov και γενική διαδικασία εξυπηρέτησης και έναν μόνο server.

Μία Μαρκοβιανή διαδικασία είναι μία διαδικασία όπου «η πιθανότητα κάθε μελλοντικής συμπεριφοράς της διαδικασίας, όταν είναι γνωστή η τρέχουσα κατάστασή της, δεν μεταβάλλεται από επιπρόσθετη γνώση που αφορά τη συμπεριφορά της στο παρελθόν» (Karlin and Taylor, 1975).

1.1.5 Συστατικά ενός συστήματος ουρών

Θα επιχειρήσουμε τώρα να αναλύσουμε περισσότερο τα συστατικά στοιχεία ενός συστήματος ουράς. Ας πάρουμε τα πράγματα με τη σειρά:

1) **Διαδικασία αφίξεων:** Καθορίζει πώς οι πελάτες καταφθάνουν στο σύστημα. Χρησιμοποιούμε το σύμβολο A_i για να επισημάνουμε το χρονικό διάστημα μεταξύ των αφίξεων των πελατών ($i - 1$) και i , τον χρόνο μεταξύ διαδοχικών αφίξεων (interarrival time). Συνήθως υποθέτουμε ότι οι διαδοχικοί χρόνοι είναι ανεξάρτητες πανομοιότυπα κατανεμημένες τυχαίες μεταβλητές. Οι μέσες τους, ή αναμενόμενες, τιμές μεταξύ των διαδοχικών αφίξεων συμβολίζονται με $E(A)$ και το $\lambda = 1 / E(A)$. Εδώ πρέπει να προσέξουμε τις φυσικές μονάδες: εάν το A_i μετριέται σε δευτερόλεπτα, τότε το λ μετριέται σε αντίστροφα δευτερόλεπτα.

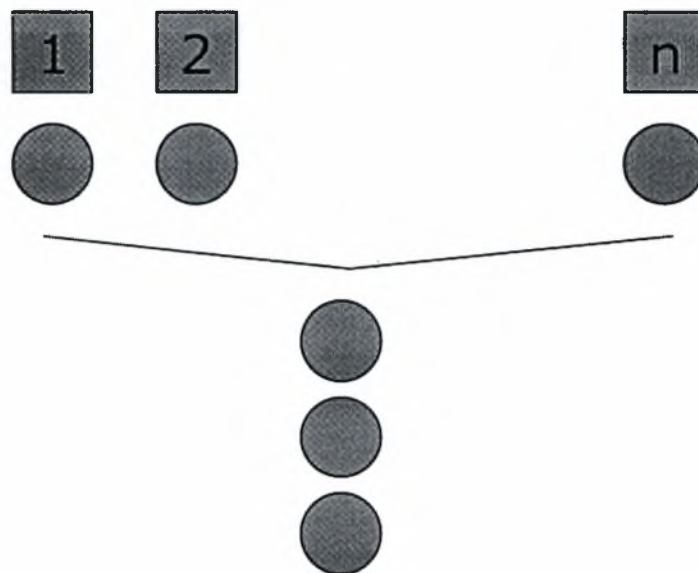
Ας σημειωθεί ότι το να δοθεί ένας ρυθμός αφίξεων δεν είναι αρκετό. Χρειάζεται πάντα και μία κατανομή πιθανότητας, για την οποία ο ρυθμός αφίξεων θα παρέχει τη μέση τιμή ή την αντίστροφη της μέσης τιμής. Αν δεν μας δοθεί, συνήθως χρησιμοποιούμε εκθετική κατανομή με δοσμένη μέση τιμή.

2) **Μηχανισμός εξυπηρέτησης:** Αυτός καθορίζεται από τον αριθμό των servers, που συνήθως συμβολίζονται με τη μεταβλητή s και την κατανομή πιθανότητας των χρόνων εξυπηρέτησης. Και εδώ συνήθως υποθέτουμε ότι διαδοχικοί έχουμε ανεξάρτητες πανομοιότυπα κατανεμημένες τυχαίες μεταβλητές που δίνουν τους χρόνους εξυπηρέτησης για μία ακολουθία πελατών, η μέση τιμή του χρόνου εξυπηρέτησης ενός πελάτη είναι $E(S)$ και ο ρυθμός εξυπηρέτησης μίας θέσεως εξυπηρέτησης είναι $\omega = 1 / E(S)$.

3) **Διαδικασία αναμονής:** Είναι ο κανόνας βάσει του οποίου επιλέγουμε τον επόμενο πελάτη που θα εξυπηρετηθεί. Εκτός από την σειρά FIFO που προαναφέρθηκε, άλλες με κοινή χρήση είναι: η σειρά LIFO (last in – first out, τελευταίος μπαίνει – πρώτος βγαίνει), η σειρά προτεραιότητας, όπου κάποιος τρόπος βρίσκεται για να οριστεί η προτεραιότητα του ενός πελάτη απέναντι στους άλλους και η τυχαία (random) σειρά.

1.1.6 Αναπαράσταση συστημάτων ουρών

Ως πρότυπο έχει μείνει το σύστημα που εισήγαγε ο D. G. Kendall και απεικονίζεται στο Σχήμα 1.4.



Σχήμα 4. Σύστημα αναπαράστασης συστημάτων ουρών

(Πηγή: **A quick Introduction to Queuing Theory**,
www.cs.uml.edu/~giam/Mikkeli/IntroQueTheo.ppt)

Ένα τέτοιο σύστημα ονομάζεται $GI / G / S$, για μία γενική ανεξάρτητη κατανομή (General Independent) των A_i , μία γενική κατανομή (General) των S_i και την παρουσία s θέσεων εξυπηρέτησης.

Ένα σύστημα με μία θέση εξυπηρέτησης, εκθετικούς χρόνους αφίξεων και επίσης εκθετικούς χρόνους εξυπηρέτησης ονομάζεται $M / M / 1$. Το M αντιπροσωπεύει το **Markovian** ή το **memory-less**.

E_k είναι το σύμβολο για την κατανομή **Erlang**, το σύνολο από k τυχαίες εκθετικές μεταβλητές.

D είναι το σύμβολο για τον ορισμό των ντετερμινιστικών (σταθερών) αφίξεων ή εξυπηρετήσεων.

$\rho = \lambda / s \omega$ είναι ο παράγοντας που καθορίζει το ρυθμό φόρτου του συστήματος και είναι μία μέτρηση του πόσο χρησιμοποιούνται οι πόροι του συστήματος ουράς. Υπό κανονικές συνθήκες, όπως προαναφέρθηκε, $\rho < 1$. Έχουμε s θέσεις εξυπηρέτησης και ω είναι ο ρυθμός εξυπηρέτησης μίας θέσης εξυπηρέτησης.

1.2 Θεωρία αποθεμάτων

Η πρότυπη θεωρία αποθεμάτων περιγράφει την εγκατάσταση τοπικών αποθηκών θέλοντας να καθορίσει ποια αντικείμενα θα αποθηκευτούν και την ποσότητά τους. Παραδείγματα εκθέτουν ο Tersine (1994) και οι Arrow, Karlin και Scarf (1958). Για κάθε αποθηκευμένο αντικείμενο εντοπίζονται με την πάροδο του χρόνου οι τρεις παρακάτω ποσότητες:

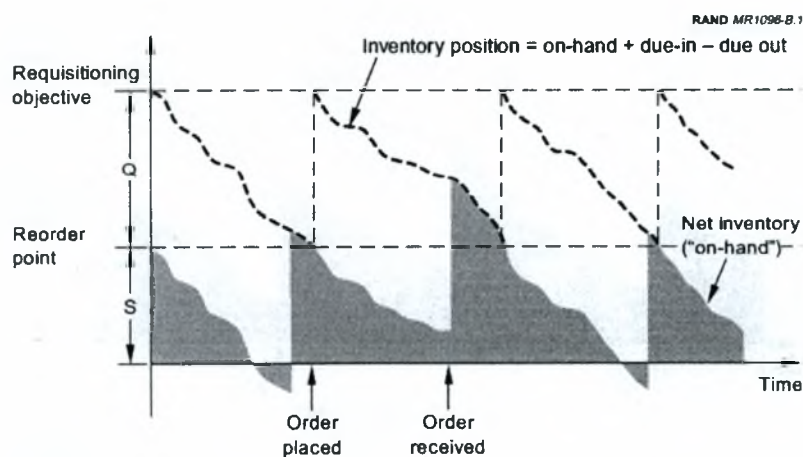
- On – hand stock (OH), δηλαδή ο πραγματικός αριθμός αντικειμένων στην αποθήκη, το απόθεμα,
- Due – in stock (DI), δηλαδή ο αριθμός των αντικειμένων που έχει παραγγελθεί από τον αμέσως μεγαλύτερο προμηθευτή για την αναπλήρωση του αποθέματος (OH) συν αντικείμενα που προέρχονται από επισκευή (και είναι κατάλληλα για χρήση),
- Due – out stock (DO), δηλαδή ο αριθμός των ανικανοποίητων παραγγελιών που οφείλονται, για παράδειγμα, στην εξάντληση των αποθεμάτων της αποθήκης. Οι ανικανοποίητες παραγγελίες αναφέρονται και ως back – orders πελατών.

Από αυτές τις τρεις ποσότητες υπολογίζεται η τρέχουσα ποσότητα των αποθεμάτων (inventory position – IP). Για ένα δοσμένο αντικείμενο η τρέχουσα κατάσταση είναι:

$$IP = OH + DI - DO$$

Ένα αποθηκευμένο αντικείμενο χαρακτηρίζεται από δύο ποσότητες: τη μέγιστη ποσότητα αποθέματος (requisitioning objective – RO) και το σημείο αναπαραγγελίας (reorder point – ROP). Το σημείο αναπαραγγελίας είναι πάντα μικρότερο σε ποσότητα από τη μέγιστη ποσότητα αποθέματος. Η τρέχουσα ποσότητα των αποθεμάτων χρησιμοποιείται μαζί με το σημείο αναπαραγγελίας και τη μέγιστη ποσότητα αποθέματος για τον καθορισμό του πότε και πόσο πρέπει να παραγγελθεί. Σε ένα σύστημα με αυτόματη αναπαραγγελία, όταν η τρέχουσα ποσότητα των αποθεμάτων φτάνει ή πέφτει κάτω από το σημείο αναπαραγγελίας, γίνεται παραγγελία με την απαραίτητη ποσότητα για να φτάσει η τρέχουσα ποσότητα των αποθεμάτων τη μέγιστη ποσότητα αποθέματος. Γι' αυτό, η αυτόματη αναπαραγγελία διατηρεί την τρέχουσα ποσότητα των αποθεμάτων μεταξύ της μέγιστης ποσότητας αποθέματος και του σημείου αναπαραγγελίας σε όλες τις χρονικές στιγμές. Η βιβλιογραφία των συστημάτων αποθεμάτων αναφέρεται σε αυτό ως ένα σύστημα (s, S) .

Για παράδειγμα, μία πιθανότητα είναι να θέσουμε το σημείο αναπαραγγελίας μία μονάδα μικρότερο από τη μέγιστη ποσότητα αποθέματος (πολιτική $(s, S-1)$). Σε αυτήν την περίπτωση, με τα αποθέματα να αρχίζουν από τη μέγιστη ποσότητα, μία παραγγελία αναπλήρωσης θα γινόταν αυτόματα μετά από κάθε ζήτηση, ακόμα και ενός αντικειμένου. Εδώ, η τρέχουσα ποσότητα των αποθεμάτων πάντα ισούται με τη μέγιστη ποσότητα αποθέματος (stocked level).



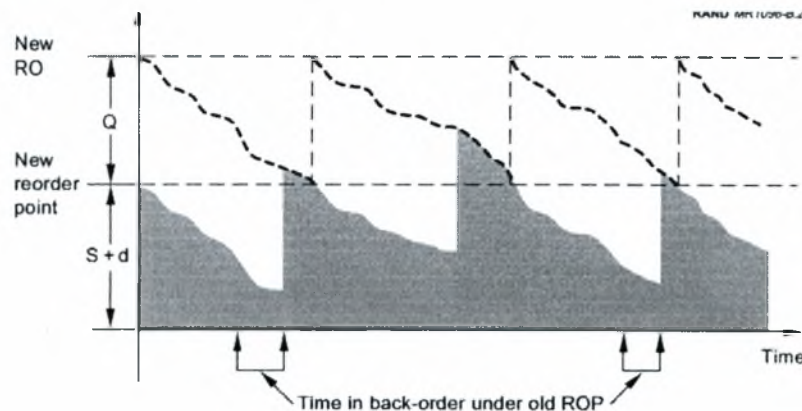
Σχήμα 1.6. Σχέσεις του IP με τα OH, RO και ROP

(Πηγή: **Basic Inventory Theory and Terminology,**

www.rand.org/publications/MR/MR1096/MR1096.appb.pdf)

Το Σχήμα 1.6 απεικονίζει κάποια σημεία: η τρέχουσα ποσότητα των αποθεμάτων πρέπει πάντα να είναι μεταξύ της μέγιστης ποσότητας αποθέματος και του σημείου αναπαραγγελίας. Όπως και να 'χει πάντως, το απόθεμα μπορεί να κυμαίνεται κάτω από την τρέχουσα ποσότητα των αποθεμάτων και μόλις αυτή φτάσει το σημείο αναπαραγγελίας και γίνει παραγγελία αναπλήρωσης, υπάρχει κίνδυνος εξάντλησης του στοκ που εξαρτάται από τον αριθμό αποθεμάτων στο σημείο αναπαραγγελίας. Για παράδειγμα, σε αυτό το σχήμα (1.6) το σημείο αναπαραγγελίας έχει τεθεί για μεγάλο κίνδυνο εξάντλησης του στοκ γιατί, για τους τρεις χρονικούς κύκλους που φαίνονται, το σύστημα έφτασε σε back – order δύο φορές. Εάν όμως, όπως στο σχήμα 1.7 που ακολουθεί, το σημείο αναπαραγγελίας είχε αρχικά τεθεί αρκετά ψηλά, το σύστημα ίσως δεν έφτανε ποτέ σε ανικανοποίητες παραγγελίες. Εδώ βλέπουμε ότι υπάρχει αρκετό στοκ για να καλύψει τη ζήτηση αφού το απόθεμα πέσει κάτω από το σημείο αναπαραγγελίας.

Η διαφορά μεταξύ της μέγιστης ποσότητας αποθέματος και του σημείου αναπαραγγελίας αναφέρεται συχνά στη βιβλιογραφία ως «επίπεδο λειτουργίας» (Q στα σχήματα 1.6 και 1.7). Για κάποιο δοσμένο αντικείμενο, όσο μεγαλύτερο το επίπεδο λειτουργίας τόσο λιγότερο συχνά πρέπει να γίνονται αναπαραγγελίες και τόσο λιγότερος ο κίνδυνος εξάντλησης του στοκ.



Σχήμα 1.7. Ανεβάζοντας το ROP από S (σχήμα 6) σε S+d

(Πηγή: **Basic Inventory Theory and Terminology,**

www.rand.org/publications/MR/MR1096/MR1096.appb.pdf)

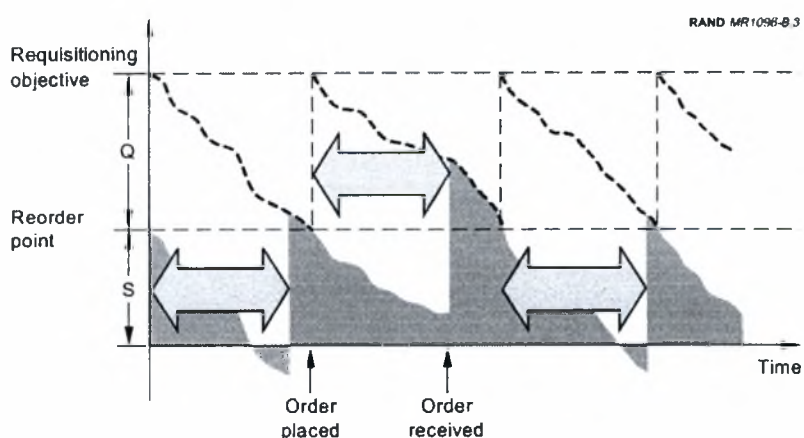
Το σημείο αναπαραγγελίας πιστεύεται ότι συνίσταται από το στοκ εργασιών και το στοκ ασφαλείας (φαίνονται συνδυασμένα ως S στο σχήμα 6 και ως S+d στο σχήμα

1.7). Το στοκ εργασιών είναι η ποσότητα του στοκ που χρειάζεται για τη μέση ζήτηση και το στοκ ασφαλείας είναι επιπρόσθετο στοκ, που υπάρχει για τυχόν αυξήσεις στη ζήτηση και καθυστερήσεις στην άφιξη των αναπαραγγελιών.

Όπως φαίνεται στο σχήμα 1.8, ο χρόνος εργασιών είναι ο χρόνος μεταξύ του σημείου αναπαραγγελίας και της χρονικής στιγμής που η παραγγελία αναπλήρωσης θα είναι έτοιμη για την ικανοποίηση των μελλοντικών αναγκών των πελατών. Περιέχει τον χρόνο OST, από τη στιγμή της αναπαραγγελίας μέχρι την απόκτησή της. Εάν οι παραγγελίες αναπλήρωσης γίνονται αυτομάτως όταν φτάνουμε στο σημείο αναπαραγγελίας και εάν ο χρόνος για την αναπλήρωση του στοκ είναι αμελητέος, τότε ο χρόνος εργασιών ισούται με τον χρόνο OST.

Το σημείο αναπαραγγελίας πρέπει να τίθεται έτσι ώστε να παρέχει αποδεκτά χαμηλό κίνδυνο εξάντλησης αποθεμάτων μεταξύ του χρόνου που το στοκ φτάνει στο σημείο αναπαραγγελίας και του χρόνου που το απόθεμα αναπλήρωσης φτάνει στις αποθήκες. Η ρύθμιση του σημείου αναπαραγγελίας εμπεριέχει ανταλλαξιμότητα (trade – off) μεταξύ του κόστους μίας ή παραπάνω εξάντλησης αποθεμάτων και του κόστους διατήρησης επιπρόσθετου στοκ ασφαλείας. Αυτή η ιδέα του «κινδύνου» είναι σημαντική και χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή.

Η ρύθμιση του σημείου αναπαραγγελίας είναι σαν τυχερό παιχνίδι. Το ποντάρισμα είναι ότι εάν μία παραγγελία αναπλήρωσης γίνεται μόλις το απόθεμα φτάσει το σημείο αναπαραγγελίας, τότε αυτή θα φτάσει στην επιχείρηση πριν εξαντληθούν όλα τα αποθέματα κατά τη διάρκεια του χρόνου εργασιών.



Σχήμα 1.8. Χρόνος εργασιών αναπαριστώμενος από τα βέλη

(Πηγή: **Basic Inventory Theory and Terminology,**

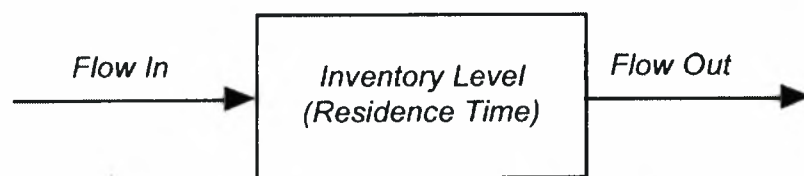
www.rand.org/publications/MR/MR1096/MR1096.appb.pdf)

Είναι το ίδιο σαν να τίθεται το σημείο αναπαραγγελίας να είναι μεγαλύτερο από τον αριθμό των ζητήσεων που παρουσιάζονται κατά τη διάρκεια των περισσότερων χρόνων εργασιών, υποθέτοντας ότι ο διαχειριστής δεν θέλει να του εξαντλούνται τα αποθέματα πολύ συχνά. Ο κίνδυνος του διαχειριστή των αποθεμάτων είναι η πιθανότητα ότι το στοκ ασφαλείας δεν θα φτάσει και το σημείο αναπαραγγελίας θα έπρεπε να τίθεται με βάση τον μέγιστο κίνδυνο που θα ήθελε να υποθέσει ο διαχειριστής.

1.2.1 Μοντέλα αποθεμάτων

Ροή, Αποθήκες και Χρόνοι

Μία αποθήκη αναπαρίσταται στο απλό διάγραμμα του σχήματος 1.9. Αντικείμενα εισρέουν στο σύστημα, μένουν εκεί για κάποιο χρονικό διάστημα και μετά εκρέουν από το σύστημα.



Σχήμα 1.9. Ένα στοιχείο συστήματος με αποθήκη.

(Πηγή: *Operation Research Models and Methods*, Jensen and Bard)

Για παράδειγμα, ας πούμε ότι το κουτί στο σχήμα 1.9 αναπαριστά μία κατασκευαστική διαδικασία που χρειάζεται κάποιο συγκεκριμένο χρόνο για να πραγματοποιηθεί. Ένα προϊόν που μπαίνει στο κουτί φεύγει από αυτό μία ώρα

αργότερα. Τα προϊόντα φθάνουν με ρυθμό εκατό (100) την ώρα. Αν κοιτάξουμε στο κουτί, θα δούμε έναν αριθμό προϊόντων. Ο αριθμός είναι το επίπεδο της αποθήκης.

Η σχέση μεταξύ ροής, χρόνου και αποθήκης που είναι βασική σε όλα τα συστήματα είναι:

$$\text{Επίπεδο Αποθήκης} = (\text{Ρυθμός Ροής}) (\text{Χρόνος Παραμονής}),$$

όπου ο ρυθμός ροής και ο χρόνος παραμονής εκφράζονται με τις ίδιες χρονικές μονάδες. Στο παράδειγμά μας έχουμε:

$$\text{Επίπεδο Αποθήκης} = (100 \text{ προϊόντα} / \text{ώρα}) (1 \text{ ώρα}) = 100 \text{ προϊόντα.}$$

Όταν οι παράγοντες αυτής της έκφρασης δεν είναι χρονικά σταθεροί, η έκφραση συσχετίζει μέσες χρονικές ποσότητες.

Όποτε δίνονται δύο από τους παράγοντες της έκφρασης αυτής, ο τρίτος υπολογίζεται εύκολα. Ας σκεφτούμε ένα σύστημα ουράς για το οποίο οι πελάτες παρατηρήθηκε ότι καταφθάνουν με μέσο ρυθμό 10 ανά ώρα. Όταν ο πελάτης βρει τους υπαλλήλους απασχολημένους, πρέπει να περιμένει. Οι πελάτες στο σύστημα, είτε εξυπηρετούνται είτε περιμένουν, είναι τα «αποθηκευμένα» μέρη του συστήματος.

Η σχέση μεταξύ χρόνου και αποθήκης είναι μεγάλη, γιατί πολύ συχνά η μείωση του ολικού χρόνου στο σύστημα είναι εξίσου σημαντική με τη μείωση του επιπέδου των αποθηκευμένων αντικειμένων.

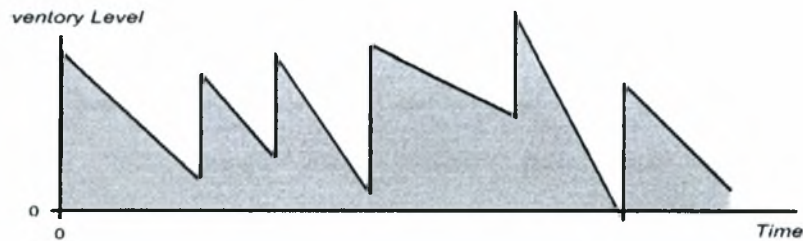
Το επίπεδο των αποθηκών

Τα επίπεδο των αποθηκών εξαρτάται από τις σχετικές αναλογίες της ροής προς και από το σύστημα. Ορίζουμε ως $y(t)$ το ποσοστό της εισροής στο χρόνο t και $Y(t)$

την αθροιστική εισροή στο σύστημα. Επίσης ως $z(t)$ το ποσοστό της εκροής στο χρόνο t και $Z(t)$ την αθροιστική εκροή στο σύστημα. Το επίπεδο των αποθηκών, $I(t)$, είναι η αθροιστική εισροή μείον την αθροιστική εκροή:

$$I(t) = Y(t) - Z(t) = \int_0^t y(x) dx - \int_0^t z(x) dx$$

Το σχήμα 1.10 αναπαριστά το επίπεδο των αποθηκευμένων αντικειμένων για ένα σύστημα όταν τα ποσοστά μεταβάλλονται με το χρόνο.



Σχήμα 1.10. Διακύμανση αποθήκης ως συνάρτηση του χρόνου

(Πηγή: **Operation Research Models and Methods, Jensen and Bard**)

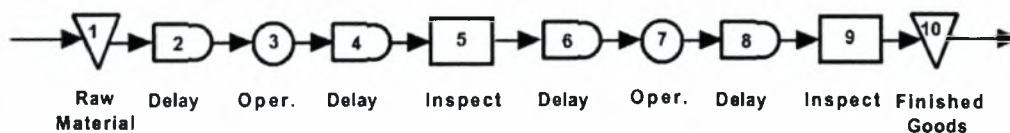
Το σχήμα 1.10 μπορεί να αναπαριστά π.χ. μία αποθήκη ακατέργαστων υλικών. Η εκροή από την αποθήκη είναι μία σχετικά συνεχής δραστηριότητα, όπου διάφορα αντικείμενα τοποθετούνται στο σύστημα παραγωγής για κατεργασία. Για την αναπλήρωση των αποθηκών γίνεται παραγγελία σε κάποιον προμηθευτή. Μετά από κάποιο χρονικό διάστημα (delay), το ακατέργαστο υλικό έρχεται σε κάποια συγκεκριμένη ποσότητα. Τη στιγμή της παράδοσης, το ποσοστό της εισροής είναι άπειρο και σε άλλες στιγμές είναι μηδέν. Όταν τα στιγμιαία ποσοστά εισροής και εκροής δεν είναι ίσα, το επίπεδο της αποθήκης αλλάζει. Όταν η εισροή είναι μεγαλύτερη, το επίπεδο αυξάνεται (η αποθήκη γεμίζει) και το αντίθετο.

Μεταβλητότητα, Αβεβαιότητα και Πολυπλοκότητα

Υπάρχουν πολλοί λόγοι για τους οποίους έχουμε μεταβλητότητα και αβεβαιότητα σε ένα σύστημα αποθήκης. Τα ποσοστά αποχώρησης από το σύστημα μπορεί να εξαρτώνται από τη ζήτηση των πελατών η οποία είναι μεταβλητή στο χρόνο και απροσδιόριστη σε μέγεθος. Μπορεί να υπάρξουν επιστροφές από τους πελάτες. Οι παρτίδες μπορεί να παραδοθούν με ελαττωματικά προϊόντα που προκαλούν αβεβαιότητα στις παραδομένες ποσότητες. Ο χρόνος εργασίας που σχετίζεται με μία παραγγελία αναπλήρωσης εξαρτάται από τις δυνατότητες του προμηθευτή οι οποίες είναι συνήθως μεταβλητές και δεν προσδιορίζονται με βεβαιότητα κλπ.

Τα συστήματα αποθηκών είναι συνήθως πολύπλοκα με το ένα στοιχείο να τροφοδοτεί το επόμενο. Το σχήμα 1.11 δείχνει ένα απλό σειριακό κατασκευαστικό σύστημα που παράγει ένα μόνο προϊόν.

Βλέπουμε τις σχεδιασμένες αποθήκες στο σχήμα 1.11 ως αντεστραμμένα τρίγωνα, κυρίως τις αποθήκες των ακατέργαστων και των τελικών προϊόντων. Το υλικό που περνάει μέσα από την διαδικασία παραγωγής καλείται συχνά *εργασία σε εξέλιξη* (work in process – WIP). Αυτά είναι υλικά που περιμένουν να κατεργαστούν, όπως αυτά στα μπλοκ καθυστέρησης (delay blocks) του σχήματος 11, υλικά που κατεργάζονται στα μπλοκ εργασιών (operation blocks) ή υλικά που επιθεωρούνται στα μπλοκ επιθεώρησης (inspection blocks). Όλα τα στοιχεία των αποθηκών συνεισφέρουν στο κόστος της παραγωγής με τα κόστη επενδύσεων και επεξεργασίας και όλα χρειάζονται την προσοχή της διοίκησης.



Σχήμα 1.11. Ένα κατασκευαστικό σύστημα με διάφορες θέσεις αποθηκών. (Πηγή: Operation Research Models and Methods, Jensen and Bard)

1.3 Μοντέλα διαχείρισης αποθηκευτικών χώρων

Με περιορισμένους αποθηκευτικούς χώρους και μία πληθώρα προϊόντων, οι επιχειρήσεις πώλησης αγαθών πρέπει να παίρνουν συχνά αποφάσεις γύρω από το ποια προϊόντα να αποθηκεύσουν και πόσο χώρο να τους αφιερώσουν. Πολλοί επιχειρηματίες στρέφονται σε μοντέλα διαχείρισης αποθηκευτικών χώρων, για να βοηθηθούν σε αυτές τους τις αποφάσεις. Τα τελευταία 20 χρόνια έχουν αναπτυχθεί ορισμένα τέτοια μοντέλα τα οποία συμπεριλαμβάνουν τους παραπάνω στόχους (Anderson, 1979; Hansen και Heinsbroek, 1979; Corstjens και Doyle, 1981, 1983; Bultez και Naert, 1988; Bultez, Naert, Gijbrecchts και Vanden Abelle, 1989).

Ωστόσο, αυτά τα μοντέλα έχουν δύο σημαντικά μειονεκτήματα, τα οποία περιορίζουν την αποτελεσματικότητά τους. Πρώτον, εξαιτίας της μη – γραμμικότητας και πολυπλοκότητάς τους, τα μοντέλα πρέπει συχνά να απλοποιηθούν πριν βγουν τα αποτελέσματα – λύσεις, πράγμα το οποίο μειώνει την χρησιμότητά τους. Δεύτερον, ο αριθμός των παραμέτρων που πρέπει να εκτιμηθούν είναι μεγάλος και οι διαδικασίες εκτίμησης συχνά υποπέφτουν σε σημαντικά σφάλματα. Όταν η επίδραση των σφαλμάτων αυτών είναι άγνωστη, υπάρχει μία καθ'όλα κατανοητή επιφυλακτικότητα στη χρησιμοποίηση μαθηματικών μοντέλων για την επιλογή ταξινόμησης των προϊόντων και χρησιμοποίησης των διαθέσιμων χώρων.

Όμως, παρ'όλο που τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι εκτιμήσεις των παραμέτρων ενδέχεται να διαφέρουν από την πραγματικότητα έως και πενήντα τοις εκατό (50 %), η χρήση των μοντέλων αυτών έχει αποδειχτεί χρήσιμη.

1.3.1 Σχετική Βιβλιογραφία

Εάν οι καταναλωτές ήταν απολύτως πιστοί σε κάποια συγκεκριμένη μάρκα προϊόντων και τα προϊόντα αυτά ήταν μονίμως διαθέσιμα, ο χώρος που καταλαμβάνεται από κάποιο αντικείμενο δεν θα είχε καμία επίδραση στις πωλήσεις του (Anderson, 1979). Οι πελάτες θα αγόραζαν το προϊόν εάν ήταν διαθέσιμο και θα

καθυστερούσαν την αγορά του ή θα πήγαιναν σε άλλο κατάστημα, εάν δεν ήταν διαθέσιμο. Στην πραγματικότητα, όμως, παλαιότερες μελέτες (Carpenter και Lehmann, 1985; Ehrenberg, 1965; Emmelhainz, Stock και Emmelhainz, 1991; Motes και Castleberry, 1985; Walter και Grabner, 1975) έδειξαν ότι πολλοί καταναλωτές είναι πρόθυμοι να αλλάξουν την αρχική τους επιλογή με κάποιο άλλο προϊόν, είτε επειδή δεν είναι διαθέσιμη η «μάρκα» τους ή επειδή η προβολή άλλων προϊόντων στα ράφια τους επηρεάζει. Μάλιστα, υπάρχουν αποδείξεις ότι πολλοί καταναλωτές επιλέγουν τη μάρκα τη στιγμή της αγοράς (Marketing News, 1982; Nielsen Marketing Research, 1992). Για αυτούς τους καταναλωτές η επιλογή της μάρκας των προϊόντων μπορεί να επηρεαστεί από έναν ή περισσότερους εσωτερικούς παράγοντες των καταστημάτων, συμπεριλαμβανομένου και του χώρου.

Μελέτες Αποθηκευτικών χώρων και μοντέλα

Παλαιότερες μελέτες πάνω στη διαχείριση των χώρων επικεντρώθηκαν στο να ορίσουν εάν υπάρχει σχέση μεταξύ του αποθηκευτικού χώρου ενός προϊόντος και των πωλήσεών του (Kueckeburg και Davis, 1966; Burgoyne και Johnston, 1968; Cox, 1964, 1970; Frank και Massy, 1970; Kotzan και Evanson, 1969; Pauli και Hoecker, 1952).

Τυπικά, τα μοντέλα έκτασης των αποθηκευτικών χώρων υποθέτουν ότι η αναλογία των πωλήσεων με το χώρο μειώνεται όταν αυξάνεται ο χώρος (Anderson, 1979; Brown και Tucker, 1961; Bultez και Naert, 1988; Bultez et al., 1989; Cairns, 1962; Corstjens και Doyle, 1881, 1983; Curhan, 1972, 1973; Hansen και Heinsbroek, 1979). Η μη – γραμμικότητα των μοντέλων αυτών αναγκάζει πολλούς από τους συγγραφείς να κάνουν απλοποιητικές υποθέσεις και παραδοχές για να βγάλουν αποτελέσματα – λύσεις.

Ταξινόμηση και Εξάντληση αποθεμάτων από τα ράφια

Η βιβλιογραφία που είναι διαθέσιμη γύρω από την αντίδραση των καταναλωτών στην εξάντληση αποθεμάτων των προϊόντων αποδεικνύει ότι σε πολλές περιπτώσεις οι αγοραστές αντιστέκονται στην αλλαγή των αρχικών τους επιλογών (Peckham, 1963; Walter και Grabner, 1975; Walter και La Londe, 1975; Emmelhainz et al., 1991; Nielsen Marketing Research, 1992). Αυτές οι μελέτες υπέβαλαν

ερωτηματολόγια στους καταναλωτές για την πιθανή τους αντίδραση στην περίπτωση που το επιθυμητό προϊόν δεν υπήρχε και χρησιμοποίησαν δεδομένα για να μετρήσουν τις επιδράσεις στις πωλήσεις αυτών των εξαντλήσεων των αποθεμάτων από τα ράφια. Ανάλογα με την κατηγορία, το ποσοστό των καταναλωτών που θα πήγαιναν αλλού να αγοράσουν τη μάρκα τους, εάν αυτή δεν ήταν διαθέσιμη, κυμαίνονταν από έξι έως ογδόντα τρία τοις εκατό (6 – 83 %). Αυτά τα ποσοστά αυξάνονταν, εάν το συγκεκριμένο προϊόν δεν ήταν διαθέσιμο και σε δεύτερη περίπτωση.

Επιπτώσεις σύγχρονων μελετών στις επιδράσεις των χώρων

Τα σύγχρονα μοντέλα διαχείρισης αποθηκευτικών χώρων επικεντρώνονται στην ευνοϊκή απόκριση του χώρου και παραβλέπουν θέματα ταξινόμησης και εξάντλησης αποθεμάτων (Anderson, 1979; Hansen και Heinsbroek, 1979; Corstjens και Doyle, 1981, 1983; Zufryden, 1986; Bultez και Naert, 1988; Bultez et al., 1989). Τα υπάρχοντα μοντέλα ταξινομούν τον χώρο των ραφιών στα καταστήματα χρησιμοποιώντας μόνο την ελαστικότητα των χώρων, η οποία αποδείχτηκε αδύναμη. Όπως παρατήρησε ο Lee (1961), η χρησιμοποίηση της ελαστικότητας των χώρων για να παρθούν αποφάσεις ταξινόμησης προκαλεί προβλήματα που συντίθενται από την πολλαπλασιαστική μορφοποίηση που χρησιμοποιείται σε πολλά από αυτά τα μοντέλα.

Η πιθανότητα οι καταναλωτές να είναι απρόθυμοι να αλλάξουν την αρχική τους επιλογή εάν αυτή δεν είναι - προσωρινά ή διαρκώς - διαθέσιμη, υποδηλώνει ότι η μεταβλητή της ταξινόμησης είναι ένα κρίσιμο κομμάτι της διαχείρισης των αποθηκευτικών χώρων. Επιπρόσθετα, οι ταυτόχρονες αποφάσεις ταξινόμησης και αποθηκευτικού χώρου στα ράφια λόγω περιορισμών χώρου απαιτούν ο χώρος και η ταξινόμηση να μοντελοποιηθούν ως διαδραστική σχέση.

1.4 Ανάλυση Ευαισθησίας

Ο πραγματικός κόσμος στον οποίο ζούμε όλοι μας, είναι γεμάτος αβεβαιότητα, ένας κόσμος του οποίου τα μελλοντικά γεγονότα και τις προϋποθέσεις δεν έχουμε την δυνατότητα στις περισσότερες περιπτώσεις να προβλέψουμε. Η συνεχής προστριβή

του ανθρώπου με αυτήν την ολοένα αυξανόμενη πολυπλοκότητα σε συνδυασμό με την ανάγκη να την υπερνικήσει, τον αναγκάζουν να προσπαθεί συνεχώς να προβλέψει την μελλοντική συμπεριφορά της φύσης με στόχο να μπορέσει να προσαρμοστεί. Εξαναγκάζεται να προβλέψει για να κάνει σωστές διοικητικές κινήσεις στη σύγκρουσή του με το περιβάλλον. Η μόνη σίγουρη βεβαιότητα είναι το παρελθόν, ενώ τα περισσότερα διοικητικά προβλήματα αφορούν το μέλλον.

Οι λύσεις που έχουν αναπτυχθεί για αυτά τα προβλήματα είναι πιθανό να χρησιμοποιούν διαφορετικές μεθόδους και τεχνικές. Μία από αυτές είναι και η ανάλυση ευαισθησίας.

Η ανάλυση ευαισθησίας είναι η υπολογιστική διαδικασία που χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη του αποτελέσματος των αλλαγών στα δεδομένα εισόδου πάνω στα αποτελέσματα εξόδου ενός μοντέλου. Αυτή η διαδικασία χρησιμοποιείται συχνά στη λήψη επενδυτικών αποφάσεων σε σχέση με την αξιολόγηση επενδυτικών σχεδίων κάτω από συνθήκες αβεβαιότητας.

Η ανάλυση ευαισθησίας μπορεί να γίνει με περισσότερους από έναν τρόπους. Μπορούν να μεταβληθούν οι παράμετροι – κλειδιά και να ελεγχθούν οι αλλαγές στις εξόδους όπου εστιάζεται το ενδιαφέρον (αυτό έγινε στην περίπτωση της μελέτης που εξετάζεται), μπορούν να γίνουν συγκρίσεις με ποσοστιαίες μεταβολές των δεδομένων εισόδου, αντίστροφη ανάλυση ευαισθησίας, κατά την οποία ορίζεται η επιθυμητή μεταβολή στα δεδομένα εξόδου και ζητείται η αντίστοιχη μεταβολή στα δεδομένα εισόδου ή και η διοδική ανάλυση ευαισθησίας, η οποία χρησιμοποιεί αλλαγές σε δύο στοιχεία εισόδου μαζί για να βγάλει προβλέψεις για τα στοιχεία εξόδου.

1.4.1 Η σπουδαιότητα της ανάλυσης ευαισθησίας

Γιατί όμως είναι σημαντική; Πρώτον, όταν εκτιμούνται τιμές των μεταβλητών, η ανάλυση ευαισθησίας καθορίζει σε ποιες μεταβλητές πρέπει να δοθεί μεγαλύτερη σημασία για να εξαχθεί η καλύτερη εκτίμηση. Για παράδειγμα, εάν βρεθεί ότι μία αύξηση στα γενικά έξοδα της τάξεως του ένα τοις εκατό (1%) προκαλεί μία αλλαγή στην συνολική αξία κατά - 0.003% αλλά μία αύξηση της τάξεως του ένα τοις εκατό (1%) στη μεταβλητή x προκαλεί μία αλλαγή στη συνολική αξία κατά - 0.899 %, τότε και κάτω από τους περιορισμούς των πόρων (χρόνος, χρήμα, οτιδήποτε), πού θα

δοθεί περισσότερη βαρύτητα ούτως ώστε να εκτιμηθεί η κατάσταση όσο το δυνατόν καλύτερα; Είναι σχεδόν σίγουρο ότι κάθε λογικός άνθρωπος θα διάλεγε τη μεταβλητή x . Κάνοντας αυτό κανείς από το στάδιο της μοντελοποίησης, καταλήγει στις καλύτερες εκτιμήσεις.

Δεύτερον, όταν ο σχεδιασμός είναι μία συνεχιζόμενη υπόθεση, το διοικητικό προσωπικό πρέπει να γνωρίζει ποιες μεταβλητές πρέπει να προσέξει λεπτομερώς. Πρέπει να παρακολουθεί κάθε μεταβλητή. Εάν η αύξηση κατά 1% στα γενικά έξοδα προκαλεί αλλαγή στη συνολική αξία κατά -0.03% ενώ αλλαγή κατά 1% στην πολιτική για τους παραληφθέντες λογαριασμούς προκαλεί αλλαγή στη συνολική αξία κατά 0.932% , τότε η διοίκηση θα έπρεπε να προσέξει περισσότερο τι κάνουν οι πωλητές της στο δρόμο όσον αφορά τους όρους των πωλήσεων παρά να προσπαθεί να μειώσει τα γενικά έξοδα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

Διατύπωση προβλήματος – Περιγραφή Extend5

2.1 Η επιχείρηση και το πρόβλημά της

Η επιχείρηση για την οποία εκπονήθηκε η παρούσα διπλωματική εργασία δραστηριοποιείται στην Λάρισα και εμπορεύεται ανταλλακτικά αυτοκινήτων. Όπως κάθε επιχείρηση μεταπώλησης αγαθών διαθέτει προμηθευτές που την εφοδιάζουν με ανταλλακτικά, καθώς και αποθηκευτικούς χώρους και ράφια όπου τοποθετούνται τα ανταλλακτικά και εργαζομένους για τη λειτουργία του καταστήματος.

Βέβαια ο αριθμός των προμηθευτών είναι αρκετά μεγάλος αφού η επιχείρηση εμπορεύεται τα αυθεντικά ανταλλακτικά όλων των κατασκευαστών αυτοκινήτων συν τις απομιμήσεις τους, επώνυμες και μη. Το γεγονός ότι οι προμηθευτές αυτοί είναι γεωγραφικά κατανεμημένοι σε όλες τις ηπείρους της υφηλίου και οι χρόνοι ανταπόκρισής τους στις παραγγελίες της επιχείρησης διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους, συμβάλλει στη δυσκολία γενικής εποπτείας των διεργασιών και του κόστους τους από την επιχείρηση χωρίς την εφαρμογή σύγχρονων μεθόδων και εργαλείων (π.χ. ERP).

Άλλα παράμετροι που μεγεθύνουν αυτή τη δυσχέρεια είναι και ο μεγάλος αριθμός των διαφόρων ανταλλακτικών – αυθεντικών και απομιμήσεων – καθώς και ο αποθηκευτικός χώρος που καταλαμβάνουν, που αθροίζεται στο κόστος και η ποικιλότητα στη ζήτησή τους από τους πελάτες.

Το πρόβλημα της επιχείρησης, λοιπόν, είναι η εποπτεία και η ελαχιστοποίηση του κόστους του κύκλου εργασιών της. Συζητώντας με τον υπεύθυνο της επιχείρησης και πρόεδρο του Εμπορικού Επιμελητηρίου Λαρίσης, κ. Γκουντόπουλο και με τις υποδείξεις των επιβλεπόντων κ.κ. Γ. Λυμπερόπουλου και Γ. Σταμπουλή, αποφασίστηκε να αναπτυχθεί ένα μοντέλο το οποίο θα πραγματεύεται ένα είδος ανταλλακτικού (π.χ. αμορτισέρ) σε δύο μορφές του, αυθεντικό και απομίμηση ή, στην περίπτωση επιλογής μεταξύ δύο απομιμήσεων (λόγω της ζήτησης), επώνυμη και μη, και το οποίο θα μπορεί να εφαρμοστεί σε όλη τη γκάμα ανταλλακτικών που παρέχει η επιχείρηση για κάθε είδος ξεχωριστά. Στη μορφή αυτή καταλήξαμε από το γεγονός ότι οι πελάτες της επιχείρησης έχουν την δυνατότητα της επιλογής μεταξύ του αυθεντικού και της απομίμησής του (ή μεταξύ διαφόρων απομιμήσεων) και ότι η τελική επιλογή τους εξαρτάται από την τιμή πώλησης των ανταλλακτικών, από το αυτοκίνητο το οποίο έχουν στην ιδιοκτησία τους, από την ηλικία του, από το αν έχουν σκοπό τη μεταπώλησή του κ.ά. , δηλαδή από παράγοντες μη ελεγχόμενους από την επιχείρηση και με διαφορετικές τιμές για κάθε περίπτωση.

Ο πρώτος στόχος του μοντέλου είναι να συμβάλει στην μεγιστοποίηση του κέρδους με βάση τα δεδομένα που θα του δίδονται κάθε φορά για το είδος του ανταλλακτικού, την τιμή αγοράς του, την τιμή πώλησής του, τη ζήτηση που έχει από τους πελάτες, το μέγεθος της παρτίδας αναπαραγγελίας και το κόστος της, την τιμή του αρχικού αποθέματος, το ετήσιο επιτόκιο κλπ. Με άλλα λόγια να βρεθούν τα βέλτιστα Q, r (ποσότητα και σημείο αναπαραγγελίας) για κάθε ζεύγος ανταλλακτικών που θα εξετάζεται.

Ένας δεύτερος στόχος είναι η διαδικασία αυτή της βελτιστοποίησης της αντικειμενικής συνάρτησης να γίνεται αυτόματα από το ίδιο το μοντέλο, χωρίς να χρειάζεται ο χρήστης να διεξάγει πολυπληθή δειγματοληπτικά πειράματα, γεγονός που προϋποθέτει γνώση της χρήσης του λογισμικού προσομοίωσης και πολύ χρόνο και επίσης, το μοντέλο να έχει τη μορφή έτοιμου λογισμικού όπως αυτά που διατίθενται στο εμπόριο, ούτως ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τον κάθε ενδιαφερόμενο. Να μπορεί, δηλαδή, ο κάθε ενδιαφερόμενος να παίρνει αποτελέσματα εισάγοντας απλά τα στοιχεία που προαναφέρθηκαν (τιμές πώλησης, αγοράς κλπ.) στο

ειδικά διαμορφωμένο μοντέλο, καθώς και να μπορεί να έχει τη εποπτεία των κυριότερων μεγεθών όπως έσοδα, αριθμοί ικανοποιημένων και μη ικανοποιημένων πελατών, επίπεδο αποθεμάτων ανά πάσα στιγμή, κόστη, κέρδη κλπ.

Με βάση τους στόχους έγινε και η επιλογή του λογισμικού πακέτου με το οποίο πραγματοποιήθηκε η όλη διαδικασία. Αυτό είναι το *Extend5* της εταιρείας Imagine That! Inc. , ορισμένα χαρακτηριστικά του οποίου παρατίθενται παρακάτω.

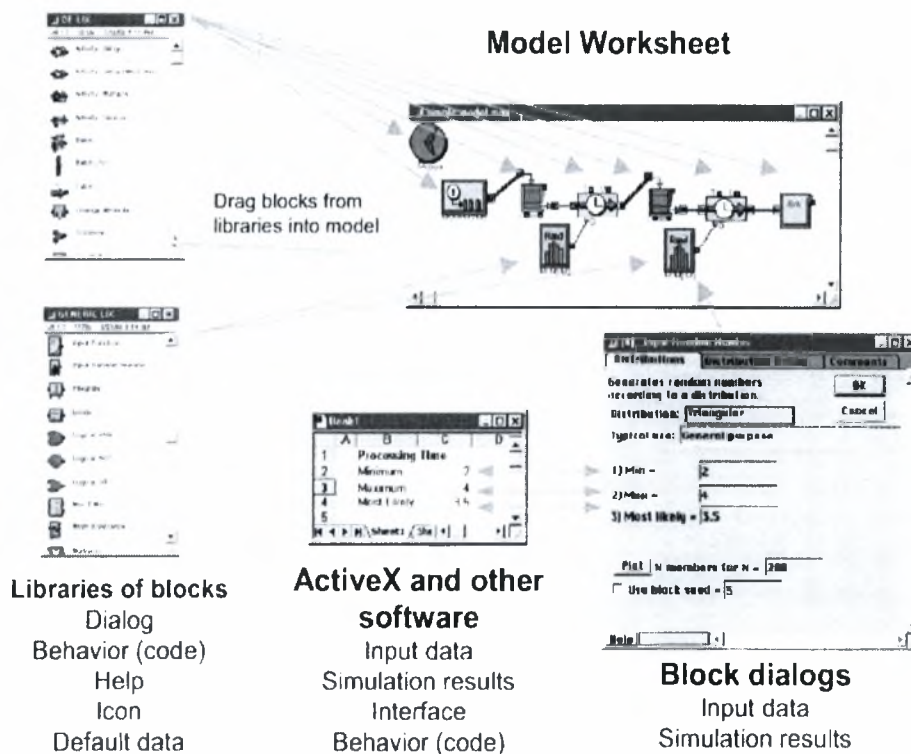
2.2 Το περιβάλλον προσομοίωσης του Extend5

Την τελευταία δεκαετία παρατηρείται μία σύγκλιση στην βιομηχανία της προσομοίωσης. Οι γλώσσες προγραμματισμού προσομοίωσης έγιναν πιο εύχρηστες και συχνά προσέθεσαν επιφάνειες εργασίας για το χρήστη παρόμοιες με αυτές που παραδοσιακά βρίσκονται μόνο στους εξομοιωτές. Εξαιτίας αυτού, έγινε δύσκολο για κάποιον να καθορίσει τα πλεονεκτήματα ενός προϊόντος έναντι των άλλων βασιζόμενος στην σύγκριση χαρακτηριστικών.

Σε αυτήν την μπερδεμένη αγορά, το πρόγραμμα *Extend5* ξεχωρίζει ως ένα προϊόν του οποίου ο βασικός σχεδιασμός παρέχει στον χρήστη του ένα συνδυασμό απaráμιλλης ευκολίας στη χρήση, υπολογιστικής δύναμης και επεκτασιμότητας (Krahl, 1999). Είναι:

- Ένα εργαλείο προσομοίωσης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την δημιουργία πολύπλοκων μοντέλων, συνεχών και διακριτού γεγονότος χωρίς την ανάγκη προγραμματισμού.
- Ένα πακέτο δημιουργίας προσομοιώσεων όπου τα μοντέλα μπορούν να δημιουργηθούν εύκολα και γρήγορα για να αυξήσουν την παραγωγικότητα και την ευκολία χρήσης χωρίς προγραμματισμό.
- Ένα περιβάλλον ανάπτυξης ομάδων ειδικά διαμορφωμένων, ολοκληρωμένων και επαναχρησιμοποιήσιμων συστατικών στοιχείων. Αυτό το περιβάλλον προγραμματισμού επιτρέπει στον χρήστη να δημιουργήσει τον δικό του εξομοιωτή.

Το *Extend5* είναι το πρώτο πρόγραμμα προσομοίωσης που μεταφέρει επιτυχημένα την προσομοίωση στην επιφάνεια εργασίας του υπολογιστή. Τα μοντέλα στο *Extend5* κατασκευάζονται με εικονιζόμενα δομικά στοιχεία (blocks) χωρισμένα ανά κατηγορίες σε βιβλιοθήκες (libraries). Κάθε δομικό στοιχείο περιγράφει έναν υπολογισμό ή ένα βήμα στην όλη διαδικασία. Τα παράθυρα διαλόγου των δομικών στοιχείων είναι οι μηχανισμοί για την εισαγωγή των πληροφοριών στο μοντέλο και για την ένδειξη των αποτελεσμάτων του δομικού στοιχείου. Κάθε βιβλιοθήκη δομικών στοιχείων αναπαριστά την ομαδοποίηση των στοιχείων αυτών με βάση παρόμοια χαρακτηριστικά όπως Διακριτού Γεγονότος (Discrete Event), Ηλεκτρονικών (Electronics), Επανασχεδιασμός Εταιρικών Διαδικασιών (Business Process Reengineering, BPR) κλπ. Τα δομικά στοιχεία τοποθετούνται στην επιφάνεια εργασίας του μοντέλου τραβώντας τα με το ποντίκι από την βιβλιοθήκη τους. Έτσι δημιουργείται η ροή μεταξύ των διαφόρων δομικών στοιχείων. Το Σχήμα 2.1 απεικονίζει την δομή ενός μοντέλου στο *Extend5*.



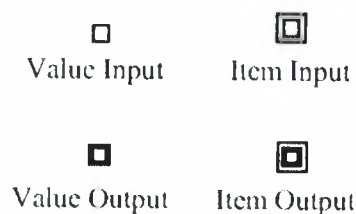
Σχήμα 2.1. Δομή μοντέλου στο Extend5

(Πηγή: *The Extend Simulation Environment, Krahl*)

Υπάρχουν δύο είδη λογικών ροών μεταξύ των δομικών στοιχείων του *Extend5*. Το πρώτο είδος είναι αυτό των οντοτήτων (items) οι οποίες αντιπροσωπεύουν τα αντικείμενα που κινούνται στο σύστημα. Οι οντότητες μπορούν να έχουν χαρακτηριστικά (attributes) και προτεραιότητες (priorities). Παραδείγματα οντοτήτων είναι εργαλεία, πρώτες ύλες, ασθενείς ή πακέτα πληροφοριών.

Το δεύτερο είδος είναι οι τιμές (values), οι οποίες μπορούν να αλλάζουν με το χρόνο μέσα στην προσομοίωση. Οι τιμές αντιπροσωπεύουν έναν αριθμό. Παραδείγματα τιμών είναι ο αριθμός των οντοτήτων σε μια ουρά (queue), το αποτέλεσμα ενός τυχαίου δείγματος ή το επίπεδο πετρελαίου σε ένα τάνκερ.

Κάθε δομικό στοιχείο έχει συνδεδετικά στοιχεία (connectors) γύρω από την επιφάνειά του. Το Σχήμα 2.2 δείχνει τα σύμβολα των συνδεδετικών στοιχείων του *Extend5* για συνδέσεις τιμών και οντοτήτων.



Σχήμα 2.2. Σύμβολα συνδέσεων τιμών και οντοτήτων
(Πηγή: *The Extend Simulation Environment, Krahl*)

Οι συνδέσεις είναι γραμμές που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της λογικής ροής από ένα συνδεδετικό στοιχείο ενός δομικού στοιχείου προς ένα άλλο. Οι διπλές γραμμές αντιπροσωπεύουν συνδέσεις οντοτήτων και οι μονές συνδέσεις τιμών. Η ιδέα των συνδέσεων τιμών μαζί με τις συνδέσεις οντοτήτων υπάρχει μόνο στο *Extend5*. Άλλα σύγχρονα προγράμματα προσομοίωσης απαιτούν να γραφτεί μία συνάρτηση όταν δεδομένο στοιχείο στην προσομοίωση βασίζεται σε μία τιμή σε κάποιο άλλο σημείο στο μοντέλο. Στο *Extend5*, αυτό το είδος λογικής δεν χρειάζεται προγραμματισμό και πιο σημαντικό είναι το ότι η λογική του μοντέλου είναι ορατή στον καθένα που θα εξετάσει τη δομή του.

Το Σχήμα 2.1 μας δείχνει επίσης τη σχέση μεταξύ των βιβλιοθηκών, των δομικών στοιχείων, του φύλλου εργασίας (worksheet) και κάποιων εξωτερικών

προγραμμάτων, όπως αντικειμένων του ActiveX, του Excel ή ενός αρχείου DLL (Dynamic-Link Library), που μπορούν να ενσωματωθούν στο *Extend5*. Επίσης μας δίνει την οπτική εικόνα ενός μοντέλου.

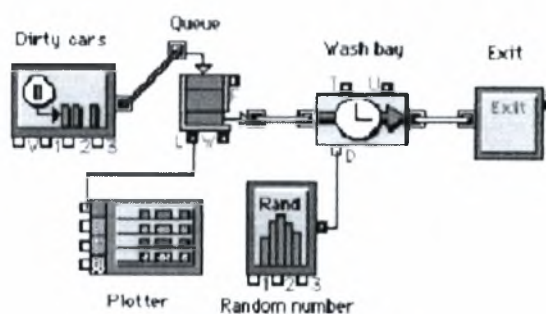
2.2.1 Ανάλυση δεδομένων και Βελτιστοποίηση

Το πρόγραμμα προσφέρει μεθόδους ανάλυσης πληροφοριών εισόδου και εξόδου. Αυτές ποικίλουν από χαρακτηριστικά εσωτερικής ανάλυσης έως ενσωμάτωση άλλων προγραμμάτων και συνεργασία μαζί τους.

Στους χρήστες παρέχεται βοήθεια ως προς την επιλογή της σωστής κατανομής πιθανοτήτων με τη χρήση εμπειρικών πληροφοριών συλλεγμένες από το πεδίο δράσης. Πρόσθετα, μπορεί να γίνει και ανάλυση ευαισθησίας για τον καθορισμό του βαθμού ευαισθησίας του συστήματος σε αλλαγές παραμέτρων εισόδου. Για παράδειγμα, για να καθορίσουμε πόσο ευαίσθητη είναι η διαδικασία του πλυσίματος των αυτοκινήτων στις αλλαγές στους χρόνους αφίξεων βρώμικων αυτοκινήτων στο σύστημα, μπορούμε να κάνουμε ανάλυση ευαισθησίας στην παράμετρο μέσω των αφίξεων του δομικού στοιχείου «Γεννήτρια» (Generator) του σχήματος 2.3. Διαλέγοντας την παράμετρο διαλόγου «χρόνοι αφίξεων» και επιλέγοντας «Ευαισθητοποίηση Παραμέτρου» από το μενού Edit, η αλλαγή στην τιμή της παραμέτρου από το ένα «τρέξιμο» στο άλλο καθορίζεται. Οι παράμετροι της προσομοίωσης όπως ο αριθμός των επαναλήψεων και το τέλος της προσομοίωσης καθορίζονται από το παράθυρο διαλόγου «Simulation Setup» στο μενού Run. Τέλος, η βιβλιοθήκη Στατιστικής (Statistics Library) βοηθά τον χρήστη να συγκεντρώσει και να αναλύσει τις πληροφορίες εξόδου. Τα δομικά στοιχεία αυτής της βιβλιοθήκης αυτόματα συγκεντρώνουν δεδομένα και υπολογίζουν τα διαστήματα εμπιστοσύνης.

Μέχρι τώρα, η βελτιστοποίηση ενός μοντέλου προσομοίωσης ήταν βασισμένη στο πείραμα και στο λάθος (trial and error method). Ο «Εξελικτικός Βελτιστοποιητής» (Evolutionary Optimizer) του *Extend5* περιέχει δυναμικούς αλγόριθμους για την εύρεση της καλύτερης δυνατής τιμής των δεδομένων του μοντέλου. Χρησιμοποιώντας διαδικασία «σύρω και τοποθετώ» (drag and drop), μετρήσεις αποδόσεων και παράμετροι που μπορούν να μεταβάλλονται τοποθετούνται στο δομικό στοιχείο Optimizer. Αυτές οι παράμετροι χρησιμοποιούνται σε μία

εξίσωση που ορίζει την αντικειμενική συνάρτηση. Όταν «τρέχει» το μοντέλο, το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο παράγει εναλλακτικές και εντοπίζει την καλύτερη στατιστικά παραμετροποίηση. Σε αντίθεση με εξωτερικούς βελτιστοποιητές, η βελτιστοποίηση του *Extend5* είναι καλά ολοκληρωμένη μέσα στο πρόγραμμα. Για παράδειγμα, όταν η διαδικασία βελτιστοποίησης ολοκληρωθεί, οι παράμετροι του μοντέλου τίθενται αυτόματα στις καλύτερες δυνατές τιμές τους. Επίσης, επειδή ο βελτιστοποιητής έχει συγκεντρωθεί σε ένα δομικό στοιχείο, ο κώδικάς του είναι διαθέσιμος για έλεγχο και αλλαγές.



Σχήμα 2.3. Παράδειγμα μοντέλου στο *Extend5* (Πηγή: *The Extend Simulation Environment*, Krahl)

2.2.2 Κινητική Αναπαράσταση και Ιεραρχική Μοντελοποίηση

Η κινητική αναπαράσταση (animation) είναι ένα ισχυρό εργαλείο παρουσίασης και λύσης προβλημάτων που μπορεί να μεγεθύνει κατά πολύ την διαφάνεια ενός μοντέλου. Στο *Extend5* τα εικονίδια αναπαράστασης (animation icons) που κινούνται από δομικό στοιχείο σε δομικό στοιχείο αναπαριστούν την ροή των οντοτήτων στο σύστημα. Οι χρήστες μπορούν να διαλέξουν ανάμεσα σε αρκετά εικονίδια που περιέχονται στο πρόγραμμα, να δημιουργήσουν τα δικά τους ή να εισάγουν άλλα.

Για παράδειγμα, για να προσθέσουμε κινητική αναπαράσταση ούτως ώστε να φανούν τα αυτοκίνητα που πηγαίνουν από δομικό στοιχείο σε δομικό στοιχείο στο

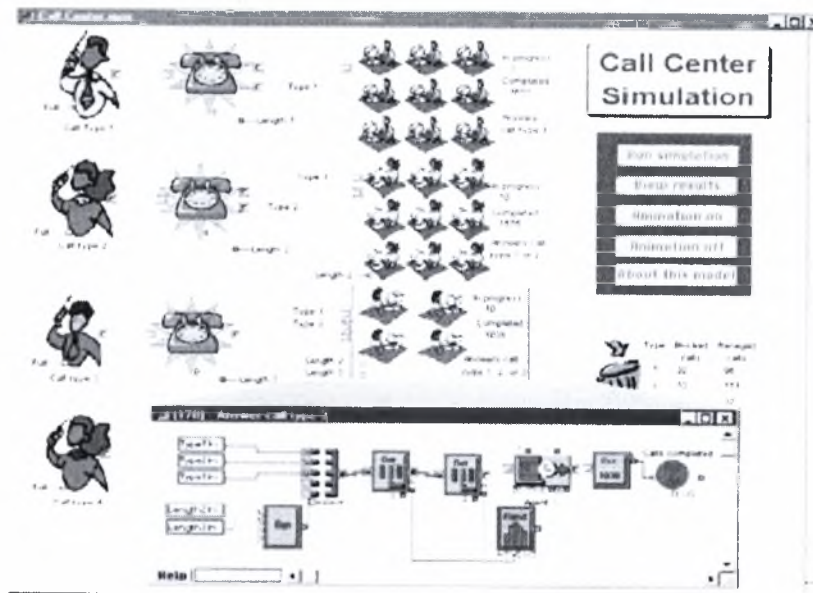
μοντέλο πλυσίματος αυτοκινήτων του Σχήματος 2.3, επιλέγουμε το κατάλληλο εικονίδιο στον τομέα Animation μέσα στο δομικό στοιχείο Generator. Από εδώ ορίζουμε την εικόνα που θα αναπαριστά όλες τις οντότητες που παράγονται από το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο. Κάθε δομικό στοιχείο από το οποίο περνά μία οντότητα έχει την δυνατότητα να αλλάξει το εικονίδιό της. Κάθε οντότητα που βγαίνει από το δομικό στοιχείο Generator μπορεί να αναπαρασταθεί με την εικόνα ενός βρώμικου αυτοκινήτου. Όταν οι οντότητες περνούν από τη μηχανή αυτόματου πλυσίματος, το δομικό στοιχείο αλλάζει το εικονίδιο των οντοτήτων σε καθαρά αυτοκίνητα, δίνοντας την δυνατότητα οπτικής επαφής με τις αλλαγές των οντοτήτων στο μοντέλο.

Στο παρελθόν έχουν υπάρξει τουλάχιστον δύο ορισμοί για την ιεραρχία σε μοντέλα προσομοίωσης. Ο πρώτος ορισμός δόθηκε από την Imagine That! Inc. το 1992 και περιγράφει την ομαδοποίηση συστατικών του συστήματος (δομικά στοιχεία) σε ένα μόνο αντικείμενο. Ο δεύτερος ορισμός, λόγος για τον οποίο έγινε αργότερα το 1992 από τους Pegden και Davis, περιγράφει ένα σύστημα μοντελοποίησης στο οποίο νέες κατασκευές μπορούν να δημιουργηθούν από υπάρχοντες, παρεχόμενες από το σύστημα προσομοίωσης. Φαίνεται ότι, καθώς άλλα πακέτα προσομοίωσης ωρίμασαν και πρόσθεσαν χαρακτηριστικά, ο πρώτος ορισμός έγινε ο κανόνας (Barat και Swets, 2000).

Το *Extend5* παρέχει απεριόριστα ιεραρχικά επίπεδα που δημιουργούνται με τη χρήση μίας και μόνο εντολής στο μενού. Η ιεραρχία επιτρέπει στα μοντέλα να διαιρεθούν σε λογικά συστατικά στοιχεία ή υπομοντέλα που αναπαρίστανται από ένα περιγραφικό εικονίδιο. Με διπλό «κλικ» του ποντικιού του υπολογιστή επάνω σε ένα ιεραρχικό δομικό στοιχείο ανοίγει ένα νέο παράθυρο που απεικονίζει το υπομοντέλο. Έτσι απλοποιείται η αναπαράσταση ενός μοντέλου και επιτρέπει στον χρήστη να κρύβει και να δείχνει λεπτομέρειες του μοντέλου όπως χρειάζεται στον τελικό αποδέκτη του.

Ακόμα και ένα μοντέλο μεσαίου μεγέθους που αναπαριστά ένα τηλεφωνικό κέντρο μπορεί να είναι δύσκολο να διαβαστεί εάν όλα τα συστατικά του στοιχεία βρίσκονται στο ίδιο μοντελικό επίπεδο. Η ιεραρχία στο *Extend5* επιτρέπει στον χρήστη να οργανώσει το μοντέλο σε μικρότερα κομμάτια. Επιπρόσθετα, νέα κομμάτια στο μοντέλο μπορούν να προστεθούν με τη δημιουργία νέων ιεραρχικών δομικών στοιχείων. Το Σχήμα 2.4 μας δείχνει την χρήση της ιεραρχίας για την

οργάνωση ενός μοντέλου, όπου κάθε εικονίδιο αναπαριστά ένα ξεχωριστό κομμάτι του μοντέλου.



Σχήμα 2.4. Μοντέλο τηλεφωνικού κέντρου με ιεραρχικά δομικά στοιχεία (Πηγή: The Extend Simulation Environment, Krahl)

Διαλέγοντας μία ομάδα δομικών στοιχείων και επιλέγοντας «Κάνε την επιλογή Ιεραρχική» από το μενού Model, τα συγκεκριμένα δομικά στοιχεία περιλαμβάνονται πλέον μέσα σε ένα και μόνο εικονίδιο ιεραρχικού δομικού στοιχείου. Η ιεραρχία στο *Extend5* ενσωματώνει πλήρως τα δομικά στοιχεία και δεν χρειάζεται μετονομασία μεταβλητών και συνδέσεων. Όλα τα ονόματα των συνδέσεων στο ιεραρχικό δομικό στοιχείο είναι τοπικά για αυτό το στοιχείο. Αυτό επιτρέπει πολλά πανομοιότυπα ιεραρχικά δομικά στοιχεία στο ίδιο μοντέλο (Pidd και Castro, 1998). Τα ιεραρχικά δομικά στοιχεία μπορούν να αντιγραφούν σε ένα μοντέλο ή να αποθηκευτούν σε μία βιβλιοθήκη για να ξαναχρησιμοποιηθούν σε άλλα, μεταγενέστερα μοντέλα. Το εικονίδιο του ιεραρχικού δομικού στοιχείου μπορεί να αλλάξει χρησιμοποιώντας τον ενσωματωμένο μετατροπέα εικονιδίων ή με την εισαγωγή κάποιας υπάρχουσας εικόνας. Το Σχήμα 2.4 δείχνει το μοντέλο του τηλεφωνικού κέντρου με ιεραρχικά δομικά στοιχεία.

2.2.3 Αρχιτεκτονική Διακριτού Γεγονότος

Το *Extend5* χρησιμοποιεί αρχιτεκτονική η οποία επιτρέπει πιο φυσικό χτίσιμο μοντέλων από ότι σε άλλα προγράμματα προσομοίωσης. Μηνύματα χρησιμοποιούνται για το πέρασμα της πληροφορίας σε συνδεδεμένα δομικά στοιχεία περί της καταστάσεως και της αντίδρασης του δομικού στοιχείου που τα στέλνει. Για παράδειγμα, μόλις μία ουρά παραλάβει μία οντότητα θα στείλει ένα μήνυμα «θέλετε;» στα επόμενα δομικά στοιχεία για να δει αν αυτά χρειάζονται ή μπορούν να δεχτούν την οντότητα. Το σύστημα μηνυμάτων χρησιμοποιείται και από τα συνδεδεμένα στοιχεία τιμών και από τα αντίστοιχα οντοτήτων. Εξαιτίας αυτού, μπορούν να στηθούν πολύπλοκα λογικά μοντέλα.

Χρησιμοποιώντας αυτό το μοντέρνο, βασισμένο σε μηνύματα σύστημα, το *Extend5* επιτρέπει στον χρήστη να επικεντρωθεί στην εργασία της μοντελοποίησης και να μην χάσει πολύτιμο χρόνο με το εργαλείο μοντελοποίησης.

Μερικά πολύ βασικά χαρακτηριστικά της αρχιτεκτονικής διακριτού γεγονότος του *Extend5* είναι τα εξής:

- Πολύπλοκα τμήματα μοντέλου μπορούν να κατασκευαστούν από απλά δομικά στοιχεία.
- Ευκολότερος ανασχεδιασμός γεγονότων: Επειδή εισάγονται δομικά στοιχεία και όχι οντότητες, η αλλαγή του χρόνου ενός γεγονότος είναι απλή διαδικασία, π.χ. ανοίγοντας το διάλογό του και πληκτρολογώντας έναν νέο χρόνο.
- Τα γεγονότα δεν χρειάζεται να είναι βασισμένα σε οντότητες. Τα δομικά στοιχεία μπορούν να εισαχθούν και μόνα τους εάν δεν χειρίζονται οντότητες.
- Οι φραγές μπορούν να γίνουν μέσω αποφάσεων (decisions). Το πρόγραμμα καθορίζει αυτόματα ποιο δρομολόγιο παίρνει μία οντότητα πριν φτάσει στο σημείο απόφασης.
- Οι ουρές μπορούν να διαχωριστούν από τις δραστηριότητες. Οποιοσδήποτε αριθμός δομικών στοιχείων που δεν περιέχουν οντότητες

(passing blocks) μπορεί να τοποθετηθεί μεταξύ μίας ουράς και της επόμενης δραστηριότητας.

- Οι προϋποθέσεις δεν χρειάζεται να βασίζονται στον χρόνο. Μηνύματα στέλνονται στα συνδεδεμένα δομικά στοιχεία οποτεδήποτε αλλάζει μία προϋπόθεση και η προϋπόθεση αυτή αξιολογείται αμέσως.
- Η λογική του μοντέλου αναπαρίσταται γραφικά και είναι ορατή ως τμήμα της δομής του μοντέλου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

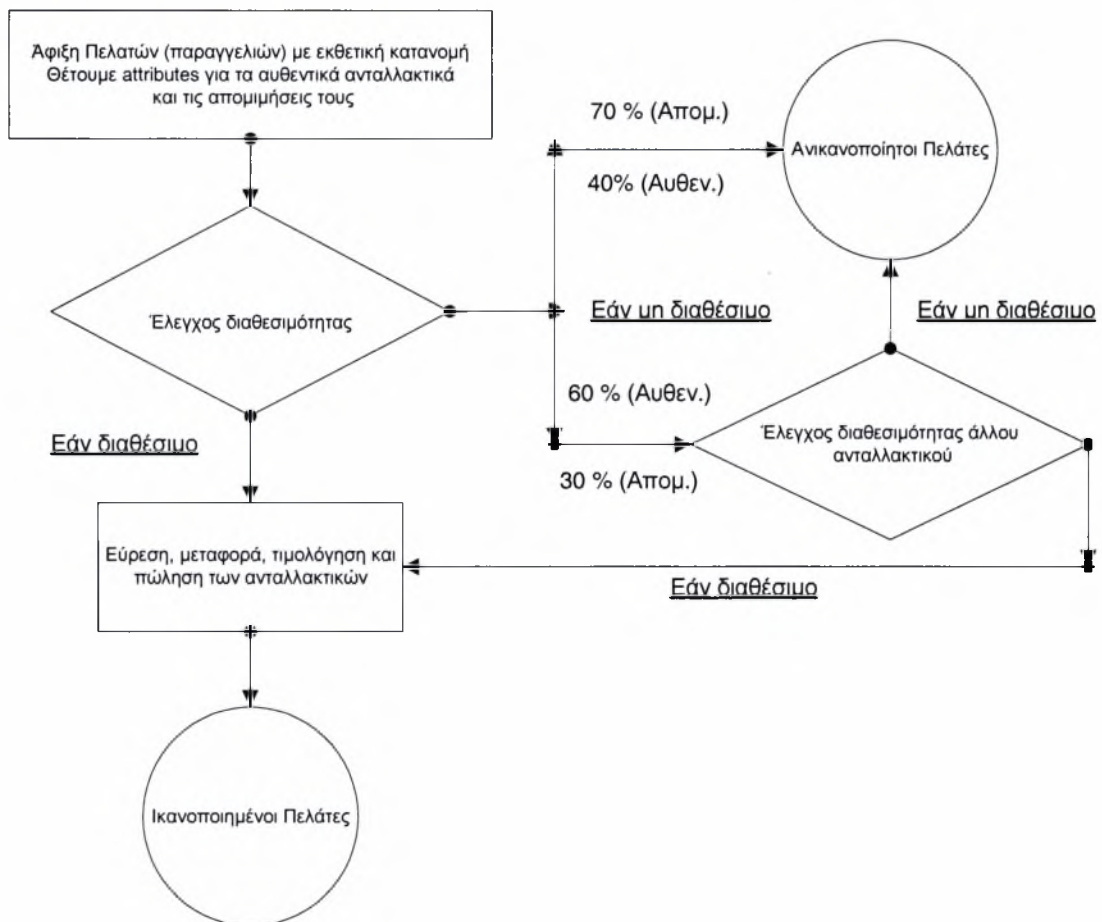
Ανάπτυξη – Περιγραφή Μοντέλου

3.1 Πρόχειρο Μοντέλο – Διάγραμμα Ροής

Όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή, το πρώτο βήμα πριν την ανάπτυξη του πλήρους μοντέλου είναι η κατασκευή ενός πρόχειρου, με τη μορφή διαγράμματος ροής. Πρόκειται για ένα στατικό και μη εκτελέσιμο μοντέλο στο οποίο περιγράφεται η διαδικασία που θα μοντελοποιηθεί στην συνέχεια με τη βοήθεια του *Extend5*.

Σε αυτό το διάγραμμα ροής, που απεικονίζεται στο Σχήμα 3.1, φαίνεται η άφιξη των πελατών στο κατάστημα, ο έλεγχος από πλευράς των πωλητών για τη διαθεσιμότητα του ανταλλακτικού που επιθυμεί να αγοράσει ο πελάτης και οι επιλογές του εάν δεν είναι διαθέσιμο. Αυτές είναι σύμφωνα με τις εκτιμήσεις που έδωσε η επιχείρηση, δύο πιθανότητες: κατά 70% αποχώρηση από το κατάστημα και κατά 30% η επιθυμία για αγορά του εναλλακτικού προϊόντος στην περίπτωση των

απομιμήσεων και κατά 40% αποχώρηση από το κατάστημα και κατά 60% αγορά του αυθεντικού στην περίπτωση των απομιμήσεων.



Σχήμα 3.1. Διάγραμμα ροής (Πηγή: Ιδία Επεξεργασία)

3.2 Περιγραφή πλήρους μοντέλου

Στο σημείο αυτό θα γίνει η περιγραφή βήμα προς βήμα του πλήρους μοντέλου που αναπτύχθηκε στο *Extend5* για την μελέτη και επίλυση του προβλήματος της εταιρείας, όπως αυτό τέθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο.

3.2.1 Δομή του πλήρους μοντέλου

Με βάση τους στόχους που τέθηκαν για το μοντέλο σχεδιάστηκε και η δομή του. Δηλαδή το μοντέλο, πρώτον θα πρέπει να εκτελεί εκτός από χειροκίνητα (δηλαδή πειραματικά) και αυτόματα την βελτιστοποίηση της αντικειμενικής συνάρτησης κόστους και δεύτερον, να είναι φιλικό προς τον μη εξοικειωμένο με το *Extend5* χρήστη και θεατή και να του δίνει την δυνατότητα να βλέπει πάντα και χωρίς καμία επέμβαση τα σημαντικά στοιχεία που τον ενδιαφέρουν. Να έχει με άλλα λόγια τη μορφή ενός ολοκληρωμένου προγράμματος, εύκολου στη χρήση.

Άρα λοιπόν, δύο στοιχεία χαρακτηρίζουν τη σωστή για την περίπτωσή δομή: ένα κομμάτι με το ίδιο το κυρίως μοντέλο – προσομοίωση των διαδικασιών που μελετούμε και ένα κομμάτι – επιφάνεια χειρισμού και εξαγωγής αποτελεσμάτων. Τα δύο αυτά στοιχεία βοηθούν, κατά την ταπεινή μας γνώμη, στην καλύτερη παρουσίαση της έρευνας και των αποτελεσμάτων της η οποία αποτελεί απαραίτητο εργαλείο και πολύ συχνά προϋπόθεση για την εξέλιξη ενός επαγγελματία μηχανικού.

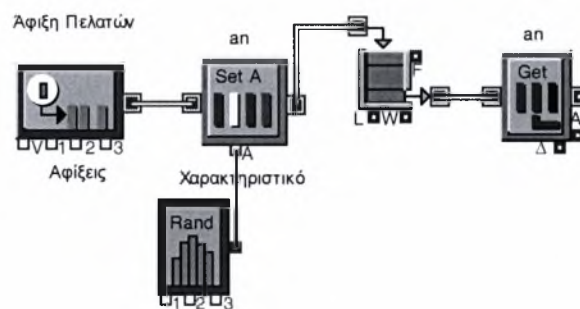
3.3 Κυρίως μοντέλο

Αρχίζοντας την περιγραφή του κυρίως μοντέλου, θα περιγραφεί η πραγματική διαδικασία και αμέσως μετά ο τρόπος της μοντελοποίησής της. Έτσι, καταρχήν συναντάται το στάδιο της άφιξης των πελατών στην επιχείρηση. Λόγω του ότι δεν είναι προκαθορισμένες και σταθερές, θα έχουν εκθετική κατανομή. Οι αφίξεις των πελατών αναπαρίστανται με έναν «Generator», μία γεννήτρια. Στο παράθυρο διαλόγου του δομικού αυτού στοιχείου επιλέγεται από μια λίστα η εκθετική κατανομή και ορίζεται η μέση τιμή του χρόνου μεταξύ των διαδοχικών αφίξεων, μία κάθε «x» χρονικές μονάδες, οι οποίες επίσης επιλέγονται από την αντίστοιχη λίστα.

Δεύτερο έρχεται το στάδιο στο οποίο ο πελάτης κάνει την παραγγελία του στον πωλητή του καταστήματος. Λόγω της παραδοχής που έγινε να μελετηθεί ένα είδος ανταλλακτικού σε δύο εκδοχές του, ο πελάτης μπορεί να επιλέξει μεταξύ δύο, του αυθεντικού και της απομίμησής του. Αυτό μοντελοποιείται με ένα «Set Attribute»

δομικό στοιχείο. Υπάρχει όμως κάποια συγκεκριμένη πιθανότητα για τις επιλογές του πελάτη. Έτσι, συνδέεται ένα «Input Random Number» δομικό στοιχείο με την είσοδο A του «Set Attribute» και στο διάλογό του και στη λίστα των κατανομών, επιλέγεται «Εμπειρικός πίνακας» (Empirical table).

Τώρα μπορούν να εισαχθούν οι επιθυμητές για κάθε περίπτωση ανταλλακτικού πιθανότητες στον πίνακα αυτό. Έτσι, κάθε άφιξη πελάτη θα έχει ορισμένες τις πιθανότητες να είναι ζήτηση του ενός ή του άλλου προϊόντος. Στη συνέχεια συνδέεται μία ουρά FIFO (FIFO – queue), για να υπάρχει η ένδειξη ανά πάσα στιγμή πόσοι πελάτες μπήκαν στο σύστημα, και ένα «Get Attribute» δομικό στοιχείο, το οποίο διαβάζει και μεταβιβάζει παρακάτω το χαρακτηριστικό που δόθηκε από το «Set Attribute» δομικό στοιχείο. Τα δομικά στοιχεία φαίνονται στο Σχήμα 3.2.



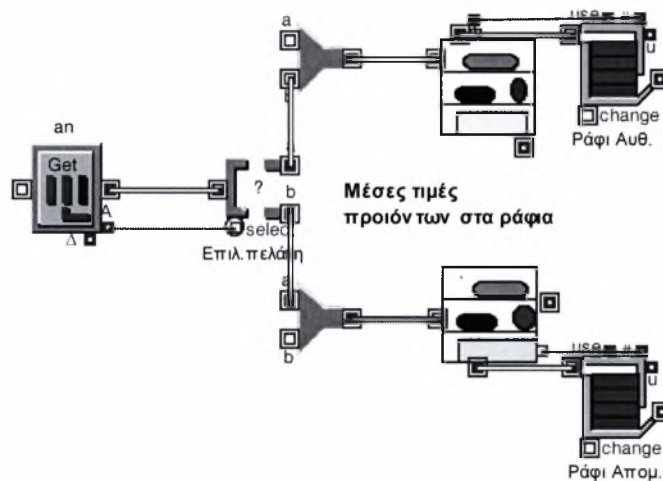
Σχήμα 3.2. Δομικά στοιχεία πρώτου – δεύτερου σταδίου (Πηγή: Ιδία Επεξεργασία)

3.3.1 Έλεγχος αποθεμάτων

Το τρίτο στάδιο είναι ο έλεγχος από τους πωλητές της διαθεσιμότητας του ανταλλακτικού που ζήτησε ο πελάτης. Αυτό γίνεται είτε μέσω του ηλεκτρονικού υπολογιστή, είτε με ψάξιμο στους αποθηκευτικούς χώρους του καταστήματος. Στο μοντέλο αυτό ενδιαφέρον παρουσιάζουν μόνο οι δύο αποθήκες και τα αντίστοιχα ράφια των ανταλλακτικών που θα χρησιμοποιηθούν. Μετά το «Get Attribute» συνδέεται ένα «Select DE Output» δομικό στοιχείο, το οποίο «αποφασίζει» που θα πάει να ψάξει ο πωλητής με βάση τα δεδομένα που δέχεται από το «Get Attribute». Στην προκειμένη περίπτωση, εάν ο πελάτης θέλει αυθεντικό, στέλνει τον πωλητή στο

ράφι με τα αυθεντικά που είναι το επάνω ράφι και εάν θέλει απομίμηση, στέλνει τον πωλητή στο ράφι των απομιμήσεων, δηλαδή το κάτω ράφι.

Τα ράφια έχουν τοποθετηθεί έτσι ώστε να είναι ορατά και να μπορεί ο χρήστης ανά πάσα στιγμή να ελέγχει το επίπεδο των αποθεμάτων κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης. Τα δομικά στοιχεία φαίνονται στο Σχήμα 3.3 το οποίο είναι η συνέχεια του Σχήματος 3.2.



Σχήμα 3.3. Δομικά στοιχεία τρίτου σταδίου και ιεραρχικά δομικά στοιχεία
(Πηγή: Ιδία Επεξεργασία)

3.3.2 Επιλογές των πελατών

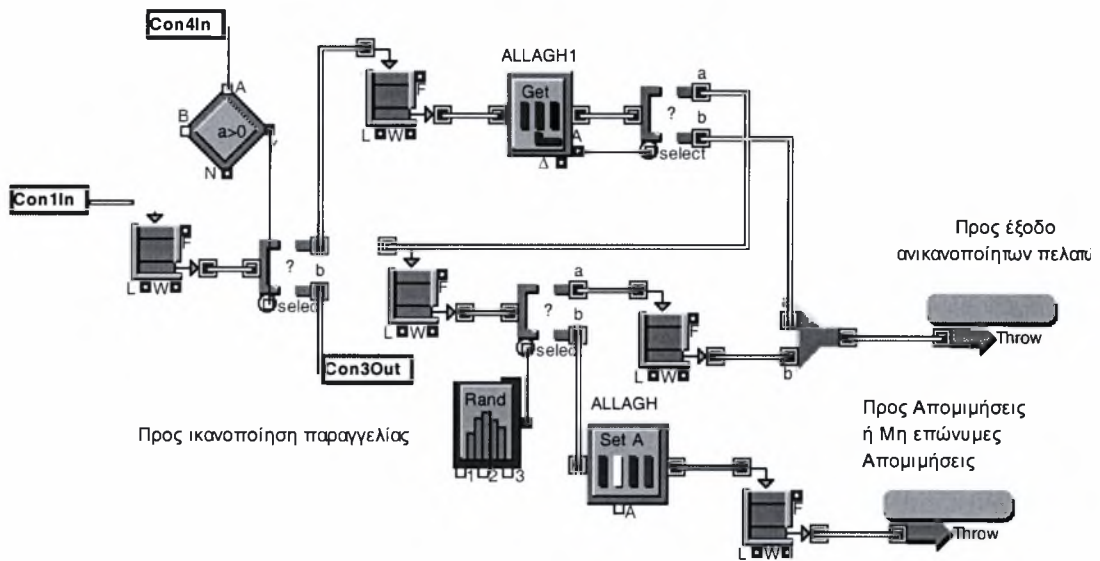
Το τέταρτο στάδιο αρχίζει με την επιστροφή του πωλητή από τα ράφια και την αναγγελία στον πελάτη του αν είναι διαθέσιμο το εξάρτημα που ζήτησε ή όχι. Σύμφωνα με τους υπευθύνους της επιχείρησης, εάν υπάρχει, ο πελάτης το αγοράζει και εγκαταλείπει το κατάστημα ικανοποιημένος. Εάν δεν υπάρχει, όμως, υπάρχουν ξανά δύο πιθανότητες: μία να φύγει από το κατάστημα ανικανοποίητος και μία να ζητήσει το παρεμφερές προϊόν. Η μοντελοποίηση αυτού του σταδίου έγινε

στο μοντέλο με δύο ιεραρχικά δομικά στοιχεία, για να κρατηθεί το συνολικό του μέγεθος σε ανεκτά επίπεδα. Θα περιγραφεί εδώ το ένα, καθώς το άλλο αποτελεί ακριβές αντίγραφο, με μόνη διαφορά την τιμή των χαρακτηριστικών (attributes).

Τα εικονίδια των ιεραρχικών αυτών δομικών στοιχείων σχεδιάστηκαν έτσι ώστε να μοιάζουν με ράφια που φέρουν επάνω τους εξαρτήματα. Κάνοντας διπλό «κλικ» με το ποντίκι επάνω τους αποκαλύπτεται η δομή τους. Έτσι λοιπόν, καθώς ο πωλητής έχει πάρει εντολή από το «Select DE Output» να κατευθυνθεί προς το ανάλογο ράφι, φτάνει σε άλλο ένα ίδιο δομικό στοιχείο, για να δει εάν υπάρχει το ζητούμενο ανταλλακτικό. Η απάντηση δίνεται από ένα «Decision» δομικό στοιχείο, άμεσα συνδεδεμένο με το ράφι. Στο παράθυρο διαλόγου του ορίζεται $A > B$ και δίνεται στο B η τιμή θ . Δηλαδή, εάν υπάρχει έστω και ένα εξάρτημα στα ράφια, ο πωλητής να το μεταφέρει στον πελάτη και να οδηγηθούμε έτσι στο πέμπτο στάδιο. Εάν, όμως, δεν υπάρχει κανένα εξάρτημα και με τη σύνδεση ενός ακόμα «Select DE Output», το οποίο με τη σειρά του συνδέεται με ένα «Input Random Number» δομικό στοιχείο, αποφασίζεται το εάν ο πελάτης θα εγκαταλείψει το κατάστημα ή εάν θα θελήσει το αντικατάστατό του. Η διαδικασία της προσαρμογής του «Input Random Number» είναι η ίδια με αυτή που ακολουθήθηκε στο πρώτο στάδιο, με τη δημιουργία δηλαδή ενός εμπειρικού πίνακα με πιθανότητες στο διάλογό του. Ο πελάτης που έχει έρθει ανικανοποίητος από το άλλο ανταλλακτικό και δεν βρίσκει ούτε αυτό, είναι πλέον σίγουρο ότι θα φύγει άπρακτος από το κατάστημα και ακολουθεί ξεχωριστή πορεία. Περνάει από ένα άλλο «Select DE Output» πάνω από το προηγούμενο, όπου διαχωρίζεται από τους πελάτες που ζητούν πρώτη φορά ανταλλακτικό και δεν μπαίνει στην διαδικασία του ελέγχου διαθεσιμότητας αποθεμάτων.

Στην περίπτωση που το «Select DE Output» δομικό στοιχείο των πελατών που ζητούν για πρώτη φορά ανταλλακτικό αποφασίσει να φύγει ο πελάτης άπρακτος, μετά το «Select DE Output» και στην επάνω έξοδό του συνδέεται μία ουρά – FIFO, η οποία βοηθάει και στην σταθερότητα του μοντέλου και αμέσως μετά ένα «Throw» δομικό στοιχείο, το οποίο μεταβιβάζει την οντότητα του πελάτη στην έξοδο των ανικανοποίητων πελατών του καταστήματος. Εάν τώρα αποφασίσει (το «Select DE Output») να ζητήσει ο πελάτης το αντικατάστατο, στην κάτω έξοδό του συνδέονται με τη σειρά ένα «Set Attribute», μία ουρά – FIFO, ένα «Get Attribute», άλλη μία ουρά – FIFO και ένα «Throw» δομικά στοιχεία. Δηλαδή, δίνεται το χαρακτηριστικό του νέου εξαρτήματος που ζήτησε ο πελάτης, διαβάζεται, διαβιβάζεται και στέλνεται

στο άλλο ιεραρχικό δομικό στοιχείο, για να επαναληφθεί εκεί όλη η διαδικασία του τέταρτου σταδίου. Τα δομικά στοιχεία φαίνονται στο Σχήμα 3.4.



Σχήμα 3.4. Δομικά στοιχεία τέταρτου σταδίου (Πηγή: Ιδία Επεξεργασία)

3.3.3 Διαδικασία Αναπαραγγελίας

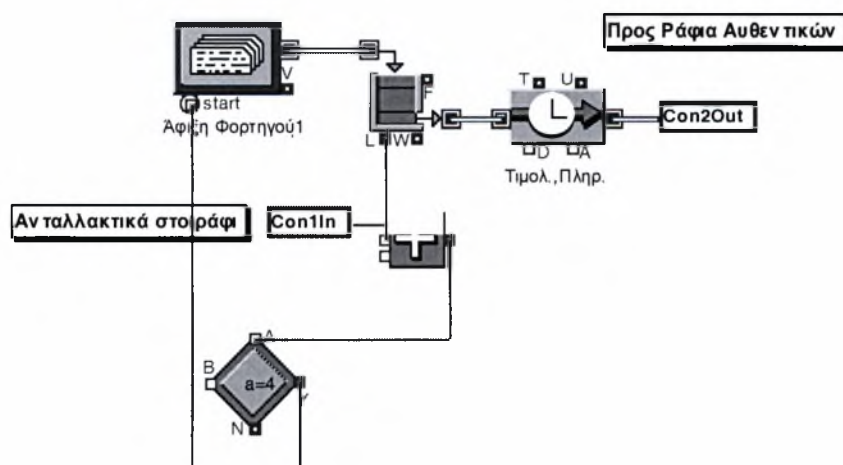
Η διαδικασία των αναπαραγγελιών από την επιχείρηση θα αντιμετωπιστεί ως ξεχωριστό στάδιο, καθώς δεν εμπλέκεται άμεσα στην αλληλεπίδραση μεταξύ πελάτη και πωλητή. Επειδή το σημείο αναπαραγγελίας r είναι ένα από τα ζητούμενα, ορίζεται στο μοντέλο να παραγγέλνει ανάλογα με το επίπεδο των αποθεμάτων στα ράφια και το βέλτιστο r θα βγει αυτόματα από το μοντέλο με τη διαδικασία της βελτιστοποίησης.

Η γέννηση των αναπαραγγελιών γίνεται από ένα «Program» δομικό στοιχείο, στο παράθυρο διαλόγου του οποίου ορίζονται χρονικές μονάδες, τιμές, προτεραιότητες και χαρακτηριστικά των παραγγελιών της επιχείρησης. Δηλαδή μετά από πόσο χρονικό διάστημα θα φθάσουν στο κατάστημα, σε ποια ποσότητα, τι είδους θα είναι κλπ. Μπορεί έτσι να κατασκευαστεί μια λίστα με παραγγελίες (μέχρι 500

διαφορετικά είδη!). Το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο δίνει επίσης την δυνατότητα να επαναλαμβάνεται αυτόματα το πρόγραμμα κάθε z χρονικές μονάδες, δεν θα χρησιμοποιηθεί όμως στην περίπτωσή μας.

Μετά το «Program» ακολουθούν μία ουρά – FIFO και ένα «Activity,Delay» δομικό στοιχείο με κατάληξη στα ράφια που περιέχουν το είδος του ανταλλακτικού που παρήγγειλε η επιχείρηση. Κάτω από αυτά βρίσκονται ακόμα ένα «Decision» και ένα «Add» δομικά στοιχεία. Το «Decision» παίρνει αποφάσεις μέσω του διαλόγου του. Εάν π.χ. επιλεγεί $A = B$ και τεθεί το B ίσον με 5, τότε το δομικό αυτό στοιχείο θα δώσει μία εντολή στο «Program» να παραγγείλει μόλις η παράμετρος που είναι συνδεδεμένη με το A και είναι ο αριθμός των ανταλλακτικών στα ράφια γίνει ίση με 5. Βέβαια, πρέπει να παρθούν υπ' όψιν και οι παραγγελίες που τυχόν έχουν γίνει ήδη και γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιείται το «Add» δομικό στοιχείο, για να προσδώσει δηλαδή στο A την τιμή του αθροίσματος των ανταλλακτικών στα ράφια και αυτών που έρχονται από αναπαραγγελίες. Το «Activity,Delay» χρησιμοποιείται κανονικά για τον ορισμό χρονικών διαστημάτων που χρειάζονται για διεργασίες. Στο μοντέλο αυτό θεωρούνται αμελητέα, καθώς δεν επηρεάζουν το κόστος, όντας σταθερά κατά προσέγγιση. Εδώ χρησιμοποιείται ως ένδειξη του αριθμού των ανταλλακτικών που ήρθαν από αναπαραγγελίες και για να θυμίζει τη διαδικασία του ξεφορτώματος και της μεταφοράς των ανταλλακτικών στα ράφια.

Η όλη διαδικασία αναπαραγγελίας βρίσκεται μέσα σε ιεραρχικά δομικά στοιχεία (με τα σύμβολα κύκλων), ένα για κάθε είδος ανταλλακτικού. Τα δομικά στοιχεία του σταδίου των αναπαραγγελιών φαίνονται στο Σχήμα 3.5.



Σχήμα 3.5. Δομικά στοιχεία σταδίου αναπαραγγελιών (Πηγή: Ιδία Επεξεργασία)

3.3.4 Ικανοποίηση παραγγελίας πελατών

Περνάμε τώρα στο πέμπτο στάδιο, αυτό στο οποίο αφού έχει βρεθεί ότι είναι διαθέσιμο το ανταλλακτικό που ζήτησε ο πελάτης, πρέπει να μεταφερθεί στο ταμείο από τον πωλητή, να τιμολογηθεί και να γίνει η εμπορική συναλλαγή με τον πελάτη, ο οποίος στη συνέχεια αποχωρεί από το κατάστημα ικανοποιημένος, αποφέροντας κέρδος στην επιχείρηση.

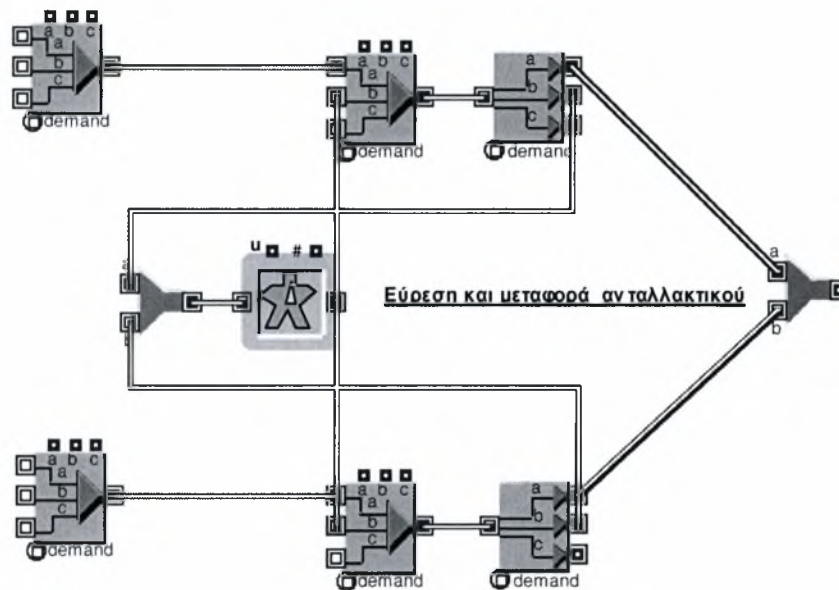
Λόγω της έκτασης που καταλαμβάνουν τα δομικά στοιχεία αυτού του σταδίου στο μοντέλο, χωρίζεται σε δύο υποστάδια: αυτό της μεταφοράς των ανταλλακτικών στο ταμείο και αυτό της τιμολόγησης τους, της πληρωμής τους και της εξόδου του πελάτη από το κατάστημα.

Το υποστάδιο της μεταφοράς είναι η συνέχεια στο μοντέλο του Σχήματος 3.3. Αποτελείται από τρία δομικά στοιχεία που συνδέονται με ένα από τα δύο ράφια, συνολικά δηλαδή έξι και από ένα ακόμα που αναπαριστά τη διαδρομή του πωλητή ανάμεσα στα ράφια και στο ταμείο. Έτσι, με κάθε ένα από τα δύο ράφια του Σχήματος 3.3 συνδέονται αρχικά ένα «Batch» δομικό στοιχείο, το οποίο χρησιμοποιείται για να συνδυάζει δύο οντότητες σε μία. Στην περίπτωση μας αυτές οι δύο οντότητες είναι η παραγγελία του πελάτη και το αντίστοιχο ανταλλακτικό. Βγαίνουν από το «Batch» δομικό στοιχείο ως μία οντότητα και μπαίνουν μαζί με τον πωλητή, που αναπαρίσταται από ένα «Labor Pool» δομικό στοιχείο μέσα σε άλλο ένα «Batch» δομικό στοιχείο. Για να διαχωριστούν οι οντότητες αυτές και να πάρει η κάθε μία το δρόμο της, χρειάζεται ένα «Unbatch» δομικό στοιχείο. Αυτό κάνει την αντίστροφη εργασία, χωρίζει δηλαδή τις οντότητες μεταξύ τους. Έτσι, από αυτό το δομικό στοιχείο εξέρχονται πλέον το ανταλλακτικό, που πηγαίνει προς τιμολόγηση και ο πωλητής – μεταφορέας, που γυρίζει στο «Labor Pool» δομικό στοιχείο, όπου παραμένει έως ότου χρειαστεί να μεταφέρει κάποιο άλλο ανταλλακτικό.

Μέσα στα «Batch» και «Unbatch» δομικά στοιχεία μπορούμε να ορίσουμε τον αριθμό των αντικειμένων που χρειάζονται από κάθε είσοδο για να γίνει η ένωση και ο διαχωρισμός αντίστοιχα. Επίσης μπορούμε να διατηρήσουμε ή όχι τα χαρακτηριστικά των οντοτήτων που μπαίνουν σε αυτά.

Στην περίπτωση μας αυτό είναι αναγκαίο, καθώς τα χαρακτηριστικά χρειάζονται αργότερα για την τιμολόγηση και την έξοδο από το κατάστημα.

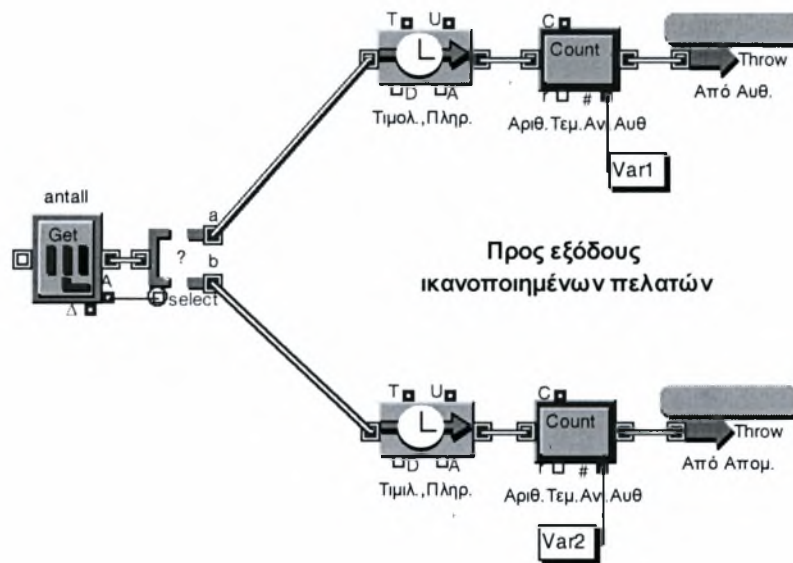
Τα δομικά στοιχεία αυτού του υποσταδίου φαίνονται στο Σχήμα 3.6.



Σχήμα 3.6. Δομικά στοιχεία υποσταδίου μεταφοράς ανταλλακτικών (Πηγή: Ιδία Επεξεργασία)

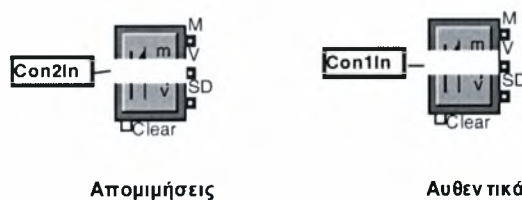
Το άλλο υποστάδιο, το οποίο είναι η συνέχεια του Σχήματος 3.6, αποτελείται στο μοντέλο από μία ουρά – FIFO για την ασφαλή συλλογή των οντοτήτων από το προηγούμενο υποστάδιο, από ένα «Get Attribute» δομικό στοιχείο, το οποίο διαβάζει και μεταβιβάζει το χαρακτηριστικό του ανταλλακτικού σε ένα «Select DE Output» δομικό στοιχείο, που στέλνει τα ανταλλακτικά ανάλογα με το χαρακτηριστικό τους για τιμολόγηση και πληρωμή σε ένα από δύο «Activity,Delay» δομικά στοιχεία. Αυτή τη φορά αυτά χρησιμοποιούνται για την συλλογή πληροφορίας όσον αφορά τα έσοδα από τις πωλήσεις των εξαρτημάτων. Στη συνέχεια, με καθένα από αυτά συνδέεται και από ένα «Count» δομικό στοιχείο, το οποίο μετράει τις οντότητες που περνούν από αυτό, καθώς και από ένα «Throw» δομικό στοιχείο, το οποίο μεταβιβάζει τους πελάτες στην αντίστοιχη έξοδο ικανοποιημένων πελατών, που θα δούμε παρακάτω.

Τα δομικά στοιχεία αυτού του υποσταδίου φαίνονται στο Σχήμα 3.7.



Σχήμα 3.7. Δομικά στοιχεία υπομοντέλου τιμολόγησης, πληρωμής και εξόδου (Πηγή: Ιδία Επεξεργασία)

Τέλος και για να ολοκληρωθεί η περιγραφή του κομματιού του κυρίως μοντέλου, αναφέρεται ότι υπάρχει ένα ακόμα ιεραρχικό δομικό στοιχείο, επίσης για λόγους οικονομίας χώρου, το οποίο αποτελείται από δύο όμοια «Mean & Variance» δομικά στοιχεία το καθένα από τα οποία μετράει τη μέση τιμή των αποθεμάτων στα ράφια. Οι τιμές αυτές χρειάζονται αργότερα για την κατάστρωση της αντικειμενικής συνάρτησης κόστους. Τα δομικά στοιχεία αυτού του ιεραρχικού δομικού στοιχείου φαίνονται στο Σχήμα 3.8.



Σχήμα 3.8. Δομικά στοιχεία «Mean & Variance» (Πηγή: Ιδία Επεξεργασία)

3.4 Επιφάνεια χειρισμού και εξαγωγής αποτελεσμάτων

Αφού περιγράφηκε πιο πάνω το κομμάτι της προσομοίωσης ή το κυρίως μοντέλο, μπορεί να ξεκινήσει η περιγραφή του δεύτερου, εξίσου σημαντικού κομματιού, που είναι η επιφάνεια χειρισμού και εξαγωγής αποτελεσμάτων. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, ο στόχος αυτού του κομματιού του μοντέλου και δομικού στοιχείου του, είναι να δίνει την δυνατότητα στον μη έμπειρο χρήστη του μοντέλου να του δίνει τις απαιτούμενες τιμές, να έχει πλήρη οπτική επαφή με τα αποτελέσματα που τον ενδιαφέρουν και πληκτρολογώντας λίγα βασικά στοιχεία, να μπορεί να πάρει αυτόματα τα αποτελέσματα της ανάλυσης ευαισθησίας και της βελτιστοποίησης της αντικειμενικής συνάρτησης κόστους, που τον ενδιαφέρει περισσότερο από όλα τα άλλα σαν επαγγελματία.

Το κομμάτι αυτό του μοντέλου τοποθετήθηκε ακριβώς κάτω από το κυρίως μοντέλο. Στο όλο μοντέλο δόθηκε μορφή ορθογωνίου παραλληλεπίπεδου, το οποίο με δύο διπλές ενδεικτικές οριζόντιες και παράλληλες μεταξύ τους γραμμές, χωρίζεται σε τρία μέρη: το πρώτο είναι το μικρότερο και περιέχει τον τίτλο της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Το δεύτερο περιέχει το κυρίως μοντέλο που περιγράψαμε παραπάνω και το τρίτο την επιφάνεια χειρισμού και εξαγωγής αποτελεσμάτων.

Η εν λόγω επιφάνεια αποτελείται με τη σειρά της από έξι ξεχωριστές επιφάνειες, τοποθετημένες η μία δίπλα στην άλλη. Θα τις περιγράψουμε ξεχωριστά, καθώς η κάθε μία παρουσιάζει ξεχωριστό ενδιαφέρον.

3.4.1 Επιφάνεια «Ελεγκτές Παραμέτρων Συστήματος»

Αρχίζοντας από τα αριστερά του μοντέλου, συναντάται η επιφάνεια «Ελεγκτές Παραμέτρων Συστήματος». Εδώ έχουν τοποθετηθεί τα χειριστήρια για τις βασικές παραμέτρους του συστήματος. Αυτές είναι ο ρυθμός αφίξεων, η κατανομή τους και τα σημεία αναπαραγωγής r_1 και r_2 . Χωρίς αυτά τα χειριστήρια, ο χρήστης του μοντέλου θα ήταν αναγκασμένος να εισάγει τις συγκεκριμένες τιμές μέσα στο κυρίως μοντέλο, γεγονός που προϋποθέτει τη γνώση των λειτουργιών του *Extend5*.

Τα αριθμητικά πεδία απαιτούν απλή πληκτρολόγηση δεδομένων, ενώ τα πεδία των κατανομών και των χρονικών μονάδων με ένα απλό πάτημα του ποντικιού εμφανίζουν λίστες επιλογών. Τα χειριστήρια έχουν «κλωνοποιηθεί» με το **clone-tool** του *Extend5* μέσα από τα αντίστοιχα δομικά στοιχεία του κυρίως μοντέλου. Έτσι τα χειριστήρια ρυθμού αφίξεων και κατανομής προέρχονται από το «Generator» δομικό στοιχείο, το πρώτο του μοντέλου, ενώ αυτά των σημείων αναπαραγγελίας προέρχονται από τους διαλόγους των δύο «Decision» δομικών στοιχείων, τα οποία περιέχονται στα ιεραρχικά δομικά στοιχεία που προσομοιώνουν τις αναπαραγγελίες της επιχείρησης. Η χρήση των τελευταίων είναι αναγκαία μόνο στην περίπτωση δειγματοληπτικών πειραμάτων.

3.4.2 Επιφάνεια «Έξοδοι Συστήματος»

Προχωρώντας προς τα δεξιά και δίπλα στην επιφάνεια «Ελεγκτές Παραμέτρων Συστήματος», βρίσκεται η επιφάνεια «Έξοδοι Συστήματος». Εδώ έχουν τοποθετηθεί, μία κάτω από την άλλη, οι έξοδοι ικανοποιημένων και ανικανοποίητων πελατών για κάθε μία από τις δύο κατηγορίες ανταλλακτικών. Συνολικά δηλαδή τέσσερις, οι έξοδοι αυτοί αναπαρίστανται από τέσσερα «Exit» δομικά στοιχεία, τα οποία έχουν πάνω τους ένδειξη του αριθμού πελατών που εγκατέλειψαν το κατάστημα. Τα δομικά αυτά στοιχεία φαίνονται στο Σχήμα 3.9. Δίπλα στο καθένα έχει τοποθετηθεί με τη χρήση του clone-tool από το παράθυρο διαλόγου τους και μία ευκρινέστερη ένδειξη του αριθμού των εξόδων.



Από Αυθεντικά



Από απομιμήσεις

Σχήμα 3.9. Δομικά στοιχεία «Exit» (Πηγή: Ιδία Επεξεργασία)

3.4.3 Επιφάνεια «Στοιχεία Συστήματος»

Δεξιά της προηγούμενης επιφάνειας και με τις δύο αυτές να συγκροτούν το κεντρικό τμήμα της επιφάνειας χειρισμού και εξαγωγής αποτελεσμάτων, συναντάται η επιφάνεια «Στοιχεία Συστήματος». Εδώ παρατίθενται αριθμητικές ενδείξεις στοιχείων που ενδιαφέρουν τον επαγγελματία, στην περίπτωση μας την επιχείρηση πώλησης ανταλλακτικών αυτοκινήτων.

Αυτά είναι με τη σειρά: ο αριθμός των πελατών που δεν βρήκαν το αυθεντικό ανταλλακτικό που ζήτησαν αρχικά και στη συνέχεια ζήτησαν την απομίμησή του, ο αριθμός των πελατών που δεν βρήκαν την απομίμηση που ζήτησαν αρχικά και στη συνέχεια ζήτησαν το αυθεντικό, ο αριθμός των αυθεντικών ανταλλακτικών που ήρθαν από παραγγελίες της επιχείρησης, ο αριθμός των απομιμήσεων των ανταλλακτικών που ήρθαν από παραγγελίες της επιχείρησης, ο αριθμός των αυθεντικών ανταλλακτικών στα ράφια τους κατά τη διάρκεια και μετά το τέλος της προσομοίωσης και τέλος, ο αριθμός των απομιμήσεων των ανταλλακτικών στα ράφια τους κατά τη διάρκεια και μετά το τέλος της προσομοίωσης.

Έτσι, ο ενδιαφερόμενος έχει μία καλή εικόνα του τι κινήθηκε, από πού, που κατέληξε καθώς και του επιπέδου των αποθεμάτων του. Το σημαντικό είναι ότι όλα αυτά τα βλέπει χωρίς την παραμικρή ενέργεια. Όλες οι ενδείξεις έχουν «κλωνοποιηθεί» από τα παράθυρα διαλόγου των δομικών στοιχείων του κυρίως μοντέλου, τα οποία με τη σειρά είναι: το στοιχείο διαλόγου «Arrivals» της ουράς – FIFO μετά το «Set Attribute» δομικό στοιχείο μέσα στο ιεραρχικό δομικό στοιχείο «Authentic» και το αντίστοιχο μέσα στο ιεραρχικό δομικό στοιχείο «Imitation», το στοιχείο διαλόγου «Arrivals» της ουράς – FIFO μετά το «Program» δομικό στοιχείο μέσα στο ιεραρχικό δομικό στοιχείο «Authentic» και το αντίστοιχο μέσα στο ιεραρχικό δομικό στοιχείο «Imitation» και τέλος, το στοιχείο διαλόγου «Items currently Available» του «Resource» δομικού στοιχείου που αναπαριστά τα ράφια των αυθεντικών και το αντίστοιχο του ραφιού των απομιμήσεων.

3.4.4 Επιφάνεια «Βελτιστοποίηση Αντικειμενικής Συνάρτησης»

Στην κάτω δεξιά γωνία του όλου μοντέλου βρίσκεται η επιφάνεια «Βελτιστοποίηση της αντικειμενικής συνάρτησης κόστους», το πιο σημαντικό κομμάτι του μοντέλου. Η ιδιαιτερότητά του είναι ότι, από τη μία εξάγει όλα τα επιθυμητά αποτελέσματα και από την άλλη αποτελεί μία αυτόματη διαδικασία, που δεν προϋποθέτει δειγματοληπτικά πειράματα, γνώση του λογισμικού και προσπάθεια εκ μέρους του χρήστη.

Η καρδιά και η ψυχή αυτής της επιφάνειας αυτής είναι το δομικό στοιχείο του *Extend5* «Evolutionary Optimizer», που φαίνεται στο Σχήμα 3.10. Όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 2, πρόκειται για ένα δομικό στοιχείο που χρησιμοποιεί «ενισχυμένους εξελικτικούς» αλγορίθμους για τον καθορισμό της καλύτερης δυνατής στοιχειοθέτησης του μοντέλου, με άλλα λόγια της βελτιστοποίησης της αντικειμενικής συνάρτησης κόστους που εμείς ορίζουμε, ως ερευνητές του προβλήματος.

Μέσα στο παράθυρο διαλόγου του «Evolutionary Optimizer» δομικού στοιχείου μπορεί να εισαχθεί η αντικειμενική συνάρτηση, οι προς μελέτη μεταβλητές, τυχόν περιορισμοί και να γίνει η επιλογή της μεθόδου προσδιορισμού του βέλτιστου, για οικονομία χρόνου (γρήγορα αποτελέσματα) ή για καλύτερα αποτελέσματα (πιο χρονοβόρα διαδικασία). Κατά τη διάρκεια του τρεξίματος, το δομικό αυτό στοιχείο δείχνει την πρόοδο των υπολογισμών και γραφικά με ένα γράφημα (plotter).

Για ευκολία στη χρήση, έχουν «κλωνοποιηθεί» τα χειριστήρια του «Evolutionary Optimizer» και τοποθετηθεί δίπλα του. Αυτά είναι τα: «New Run», «Continue» και «Show Plot Now». Έτσι, η προσομοίωση μπορεί να αρχίσει, να διακοπεί και να συνεχιστεί χωρίς παρέμβαση στο παράθυρο διαλόγου του δομικού στοιχείου. Επίσης είναι δυνατή η εμφάνιση ανά πάσα στιγμή του γραφήματος, το οποίο δείχνει την τιμή της βελτιστοποιημένης αντικειμενικής συνάρτησης και το αντίστοιχο διάστημα εμπιστοσύνης (σύγκλιση). Στο επόμενο κεφάλαιο θα περιγραφεί πώς ρυθμίστηκε το δομικό στοιχείο «Evolutionary Optimizer» ούτως ώστε να δίνει τα επιθυμητά αποτελέσματα.

Ακριβώς κάτω από το δομικό αυτό στοιχείο έχουν τοποθετηθεί ενδείξεις που αφορούν την επεξεργασία της αντικειμενικής συνάρτησης κόστους, οι οποίες έχουν επίσης μεταφερθεί με το clone-tool από το παράθυρο διαλόγου των αποτελεσμάτων του «Evolutionary Optimizer». Αυτά είναι, με τη σειρά από αριστερά προς τα δεξιά και από πάνω προς τα κάτω, τα εξής: αριθμός δειγμάτων περιπτώσεων που εξετάστηκαν, διάρκεια τρεξίματος (χρόνος που χρειάστηκε για τη βελτιστοποίηση), αριθμός δείγματος περίπτωσης υπό εξέταση, αριθμός περιπτώσεων που εξετάστηκαν, τιμή διαστήματος εμπιστοσύνης (σύγκλισης), τιμή τρέχοντος αποτελέσματος της αντικειμενικής συνάρτησης, μέσος όρος τιμών αποτελεσμάτων της αντικειμενικής συνάρτησης και δεξιά και αριστερά του μέσου όρου, τα βέλτιστα O_1 , O_2 (ποσότητες αναπαραγωγείας αυθεντικών και απομιμήσεων αντίστοιχα) και r_1 , r_2 (χρονικά σημεία αναπαραγωγείας αυθεντικών και απομιμήσεων αντίστοιχα), που μας ενδιαφέρουν στην προκειμένη περίπτωση και είναι τα αποτελέσματα της μελέτης μας.

Μετά το τέλος του τρεξίματος της βελτιστοποίησης, οι βέλτιστες τιμές τοποθετούνται αυτόματα από το πρόγραμμα στο μοντέλο και με την επιφάνεια χειρισμού και εξαγωγής αποτελεσμάτων στη διάθεσή μας, δημιουργείται μία σφαιρική εικόνα των αποτελεσμάτων και των χαρακτηριστικών των αποθεμάτων της εν λόγω επιχείρησης.



Σχήμα 3.10. Δομικό στοιχείο «Evolutionary Optimizer» (Πηγή: Ιδία Επεξεργασία)

Κλείνοντας την περιγραφή του όλου μοντέλου, θα πρέπει να ειπωθεί ότι έχει δημιουργηθεί μία πέμπτη επιφάνεια, με ενδείξεις των εσόδων από τις πωλήσεις των ανταλλακτικών, του συνολικού κόστους και του συνολικού κέρδους, καθώς και μία έκτη, που περιέχει γραφήματα τόσο για τους πελάτες που έρχονται στο κατάστημα όσο και για τα έσοδα από τα αυθεντικά ανταλλακτικά και τις απομιμήσεις τους. Η τελευταία επιφάνεια περιέχει και ένα «Help» δομικό στοιχείο, που επεξηγεί τη λειτουργία του μοντέλου. Έτσι, ο ενδιαφερόμενος που «τρέχει» το μοντέλο

χειροκίνητα, έχει μία πλήρη εικόνα των αποτελεσμάτων και επίσης η πέμπτη επιφάνεια χρησιμεύει για την εξαγωγή αποτελεσμάτων κάνοντας ανάλυση ευαισθησίας.

Τέλος, στο Σχήμα 3.11 φαίνεται το δομικό στοιχείο «Help» που περιγράφηκε παραπάνω.



Σχήμα 3.11. Δομικό στοιχείο «Help» (Πηγή: Ιδία Επεξεργασία)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

Βελτιστοποίηση Αντικειμενικής Συνάρτησης

4.1 Κατάστρωση της αντικειμενικής συνάρτησης

Όπως προαναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 2, ο βασικός στόχος του μοντέλου που περιγράφηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο είναι η βελτιστοποίηση της αντικειμενικής συνάρτησης, ούτως ώστε η ενδιαφερόμενη επιχείρηση να έχει το μέγιστο δυνατό κέρδος από τις πωλήσεις των ανταλλακτικών που εξετάζονται.

Βελτιστοποίηση μπορεί να γίνει τόσο στο συνολικό κόστος (ελαχιστοποίηση) όσο και στο συνολικό κέρδος (μεγιστοποίηση). Με δεδομένη την ανάγκη της εν δυνάμει καλύτερης εξυπηρέτησης των πελατών (λιγότερες χαμένες πωλήσεις) που προσδίδει ισχυρό ανταγωνιστικό πλεονέκτημα στις επιχειρήσεις, επιλέχθηκε να γίνει

μεγιστοποίηση του κέρδους της ενδιαφερόμενης εταιρείας, αφού δίνει καλύτερα αποτελέσματα από την ελαχιστοποίηση του κόστους στο θέμα της εξυπηρέτησης και θέλγει περισσότερο τον επιχειρηματία.

Έτσι, η αντικειμενική συνάρτηση την οποία θα βελτιστοποιήσει το μοντέλο με τον «Evolutionary Optimizer» έχει την παρακάτω γενική μορφή:

$$\text{MaxProfit} = \text{Συνολικά Έσοδα Πωλήσεων} - \text{Συνολικό Κόστος} \quad (1)$$

Τα έσοδα των πωλήσεων είναι το άθροισμα των πωλήσεων από τα αυθεντικά ανταλλακτικά και από τις απομιμήσεις τους, γεγονός που προϋποθέτει την ύπαρξη αρκετών ανταλλακτικών ούτως ώστε να αποφεύγονται χαμένες πωλήσεις και ανικανοποίητοι πελάτες. Το συνολικό κόστος περιλαμβάνει τα κόστη των χαμένων πωλήσεων, των αναπαραγγελιών και της διατήρησης των αποθεμάτων για κάθε ένα από τα δύο είδη των ανταλλακτικών (δεν λαμβάνονται υπ'οψιν τα εργατικά). Επομένως, η σχέση (1) γίνεται:

$$\text{MaxProfit} = \text{Συνολικά Έσοδα Πωλήσεων} - \text{Κόστη [Χαμένων Πωλήσεων (Αυθεν. και Απομ.) + Αναπαραγγελιών (Αυθεν. και Απομ.) + Διατήρησης Αποθέματος (Αυθεν. και Απομ.)]} \quad (2)$$

Το κόστος των χαμένων πωλήσεων (Lost Sales, LS) εξάγεται από τον τύπο:

$$C_n (LS) = b_n \times LS_n / ST,$$

όπου b_n είναι η τιμή πώλησης μείον την τιμή αγοράς, δηλαδή το μικτό περιθώριο κέρδους ή αλλιώς η ονομαστική τιμή του εκάστοτε ανταλλακτικού και ST (Simulation Time) η χρονική περίοδος στην οποία δοκιμάζεται το μοντέλο ή αλλιώς, ο χρόνος προσομοίωσης. Το κόστος των αναπαραγγελιών (Company Reorders, CR) είναι το γινόμενο της τιμής αγοράς των ανταλλακτικών ανά τεμάχιο (c_n) επί τον αριθμό των τεμαχίων (Items Delivered, ID) που αγοράζονται προς το χρόνο προσομοίωσης, συν ένα

πάγιο κόστος για κάθε παραγγελία, κάτι το οποίο δεν κάνει την εμφάνισή του στην υπό εξέταση περίπτωση. Δηλαδή:

$$C_n(\mathbf{CR}) = c_n \times \mathbf{ID}_n / \mathbf{ST}$$

Τέλος, το κόστος διατήρησης αποθέματος (Inventory Cost, IC) ισούται με:

$$C_n(\mathbf{IC}) = (c_n \times i) \times \mathbf{E}(\mathbf{Inventory Position}),$$

όπου i είναι το ετήσιο επιτόκιο (20%) και $\mathbf{E}(\mathbf{Inventory Position})$ ο μέσος όρος του αριθμού των ανταλλακτικών στα ράφια.

4.2 Εισαγωγή της αντικειμενικής συνάρτησης κόστους στο μοντέλο

Το επόμενο βήμα μετά την κατάστροψη και τον προσδιορισμό της αντικειμενικής συνάρτησης είναι η εισαγωγή της στο μοντέλο. Το αρμόδιο δομικό στοιχείο στο *Extend5* είναι το «Evolutionary Optimizer», που περιγράφηκε σε γενικές γραμμές στο προηγούμενο κεφάλαιο.

Ανοίγοντας το παράθυρο διαλόγου του δομικού αυτού στοιχείου και επιλέγοντας την επιφάνεια «Set Cost», εμφανίζεται το κατάλληλο πεδίο για την εισαγωγή της συνάρτησης, που φαίνεται στο Σχήμα 4.1. Στο πάνω μέρος υπάρχει ένας πίνακας για την εισαγωγή των μεταβλητών προς βελτιστοποίηση καθώς και αυτών που απαρτίζουν την αντικειμενική συνάρτηση, η οποία εισάγεται στο κενό πεδίο κάτω από τον πίνακα μεταβλητών. Η συνάρτηση πρέπει να έχει τη μορφή **MinCost = VarN...**; ή **MaxProfit = VarN...**; όπου **VarN** το σύνολο των μεταβλητών που εμπλέκονται άμεσα στην αντικειμενική συνάρτηση. Στην συγκεκριμένη περίπτωση επιλέχθηκε η μορφή **MaxProfit = VarN...**; για λόγους που εξηγήθηκαν παραπάνω.

Η εισαγωγή των μεταβλητών γίνεται από τα κατάλληλα δομικά στοιχεία που τις περιέχουν με τη χρήση του **clone-tool** του *Extend5*. Οι μεταβλητές επιλέγονται με αυτό και «σύρονται και τοποθετούνται» (drag and drop) μέσα στον κλειστό «Evolutionary

Optimizer». Ανάλογα με τη σειρά εισαγωγής τους παίρνουν μία τιμή μεταβλητής, π.χ. η πρώτη θα γίνει η **var0** και η δεύτερη η **var1**.

Στην περίπτωση που εξετάζεται, οι μεταβλητές που εισήχθησαν είναι οι εξής:

- ✓ **Var0** – Ποσότητα Αναπαραγωγής Q_1 (Αυθεντικών): από δομικό στοιχείο «Program» στις αναπαραγωγές των αυθεντικών.
- ✓ **Var1** - Ποσότητα Αναπαραγωγής Q_2 (Απομιμήσεων): από δομικό στοιχείο «Program» στις αναπαραγωγές των απομιμήσεων.
- ✓ **Var2** - Σημείο Αναπαραγωγής r_1 (Αυθεντικών): από δομικό στοιχείο «Decision» στις αναπαραγωγές των αυθεντικών.
- ✓ **Var3** - Σημείο Αναπαραγωγής r_2 (Απομιμήσεων): από δομικό στοιχείο «Decision» στις αναπαραγωγές των απομιμήσεων.
- ✓ **Var4** – Ανικανοποίητοι Πελάτες από Αυθεντικά: από δομικό στοιχείο «Exit» αυθεντικών στις εξόδους συστήματος.
- ✓ **Var5** – Ανικανοποίητοι Πελάτες από Απομιμήσεις: από δομικό στοιχείο «Exit» απομιμήσεων στις εξόδους συστήματος.
- ✓ **Var6** - Κόστος Διατήρησης Αποθέματος: από δομικό στοιχείο «Equation» (189) που το υπολογίζει μέσα στο ιεραρχικό δομικό στοιχείο στην επιφάνεια «Ενδείξεις Εσόδων – Κόστους – Κέρδους».
- ✓ **Var7** - Κόστος Αναπαραγωγών: από δομικό στοιχείο «Equation» (231) που το υπολογίζει μέσα στο ιεραρχικό δομικό στοιχείο στην επιφάνεια «Ενδείξεις Εσόδων – Κόστους – Κέρδους».
- ✓ **Var8** - Συνολικά έσοδα: από δομικό στοιχείο «Equation» (225) που τα υπολογίζει μέσα στο ιεραρχικό δομικό στοιχείο στην επιφάνεια «Ενδείξεις Εσόδων – Κόστους – Κέρδους».

Αφού εισαχθούν οι μεταβλητές, οι οποίες πρέπει να είναι έως δέκα μείον ένα (Σχήμα 4.1), δηλαδή εννέα συνολικά και γι' αυτό οι τρεις τελευταίες είναι τα αθροίσματα από αυθεντικά και απομιμήσεις, αφού αλλιώς θα ήταν δώδεκα και θα υπήρχε πρόβλημα, γράφεται η αντικειμενική συνάρτηση σε σχέση με αυτές. Στην προκειμένη περίπτωση διαμορφώνεται ως εξής:

$$\text{MaxProfit} = \text{var8} - \text{var7} - \text{var6} - \text{var4} * 11.25 - \text{var5} * 12;$$

που αντιστοιχεί στην σχέση (2). Οι μεταβλητές 6, 7 και 8 προδιαμορφώνονται στα «Equation» δομικά στοιχεία ως εξής:

$$\text{var6} = \text{Var5} * 15 + \text{Var6} * 6 \text{ (κόστος διατήρησης αποθέματος)}$$

$$\text{var7} = \text{Var1} * 75 + \text{Var2} * 30 \text{ (κόστος αναπαραγγελιών)}$$

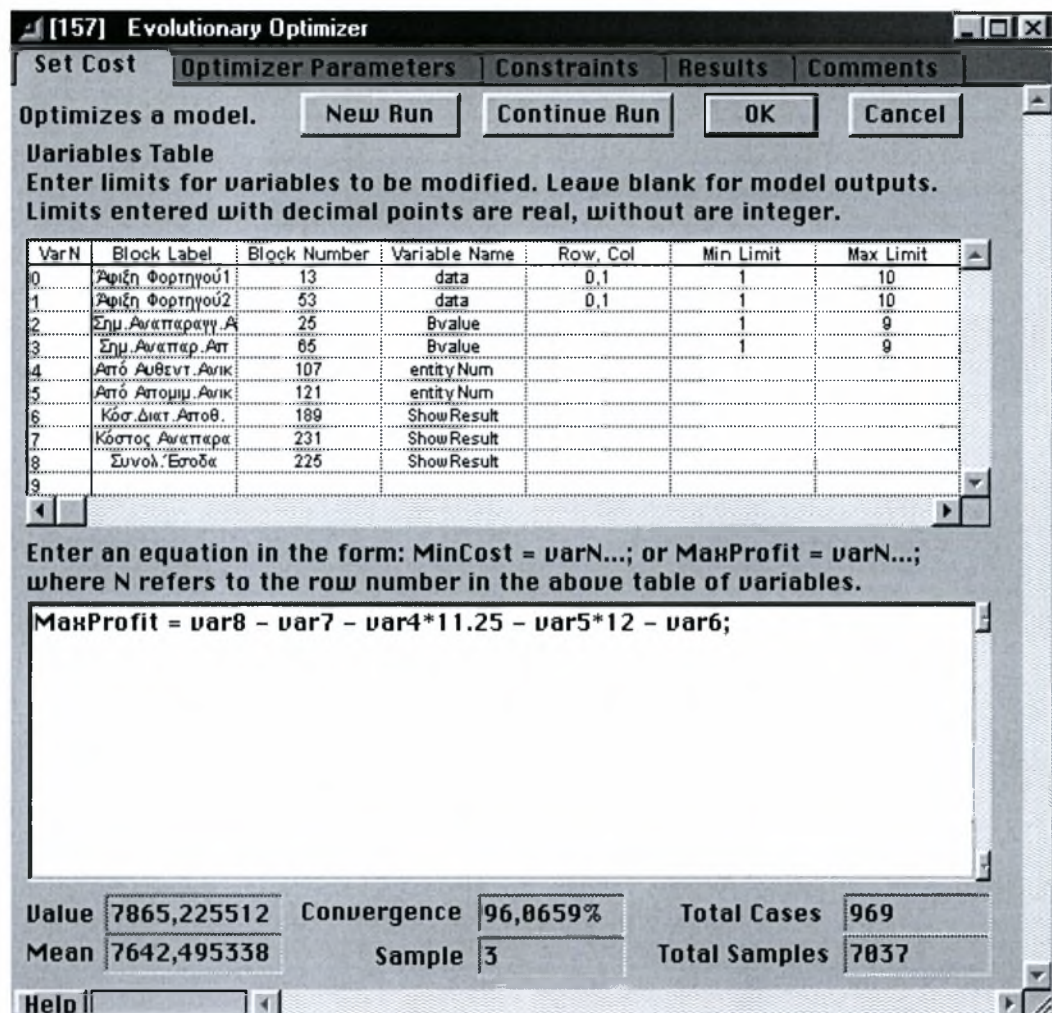
$$\text{var8} = \text{Var1} * 86.25 + \text{Var2} * 42 \text{ (συνολικά έσοδα από πωλήσεις)}$$

Οι μεταβλητές 0 έως 3 είναι αυτές που θα βελτιστοποιηθούν και γι' αυτό πρέπει να τους δοθεί μέγιστο και ελάχιστο.

Δεδομένου ότι στα ράφια του καταστήματος χωράνε 10 το πολύ τεμάχια από το κάθε είδος ανταλλακτικού, το ελάχιστο όριο των ποσοτήτων αναπαραγγελίας Q γίνεται 1 και το μέγιστο 10. Επίσης, στο πρώτο στάδιο των πειραματισμών για τον προσδιορισμό των σημείων αναπαραγγελίας r τα όρια είναι 1 και 9, αφού όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 1, το σημείο αναπαραγγελίας είναι πάντα μικρότερο σε ποσότητα από τη μέγιστη ποσότητα αποθέματος. Στο δεύτερο θα επιλεγούν όρια κοντά στα βέλτιστα του πρώτου σταδίου για την εξαγωγή ακόμη πιο αξιόπιστων αποτελεσμάτων.

4.3 Παράμετροι Βελτιστοποίησης

Αφού η αντικειμενική συνάρτηση κόστους έχει πλέον εισαχθεί στον «Evolutionary Optimizer» για τη διαδικασία της βελτιστοποίησης, απομένει να οριστούν οι παράμετροί της. Αυτό γίνεται στο *Extend5* μέσα στην επιφάνεια «Optimizer Parameters» του παραθύρου διαλόγου του «Evolutionary Optimizer», που φαίνεται στο Σχήμα 4.2.

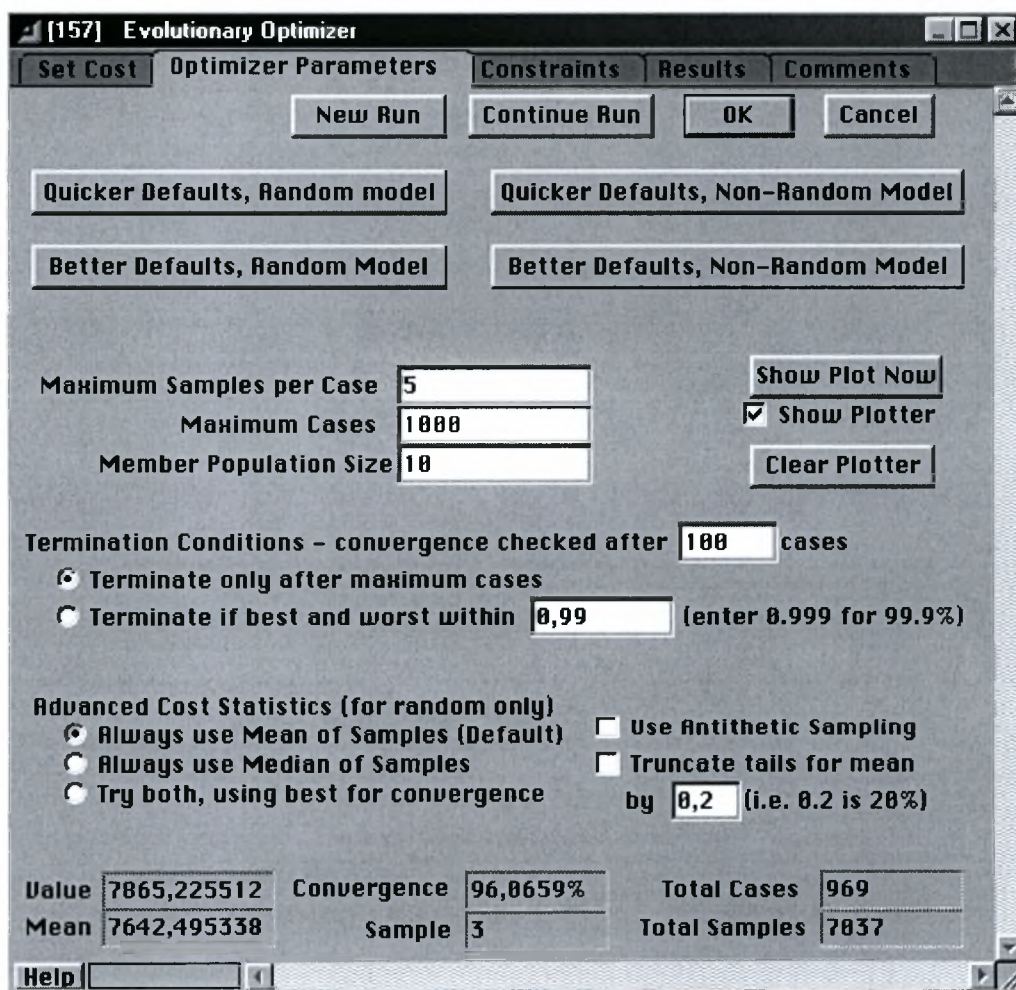


Σχήμα 4.1. Παράθυρο διαλόγου «Set Cost» του «Evolutionary Optimizer» (Πηγή: Ιδία Επεξεργασία)

Στο επάνω μέρος αυτού του παράθυρου διαλόγου υπάρχουν τέσσερα κουμπιά για την επιλογή της μεθόδου τρεξίματος της βελτιστοποίησης σε σχέση με το είδος του μοντέλου. Έτσι, υπάρχουν δύο κουμπιά, ένα για πιο γρήγορα και ένα για καλύτερα αποτελέσματα, για μοντέλα διακριτού γεγονότος (τυχαία, random) και δύο αντίστοιχα για μοντέλα σταθερών παραμέτρων (μη – τυχαία, non – random). Στην περίπτωση που

εξετάζεται, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των καλύτερων αποτελεσμάτων για μοντέλο διακριτού γεγονότος.

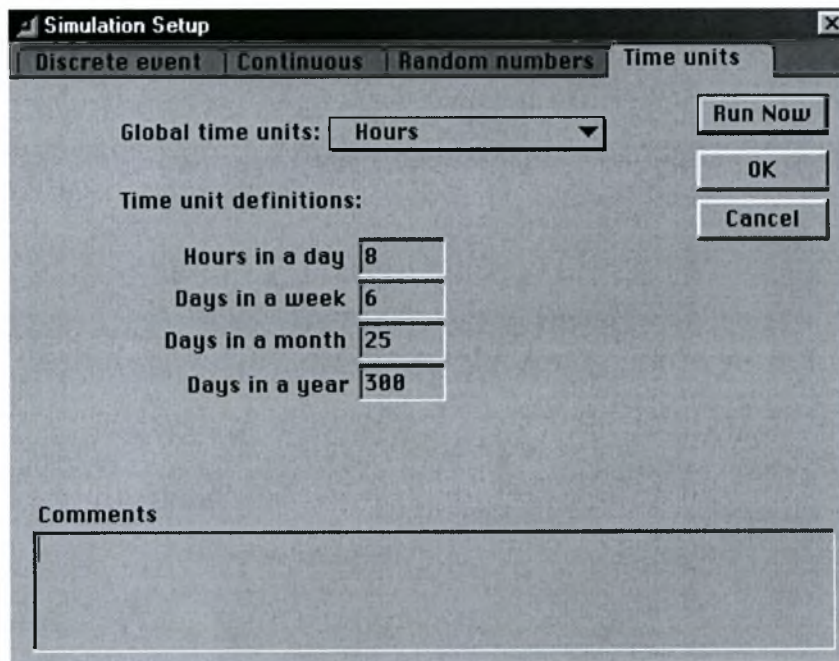
Ακριβώς από κάτω φαίνονται τα χαρακτηριστικά της μεθόδου αυτής. Ο αριθμός των περιπτώσεων τις οποίες θα μελετήσει ο «Evolutionary Optimizer» για να βγάλει τις βέλτιστες λύσεις, ο αριθμός των δειγμάτων που θα πάρει από κάθε περίπτωση, καθώς το μοντέλο είναι δυναμικό με εκθετικές αφίξεις και εμπειρικούς πίνακες και το στατιστικό δείγμα πληθυσμού που χρησιμοποιείται για τις μετρήσεις.



Σχήμα 4.2 Παράθυρο διαλόγου «Optimizer Parameters» του «Evolutionary Optimizer» (Πηγή: Ιδία Επεξεργασία)

Στην προκειμένη περίπτωση χρησιμοποιήθηκαν και για τα δύο στάδια της διαδικασίας της βελτιστοποίησης τα νούμερα του Σχήματος 4.2. Δηλαδή χίλιες (1000) περιπτώσεις, από κάθε μία από τις οποίες παίρνονται πέντε (5) δείγματα τυχαίων τιμών των μεταβλητών που επηρεάζουν, π.χ. του ποσοστού προτίμησης των πελατών στο ένα ή στο άλλο προϊόν ή το ποσοστό μεταπήδησής τους στο εναλλακτικό, σε περίπτωση μη διαθεσιμότητας της αρχικής τους επιλογής. Για την περαιτέρω επεξεργασία κρατείται το δείγμα που δίνει το καλύτερο αποτέλεσμα. Η σύγκλιση με την βέλτιστη λύση ελέγχεται κάθε εκατό (100) περιπτώσεις, για την αποφυγή λανθασμένων εκτιμήσεων και η διαδικασία κρατάει μέχρι να ελεγχθούν όλες οι περιπτώσεις. Για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων χρησιμοποιούνται οι μέσοι όροι των τιμών των αποτελεσμάτων κάθε περίπτωσης.

Πολύ σημαντική παράμετρος είναι και ο χρόνος προσομοίωσης. Οι ορισμοί ωρών, ημερών, εβδομάδων και μηνών έγιναν στο μενού «Run», στην επιλογή «Simulation Setup» και στο παράθυρο διαλόγου «Time Units», όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.3.



Σχήμα 4.3. Παράθυρο διαλόγου «Time Units» του «Simulation Setup» (Πηγή: Ιδία Επεξεργασία)

Ο χρόνος προσομοίωσης πρέπει να είναι αρκετά μεγάλος ούτως ώστε να μπορεί το μοντέλο να προσομοιώσει όλες τις πιθανές μεταβολές και όλες τις πιθανότητες, π.χ. στις αφίξεις λόγω εκθετικής κατανομής ή στις επιλογές των πελατών λόγω εμπειρικού πίνακα, για την ορθότητα και αξιοπιστία των αποτελεσμάτων. Στο συγκεκριμένο μοντέλο επιλέχθηκε η περίοδος του ενός έτους εκφρασμένου σε ώρες.

Τρέχοντας το μοντέλο για 300 ημέρες του έτους, με την ημέρα να διαρκεί 8 ώρες, έχουμε συνολική διάρκεια τρεξίματος σε ώρες:

$$300 \text{ ημέρες / χρόνο} \times 8 \text{ ώρες / ημέρα} = 2400 \text{ ώρες / χρόνο}$$

Τώρα πλέον, όλα είναι έτοιμα για την βελτιστοποίηση της αντικειμενικής συνάρτησης. Η έναρξη της διαδικασίας γίνεται από την επιφάνεια βελτιστοποίησης της αντικειμενικής συνάρτησης του κυρίως μοντέλου, πατώντας το κουμπί «New Run». Είναι πλήρως αυτόματη και δεν χρειάζεται καμία περαιτέρω ρύθμιση από το χρήστη – ενδιαφερόμενο. Τα αποτελέσματα που πάρθηκαν για το μοντέλο που εξετάζεται παρουσιάζονται στο επόμενο κεφάλαιο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

Παρουσίαση των αποτελεσμάτων

5.1 Σενάρια που προσομοιώθηκαν

Στο παρόν κεφάλαιο θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα των σεναρίων που προσομοιώθηκαν για λογαριασμό της ενδιαφερόμενης επιχείρησης σε σχέση με την υπάρχουσα εκεί κατάσταση, καθώς και τα αποτελέσματα της ανάλυσης ευαισθησίας που έγινε για τον προσδιορισμό της επίδρασης των αλλαγών ορισμένων κύριων παραμέτρων εισόδου στη συμπεριφορά του μοντέλου και στην τιμή του συνολικού κέρδους από την πώληση των ανταλλακτικών, όπως επίσης και για την επικύρωση της ορθότητας των αποτελεσμάτων.

5.1.1 Σενάρια Αφίξεων

Τα σενάρια αφίξεων των πελατών που επιλέχθηκαν να προσομοιωθούν είναι τα δύο πιο πιθανά, κατά τους υπευθύνους της επιχείρησης, καθώς και τρία πιο ακραία, για τη σύγκριση των αποτελεσμάτων με τα προηγούμενα. Τα σενάρια αυτά είναι:

2 αφίξεις ανά ημέρα (κάθε 4 ώρες προσομοίωσης)

1 άφιξη ανά ημέρα (κάθε 8 ώρες προσομοίωσης)

1 άφιξη ανά 3 ημέρες (κάθε 24 ώρες προσομοίωσης)

1 άφιξη ανά 7 ημέρες (κάθε 56 ώρες προσομοίωσης)

1 άφιξη ανά 15 ημέρες (κάθε 120 ώρες προσομοίωσης)

Η κατανομή όλων των σεναρίων αφίξεων επιλέχθηκε να είναι η εκθετική, η οποία χρησιμοποιείται συχνότερα από κάθε άλλη σε εφαρμογές θεωρίας ουράς και εργασιακών διεργασιών.

Το «τρέξιμο» των προσομοιώσεων και η εξαγωγή των αποτελεσμάτων τους έγιναν σε δύο φάσεις. Στην πρώτη φάση τα άνω και κάτω όρια των ζητούμενων μεταβλητών Q_1 , r_1 και Q_2 , r_2 καλύπτουν όλο το εύρος των πιθανοτήτων, δηλαδή 1 έως 10 για τις ποσότητες αναπαραγγελίας (Q) και 1 έως 9 για τα σημεία αναπαραγγελίας (r). Αφού βγήκαν τα αποτελέσματα της πρώτης φάσης, άρχισε η δεύτερη, όπου τα νέα άνω και κάτω όρια τέθηκαν στο εύρος ± 2 των βέλτιστων της πρώτης φάσης, με αποτέλεσμα την εξαγωγή πιο ακριβών αποτελεσμάτων. Τα αποτελέσματα των δύο φάσεων φαίνονται στους Πίνακες 5.1 και 5.2 αντίστοιχα.

Αφίξεις	Q ₁	r ₁	Q ₂	r ₂	MaxProfit (€)	± Error	Error %
2 / ημέρα	10	7	8	7	7095,3106	170,8	2,40 %
1 / ημέρα	7	5	5	7	3613,4322	60,6	1,67 %
1 / 3 ημέρες	5	2	8	2	1240,8529	85,18	6,86 %
1 / 7 ημέρες	4	1	10	7	486,0858	48,97	10,07 %
1 / 15 ημέρες	1	2	7	5	186,6365	24,09	12,90 %

Πίνακας 5.1 Αποτελέσματα πρώτης φάσης σεναρίων αφίξεων (Πηγή: Ιδία Επεξεργασία)

Αφίξεις	Q_1	r_1	Q_2	r_2	MaxProfit (€)	\pm Error	Error %
2 / ημέρα	9	6	7	5	7049,8681	75,65	1,07 %
1 / ημέρα	7	6	4	9	3539,9598	67,14	1,84 %
1 / 3 ημέρες	5	2	8	2	1174,2542	19,77	1,68 %
1 / 7 ημέρες	6	2	9	6	484,7116	38,41	7,92 %
1 / 15 ημέρες	3	1	8	5	217,3857	26,27	12,08 %

Πίνακας 5.2 Αποτελέσματα δεύτερης φάσης σεναρίων αφίξεων (Πηγή: Ιδία Επεξεργασία)

5.1.2 Υπάρχουσα πολιτική στην επιχείρηση

Για να συγκριθούν τα αποτελέσματα της προσομοίωσης των σεναρίων αφίξεων με την υπάρχουσα πολιτική στην επιχείρηση, η τελευταία προσομοιώθηκε επίσης για χρονική διάρκεια ενός έτους (2400 ώρες) για κάθε σενάριο. Η πολιτική είναι να παραγγέλνονται 2 ανταλλακτικά από το κάθε είδος μόλις πωληθεί και το τελευταίο κομμάτι στα ράφια, δηλαδή Q_1 και Q_2 έχουν την τιμή 2 και r_1 και r_2 έχουν την τιμή 0. Τα αποτελέσματα βρίσκονται στον Πίνακα 5.3 και είναι ο μέσος όρος των τιμών των αποτελεσμάτων για τα 1000 βήματα της προσομοίωσης.

Αφίξεις	MaxProfit (€)
2 / ημέρα	-6399,4004
1 / ημέρα	-1830,7293
1 / 3 ημέρες	841,2972
1 / 7 ημέρες	321,8237
1 / 15 ημέρες	65,7959

Πίνακας 5.3 Υπάρχουσα πολιτική στην επιχείρηση (Πηγή: Ιδία Επεξεργασία)

5.2 Αποτελέσματα Ανάλυσης Ευαισθησίας

Όπως αναφέρθηκε στην αρχή αυτού του κεφαλαίου, στο μοντέλο έγινε ανάλυση ευαισθησίας τόσο για τον καθορισμό της επίδρασης της αλλαγής στις τιμές των βασικών παραμέτρων εισόδου στο συνολικό κέρδος της επιχείρησης, όσο και για την επικύρωση των αποτελεσμάτων των σεναρίων αφίξεων. Το σενάριο αφίξεων που χρησιμοποιήθηκε είναι 2 αφίξεις ανά ημέρα.

Οι παράμετροι που «ευαισθητοποιήθηκαν» είναι: *το ποσοστό μεταπήδησης των πελατών (ανταλλαξιμότητα) σε άλλο τύπο ανταλλακτικού, εφόσον δεν βρίσκουν την αρχική τους επιλογή διαθέσιμη στα ράφια του καταστήματος και το ποσοστό αρχικής επιλογής του ενός ή του άλλου τύπου ανταλλακτικών*. Για την πρώτη παράμετρο επεξεργάστηκαν τρία σεναρία για κάθε τύπο ανταλλακτικού, κρατώντας την τιμή του άλλου σταθερή και ίση με την πραγματική, όπως εκτιμάται από τους υπευθύνους της επιχείρησης, δηλαδή συνολικά έξι σεναρία και για τη δεύτερη τέσσερα σεναρία, με τα ποσοστά επί τοις εκατό αυθεντικών - απομιμήσεων να είναι: 70-30, 50-50, 40-60 και 30-70 αντίστοιχα. Αναλυτικά:

Ανταλλαξιμότητα (αυθεντικά σε απομιμήσεις): 0 %, απομιμήσεις σε αυθεντικά: 30%
Ανταλλαξιμότητα (αυθεντικά σε απομιμήσεις): 40 %, απομιμήσεις σε αυθεντικά: 30%
Ανταλλαξιμότητα (αυθεντικά σε απομιμήσεις): 100 %, απομιμήσεις σε αυθεντικά: 30%

Ανταλλαξιμότητα (απομιμήσεις σε αυθεντικά): 0 %, αυθεντικά σε απομιμήσεις: 60%
Ανταλλαξιμότητα (απομιμήσεις σε αυθεντικά): 50 %, αυθεντικά σε απομιμήσεις: 60%
Ανταλλαξιμότητα (απομιμήσεις σε αυθεντικά): 100 %, αυθεντικά σε απομιμήσεις: 60%

Ποσοστά επιλογής αυθεντικών-απομιμήσεων: 70 – 30 (%)

Ποσοστά επιλογής αυθεντικών-απομιμήσεων: 50 – 50 (%)

Ποσοστά επιλογής αυθεντικών-απομιμήσεων: 40 – 60 (%)

Ποσοστά επιλογής αυθεντικών-απομιμήσεων: 30 – 70 (%)

Τα αποτελέσματα των σεναρίων ανάλυσης ευαισθησίας φαίνονται στον Πίνακα 5.4.

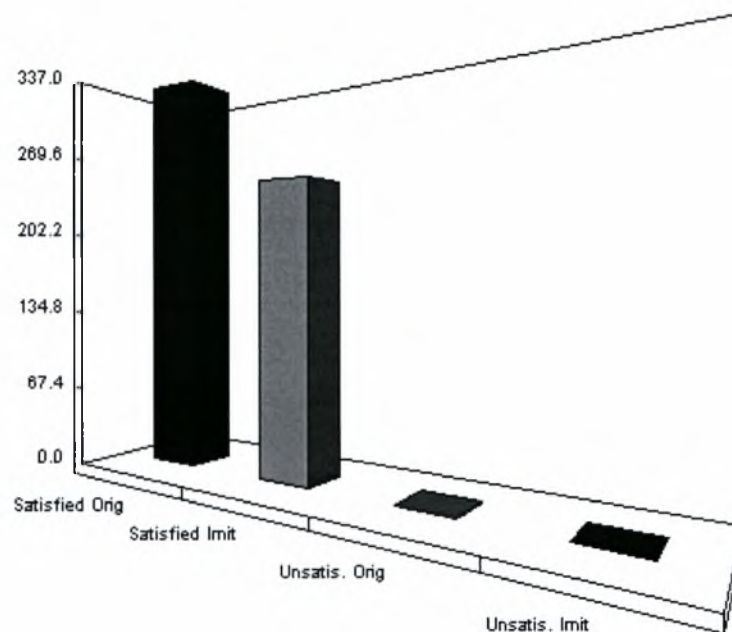
p_{or}	p_{im}	Q_1	r_1	Q_2	r_2	MaxProfit (€)	\pm error	EP
1	0.3	1	6	10	7	7498,0712	173,7	2,31%
0.4	0.3	10	8	9	6	7139,2588	175,9	2,46%
0	0.3	9	9	8	6	7100,4055	98,11	1,38%
p_{or}	p_{im}	Q_1	r_1	Q_2	r_2	MaxProfit (€)	\pm error	EP
0.6	1	8	8	7	4	7182,2993	92,73	1,29%
0.6	0.5	9	6	6	8	7070,7666	63,13	0,89%
0.6	0	8	8	8	2	7066,6900	120,1	1,69%
λ_{or}	λ_{im}	Q_1	r_1	Q_2	r_2	MaxProfit (€)	\pm error	EP
0.5	0.5	8	6	8	6	7164,8149	121,9	1,70%
0.7	0.3	10	9	7	4	6990,4529	82,44	1,18%
0.4	0.6	6	5	6	6	7203,6962	136	1,88%
0.3	0.7	6	6	6	8	7219,3777	173,9	2,40%

Πίνακας 5.4 Αποτελέσματα σεναρίων ανάλυσης ευαισθησίας (Πηγή: Ιδία Επεξεργασία)

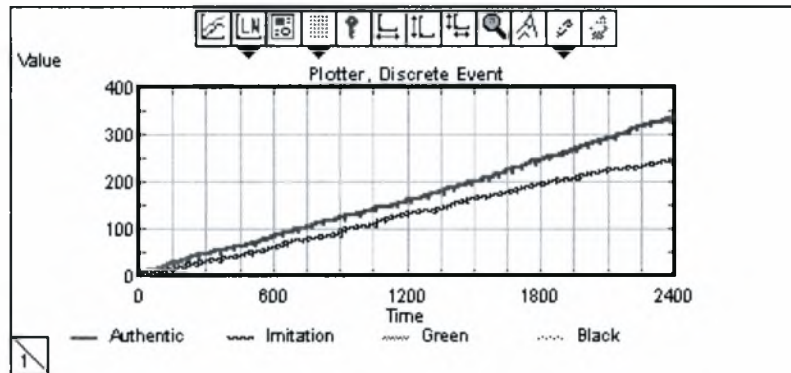
5.3 Αποτελέσματα κίνησης πελατών – Εσόδων από πωλήσεις

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν και τα αποτελέσματα της κίνησης των πελατών (ικανοποιημένοι και μη από αυθεντικά και απομιμήσεις) και των εσόδων από τις πωλήσεις των δύο τύπων ανταλλακτικών που εξετάζονται. Το μοντέλο που μελετάται έχει τη δυνατότητα γραφικής απεικόνισης αυτών των αποτελεσμάτων ακόμα και σε τρισδιάστατη μορφή και παρακάτω παρουσιάζονται τα γραφήματά τους για τα πέντε σενάρια αφίξεων πελατών, τόσο για τα πραγματικά αποτελέσματα που βασίζονται στην υπάρχουσα πολιτική της επιχείρησης, όσο και για αυτά που προήλθαν από τη βελτιστοποίηση.

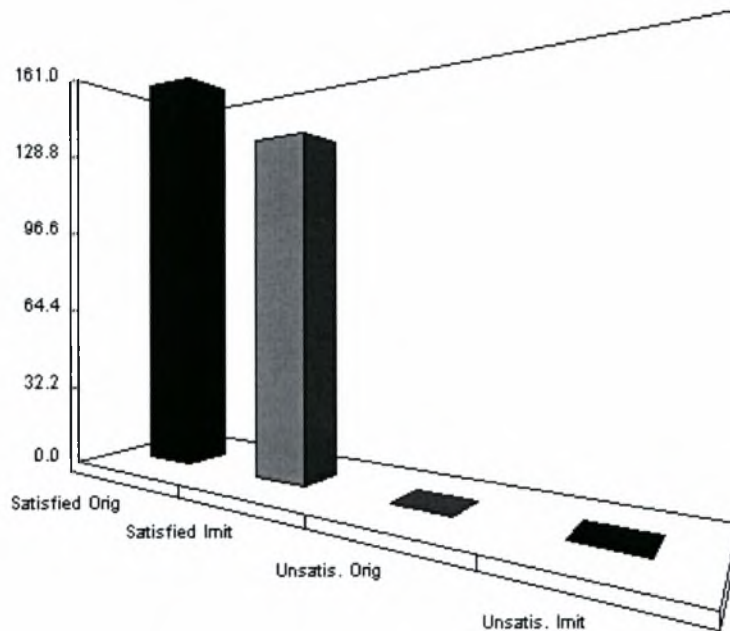
5.3.1 Γραφήματα κίνησης πελατών - εσόδων από βελτιστοποίηση



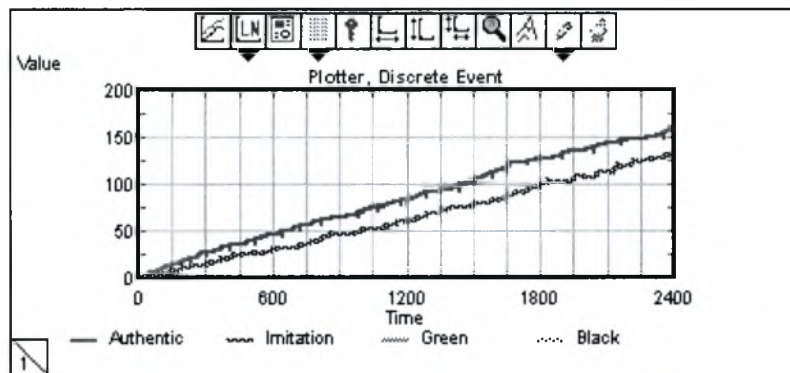
Γράφημα 5.1 Κίνηση Πελατών για 2 αφίξεις ανά ημέρα (Πηγή: Ιδία Επεξεργασία)



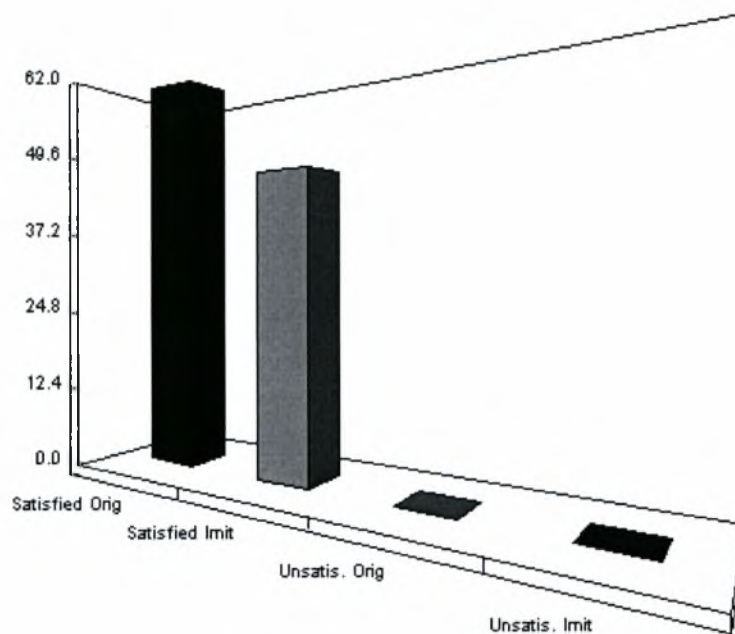
Γράφημα 5.2 Έσοδα από πωλήσεις για 2 αφίξεις ανά ημέρα (Πηγή: Ιδία Επεξεργασία)



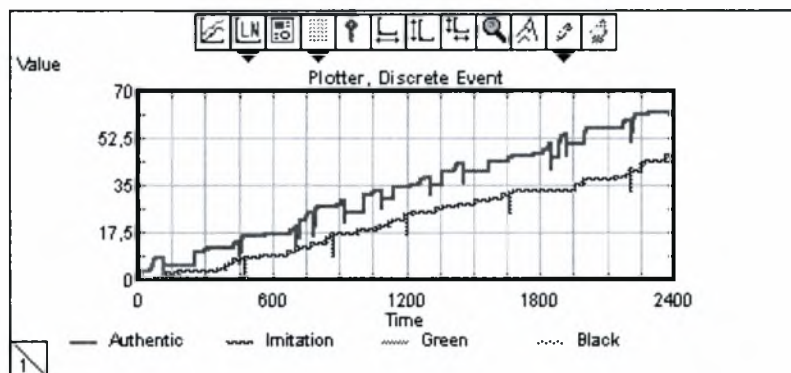
Γράφημα 5.3 Κίνηση Πελατών για 1 άφιξη ανά ημέρα (Πηγή: Ιδία Επεξεργασία)



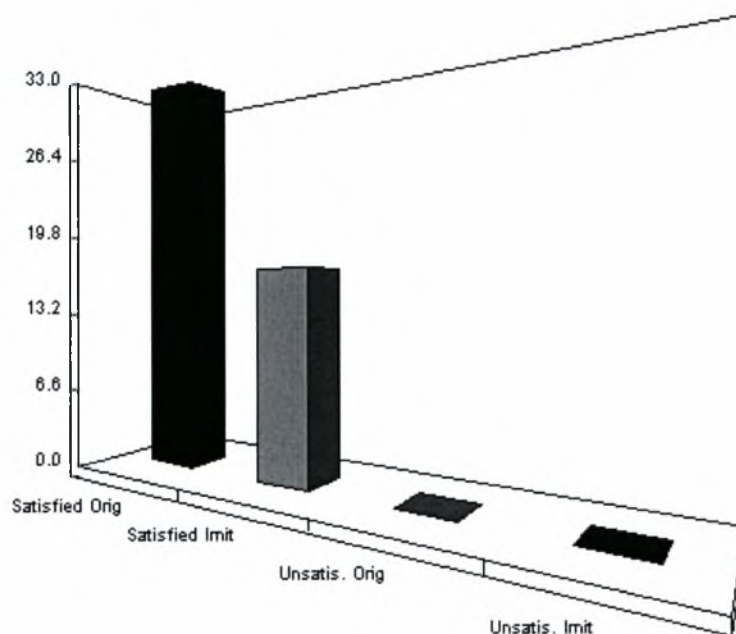
Γράφημα 5.4 Έσοδα από πωλήσεις για 1 άφιξη ανά ημέρα (Πηγή: Ιδία Επεξεργασία)



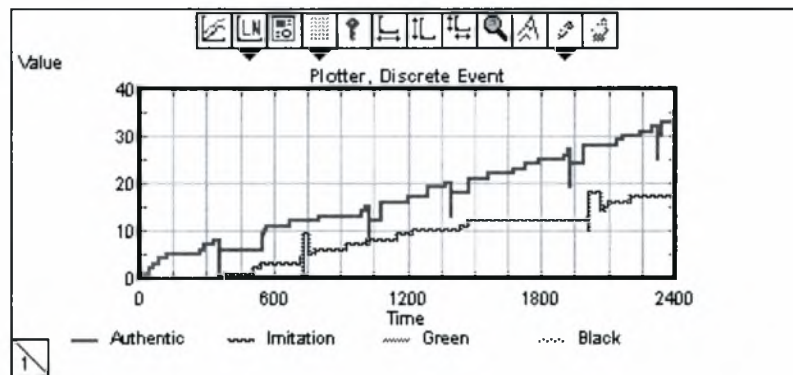
Γράφημα 5.5 Κίνηση Πελατών για 1 άφιξη ανά 3 ημέρες (Πηγή: Ιδία Επεξεργασία)



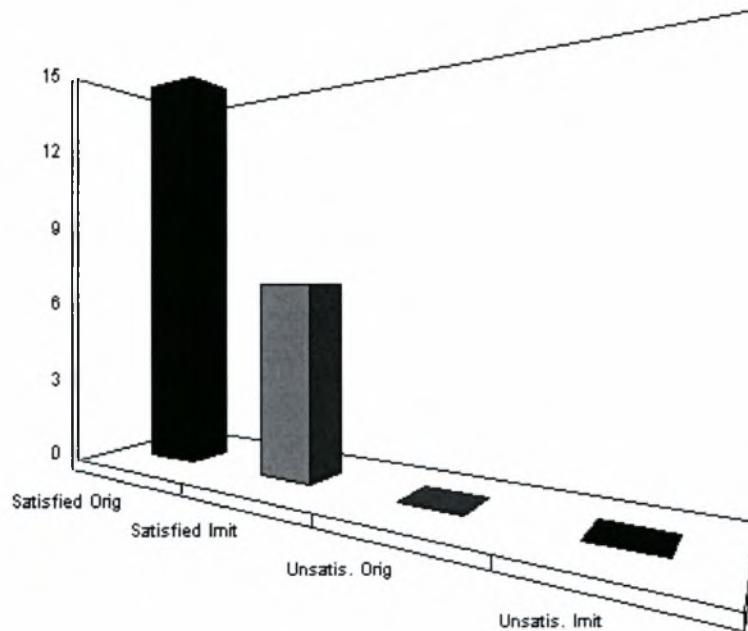
Γράφημα 5.6 Έσοδα από πωλήσεις για 1 άφιξη ανά 3 ημέρες (Πηγή: Ιδία Επεξεργασία)



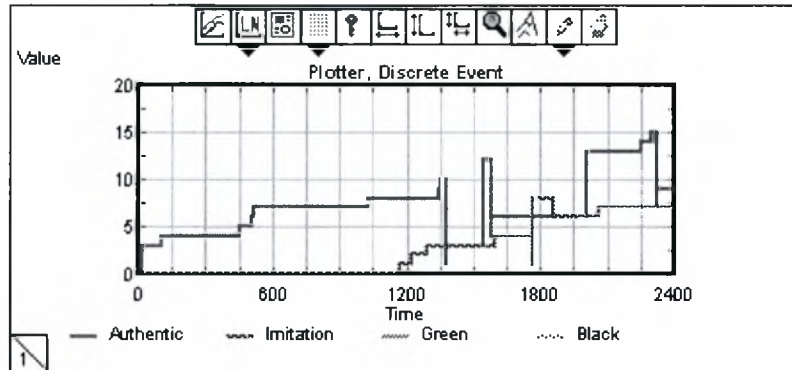
Γράφημα 5.7 Κίνηση Πελατών για 1 άφιξη ανά 7 ημέρες (Πηγή: Ιδία Επεξεργασία)



Γράφημα 5.8 Έσοδα από πωλήσεις για 1 άφιξη ανά 7 ημέρες (Πηγή: Ιδία Επεξεργασία)

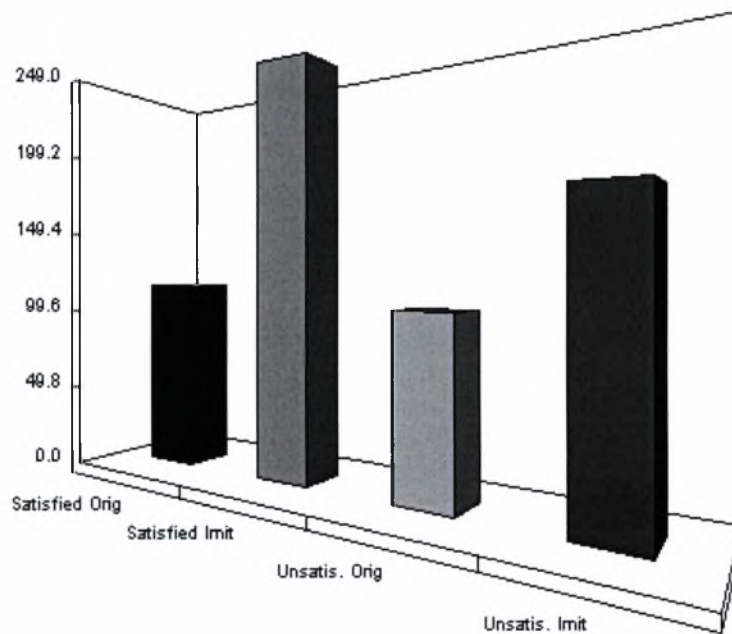


Γράφημα 5.9 Κίνηση Πελατών για 1 άφιξη ανά 15 ημέρες (Πηγή: Ιδία Επεξεργασία)

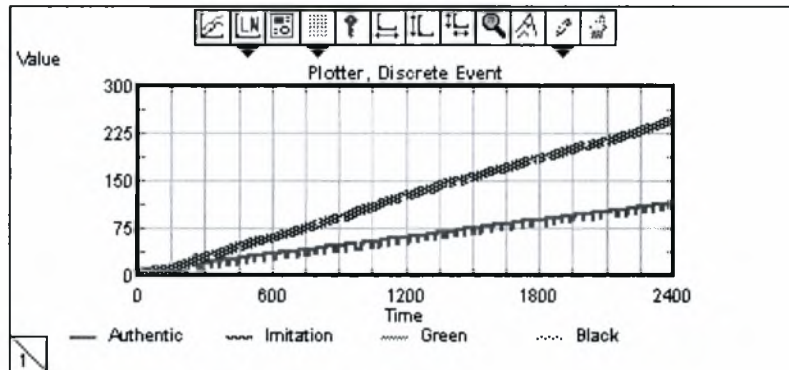


Γράφημα 5.10 Έσοδα από πωλήσεις για 1 άφιξη ανά 15 ημέρες (Πηγή: Ιδία Επεξεργασία)

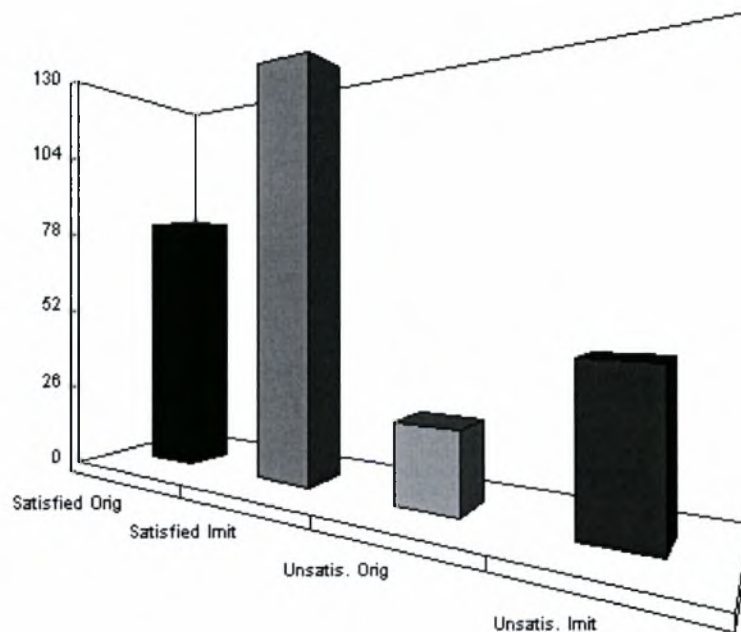
5.3.2 Γραφήματα κίνησης πελατών - εσόδων υπάρχουσας πολιτικής



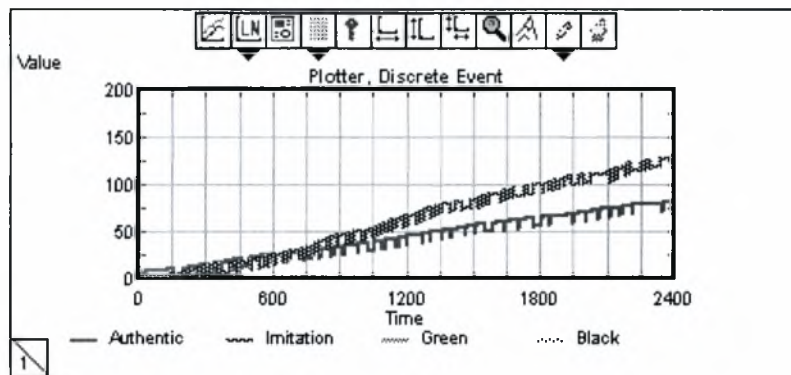
Γράφημα 5.11 Κίνηση Πελατών για 2 αφίξεις ανά ημέρα (Πηγή: Ιδία Επεξεργασία)



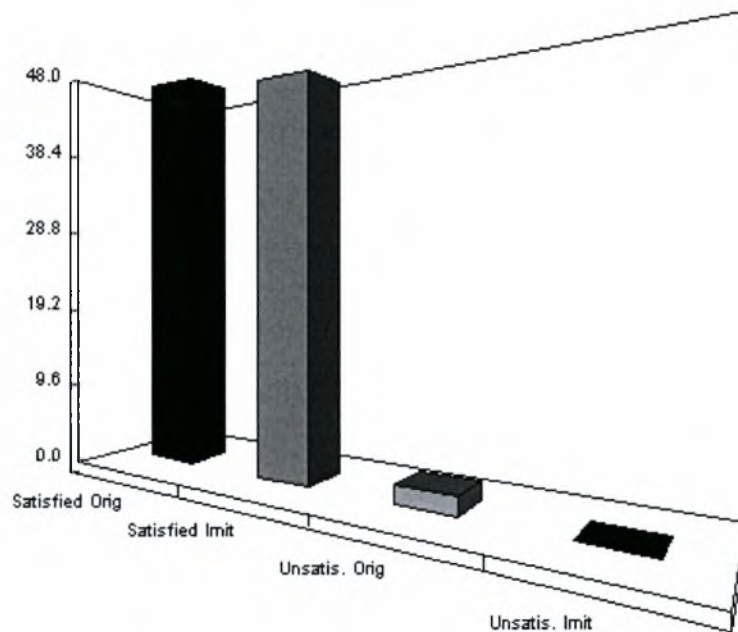
Γράφημα 5.12 Έσοδα από πωλήσεις για 2 αφίξεις ανά ημέρα (Πηγή: Ιδία Επεξεργασία)



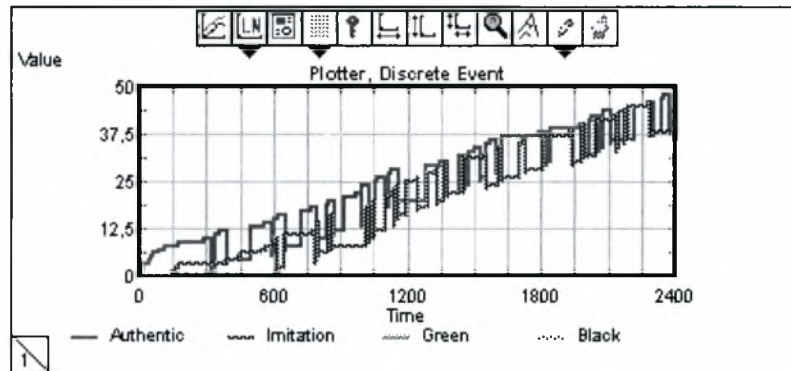
Γράφημα 5.13 Κίνηση Πελατών για 1 άφιξη ανά ημέρα (Πηγή: Ιδία Επεξεργασία)



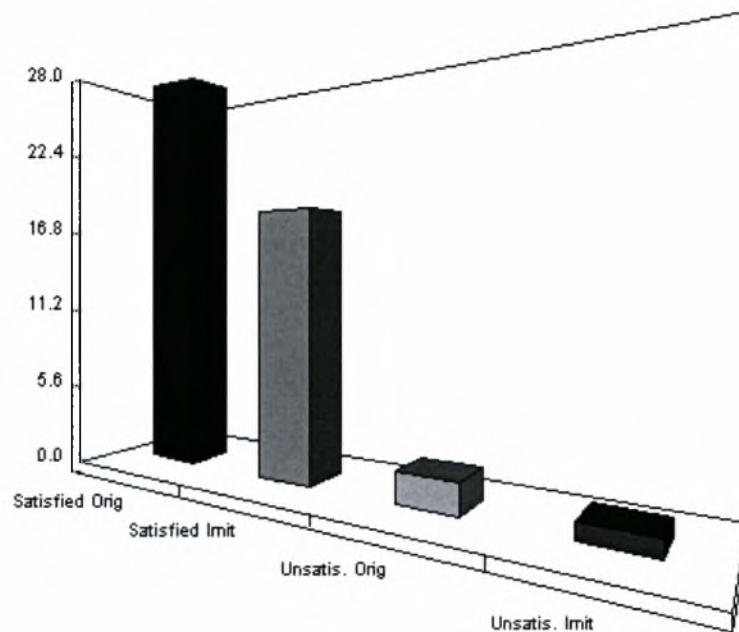
Γράφημα 5.14 Έσοδα από πωλήσεις για 1 άφιξη ανά ημέρα (Πηγή: Ιδία Επεξεργασία)



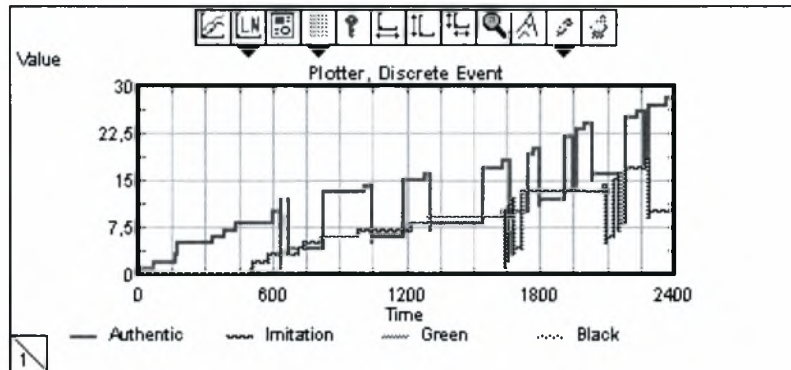
Γράφημα 5.15 Κίνηση Πελατών για 1 άφιξη ανά 3 ημέρες (Πηγή: Ιδία Επεξεργασία)



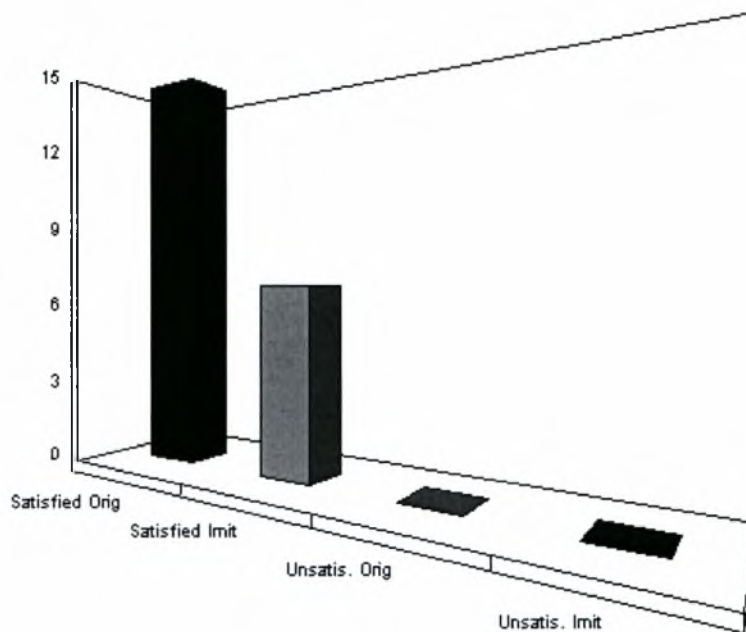
Γράφημα 5.16 Έσοδα από πωλήσεις για 1 άφιξη ανά 3 ημέρες (Πηγή: Ιδία Επεξεργασία)



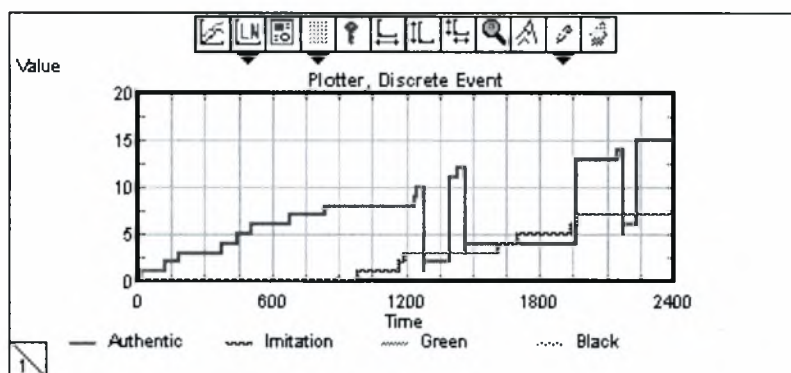
Γράφημα 5.17 Κίνηση Πελατών για 1 άφιξη ανά 7 ημέρες (Πηγή: Ιδία Επεξεργασία)



Γράφημα 5.18 Έσοδα από πωλήσεις για 1 άφιξη ανά 7 ημέρες (Πηγή: Ιδία Επεξεργασία)



Γράφημα 5.19 Κίνηση Πελατών για 1 άφιξη ανά 15 ημέρες (Πηγή: Ιδία Επεξεργασία)



Γράφημα 5.20 Έσοδα από πωλήσεις για 1 άφιξη ανά 15 ημέρες (Πηγή: Ιδία Επεξεργασία)

Φαίνεται καθαρά από την παρατήρηση των γραφημάτων κίνησης των πελατών ότι στα σενάρια που βελτιστοποιήθηκαν οι χαμένες πωλήσεις έχουν πρακτικά εκμηδενιστεί σε όλες τις περιπτώσεις, ενώ από την άλλη, στα γραφήματα των σεναρίων της υπάρχουσας πολιτικής έχουμε απώλειες σε όλες τις περιπτώσεις, με εξαίρεση το σενάριο άφιξης ενός πελάτη κάθε 15 ημέρες. Αυτό είναι απόρροια της επιλογής ως αντικειμενικής συνάρτησης της μεγιστοποίησης των κερδών από τις πωλήσεις των ανταλλακτικών.

Στα γραφήματα εσόδων, τέλος, είναι ευδιάκριτες οι διαφορές μεταξύ σεναρίων βελτιστοποίησης και σεναρίων παρούσας κατάστασης, με τα πρώτα να είναι πολύ πιο αποδοτικά από τα δεύτερα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

Συμπεράσματα εργασίας – Προτάσεις

6.1 Συμπεράσματα εργασίας

Στο παρόν κεφάλαιο θα γίνει η παρουσίαση των συμπερασμάτων που εξήχθησαν από την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας και του μοντέλου προσομοίωσης που αυτή πραγματεύεται.

Καταρχάς, η εργασία αυτή προσπάθησε να δώσει μία λύση σε μία πραγματική επιχείρηση όσον αφορά τη διαχείριση των αποθεμάτων δύο τύπων ανταλλακτικών που αυτή εμπορεύεται. Προσπάθησε δηλαδή να προτείνει τα βέλτιστα σημεία και τις βέλτιστες ποσότητες αναπαραγγελίας, ούτως ώστε να μεγιστοποιηθούν τα κέρδη της

από τις πωλήσεις των συγκεκριμένων προϊόντων, με τη μέθοδο της προσομοίωσης διακριτού γεγονότος σε ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Υπήρξαν, όμως, και κάποια προβλήματα που δεν της επέτρεψαν να γίνει μία καθαρά επαγγελματική μελέτη. Τα στοιχεία που προμηθεύτηκαν από την επιχείρηση ήταν τελείως εμπειρικά και δεν βασίζονταν σε εμπειριστατωμένη μελέτη από τους υπευθύνους της. Η συλλογή τους από τον εκπονούντα την εργασία κρίθηκε αδύνατη, αφού θα χρειαζόνταν παραμονή του στο κατάστημα επί οκτάωρη βάση και για το χρονικό διάστημα ενός μηνός τουλάχιστον. Ένα δεύτερο πρόβλημα ήταν η σχετικά μικρή υπολογιστική ισχύς των ηλεκτρονικών υπολογιστών του εργαστηρίου. Κάθε σενάριο προσομοίωσης χρειαζόνταν τέσσερις ημέρες για να βγάλει αποτελέσματα και τα σενάρια ήταν συνολικά 25. Αυτό εμπόδισε την εξαγωγή ακριβέστατων αποτελεσμάτων. Για να τελειώσει η εργασία μέσα στα χρονικά περιθώρια χρειάστηκε να γίνονται οι προσομοιώσεις σε τρεις υπολογιστές ταυτόχρονα.

Λόγω της φύσης της εργασίας, τα συμπεράσματα είναι η σύγκριση της υπάρχουσας πολιτικής παραγγελιών της ενδιαφερόμενης επιχείρησης με τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων βελτιστοποίησης που έγιναν με σκοπό τη μεγιστοποίηση των κερδών και την μέγιστη δυνατή ικανοποίηση των πελατών της εν λόγω εταιρείας.

Το πρώτο και βασικότερο συμπέρασμα είναι ότι τα αποτελέσματα της βελτιστοποίησης δείχνουν καθαρά ότι η πολιτική που ακολουθεί αυτή τη στιγμή η συγκεκριμένη επιχείρηση είναι σαφέστατα όχι η βέλτιστη δυνατή. Αυτό ισχύει κυρίως για τα δύο πρώτα σενάρια αφίξεων (2 και 1 αφίξεις την ημέρα), όπου οι διαφορές στα συνολικά κέρδη είναι σημαντικές. Στα άλλα τρία σενάρια αφίξεων (1/3 ημέρες, 1/7 ημέρες και 1/15 ημέρες) οι διαφορές αυτές εξομαλύνονται κάπως, αλλά παραμένουν ευμεγέθεις. Συγκριτικά τα αποτελέσματα εμφανίζονται στον Πίνακα 6.1.

Το πρώτο συμπέρασμα ενισχύεται ακόμη περισσότερο από το τρίτο σενάριο αφίξεων του Πίνακα 6.1 (1 άφιξη ανά 3 ημέρες). Είναι αυτό στο οποίο υπάρχει η μικρότερη αναλογικά διαφορά στα συνολικά κέρδη μεταξύ των αποτελεσμάτων της πραγματικής πολιτικής της επιχείρησης και αυτών της διαδικασίας βελτιστοποίησης. Παρόλα αυτά το ποσό που χάνεται είναι της τάξεως του 39,6 % των τωρινών πραγματικών κερδών, ένα δηλαδή διόλου ευκαταφρόνητο ποσοστό.

Αφίξεις	MaxProfit (€) Βελτιστοποίησης	MaxProfit (€) Υπάρ. Πολιτικής	Διαφορά
2 / ημέρα	7049,8681	-6399,4004	310,2 %
1 / ημέρα	3539,9598	-1830,7293	393,4 %
1 / 3 ημέρες	1174,2542	841,2972	39,6 %
1 / 7 ημέρες	484,7116	321,8237	50,6 %
1 / 15 ημέρες	217,3857	65,7959	230,4 %

Πίνακας 6.1 Συγκριτικά αποτελέσματα σεναρίων αφίξεων (Πηγή: Ιδία Επεξεργασία)

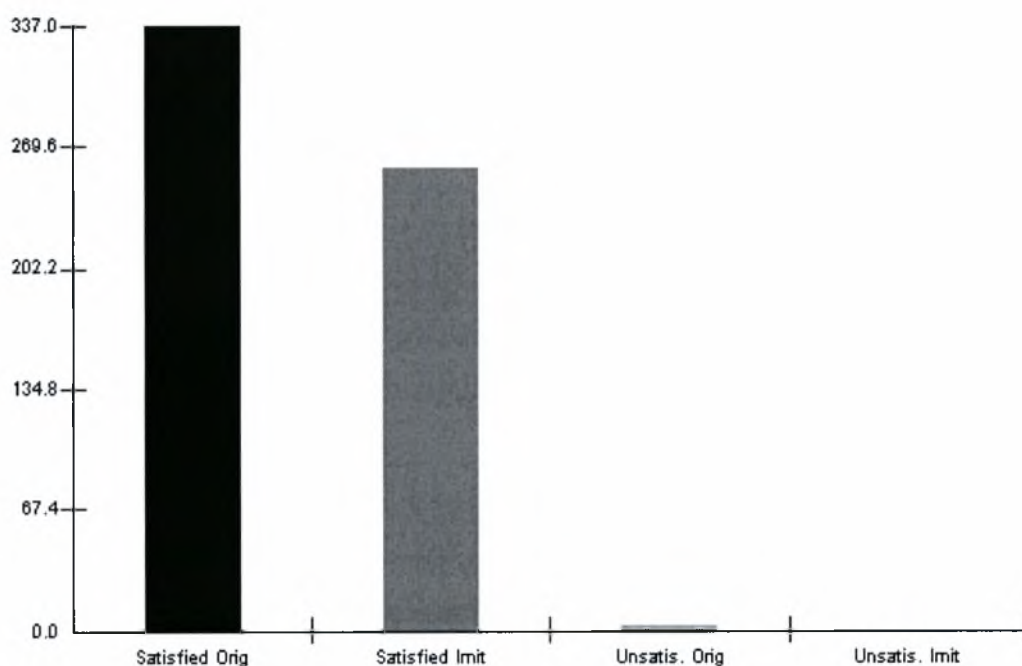
Το δεύτερο συμπέρασμα βγαίνει από τα αποτελέσματα της ανάλυσης ευαισθησίας που έγινε στο μοντέλο για το σενάριο αφίξεων 2 πελατών ανά ημέρα, που παρουσιάστηκαν στον Πίνακα 5.4 του Κεφαλαίου 5. Από αυτά φαίνεται ότι τα μέγιστα δυνατά κέρδη επιτυγχάνονται στις περιπτώσεις όπου υπάρχει μεγάλη τάση μεταπήδησης των πελατών από τα αυθεντικά ανταλλακτικά στις απομιμήσεις τους, όταν τα πρώτα δεν είναι διαθέσιμα. Επίσης, ακόμη και στην αντίθετη περίπτωση μεταπήδησης των πελατών, δηλαδή από τις απομιμήσεις στα αυθεντικά, τα κέρδη παρουσιάζονται ελαφρώς αυξημένα έναντι αυτών της σταθερής κατάστασης.

Η μόνη περίπτωση όπου τα κέρδη πέφτουν κάτω από αυτά που βγήκαν από την βελτιστοποίηση του σεναρίου για 2 αφίξεις πελατών ανά ημέρα, είναι αυτή της ανάλυσης ευαισθησίας με ευαισθητοποιημένη παράμετρο το ποσοστό επιλογής των ανταλλακτικών και με τιμή 70 % για τα αυθεντικά και 30 % για τις απομιμήσεις.

Αυτό είναι πέρα ως πέρα λογικό, αφού ο χρόνος που χρειάζεται για να φθάσουν τα αυθεντικά ανταλλακτικά είναι τετραπλάσιος σε σχέση με τον αντίστοιχο για τις απομιμήσεις και περισσότερες ζητήσεις αυθεντικών συνεπάγονται πιο συχνές παραγγελίες, μεγαλύτερες πιθανότητες χαμένων πωλήσεων και μεγαλύτερο κόστος διατήρησης αποθεμάτων. Παρόλα αυτά, η διαφορά στα κέρδη είναι σχετικά μικρή (≈ 60 ευρώ). Στα άλλα τρία σχετικά σενάρια (50-50, 40-60 και 30-70), όσο δηλαδή προτιμώνται περισσότερο οι απομιμήσεις, τα κέρδη είναι μεγαλύτερα, με τη μεγαλύτερη τιμή να παρουσιάζεται στο σενάριο 30 % αυθεντικά και 70 % απομιμήσεις, πράγμα που επιβεβαιώνει το παραπάνω συμπέρασμα.

Το τρίτο συμπέρασμα είναι ότι η δομή της αντικειμενικής συνάρτησης και η επιλογή της μεγιστοποίησης του κέρδους έναντι στην ελαχιστοποίηση του κόστους δίνουν πολύ καλά αποτελέσματα όσον αφορά τις χαμένες πωλήσεις.

Αυτές σε όλα τα σενάρια βελτιστοποίησης (αφίξεων και ανάλυσης ευαισθησίας) πρακτικά εκμηδενίστηκαν, όπως φαίνεται στα γραφήματα του Κεφαλαίου 5. Το Γράφημα 6.1 παρατίθεται εδώ ενδεικτικά και αντικατοπτρίζει το σενάριο για 2 αφίξεις ανά ημέρα, το οποίο έχει και τις περισσότερες χαμένες πωλήσεις (μία με τρεις).



Γράφημα 6.1 Κίνηση Πελατών για 2 αφίξεις ανά ημέρα (Πηγή: Ιδία Επεξεργασία)

6.3 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα και ανάλυση

Η παρούσα διπλωματική εργασία, όπως και κάθε άλλη στο προπτυχιακό επίπεδο, είχε μπροστά της έναν στενό χρονικό ορίζοντα για να εκπονηθεί και να παρουσιαστεί. Το αντικείμενο που πραγματεύεται είναι πολύ σοβαρό και πολύπλοκο ούτως ώστε να διερευνηθεί αποτελεσματικά στα πλαίσιά της. Έτσι, παρακάτω γίνονται ορισμένες προτάσεις που, κατά την γνώμη μας, θα βοηθήσουν στην καλύτερη ανάλυση του προβλήματος και στην εξαγωγή πιο αξιόπιστων αποτελεσμάτων.

- Τα στοιχεία που έδωσε η επιχείρηση για τον ρυθμό αφίξεων, τα ποσοστά προτίμησης των πελατών στους δύο τύπους ανταλλακτικών, καθώς και για τα ποσοστά μεταπήδησης σε άλλο ανταλλακτικό στην περίπτωση απουσίας του ενός από τα δύο που είναι η αρχική επιλογή των πελατών είναι περισσότερο εμπειρικά και δεν βασίζονται σε εμπειριστατωμένη μελέτη από πλευράς των υπευθύνων της. Η εισαγωγή των δεδομένων μίας τέτοιας μελέτης στο συγκεκριμένο μοντέλο θα έδινε σίγουρα αποτελέσματα που θα άγγιζαν σε μεγάλο ποσοστό τα πραγματικά βέλτιστα για τη συγκεκριμένη περίπτωση.
- Ενδιαφέρον θα ήταν να γίνει η βελτιστοποίηση και με ελαχιστοποίηση του κόστους (MinCost) ως αντικειμενική συνάρτηση και να συγκριθούν τα αποτελέσματά της με αυτά που εξήχθησαν από την μεγιστοποίηση του κέρδους.
- Ο χρόνος προσομοίωσης και ο αριθμός των επαναλήψεων που επεξεργάζονται την αντικειμενική συνάρτηση είναι μεν επαρκής για την εξαγωγή αποτελεσμάτων αρκετά αξιόπιστων, φυσικά όμως αν αυτά αυξάνονταν η ακρίβεια θα βελτιώνονταν αναλόγως.
- Στο παρόν μοντέλο δεν πάρθηκαν υπόψη χρόνοι καθυστέρησης που παρουσιάζονται στις πραγματικές συνθήκες, όπως χρόνοι εύρεσης και

μεταφοράς ανταλλακτικών. Επίσης δεν υπάρχουν εργατικά κόστη. Η χρήση τους στο μοντέλο θα έδινε επίσης ακριβέστερα και πιο κοντά στα πραγματικά αποτελέσματα.

- Το μοντέλο προσομοιώνει ανταλλαξιμότητα μεταξύ δύο τύπων ανταλλακτικών, κάτι που σε πραγματικές συνθήκες είναι μάλλον απίθανο, αφού στο εμπόριο διατίθεται πληθώρα επιλογών. Θα μπορούσε, λοιπόν, να μεγαλώσει η εμβέλεια του μοντέλου όσον αφορά και αυτόν τον τομέα και να υπάρχει επιλογή μεταξύ περισσότερων από δύο τύπους ανταλλακτικών.
- Τέλος, θα μπορούσε επίσης να βελτιωθεί η ευκολία χρήσης του μοντέλου με τη βελτίωση της υπάρχουσας ή το σχεδιασμό μίας νέας επιφάνειας χειρισμού.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Λυμπερόπουλος, Γ. (2000), **Σημειώσεις του Μαθήματος: Σχεδιασμός και Προγραμματισμός της Παραγωγής**, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας
2. Hansen, Gregory A. (1994), **Automating Business Process Reengineering**, Prentice Hall
3. Russel, Roberta S. and Taylor, Bernard W. (2000), **Operations Management**, Prentice Hall
4. Borin, Norm and Farris, Paul (1995), **A Sensitivity Analysis of Retailer Shelf Management Models**, New York University, Journal of Retailing, Volume 71, Number 2, pp. 153 - 171

Άρθρα από το Διαδίκτυο

1. **Basic Inventory Theory and Terminology**
(www.rand.org/publications/MR/MR1096/MR1096.appb.pdf)
2. **A Quick Introduction to Queuing Theory**
(www.cs.uml.edu/~giam/Mikkeli/IntroQueTheo.ppt)
3. Jensen, Paul A. and Bard, Jonathan F. (2001), **Inventory Models, The (R, S) Inventory Policy**, parts from their book: **Operations Research Methods and Models**, (www.me.utexas.edu/~jensen/ORMM/frontpage/jensen.lib)
4. Maples, Tracy B. (2002), **Discrete Event Simulation**
(www.cecs.csulb.edu/~maples/cecs340.html)
5. Krahl, David (2001), **The Extend Simulation Environment**, (www.informs-cs.org/wsc01papers/025.PDF)
6. Leemis, Lawrence (2000), **Input Modeling Techniques for Discrete Event Simulations**, (www.math.wm.edu/~leemis/2001wsc.pdf)
7. Turnay, Kerim (1996), **Business Process Simulation**, (www.c3i.osd.mil/bpr/bprcd/5311.htm)

8. Giaglis, George M., Paul, Ray J. and Serrano, Alan (1999), **Reconciliation of Business and Systems Modeling via Discrete Event Simulation**, (www.informs-cs.org/wsc99papers/205.PDF)
9. Plum, Gerhard F. (1998), **Principles of Queuing Theory**, (www.uni-koblenz.de/~kqt/Learn/Textbook/node46.html)
10. Troitzsch, Claus G. (2001), **Queuing Models and Discrete Event Simulation**, (www.uni-koblenz.de/~kqt/SICSS/SSS/Chapter5/Slides.pdf)



