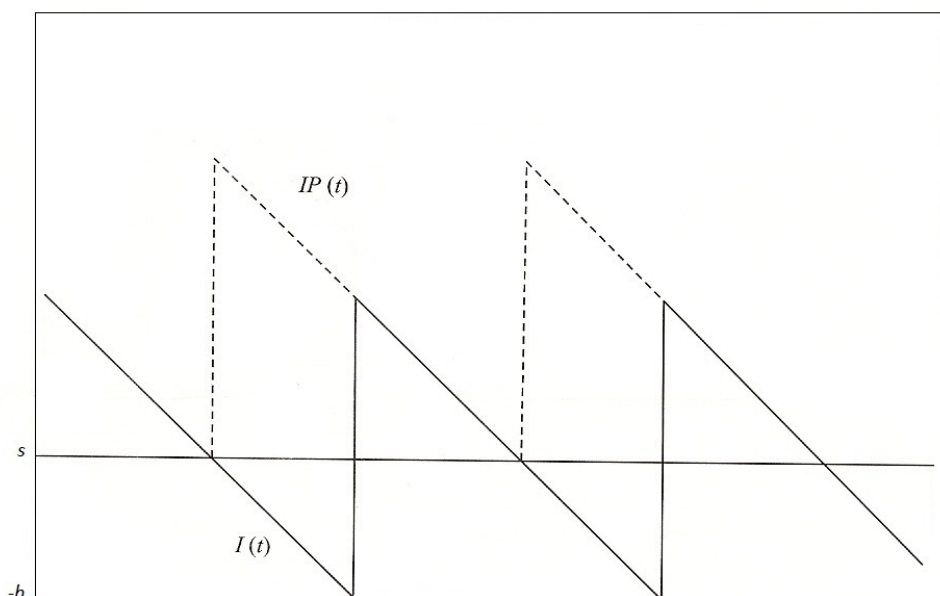




ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

Διπλωματική Εργασία:

«Πολιτικές αναπλήρωσης αποθέματος πρώτων υλών σε σύστημα παραγωγής με τακτικούς και ευκαιριακούς προμηθευτές»



Βολάνη Ναταλία

Εξεταστική επιτροπή:

Βασίλειος Κουϊκόγλου, Καθηγητής, επιβλέπων

Φώτιος Κανέλλος, Λέκτορας

Γεώργιος Τσιναράκης, Διδάσκων

Χανιά, 2015

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	4
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
1.1. ΓΕΝΙΚΑ	5
1.2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	6
1.3. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	7
1.4. ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	8
ΑΠΟΘΕΜΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕ ΚΑΝΟΝΙΚΟΥΣ ΚΑΙ ΕΥΚΑΙΡΙΑΚΟΥΣ ΠΡΟΜΗΘΕΥΤΕΣ	9
2.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	9
2.1.1. Μεταβλητές Απόφασης	9
2.1.2. Παραδοχές / Λοιπά Χαρακτηριστικά	10
2.1.3. Παράμετροι	10
2.2. ΕΥΡΕΤΙΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ	11
2.3. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΑΙ ΕΥΡΕΣΗ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ	12
2.3.1. Εισαγωγή δεδομένων και Αποτελέσματα	12
2.3.2. Χρονικός Ορίζοντας και Γέννηση Γεγονότων	13
2.3.2.1. Ενημέρωση	13
2.3.2.2. Ανεφοδιασμός	13
2.3.2.3. Ζήτηση	14
2.3.2.4. Προσφορά από ευκαιριακό προμηθευτή	15
2.3.3. Τερματισμός	16
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	17
3.1. ΑΛΛΑΓΗ ΣΤΟ ΡΥΘΜΟ ΑΦΙΞΗΣ ΠΕΛΑΤΩΝ	18
3.2. ΑΛΛΑΓΗ ΣΤΟ ΡΥΘΜΟ ΑΦΙΞΗΣ ΕΥΚΑΙΡΙΑΚΩΝ ΠΡΟΜΗΘΕΥΤΩΝ	20
3.3. ΑΛΛΑΓΗ ΣΤΟ ΚΟΣΤΟΣ h	23
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	28
ΚΩΔΙΚΑΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ.....	30

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα εργασία έχει διττή σημασία.

Αποτελεί το τέλος ενός κύκλου και παράλληλα το εφαλτήριο για κάτι καινούριο.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ολόψυχα όσους με βοήθησαν σε αυτό το εγχείρημα:

Την οικογένειά μου – για την παρότρυνσή της

Τον κύριο Κουϊκόγλου – για την άρτια και πάντα άμεση υποστήριξή του

Τον Κωνσταντίνο – γιατί ήταν πάντα εκεί

1.1. ΓΕΝΙΚΑ

Η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι ένα αντικείμενο της οργάνωσης παραγωγής και διαχείρισης αποθεμάτων που εξελίσσεται ραγδαία τα τελευταία χρόνια αποτελώντας έναν παράγοντα-κλειδί μιας επιτυχημένης επιχείρησης. Στατιστικές μελέτες [1] δείχνουν ότι εταιρείες με εξελιγμένες μεθόδους εφοδιαστικής αλυσίδας έχουν μέχρι και δώδεκα (12) φορές μεγαλύτερο κέρδος από αντίστοιχες που υστερούν σε αυτόν τον τομέα. Σχετική ετήσια μελέτη [2] για το έτος 2014 δείχνει ότι εταιρείες που αναγνώρισαν την εφοδιαστική αλυσίδα ως καταλυτικό στοιχείο και επένδυσαν στο σχεδιασμό και στη βελτίωσή της, εμφάνισαν μέχρι και 70% βελτίωση απόδοσης. Καθώς πλέον η εφοδιαστική αλυσίδα συνδέει πολλές επιχειρήσεις με διαφορετικές πολιτικές διαχείρισης, ανακύπτουν πολλαπλές προκλήσεις αναφορικά με τους στόχους και τα κριτήρια που πρέπει να ικανοποιηθούν. Συγκεκριμένα θα πρέπει να ικανοποιείται το κριτήριο ατομικής κερδοφορίας για κάθε μέτοχο-τμήμα της εφοδιαστικής αλυσίδας αλλά και το κριτήριο συνολικής κερδοφορίας. Το δεύτερο κριτήριο εγγυάται το μέγιστη συνολική κερδοφορία και ικανοποιείται με αμοιβαίες παραχωρήσεις και οικονομίες κλίμακας. Σε πρόσφατη μελέτη της εταιρείας PricewaterhouseCoopers που συνοψίζεται στην [2], αναφέρεται ότι σε ποσοστό 83% οι διευθύνοντες σύμβουλοι εταιρειών λιανικού εμπορίου δεν πιστεύουν ότι η εφοδιαστική πολιτική που ακολουθούν είναι η βέλτιστη.

Μερικές προκλήσεις που αφορούν τη διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας αντιμετώπισα έχοντας εργαστεί σε εταιρεία που πραγματοποιούσε εισαγωγές και εξαγωγές πυροσβεστικού εξοπλισμού. Η εταιρεία πραγματοποιούσε μόνο χονδρικές πωλήσεις, προσφέροντας τρεις (3) κατηγορίες προϊόντων:

- εισαγωγές εξαρτημάτων και συναρμολόγηση προϊόντων στην Ελλάδα (OEM)
- εισαγωγές ολοκληρωμένων προϊόντων και άμεση εμπορία τους
- εισαγωγές πρώτων υλών, όπως για παράδειγμα κατασβεστική σκόνη, τις οποίες πουλούσε σε καταστήματα λιανικής με σκοπό επανέλεγχο/αναγόμευση πυροσβεστήρων ή απευθείας εμπορία.

Οι εισαγωγές είχαν σταθερό χρόνο άφιξης, ο οποίος ήταν περίπου δύο (2) μήνες, συμπεριλαμβανομένων τυχόν εκτελωνισμών και λοιπών ελέγχων. Σαφώς υπήρχαν διάφοροι αστάθμητοι παράγοντες, οι οποίοι αποτελούν και το βασικό χαρακτηριστικό μιας Παγκόσμιας Εφοδιαστικής Αλυσίδας. Μια κακοκαιρία στη χώρα προέλευσης είτε μια απεργία εταιρειών μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων (container) ήταν πράγματα όχι καθημερινά, αλλά σίγουρα υπολογίσιμα. Σε περίπτωση ζήτησης και ανεπάρκειας αποθέματος, δεν υπήρχε δυνατότητα άμεσης εξυπηρέτησης πελατών. Τότε ο πελάτης

περίμενε, αν το προϊόν ήταν είδος μονοπωλίου, διαφορετικά το αγόραζε από άλλη πηγή. Ορισμένες φορές υπήρχαν ευκαιριακοί προμηθευτές που προσέφεραν τα προϊόντα τους σε χαμηλότερη τιμή και ρωτούσαν εάν η εταιρία μας επιθυμούσε να τα αγοράσει. Αυτά ήταν κυρίως προϊόντα που προορίζονταν για άλλους πελάτες του εν λόγω προμηθευτή, οι οποίοι δεν τα παραλάμβαναν/αγόραζαν λόγω κωλύματος. Ένα παράδειγμα ήταν μια λανθασμένη εκτύπωση ενός εταιρικού λογοτύπου σε μια πυροσβεστική μάνικα. Τότε ο ευκαιριακός προμηθευτής μάς είχε ρωτήσει εάν θέλουμε να αγοράσουμε τη συγκεκριμένη πυροσβεστική μάνικα στη μισή τιμή, αλλιώς θα του ήταν άχρηστη δεδομένου του κακοτυπωμένου λογοτύπου και δεν θα μπορούσε να την διαθέσει αλλού. Η ποσότητα ήταν υπερδιπλάσια των κανονικών παραγγελιών μας και η διοίκηση έπρεπε να αποφασίσει εάν θα αγόραζε τα τεμάχια ή όχι.

Ορμώμενη από τα παραπάνω γεγονότα, τα οποία εκ φύσεως δημιουργούν ευκαιρίες για περισσότερο κέρδος αλλά εισάγουν αβεβαιότητα και πολυπλοκότητα στη διαχείριση αποθεμάτων και τη λήψη αποφάσεων, θέλησα να ερευνήσω τις συνθήκες υπό τις οποίες συμφέρει μια εταιρεία να δέχεται προσφορές από ευκαιριακούς προμηθευτές. Για την ανάλυση του συστήματος εφαρμόζω προσομοίωση η οποία μπορεί να αναπαραστήσει τη λειτουργία και να εκτιμήσει την απόδοση συστημάτων οιασδήποτε πολυπλοκότητας και βαθμού τυχαιότητας. Οι παράμετροι που θα χρησιμοποιήσω και η δομή του μοντέλου προσομοίωσης προσεγγίζουν αρκετά τα προβλήματα που αντιμετώπισα στο εργασιακό μου περιβάλλον και επικεντρώνονται στη δεύτερη και στην τρίτη κατηγορία πωλήσεων που αναφέρθηκαν προηγουμένως, δεν περιλαμβάνεται δηλαδή παραγωγή προϊόντων.

1.2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Εξετάζεται ένα σύστημα παραγωγής που προμηθεύεται πρώτες ύλες ή/και έτοιμα προϊόντα από τακτικούς και ευκαιριακούς προμηθευτές και τα διοχετεύει στην αγορά. Η ζήτηση προϊόντων έχει μία δεδομένη μέση τιμή αλλά είναι στοχαστική. Για παράδειγμα, η ημερήσια ζήτηση έχει απρόβλεπτες διακυμάνσεις γύρω από την μέση ημερήσια τιμή της, η οποία θεωρείται γνωστή. Η επιχείρηση έχει έναν ή περισσότερους τακτικούς προμηθευτές πρώτων υλών, οι οποίοι την προμηθεύουν με προϊόντα σε καθορισμένη τιμή πώλησης.

Αν δεν υπήρχαν ευκαιριακοί προμηθευτές, η επιχείρηση θα μπορούσε να εύρει την πολιτική αναπλήρωσης των αποθεμάτων πρώτων υλών η οποία μεγιστοποιεί το μέσο ρυθμό κέρδους (ετήσιο κέρδος ή εν γένει κέρδος/μονάδα χρόνου) με βάση τις τιμές αγοράς πρώτων υλών και πώλησης προϊόντος, τις στατιστικές παραμέτρους (μέση τιμή, διασπορά) της ζήτησης, το κόστος επένδυσης για την αγορά και, πιθανόν, τη συντήρηση των αποθεμάτων πρώτων υλών και το κόστος παραγωγής.

Το πρόβλημα για την επιχείρηση είναι το ακόλουθο. Κάποια στιγμή η επιχείρηση δέχεται προσφορά από ευκαιριακό προμηθευτή, σε τιμή κατά κανόνα χαμηλότερη από την καθορισμένη τιμή των τακτικών προμηθευτών. Οι ευκαιριακοί προμηθευτές προσφέρουν επίσης κάθε φορά συγκεκριμένη (μέγιστη) ποσότητα στη συγκεκριμένη (χαμηλή) τιμή, η οποία έχει τη μορφή ‘μοναδικής προσφοράς’ (one time discount). Τη δεδομένη στιγμή που της γίνεται η προσφορά, η εν λόγω επιχείρηση έχει ήδη ένα απόθεμα πρώτων υλών, πιθανότατα αναμένει και αφίξεις εκκρεμών παραγγελιών ενώ η τιμή προσφοράς είναι γνωστή. Τη συμφέρει να αποδεχτεί αυτή την πρόταση;

Αν το τρέχον απόθεμα πρώτων υλών είναι χαμηλό και δεδομένου ότι δεν ξεπερνά κάποια άνω όρια που έχουν καθορισθεί (με κατάλληλη βελτιστοποίηση) από την επιχείρηση, τότε συμφέρει περισσότερο η αποδοχή της προσφοράς. Στην περίπτωση που το τρέχον απόθεμα είναι ήδη υψηλό, δεν γίνεται δεκτή η ευκαιριακή προμήθεια λόγω του κόστους επένδυσης και συντήρησης του πλεονάζοντος αποθέματος.

Στην εργασία αυτή μελετάται το πώς οι ευκαιριακές προμήθειες επηρεάζουν την πολιτική αποθεμάτων καθώς επίσης και ποιος είναι ο βέλτιστος συνδυασμός παραμέτρων βάσει των οποίων εξασφαλίζεται η μεγαλύτερη κερδοφορία.

1.3. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Τα κριτήρια εκείνα που καθορίζουν αν θα κερδηθεί μια παραγγελία, είναι πιθανότερο να βασίζονται περισσότερο στην εξυπηρέτηση παρά στο ίδιο το προϊόν. Βάσει αυτής της προοπτικής το ανταγωνιστικό πλεονέκτημα μιας επιχείρησης συχνά θεωρείται ως γραμμική συνάρτηση της υπεροχής προϊόντος και της υπεροχής της εξυπηρέτησης (βλ. [4], σελ. 51). Η εν λόγω υπεροχή μετράται ως συνάρτηση της συνέπειας παράδοσης προϊόντος στον πελάτη την προκαθορισμένη ημερομηνία, της κερδοφορίας αλλά και της αύξησης των πωλήσεων (μερίδιο αγοράς) [5].

Όσον αφορά το θέμα της διακύμανσης τιμών αγοράς πρώτων υλών, οι Yang and Xia [6] παρουσίασαν μια πολύ ενδιαφέρουσα έρευνα. Αν η αγορά από έναν ευκαιριακό προμηθευτή πραγματοποιείται χρονικά πολύ ενωρίτερα από την πώληση των προϊόντων, η εταιρεία θα χρεωνόταν αχρείαστο κόστος αποθεματοποίησης και θα έχανε την ευκαιρία για μια μελλοντική προμήθεια σε χαμηλότερη τιμή. Από την άλλη, αν η αγορά γινόταν υπερβολικά αργότερα, η εταιρεία θα υφίστατο απώλειες πωλήσεων και θα έχανε επιπρόσθετα και μια καλή προσφορά. Χρησιμοποιώντας διακριτές αλυσίδες Markov για την τιμή αγοράς των πρώτων υλών και κατανομή Poisson για τη ζήτηση, απέδειξαν ότι η βέλτιστη πολιτική είναι τύπου (s, S) - order-up-to level policy, καθώς και ότι όσο μειώνεται η τιμή αγοράς, τόσο μειώνεται και το άνω κατώφλι S . Σύμφωνα με την πολιτική (s, S) , παραγγελία στον προμηθευτή γίνεται όταν το απόθεμα πέσει κάτω από s και παραγγέλλεται ποσότητα τόση ώστε το απόθεμα να φθάσει στο άνω όριο S .

Ένα μοντέλο με σταθερή ζήτηση και αναξιόπιστους προμηθευτές παρουσιάζεται στην [7]. Η αβεβαιότητα των προμηθευτών θεωρείται ότι οφείλεται είτε σε κακή ποιότητα των προϊόντων τους, είτε σε προβληματική μεταφορά, φυσικές καταστροφές, χρεοκοπία ή κακή παραγωγική διαδικασία. Δίνοντας έμφαση στην τιμολογιακή/αγοραστική δύναμη της εταιρείας, η μελέτη καταλήγει στο ότι η βέλτιστη πολιτική απέναντι σε αναξιόπιστους προμηθευτές είναι ανεξάρτητη της τιμολογιακής δύναμης της εταιρείας, δηλαδή της δυνατότητάς της να μεταβάλει η ίδια τις τιμές που αγοράζει. Όταν η προσφορά των προμηθευτών είναι χαμηλή, η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας δεν επηρεάζεται από το πόσο αξιόπιστοι είναι ή από τιμές ανταγωνισμού, παρά μόνο από την τιμή αυτή καθαυτή που προσφέρουν και την αξιοπιστία των ανταγωνιστών τους.

Μία μελέτη που πραγματεύτηκε στοχαστική ζήτηση και στοχαστική προσφορά από ευκαιριακούς προμηθευτές χρησιμοποιώντας πολιτική (s, S) [8], κατέληξε σε μια συνδυαστική βέλτιστη λύση για τη βέλτιστη πολιτική προμηθειών από ευκαιριακό προμηθευτή. Εφόσον το απόθεμα είναι άνω του S , τότε δεν προτείνεται ουδεμία αγορά. Εάν είναι μεταξύ S και s , τότε συμφέρει η προμήθεια στην κανονική τιμή και επιπλέον,

ακόμα μια παραγγελία με έκπτωση, εφόσον βέβαια η έκπτωση προταθεί. Το άθροισμα των παραγγελιών θα πρέπει να ισούται με το επίπεδο του S (order-up-to structure).

Λίγο ενωρίτερα είχε εξετασθεί ένα σύστημα (s, S) με τυχαίο χρόνο απόκρισης (lead time), στοχαστική ζήτηση και απεριόριστες προπαραγγελίες (full backlogging) [9]. Απεδείχθη η ύπαρξη μονοτονίας μεταξύ των παραμέτρων του προβλήματος καθώς επίσης και το ότι η πολιτική (s, S) είναι η βέλτιστη όλων σε περίπτωση που υπάρχει σταθερό κόστος ανά παραγγελία.

Σε μια πρόσφατη εκτενή κατηγοριοποίηση [10] συγκεντρώνονται όλες οι εξελίξεις στην βελτιστοποίηση μέσω προσομοίωσης στον τομέα της αναπλήρωσης αποθεμάτων. Οι γενετικοί αλγόριθμοι αποτελούν τις πιο δημοφιλείς τεχνικές εύρεσης της βέλτιστης λύσης. Τα τελευταία χρόνια υπάρχει μια στροφή προς την επίλυση πρακτικών καθημερινών προβλημάτων αναπλήρωσης αποθέματος κι όχι τόσο στην πιο αναλυτική επίλυση απλών μοντέλων (toy problems). Επίσης, ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι τα μοντέλα που επιλύονται από διάφορους ερευνητές ανά καιρούς βασίζονται σε απλές δομές εφοδιαστικής αλυσίδας μίας βαθμίδας (single echelon) και συχνά με γνωστούς ή ακόμα και μηδενικούς χρόνους παράδοσης (lead times).

1.4. ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Αρχικά περιγράφεται το σύστημα, ο αλγόριθμος προσομοίωσης και οι παράμετροι του συστήματος, όπως και η συνδυασμένη πολιτική παραγγελιών από τακτικούς και ευκαιριακούς προμηθευτές, για την οποία θα αναζητηθούν οι βέλτιστες τιμές παραμέτρων με στόχο τη βελτιστοποίηση του κέρδους. Κατόπιν το πρόβλημα επιλύεται δοκιμάζοντας διάφορους συνδυασμούς παραμέτρων για την πολιτική παραγγελιών. Ο αλγόριθμος εκτελεί πολλαπλές εμφωλευμένες προσομοιώσεις και έχει προγραμματισθεί σε περιβάλλον Matlab. Αρχικά ορίζονται τα εύρη των τιμών των παραμέτρων του φυσικού προβλήματος. Στη συνέχεια αντλούνται τα δεδομένα που χρειάζονται για την επίλυση του αλγορίθμου, για παράδειγμα το κόστος αγοράς του προϊόντος. Μέσα από όλες τις δοκιμές προσδιορίζεται ο συνδυασμός παραμέτρων της πολιτικής η οποία αποδίδει και μέγιστη κερδοφορία στην επιχείρηση. Αυτή η λύση αποτελεί και την αφετηρία (αναφορά) για τις επόμενες δοκιμές, προκειμένου να βρεθούν εξαρτήσεις/αλληλεπιδράσεις μεταξύ γεγονότων και να εξαχθούν συμπεράσματα.

Πιο συγκεκριμένα, στο Κεφάλαιο 2 αναλύεται το θεωρητικό μοντέλο, ο τρόπος λειτουργίας του, τα χαρακτηριστικά του και ο τρόπος εύρεσης του βέλτιστου. Κατόπιν αναλύεται η επιθυμητή ευρετική πολιτική βάσει της οποίας επιλέγεται ή όχι αγορά από τον ευκαιριακό προμηθευτή. Τέλος, εξηγείται η προσομοίωση και ο τρόπος λειτουργίας του αλγορίθμου. Στο Κεφάλαιο 3 παρουσιάζονται τα αριθμητικά αποτελέσματα. Στο Κεφάλαιο 4 αναλύονται τα συμπεράσματα και γίνεται αναφορά σε πιθανές βελτιώσεις προς περαιτέρω διερεύνηση. Στο τέλος περιλαμβάνεται το παράρτημα με τον πλήρη αλγόριθμο βελτιστοποίησης και προσομοίωσης.

ΑΠΟΘΕΜΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕ ΚΑΝΟΝΙΚΟΥΣ ΚΑΙ ΕΥΚΑΙΡΙΑΚΟΥΣ ΠΡΟΜΗΘΕΥΤΕΣ

Στο κεφάλαιο αυτό μελετάται ο τύπος του αποθεματικού συστήματος, αναλύεται η ευρετική πολιτική και εξηγείται το αλγοριθμικό μοντέλο. Ο σκοπός αυτού του κεφαλαίου είναι μέσω της βελτιστοποίησης να βρεθεί ο καλύτερος συμβιβασμός (trade-off) μεταξύ του κόστους αποθεματοποίησης και του κόστους παραγγελίας προϊόντων (βλ. [11], σελ. 73). Το σύστημα λειτουργεί σε ένα περιβάλλον με στοχαστική ζήτηση προϊόντων από πελάτες και τυχαία αφικνούμενους ευκαιριακούς προμηθευτές με δελεαστικές προσφορές.

2.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Όπως ισχύει για κάθε πρόβλημα αποθεματοποίησης, χρειάζεται να καθοριστούν (βλ. [12], σελ. 16):

- η συνάρτηση του κέρδους της οποίας ψάχνουμε το μέγιστο
- οι μεταβλητές απόφασης των οποίων επιθυμούμε να βρούμε τις βέλτιστες τιμές,
- οι παράμετροι του φυσικού προβλήματος που επηρεάζουν το κέρδος αλλά και τη βέλτιστη πολιτική (βλ. [13], σελ. 48-50).

Στην εργασία αυτή υιοθετείται η πολιτική αποθέματος (s , S) που είναι η πλέον συνηθισμένη στις περιπτώσεις όπου κάθε παραγγελία επιβαρύνεται, εκτός του κόστους που είναι ανάλογο με την ποσότητα παραγγελίας, και από ένα πάγιο κόστος (τηλέφωνα, μεταφορικά, τελωνειακοί δασμοί, κλπ). Η πολιτική αυτή συνδυάζεται με την πολιτική αποδοχής/απόρριψης πελατών και την πολιτική αποδοχής/απόρριψης ευκαιριακών προμηθευτών.

2.1.1. Μεταβλητές Απόφασης

Η συνολική πολιτική έχει τέσσερες παραμέτρους που αποτελούν τις μεταβλητές απόφασης:

- S : βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας από τον κανονικό προμηθευτή. Αποτελεί σημείο αναφοράς και στόχος αποθεματικής στάθμης
- b : μέγιστη επιτρεπόμενη στάθμη παραγγελιών που δεν έχουν πραγματοποιηθεί, κάτω από την οποία το σύστημα δε δέχεται άλλες ζητήσεις (πχ., αν $b = -5$, τότε δεχόμαστε παραγγελίες όταν έχουμε έτοιμο απόθεμα ή μας λείπουν το πολύ μέχρι 4 προϊόντα)
- s : κατώφλι αποθέματος, κάτω από το οποίο χρειάζεται να ληφθεί απόφαση για το εάν θα γίνει παραγγελία ή όχι

f : παράμετρος απόφασης που επηρεάζει την αποδοχή ή όχι της προσφοράς των ευκαιριακών προμηθευτών.

2.1.2. Παραδοχές / Λοιπά Χαρακτηριστικά

- τα προϊόντα είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους
- το σύστημα αποτελείται από μία και μόνο γραμμή (single location, no echelon)
- άπειρος ρυθμός εισόδου στο σύστημα
- δυνατότητα εκπτώσεων από ευκαιριακούς προμηθευτές που αφικνούνται σε χρόνους κατά Poisson. Μπορούν να προσφέρουν έκπτωση one-time με συγκεκριμένη ποσότητα Q και μοναδιαία τιμή προϊόντος χαμηλότερη από αυτή του τακτικού προμηθευτή
- τα προϊόντα δε φθείρονται με το χρόνο
- πεπερασμένο χρονικό διάστημα κύκλου
- ένα είδος προϊόντος
- το προϊόν από τη στιγμή που παραλαμβάνεται, μπορεί να μεταπωληθεί αμέσως. Δε χρίζει κάποιας περαιτέρω επεξεργασίας

2.1.3. Παράμετροι

Βλ. [13], (σελ. 52-53) για λεπτομερή περιγραφή:

D : η ζήτηση είναι στοχαστική, καθοριζόμενη από οιαδήποτε διακριτή κατανομή

Q : ποσότητα παραγγελίας

N : χρονικός ορίζοντας

I : ανά χείρας απόθεμα

$\lambda_{\text{πελατών}}$: ρυθμός άφιξης πελατών στο σύστημα [$\lambda_{\text{mda_t_customer}}$]¹

$\lambda_{\text{ευκ_προμ.}}$: ρυθμός άφιξης ευκαιριακών προμηθευτών στο σύστημα [$\lambda_{\text{mda_t_occ_supplier}}$]

A : σταθερό κόστος ανά παραγγελία σε τακτικό προμηθευτή

$C_{\text{παρ.}}$: κόστος αγοράς ανά προϊόν από τον τακτικό προμηθευτή [C_{order}]

$C_{\text{εκπτ.}}$: κόστος αγοράς ανά προϊόν από τον ευκαιριακό προμηθευτή ($C_{\text{εκπτ.}} < C_{\text{παρ.}}$) [C_{discount}]

$C_{\text{πωλ.}}$: τιμή πώλησης ανά προϊόν [C_{sale}]

h : κόστος συντήρησης, δέσμευση κεφαλαίου που θα μπορούσε να επενδυθεί με ασφαλές επιτόκιο για μία μονάδα χρόνου

\hat{P} : κόστος έλλειψης αγαθού ανά μονάδα ανά χρόνο (αν υπήρχε προϊόν διαθέσιμο και πωλούνταν, τότε το κέρδος από την πώληση θα μπορούσε να επενδυθεί με ασφαλές επιτόκιο για μια μονάδα χρόνου) [P_{hat}]

¹ Σε αγκύλη βρίσκονται οι ονομασίες των αντίστοιχων μεταβλητών στον αλγόριθμο όταν αυτές διαφέρουν από τις αναφερόμενες στην αριστερή στήλη

P : κόστος έλλειψης αγαθού ανεξάρτητο από το μέγεθος και τη διάρκεια της έλλειψης (κόστος δυσφήμισης) [P]

L : χρόνος παράδοσης (χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ της τοποθέτησης παραγγελίας σε τακτικό προμηθευτή και λήψη της. Για τους ευκαιριακούς υποθέτεται $L=0$ καθώς τα προϊόντα είναι ετοιμοπαράδοτα)

$Q_{εκπτ}$: ποσότητα τεμαχίων που προσφέρονται από τον ευκαιριακό με μειωμένη τιμή

$Losses_penalty$: κόστος ανά μονάδα τεμαχίου σε περίπτωση απώλειας πελάτη (ισούται περίπου με το περιθώριο κέρδους)

Η έκπτωση του ευκαιριακού προμηθευτή αφορά μια συγκεκριμένη προσφορά τεμαχίων $Q_{εκπτ}$ και μια συγκεκριμένη έκπτωση ανά τεμάχιο. Στα αριθμητικά πειράματα έχουμε υποθέσει ότι η έκπτωση που προσφέρουν οι ευκαιριακοί προμηθευτές είναι 30% της τιμής του κανονικού προμηθευτή. Δηλαδή:

$$C_{εκπτ} = 0,7 * C_{παρ}$$

Επίσης για τα αριθμητικά πειράματα έχουμε θεωρήσει ότι η τιμή πώλησης προϊόντων στους πελάτες είναι διπλάσια της τιμής αγοράς από τον τακτικό προμηθευτή, ήτοι

$$C_{πωλ} = 2 * C_{παρ}$$

Υπολογισμός Κέρδους

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι με τον όρο κέρδος, δεν εννοούνται μόνο τα έσοδα από πωλήσεις μείον το κόστος αγοράς προϊόντων. Λαμβάνονται υπ' όψη και το κόστος αποθέματος, απόρριψης-απώλειας πελατών αλλά και καθυστέρησης πελατών αν δεν υπάρχει άμεσα έτοιμο απόθεμα. Εν γένει έχουμε ότι

$$Κέρδος = f(h, Losses\ penalty, D, Q, A, C_{παρ}, C_{πωλ}, C_{εκπτ}, P, \hat{P}, Q_{εκπτ})$$

Συνεπώς το μέγιστο κέρδος είναι συνάρτηση σημαντικών παραμέτρων για την επιχείρηση, για παράδειγμα των χαμένων πωλήσεων.

2.2. ΕΥΡΕΤΙΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ

Η αναπλήρωση αποθέματος γίνεται μέχρι του ανώτατου επιτρεπτού ορίου S (order-up-to-level) εφ' όσον πρόκειται για κανονική παραγγελία. Το γενικό κριτήριο για το εάν θα παραγγείλουμε ή όχι εξαρτάται από το εάν το ανά χείρας απόθεμα είναι κάτω από τη στάθμη s . Κάθε φορά που εξετάζουμε όμως μία αύξηση του αποθέματος, η πολιτική διαφοροποιείται αναλόγως με το γεγονός του αλγορίθμου στο οποίο βρισκόμαστε. Αν εξετάζουμε παραγγελία από τακτικό προμηθευτή, ελέγχουμε την τωρινή αλλά και την αμέσως προηγούμενη χρονικά αποθεματική στάθμη και παραγγέλνουμε όσο χρειάζεται για να φτάσουμε μέχρι το S . Εάν πρόκειται για ευκαιριακό προμηθευτή, εξετάζουμε αν το τρέχον απόθεμα (ανά χείρας απόθεμα, εκκρεμείς παραγγελίες και προσφερόμενα τεμάχια) είναι μικρότερο ή ίσο του $(1 + f) * S$.

Το f αποτελεί παράμετρο προς βελτιστοποίηση για το οποίο ισχύει:

$$f = 0, 1, 2, 3$$

Η ακριβής διαδικασία που ακολουθείται ανά γεγονός εξηγείται αναλυτικά στο επόμενο κεφάλαιο.

Συνοπτικά:

- Περίπτωση που το σύστημα **δεν έχει λάβει** προσφορά από ευκαιριακό προμηθευτή

Εφόσον $I \leq s$ και $I_{\text{προηγ}} \geq s$, τότε χρειάζεται να παραγγείλουμε. Δεδομένου ότι πρόκειται για μοντέλο συνεχούς επανελέγχου (continuous review), αυτή η πολιτική είναι πιο ρεαλιστική και συμφέρουσα για την επιχείρηση διότι διασφαλίζει ότι δε θα γίνονται συνεχώς μικρές παραγγελίες κάθε φορά που αναθεωρείται η κατάσταση του συστήματος. Η ποσότητα που παραγγέλλουμε είναι

$$Q = \begin{cases} S - I - (\text{εκκρεμείς παραγγελίες}), & \text{αν } I \leq s \text{ και } I_{\text{προηγ}} \geq s \\ 0, & \text{διαφορετικά} \end{cases}$$

- Περίπτωση που το σύστημα **λαμβάνει** προσφορά από ευκαιριακό προμηθευτή

$$Q = \begin{cases} Q_{\text{εκπτ}}, & \text{αν } I + Q_{\text{εκπτ}} + (\text{εκκρεμείς παραγγελίες}) \leq (1 + f) * S \\ 0, & \text{διαφορετικά} \end{cases}$$

Η παραπάνω διαδικασία είναι επαναληπτική για ένα συνδυασμό των μεταβλητών αποφάσεως S, b, s, f κάθε μία από οι οποίες λαμβάνει δοκιμαστικές τιμές σε κάποιο εύρος. Για κάθε συνδυασμό τιμών των μεταβλητών αποφάσεως γίνεται νέα προσομοίωση, κατά την οποία γεννούνται διάφοροι χρόνοι που αντιστοιχούν σε γεγονότα ανεφοδιασμού, ζήτησης ή προσφοράς από ευκαιριακό προμηθευτή. Με την προσομοίωση υπολογίζεται το καθαρό κέρδος της επιχείρησης που αντιστοιχεί στο συγκεκριμένο συνδυασμό μεταβλητών απόφασης. Ο συνδυασμός S, b, s, f που αποδίδει το μέγιστο κέρδος, θεωρείται ως βέλτιστος.

2.3. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΑΙ ΕΥΡΕΣΗ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

2.3.1. Εισαγωγή δεδομένων και Αποτελέσματα

Τα δεδομένα διαβάζονται από ένα αρχείο Input.txt και επί της ουσίας είναι όλες οι παράμετροι όπως αυτές αναφέρθηκαν στην Παράγραφο 2.1, όπως επίσης και τα εύρη των S, b . Το b διαβάζεται απευθείας ως αρνητικός αριθμός.

Συνεπώς ισχύει:

$$\begin{aligned} \min S &\leq S \leq \max S \\ \min b &\leq b \leq \max b, \quad b < 0 \\ b &\leq s \leq S - 1 \end{aligned}$$

Για κάθε συνδυασμό των παραπάνω τριών μεταβλητών και δεδομένου ότι $f = 0, 1, 2, 3$ υπολογίζεται το κέρδος βάσει της ευρετικής πολιτικής. Τα κέρδη όπως και οι παράμετροι S, b, s, f , απώλειες πωλήσεων, πωλήσεις και ποσοστό αγοράς από ευκαιριακούς προμηθευτές αποθηκεύονται σε πίνακες. Στο πέρας του αλγορίθμου δημιουργείται ένα txt αρχείο με όνομα “Results”, το οποίο περιλαμβάνει τη λύση με το μέγιστο κέρδος καθώς και όλες τις παραμέτρους βάσει των οποίων υπολογίστηκε.

2.3.2. Χρονικός Ορίζοντας και Γέννηση Γεγονότων

Σε κάθε ένα σενάριο, ο αλγόριθμος τρέχει μέσα σε ένα βρόχο “while”, στον οποίο δημιουργούνται τυχαίοι χρόνοι αφίξεων γεγονότων βάσει κατανομής Poisson. Το γεγονός που έχει τον πιο σύντομο χρόνο εκτελείται δίνοντας την τιμή του στη μεταβλητή t που ορίζει το «τώρα». Τα βασικά γεγονότα είναι **τρία**:

- ανεφοδιασμός (από τακτικό προμηθευτή)
- ζήτηση προϊόντων από πελάτη
- προσφορά από ευκαιριακό προμηθευτή

Πριν την εκτέλεση κάθε γεγονότος γίνεται ενημέρωση του κόστους αποθέματος ή ελλείμματος. Η ενημέρωση βασίζεται στον υπολογισμό των εμβαδών θετικού ή αρνητικού αποθέματος και περιγράφεται στη συνέχεια. Ακολουθούν οι περιγραφές των τριών γεγονότων.

2.3.2.1. Ενημέρωση

Σε αυτό το στάδιο είναι χρήσιμες δύο μεταβλητές. Η πρώτη δείχνει την προηγούμενη χρονική στιγμή $last_time$ και η δεύτερη την πιο πρόσφατη στάθμη αποθέματος I . Κατόπιν βρίσκεται το εμβαδόν του ορθογωνίου με πλευρές το χρόνο που έχει διανυθεί $(t - last_time)$ και το απόθεμα. Η λογική του αλγορίθμου είναι η ακόλουθη:

ΑΝ $I > 0$ **TOTE** αφαιρώ το κόστος αποθεματοποίησης του αποθέματος που έχω από το κέρδος

$$Profit = Profit - (t - last_time) * I * h$$

ΑΛΛΙΩΣ δεδομένου ότι $I < 0$, υπολογίζω το κόστος έλλειψης των τεμαχίων

$$Profit = Profit - (t - last_time) * (-I) * P_hat$$

ΤΕΛΟΣ

Ενημέρωση χρόνου: $last_time = t$

Ενημέρωση αποθέματος: $last_I = I$

2.3.2.2. Ανεφοδιασμός

Εφόσον το πιο σύντομο γεγονός είναι ο ανεφοδιασμός, τότε με την άφιξή του αυξάνεται το απόθεμα κατά την παραγγελία που υπήρχε σε εκκρεμότητα (είναι η 1^η στη θέση του πίνακα εκκρεμών παραγγελιών Order(), καθώς οι χρόνοι παράδοσης είναι σταθεροί και γνωστοί). Παράλληλα, μηδενίζεται το t της αντίστοιχης άφιξης από τον

αντίστοιχο πίνακα με τις αφίξεις εκκρεμών παραγγελιών $t_Order()$. Όλα τα στοιχεία των δύο αυτών πινάκων μετατίθενται κατά ένα στοιχείο προς τα πάνω, προκειμένου να ακολουθήσει η ίδια διαδικασία και για τις υπόλοιπες παραγγελίες.

Προτού γεννηθεί επόμενο γεγονός και προτού φύγω από τον ανεφοδιασμό, ελέγχω εάν το απόθεμα ανά χείρας και οι εκκρεμείς παραγγελίες αρκούν για να φτάσω στη στάθμη s . Αυτό γίνεται για να αποφύγουμε το γεγονός να πέσουμε σε συνεχή έλλειψη προϊόντων μην παραγγέλνοντας για μεγάλο χρονικό διάστημα (αυτό θα γινόταν σε περίπτωση πολλών μικρών ζητήσεων).

Εάν δεν επαρκούν, πραγματοποιώ παραγγελία Q τέτοια ώστε το τρέχον απόθεμα να φτάνει τη στάθμη S . Η ποσότητα Q της παραγγελίας τοποθετείται στον πίνακα $Order()$ και ο χρόνος άφιξης της στον πίνακα $t_Order()$. Η παραγγελία αυτή μπαίνει στο τέλος, μετά από τυχόν άλλες εκκρεμείς παραγγελίες οι οποίες θα εκτελεστούν σίγουρα γρηγορότερα (L σταθερό και γνωστό). Έχουμε:

$$AN \ s - I - \sum order() \geq 0, \text{ TOTE}$$

$$\text{παραγγέλνω ποσότητα } Q = S - I - \sum order()$$

$$\text{και η παραγγελία θα έρθει τη στιγμή } t_{Order} = t + L$$

Σε αυτήν την περίπτωση το τρέχον κέρδος μειώνεται κατά το κόστος παραγγελίας οπότε έχουμε την παρακάτω εξίσωση:

$$Profit = Profit - (A + C_{order} * Q)$$

2.3.2.3. Ζήτηση

Οι πελάτες αφικνούνται κατά Poisson τις χρονικές στιγμές $t_customer$ με μέσο ρυθμό $\lambda_{t_customer}$. Αυτό σημαίνει ότι οι χρόνοι μεταξύ αφίξεων είναι εκθετικοί με μέση τιμή $1/\lambda_{t_customer}$. Η γεννήτρια τυχαίων ενδοαφισιακών χρόνων είναι

$$t_{customer} = t_{customer} - \frac{\ln U}{\lambda_{t_customer}},$$

όπου U η γεννήτρια ομοιόμορφης κατανομής στο $(0,1)$. Η υπόθεση αφίξεων κατά Poisson δεν είναι περιοριστική. Άλλες κατανομές μπορούν εύκολα να προσομοιωθούν. Σημειώνεται ότι τόσο η $U(0,1)$ που συναντάμε εδώ για την άφιξη των πελατών στο σύστημα, όσο και η αντίστοιχη που θα συναντήσουμε παρακάτω για την άφιξη των ευκαιριακών προμηθευτών, είναι

- α) ανεξάρτητες μεταξύ τους και
- β) ίδιες για κάθε συνδυασμό S, b, s, f , ώστε να μπορούν να αξιολογηθούν αμερόληπτα τα διάφορα σενάρια. Με αυτόν τον τρόπο κάθε σενάριο έχει τα ίδια γεγονότα.

Η πιο αντιπροσωπευτική διαδικασία αναπαράστασης διακριτής ζήτησης είναι η διαδικασία Poisson (βλ. [9], σελ. 352). Φυσικά ο αλγόριθμος δύναται να δουλέψει με οποιαδήποτε κατανομή για την εύρεση των τεμαχίων της ζήτησης. Λόγω του ότι η συνάρτηση 'poissrnd' της Matlab παρουσιάζει πολύ μεγάλη καθυστέρηση στη γέννηση διακριτών τ.μ. κατά Poisson, επιλέχθηκε μια γεννήτρια αντίστροφου μετασχηματισμού για ομοιόμορφες διακριτές κατανομές στο διάστημα (a, β) (βλ. [14], σελ. 24-26). Για να

υπάρχει συμβατότητα τα a και β επιλέγονται έτσι ώστε να έχουμε μέση τιμή ίση με το $lamda_{Q_D}$ που είναι η μέση ζητούμενη ποσότητα.

Μία τέτοια επιλογή είναι:

$$\alpha = 0.5 * lamda_{Q_D}$$

$$\beta = 1.5 * lamda_{Q_D}$$

και η γεννήτρια είναι

$$D = a + int(U * (\beta - a + 1))$$

όπου $int(x)$ είναι το ακέραιο μέρος (μεγαλύτερος ακέραιος $\leq x$). Όταν έχουμε ζήτηση, ελέγχουμε αν το τρεχον απόθεμα είναι αρνητικό και $\leq b$, διότι τότε η ζήτηση δεν γίνεται δεκτή και ο πελάτης ενθαρρύνεται 'διευκολύνεται να προμηθευτεί το προϊόν από ανταγωνιστές. Αν η ζήτηση γίνει δεκτή, τότε το απόθεμα μειώνεται και ελέγχεται αν πρέπει να γίνει νέα παραγγελία για ανεφοδιασμό από τον τακτικό προμηθευτή. Ο αλγόριθμος έχει τα ακόλουθα βήματα:

AN $I > b$ TOTE πραγματοποιώ την πώληση και έχω:

$$I = I - D$$

$Sales = Sales + D$ (πραγματοποιηθείσες πωλήσεις)

$Profit = Profit + C_{sale} * D$

AN $I < 0$ TOTE έχω κόστος δυσφήμισης γιατί δεν εξυπηρέτησα ολόκληρη την παραγγελία

$$Profit = Profit - P$$

ΤΕΛΟΣ

AN $I \leq s$ ΚΑΙ $last_I \geq s$ TOTE πρέπει να παραγγείλω βάσει πολιτικής

$$Q = S - I - \sum order()$$

και η παραγγελία θα έρθει τη στιγμή $t_{order} = t + L$

Κόστος παραγγελίας έχω μόνο αν παραγγείλω $Q > 0$

$$Profit = Profit - (A + C_{order} * Q)$$

ΤΕΛΟΣ

ΑΛΛΙΩΣ η πώληση χάνεται και έχω:

$Losses = Losses + D$ (χαμένες πωλήσεις)

$Profit = Profit - P$ (κόστος δυσφήμισης)

ΤΕΛΟΣ

2.3.2.4. Προσφορά από ευκαιριακό προμηθευτή

Η διαδικασία γέννησης χρόνου άφιξης του γεγονότος καθώς και η εύρεση της ποσότητας που θα προσφερθεί είναι παρόμοια με ό,τι πραγματοποιήθηκε στο γεγονός της Ζήτησης. Αντίστοιχα έχουμε:

Οι αφίξεις των ευκαιριακών προμηθευτών (χρόνοι $t_{occa_supplier}$) πραγματοποιούνται κατά Poisson με ένα ρυθμό $lamda_t_occ_supplier$:

$$t_{occas\ supplier} = t_{occas\ supplier} - \frac{\ln U}{lamda_{t\ occ\ supplier}}$$

Σημειώνεται ότι ο αλγόριθμος μπορεί να προσαρμοσθεί εύκολα ώστε να δέχεται οιαδήποτε κατανομή χρόνων άφιξης. Αντίστοιχα με την περίπτωση της ζήτησης, γεννάμε μία ποσότητα $Q_discount$ που θα προσφέρει ο ευκαιριακός.

$$\begin{aligned}\alpha &= 0.5 * lamda_{Q_discount} \\ \beta &= 1.5 * lamda_{Q_discount} \\ Q_{discount} &= a + int(U * (\beta - a + 1))\end{aligned}$$

ΑΝ $I + Q_{discount} + \sum order() < (1 + f) * S$ **TOTE** αποδέχομαι την προσφορά και έχω:

$$\begin{aligned}I &= I + Q_{discount} \text{ (άμεση αύξηση αποθεματικής στάθμης)} \\ Profit &= Profit - C_{discount} * Q_{discount}\end{aligned}$$

ΤΕΛΟΣ

2.3.3. Τερματισμός

Όταν ολοκληρώνεται ένα γεγονός, γεννούνται οι νέοι χρόνοι γεγονότων και συνεχίζει η επαναληπτική διαδικασία με μία επαναληπτική δομή “while”. Έτσι τα γεγονότα που περιγράφησαν εκτελούνται με τη σειρά εμφάνισης μέχρις ότου ολοκληρωθεί ο χρονικός ορίζοντας λειτουργίας του συστήματος. Η διαδικασία τερματίζεται όταν και οι τρεις (3) νέοι χρόνοι γεγονότων είναι εκτός του χρονικού ορίζοντα. Σε αυτήν την περίπτωση περατώνεται ο βρόχος της “while”, αποθηκεύονται τα αποτελέσματα, ενημερώνεται το Κέρδος (Profit) με τον αλγόριθμο της Παραγράφου 2.3.2.1 και αφαιρείται από το κέρδος το κόστος των χαμένων πωλήσεων:

$$Profit = Profit - Losses * Losses_penalty$$

Έπειτα ξεκινά η προσομοίωση του συστήματος με ένα νέο συνδυασμό S, s, b, f. Όταν εξεταστούν όλοι οι πιθανοί συνδυασμοί των παραπάνω, τότε ο αλγόριθμος ερευνά τον πίνακα του Κέρδους και βρίσκει τη μέγιστη τιμή (μέγιστη κερδοφορία). Αναγνωρίζει τη γραμμή αυτού του στοιχείου του πίνακα, την καταχωρεί σε μια μεταβλητή “row” και ανατρέχει στους λοιπούς πίνακες χρησιμοποιώντας την προκειμένου να βρει τις παραμέτρους που δημιουργήσαν το μέγιστο κέρδος.

ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στην ενότητα αυτή εξετάζουμε τα αποτελέσματα του αποθεματικού μοντέλου που αναλύσαμε. Ο προσομοιωτής αναπτύχθηκε σε κώδικα Matlab.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, για να συγκρίνουμε όλους τους συνδυασμούς παραμέτρων στις ίδιες πειραματικές συνθήκες, κάνουμε χρήση της τεχνικής *κοινών τυχαίων αριθμών*. Αυτό σημαίνει πως οι προσομοιωτές των χρόνων άφιξης πελατών και ευκαιριακών προμηθευτών στο σύστημα χρησιμοποιούν μια κοινή ακολουθία τυχαίων αριθμών. Η χρήση των κοινών τυχαίων αριθμών επιτρέπει να γίνονται δίκαιες συγκρίσεις διαφορετικών συνδυασμών παραμέτρων με σύντομες προσομοιώσεις.

Διεξήχθησαν αρκετά πειράματα αλλάζοντας κάθε φορά μια παράμετρο του φυσικού προβλήματος, προκειμένου να δούμε πώς επηρεάζονται οι βέλτιστες λύσεις.

Το σύστημα αναφοράς (βάσει του οποίου γίνονται οι συγκρίσεις) αποτελούν τα παρακάτω δεδομένα:

Χρονικός Ορίζοντας	N	25	
Εύρος S	min_S/max_S	50	55
Εύρος b	min_b/max_b	-40	-20
Ρυθμός άφιξης πελατών στο σύστημα	lamda_t_customer	80	
Ρυθμός άφιξης ευκαιριακών προμηθευτών στο σύστημα	lamda_t_occ_supplier	40	
λ τεμαχίων ζήτησης	lamda_Q_D	4	
Σταθερό κόστος ανά παραγγελία σε τακτικό προμηθευτή	A	20	
Κόστος αγοράς ανά προϊόν από τον τακτικό προμηθευτή	C_order	50	
Κόστος συντήρησης, δέσμευση κεφαλαίου που θα μπορούσε να επενδυθεί με ασφαλές επιτόκιο για μία μονάδα χρόνου	h	2	
Κόστος έλλειψης αγαθού ανά μονάδα ανά χρόνο (αν υπήρχε προϊόν διαθέσιμο και πωλούνταν, τότε το κέρδος από την πώληση θα μπορούσε να επενδυθεί με ασφαλές επιτόκιο για μια μονάδα χρόνου)	P_hat	0.5	
Κόστος έλλειψης αγαθού ανεξάρτητο από το μέγεθος και τη διάρκεια της έλλειψης (κόστος δυσφήμισης)	P	2	
Χρόνος παράδοσης	L	0.1	
λ ποσότητας που προσφέρει ο ευκ. προμηθ.	lamda_Q_discount	40	
Άνω όριο f	f_upper	3	
Κόστος ανά μονάδα τεμαχίου σε περίπτωση απώλειας πελάτη (ισούται με το περιθώριο κέρδους)	Losses_penalty	35	

Ο χρονικός ορίζοντας που χρησιμοποιήθηκε για την προσομοίωση είναι N=25 μονάδες χρόνου. Στο διάστημα αυτό φθάνουν κατά μέσον όρο 2000 πελάτες και

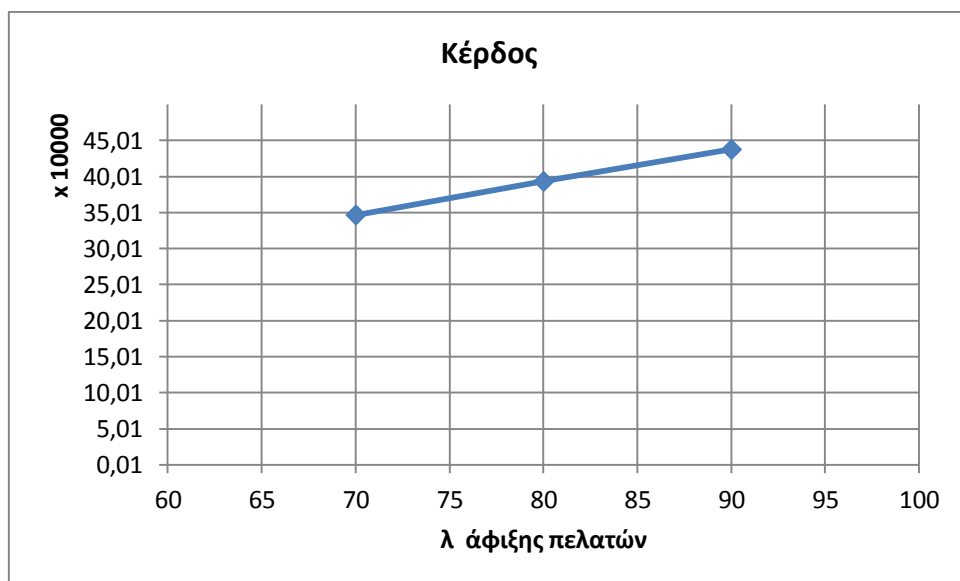
ζητούνται 8000 μονάδες προϊόντος. Ο υπολογιστικός χρόνος (CPU) που απαιτούνταν για τη διάρκεια μιας πλήρους προσομοίωσης ήταν περίπου 50-55 λεπτά (3000-3000 δευτερόλεπτα).

3.1. ΑΛΛΑΓΗ ΣΤΟ ΡΥΘΜΟ ΑΦΙΞΗΣ ΠΕΛΑΤΩΝ

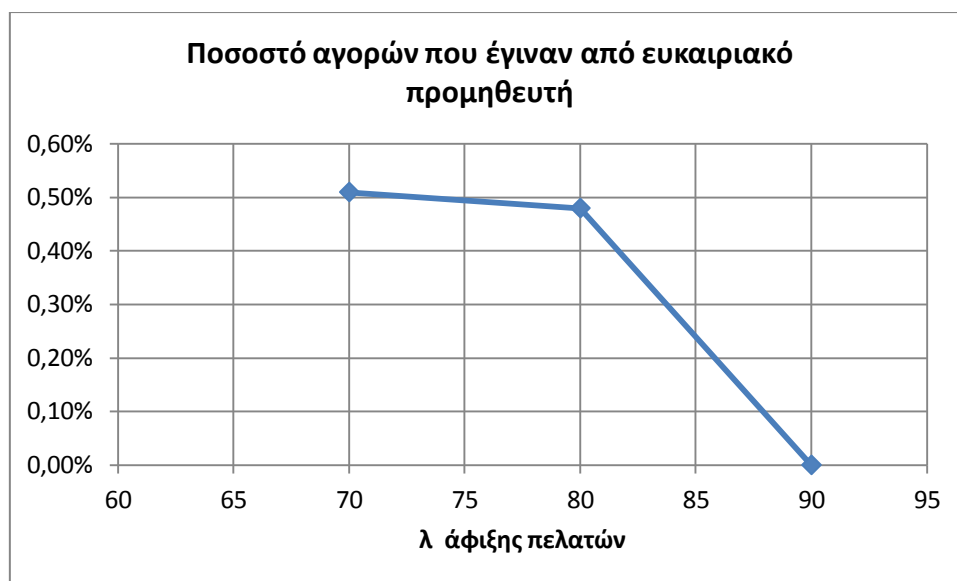
Οι ακόλουθες μετρήσεις αποτελούν βέλτιστες πολιτικές, οι οποίες προέκυψαν μεταβάλλοντας το ρυθμό άφιξης των πελατών στο σύστημα κρατώντας όμως παράλληλα όλες τις υπόλοιπες μεταβλητές του προβλήματος σταθερές.

Πίνακας 3.1.1 Βέλτιστες πολιτικές για διαφορετικούς ρυθμούς άφιξης πελατών

λ άφιξης πελατών	Κέρδος	S	b	s	f	Απώλειες πωλήσεων	Πωλήσεις	% αγορών από ευκα- ριακούς προμηθευ- τές	Απώλειες / Πωλήσεις
90	437.703,73	54	-40	21	1	182	9020	0,00%	2,02%
80	393.339,76	54	-39	16	3	85	8003	0,48%	1,06%
70	346.820,72	55	-40	11	3	92	7114	0,51%	1,29%

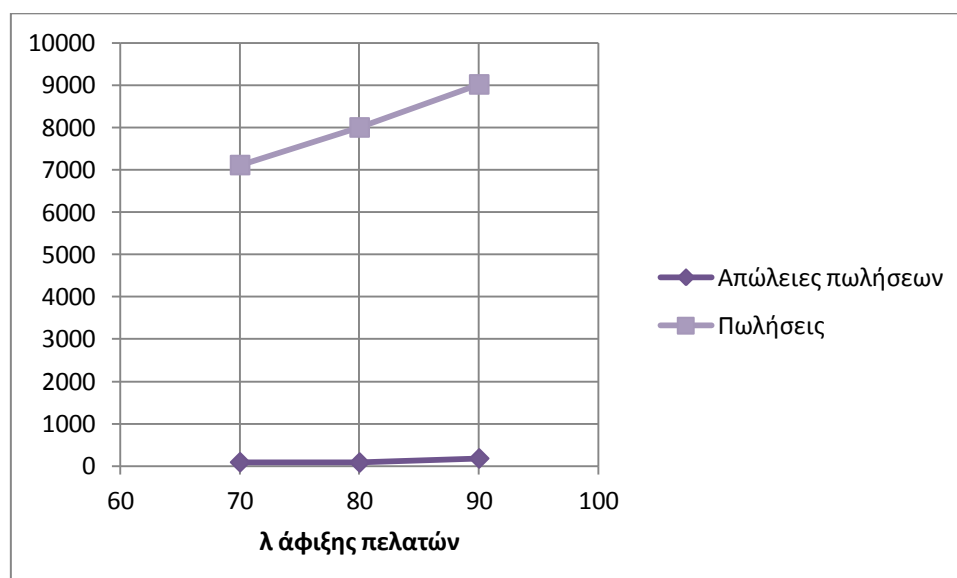


Σχήμα 3.1.1



Σχήμα 3.1.2

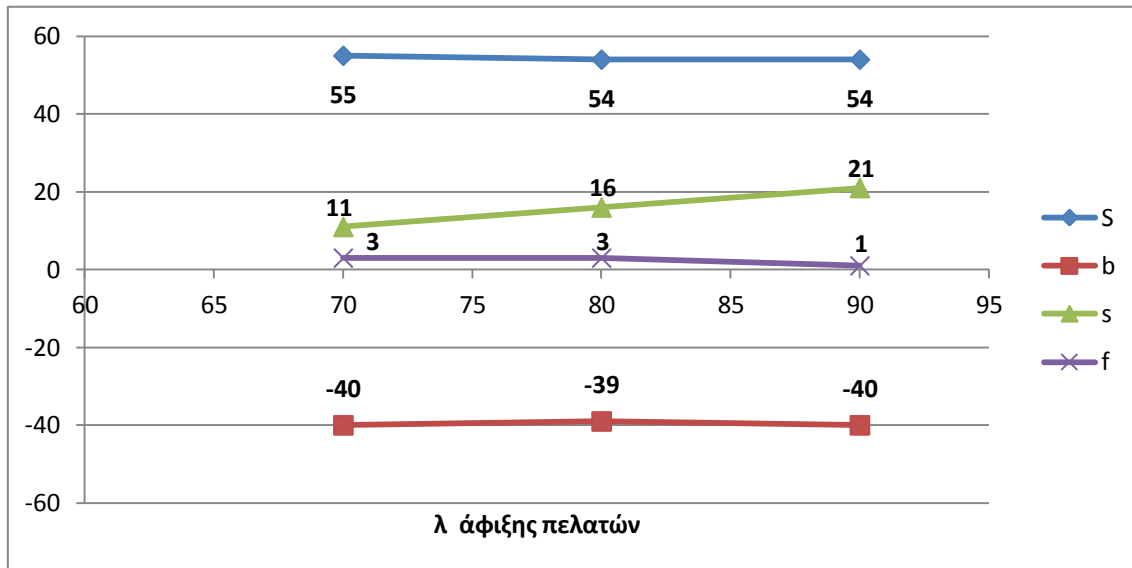
Στο Σχήμα 3.1.1, παρατηρούμε ότι το κέρδος αυξάνεται γραμμικά με την αύξηση του ρυθμού άφιξης πελατών. Αυτό ήταν κάτι το αναμενόμενο καθώς η ζήτηση μεγαλώνει και το διάγραμμα περιλαμβάνει μόνο βέλτιστες πολιτικές. Αντίθετη κατεύθυνση ακολουθεί το ποσοστό των προσφορών που έγιναν δεκτές από προμηθευτές. Αυτό οφείλεται στο ότι ο ρυθμός άφιξης των πελατών αυξήθηκε αισθητά σε σχέση με τον αντίστοιχο ρυθμό άφιξης προμηθευτών που παραμένει στην τιμή 40. Επίσης αυτό δείχνει ότι η πολιτική αποδοχής της προσφοράς των ευκαιριακών ίσως είναι αυστηρή.



Σχήμα 3.1.3

Το Σχήμα 3.1.3 δείχνει ότι ο αλγόριθμος σταθμίζει σωστά το μέγιστο κέρδος με τη λιγότερη δυνατή απώλεια πωλήσεων. Οι απώλειες σε σχέση με τις πωλήσεις φτάνουν

στη χειρότερη περίπτωση το 2%, το οποίο παραμένει ένα μικρό ποσοστό δεδομένου ότι επιτυγχάνεται το μέγιστο κέρδος. Επίσης βλέπουμε ότι υπάρχει μια αυξανόμενη διαφορά μεταξύ Απωλειών και Πωλήσεων καθώς αυξάνονται οι πελάτες στο σύστημα και καθώς μεγαλώνει ο τζίρος, αλλά αυτό οφείλεται στις οικονομίες κλίμακας και είναι φυσικό.



Σχήμα 3.1.4

Το Σχήμα 3.1.4 παρουσιάζει ενδιαφέρον. Ο αλγόριθμος, κρατώντας τις φυσικές παραμέτρους που του έχουμε δώσει (π.χ. κόστη) εκμεταλλεύεται το μέγιστο S και το ελάχιστο b που θα του δοθεί και δίνει περισσότερη βαρύτητα στο πότε θα πραγματοποιηθεί η παραγγελία (κατώφλι s). Βλέπουμε επίσης ότι οι τιμές των f εξηγούν τα προηγούμενα ευρήματα – ότι δηλαδή τα ποσοστά αγορών από τους ευκαιριακούς προμηθευτές μειώνονται με την εισροή περισσότερων πελατών στο σύστημα. Αυτό υπονοεί ότι ένα μεγάλο απόθεμα, ακόμα κι αν έχει αγοραστεί σε χαμηλότερη τιμή από τη συνηθισμένη, αποτελεί σημαντικό κόστος για την επιχείρηση. Οπότε προτιμούνται πιο αυστηρές πολιτικές όσον αφορά την αποδοχή των προσφορών των ευκαιριακών προμηθευτών ώστε αφενός να μη δημιουργούνται ελλείψεις αλλά και να μη διογκώνεται το απόθεμα.

3.2. ΑΛΛΑΓΗ ΣΤΟ ΡΥΘΜΟ ΑΦΙΞΗΣ ΕΥΚΑΙΡΙΑΚΩΝ ΠΡΟΜΗΘΕΥΤΩΝ

Σαν δεύτερη εναλλακτική, εξετάζουμε πώς επηρεάζονται οι βέλτιστες πολιτικές μεταβάλλοντας το ρυθμό άφιξης των ευκαιριακών προμηθευτών.

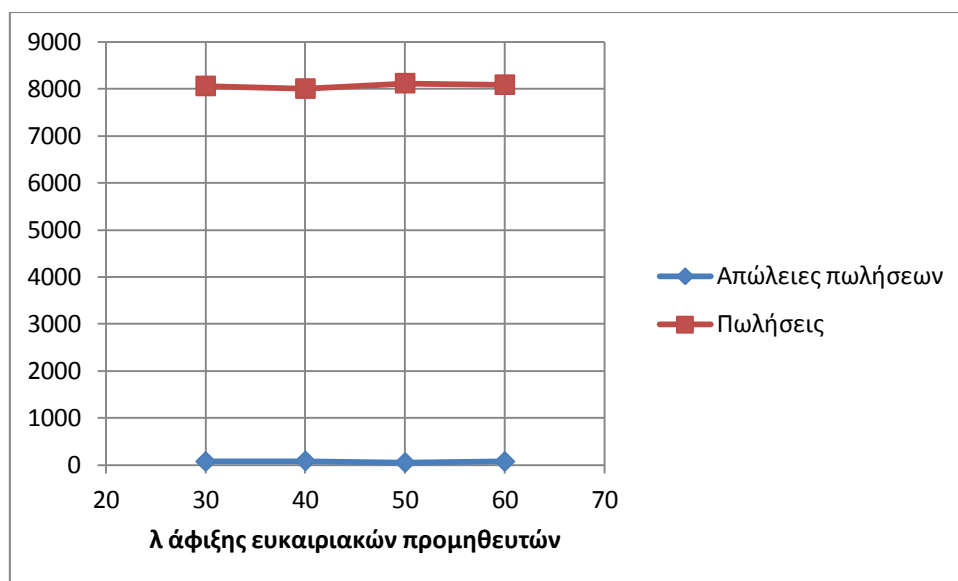
Πίνακας 3.2.1 Βέλτιστες πολιτικές για διαφορετικούς ρυθμούς άφιξης ευκαιριακών προμηθευτών

λ άφιξης ευκ. προμηθευτή	Κέρδος	S	b	s	f	Απώλειες πωλήσεων	Πωλήσεις	% αγορών από ευκαιριακούς προμηθευτές	Απώλειες / Πωλήσεις
30	395.206,45	55	-40	15	3	72	8059	0,00%	0,89%
40	393.339,76	54	-39	16	3	85	8003	0,48%	1,06%
50	397.459,17	55	-40	19	1	52	8118	0,00%	0,64%
60	397.741,37	54	-40	12	2	73	8086	1,45%	0,90%



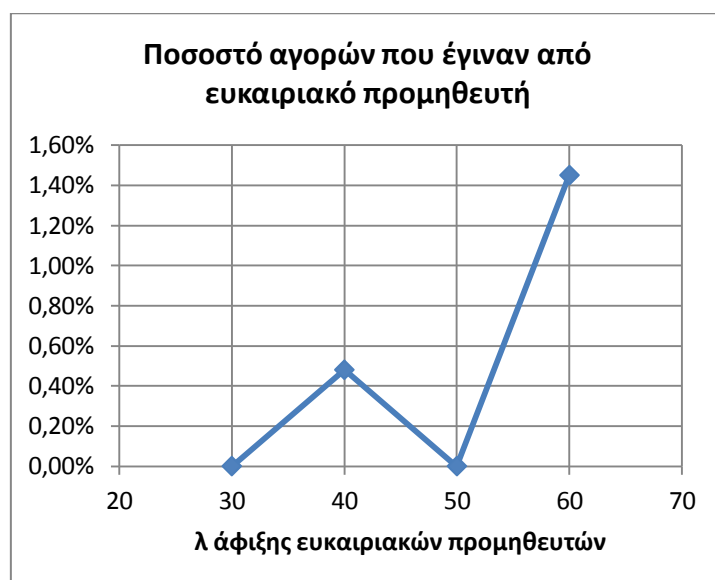
Σχήμα 3.2.1

Στο Σχήμα 3.2.1 δεν παρατηρείται κάποια εξάρτηση μεταξύ του ρυθμού άφιξης ευκαιριακών προμηθευτών και της μέγιστης κερδοφορία, ωστόσο παρατηρείται μια αυξητική τάση. Αυτό το εύρημα χρειάζεται περισσότερη διερεύνηση διότι πιθανόν να οφείλεται στο ότι ο χρονικός ορίζοντας είναι μικρός και δεν δίνει τις μέσες εκτιμήσεις κέρδους στη μόνιμη κατάσταση. Δυστυχώς ο αλγόριθμος έχει μεγάλους χρόνους εκτέλεσης στη Matlab και θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί άλλη τεχνική (παραλληλισμός, εξαγωγή αρχείου exe, κοκ.) προκειμένου να εκτελεσθούν προσομοιώσεις μεγάλου χρονικού ορίζοντα.

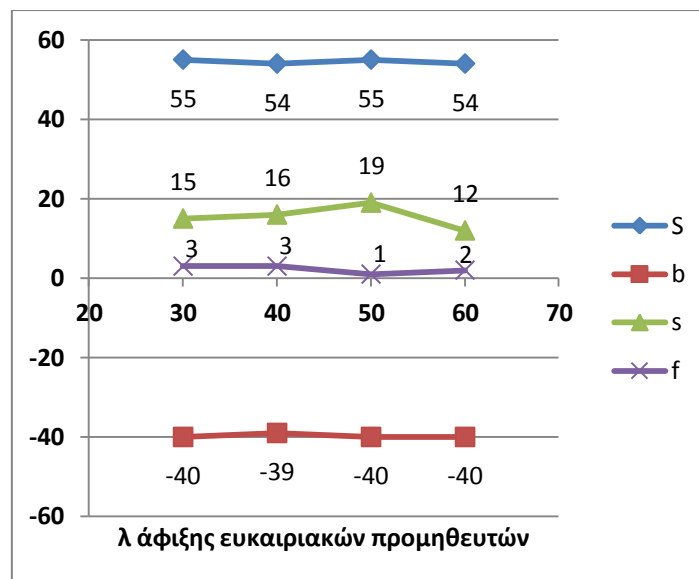


Σχήμα 3.2.2

Οι μεταβολές των αφίξεων των ευκαιριακών προμηθευτών δεν επηρεάζουν αισθητά τη σχέση απωλειών/πωλήσεων προϊόντων. Οι διαφορές από βέλτιστη πολιτική σε βέλτιστη πολιτική είναι μικρότερες από 1%.



Σχήμα 3.2.3



Σχήμα 3.2.4

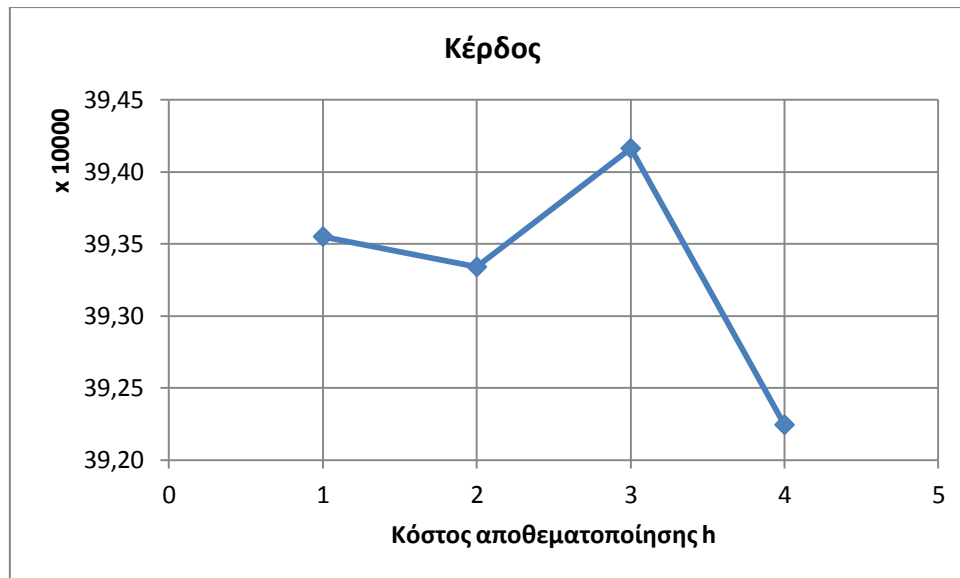
Όπως επισημαίνει το Σχήμα 3.2.3 οι συχνότερες αφίξεις ευκαιριακών προμηθευτών προκαλούν αύξηση των αποδεχόμενων προσφορών, εντούτοις το εύρημα χρειάζεται περισσότερη διερεύνηση καθώς υπάρχουν ύποπτες διακυμάνσεις. Η βέλτιστη μεταβλητή f δείχνει αυξημένη με αποτέλεσμα η πολιτική απέναντι στην αποδοχή των προσφορών να γίνεται πιο ελαστική. Τα μεγέθη S, b, s δεν παρουσιάζουν κάποια ουσιαστική διακύμανση, πράγμα που σημαίνει ότι ένας μεγαλύτερος ρυθμός άφιξης ευκαιριακών δεν επηρεάζει ουσιαστικά τις στάθμες του μοντέλου.

3.3. ΑΛΛΑΓΗ ΣΤΟ ΚΟΣΤΟΣ h

Σαν τελευταία εναλλακτική, δοκιμάζουμε διάφορες τιμές του h για να δούμε πώς επηρεάζεται η βέλτιστη πολιτική.

Πίνακας 3.3.1 Βέλτιστες πολιτικές για διαφορετικούς ρυθμούς άφιξης ευκαιριακών προμηθευτών

Κόστος h	Κέρδος	S	b	s	f	Απώλειες πωλήσεων	Πωλήσεις	% αγορών από ευκαιριακούς προμηθευτές	Απώλειες / Πωλήσεις
1	393.550,53	53	-40	16	2	76	8061	0,00%	0,94%
2	393.339,76	54	-39	16	3	85	8003	0,48%	1,06%
3	394.162,93	53	-40	14	1	123	8074	0,00%	1,52%
4	392.243,87	55	-40	21	0	93	8060	0,00%	1,15%



Σχήμα 3.3.1

Το παραπάνω γράφημα δε φαίνεται σωστό, διότι με αύξηση του κόστους αποθεματοποίησης h , θα ανέμενε κανείς να μειώνεται συνεχώς το κέρδος (φθίνουσα συνάρτηση). Δύο τινά: είτε υπάρχει σφάλμα στον αλγόριθμο προσομοίωσης, είτε ο χρονικός ορίζοντας είναι μικρός. Για να αποκλειστεί το πρώτο ενδεχόμενο, πραγματοποιήθηκαν διάφορες δοκιμές.

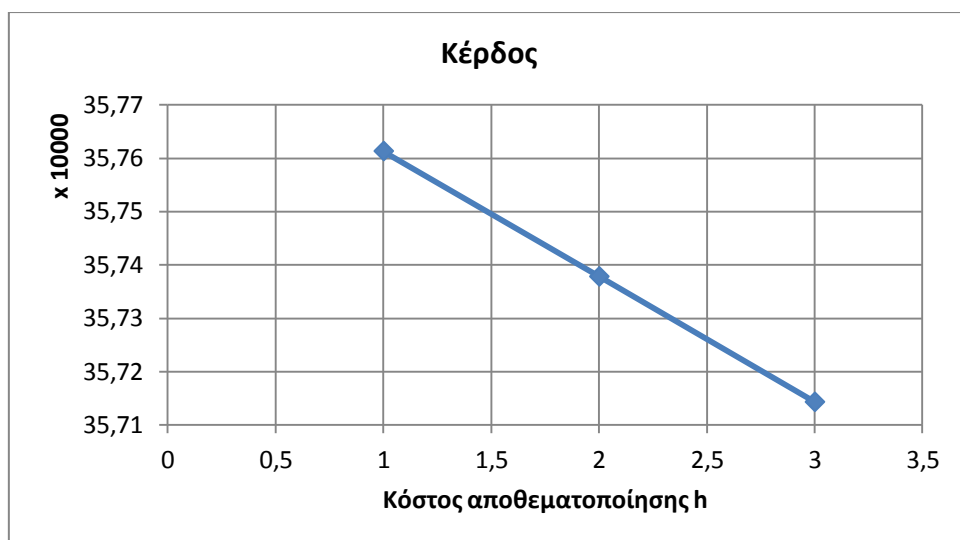
Δοκιμή 1^η:

Προσομοίωση του μοντέλου με τα ίδια εύρη τιμών για τις μεταβλητές απόφασης (S , s , b , f) αλλά με ντετερμινιστική ζήτηση και προσφερόμενη ποσότητα από τους προμηθευτές. Συγκεκριμένα $D = 4$, $Q_{discount} = 40$ (δεδομένη μέση τιμή). Τα ευρήματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.3.2.

Πίνακας 3.3.2 Βέλτιστες πολιτικές για σταθερές τιμές ζήτησης και προσφερόμενης ποσότητας (ντετερμινιστικό σύστημα)

Κόστος h	Κέρδος	S	b	s	f	Απώλειες πωλήσεων	Πωλήσεις	% αγορών από ευκαιριακούς προμηθευτές	Απώλειες / Πωλήσεις
1	357.613,35	55	-38	10	0	72	7284	0,00%	0,99%
2	357.378,28	55	-38	10	0	72	7284	0,00%	0,99%
3	357.143,22	55	-38	10	0	72	7284	0,00%	0,99%

Όπως ήταν αναμενόμενο και δεδομένου ότι τα γεγονότα πάντα ακολουθούν τους ίδιους χρόνους, ο βέλτιστος συνδυασμός των μεταβλητών απόφασης παραμένει σταθερός, όπως επίσης και όλα τα υπόλοιπα στοιχεία. Το μόνο που μεταβάλλεται είναι το κέρδος και μεταβάλλεται σε φθίνουσα συνάρτηση με το κόστος αποθεματοποίησης h (Σχήμα 3.3.2). Αυτό παραλληλίζεται με τη θεωρία και αποδεικνύει ότι η προσομοίωση τρέχει σωστά.



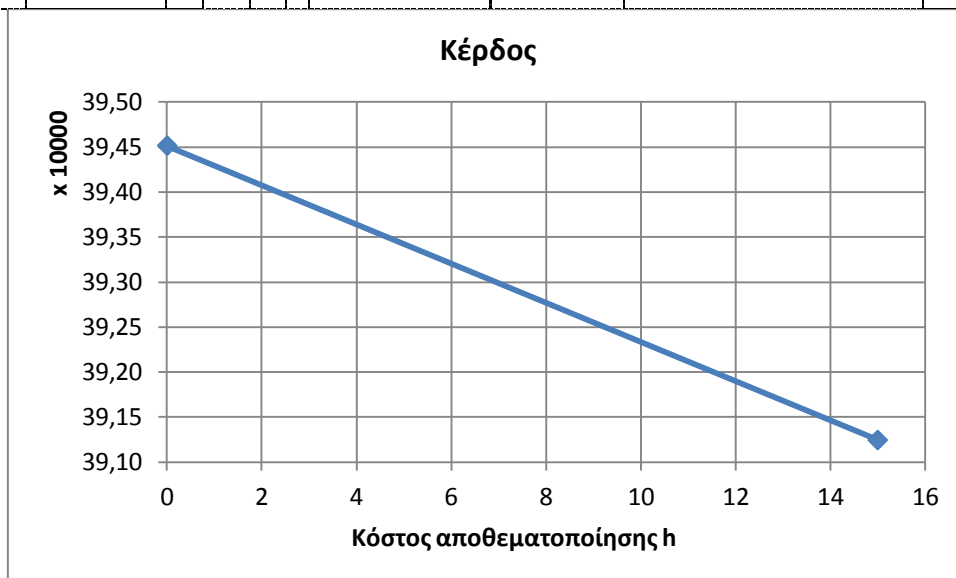
Σχήμα 3.3.2

Δοκιμή 2^η:

Εφόσον δεν υπάρχει απόκλιση στο ντετερμινιστικό σύστημα και αποδεικνύεται ότι η προσομοίωση δεν περιέχει σφάλματα, επιστρέφουμε στο στοχαστικό μοντέλο και συνεχίζουμε τις δοκιμές. Βάζοντας πολύ μεγάλες και αντίστοιχα πολύ μικρές τιμές στο κόστος αποθεματοποίησης (h), παρατηρούμε πράγματι ότι προοδευτικά η συνάρτηση φθίνει.

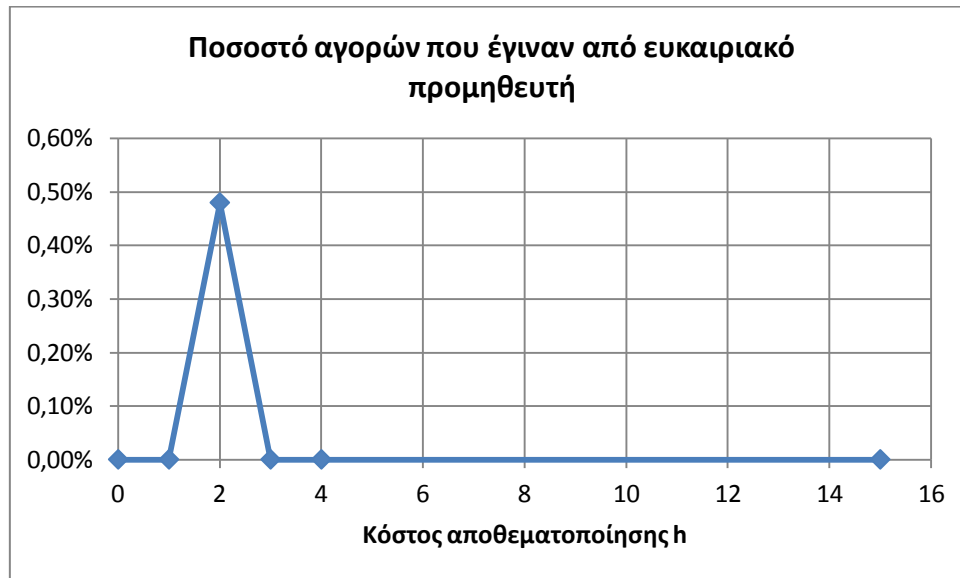
Πίνακας 3.3.3 Βέλτιστες πολιτικές ακραίες τιμές h (στοχαστικό σύστημα)

Κόστος h	Κέρδος	S	b	s	f	Απώλειες πωλήσεων	Πωλήσεις	% αγορών από ευκαιριακούς προμηθευτές	Απώλειες / Πωλήσεις
0,0001	394.514,08	55	-40	20	0	53	8041	0,00%	0,66%
15	391.243,97	53	-40	14	2	102	8052	0,00%	1,27%



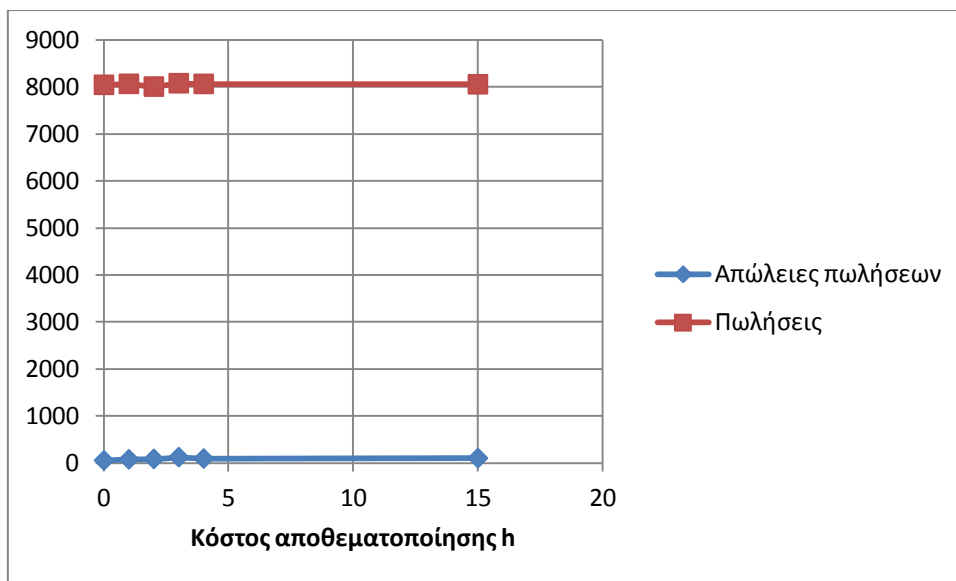
Σχήμα 3.3.3

Κατά συνέπεια, ισχύει η φθίνουσα συνάρτηση κέρδους/κόστους αποθεματοποίησης για μεγάλες αυξομειώσεις του h . Δοκιμάζοντας εντούτοις h που δεν έχουν μεγάλη διαφορά μεταξύ τους (Σχήμα 3.3.1) βλέπουμε παράδοξες μετρήσεις που δύνανται να οφείλονται είτε στο ότι χρειαζόταν περισσότερος χρόνος προσομοίωσης, είτε ότι ο αλγόριθμος αγνοεί μικρές αλλαγές στο h , αφήνοντας ανέγγιχτη τη μέγιστη κερδοφορία του. Μια υψηλή κερδοφορία ακόμα και με αύξηση του h , θα σήμαινε υψηλότερες τιμές ζητήσεων, συνεπώς περισσότερες πωλήσεις και ακολούθως μικρότερο απόθεμα. Όλα τα παραπάνω εξηγούν το παράδοξο του Σχήματος 3.3.1.



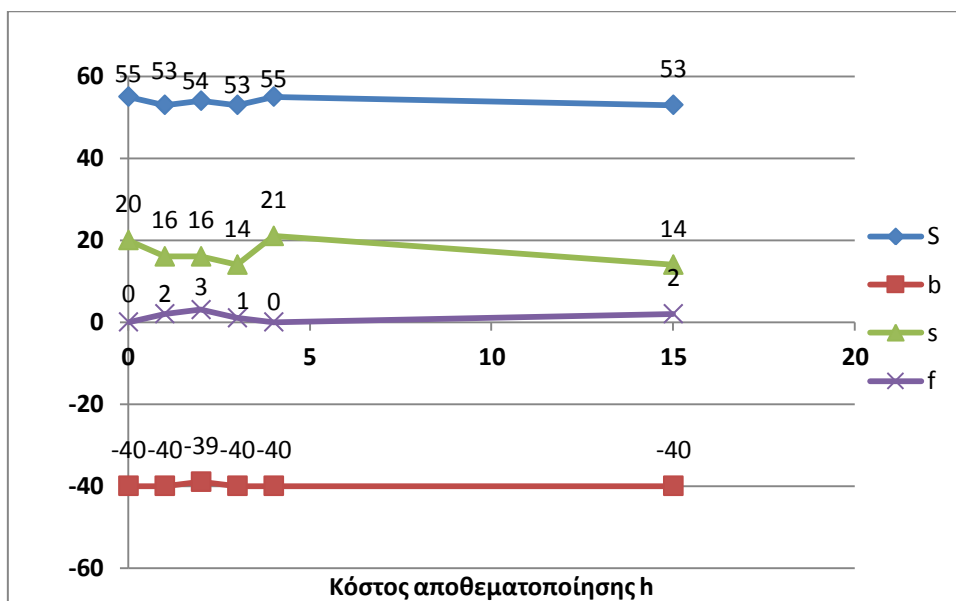
Σχήμα 3.3.4

Λόγω των μετρήσεων, δεν μπορούμε να έχουμε σαφή εικόνα για το πώς επηρεάζει το κόστος αποθεματοποίησης το ποσοστό αγορών που έγιναν αποδεκτές από ευκαιριακό προμηθευτή. Θα μπορούσε κανείς να εξάγει το συμπέρασμα ότι όσο μεγαλώνει το κόστος h , τόσο αποθαρρύνεται η επιχείρηση να αποδεχθεί τις προσφορές των ευκαιριακών. Η στοχαστική ζήτηση και αντίστοιχα η στοχαστική ποσότητα έκπτωσης περιπλέκουν την ανάλυση, διότι αρκεί ένας βέλτιστος συνδυασμός τους ($h = 2$ για παράδειγμα) προκειμένου να γίνουν αποδεκτές οι προσφορές.



Σχήμα 3.3.5

Όπως απεικονίζουν τα σημεία στο Σχήμα 3.3.5, το κόστος h δεν προκαλεί κάποια ουσιώδη αλλαγή στη σχέση Απωλειών/Πωλήσεων. Τυχόν αποκλίσεις παραμένουν κάτω από το 1,5%.



Σχήμα 3.3.6

Τέλος, όπως ήταν και αναμενόμενο, το κόστος h επηρεάζει τη στάθμη s , δηλαδή το πότε θα χρειαστεί να παραγγείλουμε εκ νέου. Όσο το h παραμένει σε χαμηλά επίπεδα, έχουμε την πολυτέλεια να διατηρούμε περισσότερο απόθεμα μέχρι την επόμενη παραγγελία.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην εργασία αυτή αναπτύξαμε ένα αποθεματικό μοντέλο τύπου (s, S) με τακτικούς και ευκαιριακούς προμηθευτές σε περιβάλλον στοχαστικής ζήτησης. Παραμετροποιώντας την πολιτική και δοκιμάζοντας διάφορους συνδυασμούς είδαμε ότι μια συνεχής και αυξημένη ροή πελατών αυξάνει αντίστοιχα και την κερδοφορία της επιχείρησης αλλά απαιτεί ισχυρά μεγαλύτερο ποσοστό τακτικών προμηθευτών από ευκαιριακών για να υποστηρίξει τις πωλήσεις. Με αυτά τα δεδομένα τυχόν απώλειες πωλήσεων λόγω απόρριψης (μεγάλος αριθμός εκκρεμών-ανικανοποίητων παραγγελιών με απόθεμα κάτω από $-b$) παραμένουν μικρές.

Μια ενδεχόμενη αύξηση του ρυθμού εισροής των ευκαιριακών προμηθευτών, προκαλεί μια άνοδο στην αγορά των προϊόντων τους αλλά για την εταιρία-αποδέκτη δεν παρέχει σαφή εικόνα βέλτιστης κερδοφορίας.

Με υψηλά κόστη αποθεματοποίησης h , η αποδοχή ευκαιριακών προμηθευτών δε θα ήταν η καλύτερη λύση καθώς βυθίζουν το κέρδος λόγω της συντήρησης ενός υπέρογκου αποθέματος. Παρατηρούμε επίσης ότι αυξημένο κόστος h αποθαρρύνει την επιχείρηση να δεχθεί προσφορές από ευκαιριακούς προμηθευτές.

Σε όλα τα σενάρια, φάνηκε ότι το μοντέλο χρησιμοποιεί το μέγιστο S και το ελάχιστο b που του παρέχεται βάσει των δεδομένων. Αυτό υποδεικνύει ότι μια εταιρεία επιθυμεί να έχει όσα περισσότερα προϊόντα γίνεται προκειμένου να εξυπηρετεί το πελατολόγιό της και να μην του αρνείται ζητήσεις. Σε περιπτώσεις μεταβολής μεγεθών, προτιμά να μεταβάλλει αντίστοιχα το επίπεδο s , δηλαδή το επίπεδο κάτω από το οποίο αρχίζει να εξετάζει εάν πρέπει να κάνει παραγγελία ή όχι. Σε αυτό παίζει σημαντικό ρόλο η μεταβλητή f , διότι επηρεάζει πόση ποσότητα μπορεί να γίνει αποδεκτή από έναν ευκαιριακό προμηθευτή.

Ενδιαφέρον θα παρουσίαζε εξέλιξη της παρούσας μοντελοποίησης, λαμβάνοντας υπόψη τα παρακάτω:

- τυχαίους χρόνους παράδοσης, φθαρτά προϊόντα και παραγωγική διαδικασία στο σύστημα (πεπερασμένος ρυθμός εισόδου)
- μοντελοποίηση του συστήματος αναμονής (ουρές) των πελατών που αναμένουν να εξυπηρετηθούν
- διαφορετικών ειδών προϊόντα. Θα μπορούσε να γίνει ανάλυση ABC για να βρεθούν αυτά που παρέχουν το μεγαλύτερο κέρδος και πως μπορεί να διαφοροποιηθεί μια ευρετική πολιτική βάσει των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών που έχουν τα συγκεκριμένα προϊόντα
- πρόβλεψη ζήτησης, είτε με τη μέθοδο της εκθετικής εξομάλυνσης είτε, καλύτερα, με Holt-Winter προκειμένου να προβλεφθεί αρτιότερα το επίπεδο, η τάση, η εποχικότητα

- πλήρη ανάλυση ευαισθησίας σε μοντέλα με ευκαιριακούς προμηθευτές προκειμένου να καταστούν σαφείς τυχόν αλλαγές στο σύστημα μεταβάλλοντας μια μεταβλητή.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΚΩΔΙΚΑΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

A. ΑΡΧΕΙΟ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

```
Input_1.txt
25
50 55
-40 -20
80
40
4
20
50
2
0.5
2
0.1
40
3
35
```

B. ΑΡΧΕΙΟ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

```
Results.txt
Μέγιστο κέρδος / Βέλτιστη πολιτική:
Profit* 393339.762759898      S* 54      b* -39      s* 16      f* 3
Sales 8003      Lost sales 85
Orders from Regular Suppliers 99.52%      Orders      from      Occasional
Suppliers 0.48%
```

Γ. ΚΩΔΙΚΑΣ

```
function [] = Thesis_s_S_inventory_policyLAST()
%Ο παρών αλγόριθμος αφορά πολιτικές αναπλήρωσης αποθέματος πρώτων υλών
σε
```

```

%σύστημα παραγωγής με τακτικούς και ευκαιριακούς προμηθευτές. Σκοπός
είναι
%η εύρεση του μέγιστου κέρδους για την επιχείρηση εξετάζοντας διάφορες
%εναλλακτικές και ποικίλα σενάρια. Οι εκπτώσεις που προσφέρουν οι
%ευκαιριακοί προμηθευτές είναι take-it-or-leave-it (one time deal).Η
ζήτηση
%είναι στοχαστική. Τα δεδομένα εισάγονται από %αρχείο txt και τα
%αποτελέσματα εξάγονται σε αρχείο txt στο πέρας του αλγορίθμου. Οι
%δεκαδικοί αριθμοί είναι τύπου double precision (8bytes) και έχουν
ακρίβεια
%20 δεκαδικών, ενώ οι ακέραιοι είναι τύπου long integer (8bytes).
clear all;
clc;
profile on
format('long');
%Εισαγωγή δεδομένων
Data=dlmread('Input_1.txt');
N=Data(1,1); %Χρονικό διάστημα προσομοίωσης
min_S=Data(2,1);
max_S=Data(2,2);
min_b=Data(3,1); %κάτω από το min_b δε δέχομαι άλλες ζητήσεις
max_b=Data(3,2);
lamda_t_customer=Data(4,1); %ρυθμός άφιξης πελατών
lamda_t_occ_supplier=Data(5,1); %ρυθμός άφιξης ευκαιριακών προμηθευτών
lamda_Q_D=Data(6,1); %Ζήτηση
A=Data(7,1); %σταθερό κόστος σε περίπτωση παραγγελίας
C_order=Data(8,1); %μοναδιαίο κόστος ανά αγορά προϊόντος από τακτικό
προμηθευτή
C_sale=2*C_order; %μοναδιαίο κόστος ανά πώληση προϊόντος σε πελάτη
C_discount=0.7*C_order; % Τιμή αγοράς από ευκαιριακό. Υπόθεση
εργασίας: τα προϊόντα αγοράζονται από τον προμηθευτή με 30% έκπτωση.
Στην τιμή περιλαμβάνεται ένα κόστος (περίπου 10%) λόγω χαμηλότερης
ποιότητας προϊόντος
h=Data(9,1);
P_hat=Data(10,1);
P=Data(11,1);
L=Data(12,1); %Leadtime. Χρόνος μεταξύ τοποθέτησης και λήψης
παραγγελίας από τακτικό προμηθευτή
lamda_Q_discount=Data(13,1); %Ποσότητα προσφερόμενη από τον ευκαιριακό
προμηθευτή που κάνει One-Time-Discout
f_upper=Data(14,1); %Καθορίζει το κριτήριο αποδοχής της έκπτωσης One-
Time-Only (1+f)*S
Losses_penalty=Data(15,1); %Κόστος δυσφήμισης λόγω ΜΗ εξυπηρέτησης
ενός πελάτη

```

```

%Αρχικοποίηση Μεταβλητών - Ορισμός Πινάκων - Ορισμός txt αρχείων στα
οποία
%εξάγω συγκεκρι. αποτελέσματα
Results=fopen('Results.txt','wt');

S_parameter=inf((max_S-min_S+1)*(abs(min_b)-
abs(max_b)+1)*(abs(max_S+abs(min_b))+1)*(f_upper+1),1);
b_parameter=inf((max_S-min_S+1)*(abs(min_b)-
abs(max_b)+1)*(abs(max_S+abs(min_b))+1)*(f_upper+1),1);
s_parameter=inf((max_S-min_S+1)*(abs(min_b)-
abs(max_b)+1)*(abs(max_S+abs(min_b))+1)*(f_upper+1),1);
f_range=inf((max_S-min_S+1)*(abs(min_b)-
abs(max_b)+1)*(abs(max_S+abs(min_b))+1)*(f_upper+1),1);
Sales_range=inf((max_S-min_S+1)*(abs(min_b)-
abs(max_b)+1)*(abs(max_S+abs(min_b))+1)*(f_upper+1),1);
Losses_range=inf((max_S-min_S+1)*(abs(min_b)-
abs(max_b)+1)*(abs(max_S+abs(min_b))+1)*(f_upper+1),1);
Profit_range=zeros((max_S-min_S+1)*(abs(min_b)-
abs(max_b)+1)*(abs(max_S+abs(min_b))+1)*(f_upper+1),1);
Orders_from_reg_matrix=inf((max_S-min_S+1)*(abs(min_b)-
abs(max_b)+1)*(abs(max_S+abs(min_b))+1)*(f_upper+1),1);
Orders_from_occ_matrix=inf((max_S-min_S+1)*(abs(min_b)-
abs(max_b)+1)*(abs(max_S+abs(min_b))+1)*(f_upper+1),1);

Order_Capacity_Array=30; %χρησιμοποιεί για την τοποθέτηση παραγγελιών
και την άφιξή τους. Αφορά t_Order() και Order()

%Χρησιμοποιούν για να γεννηθούν με ομοιόμορφη κατανομή οι ποσότητες της
%Ζήτησης D και της ποσότητας που προσφέρει ο ευκ. προμηθευτής
Q_discount
a1=0.5*lamda_Q_D;
b1=1.5*lamda_Q_D;
a2=0.5*lamda_Q_discount;
b2=1.5*lamda_Q_discount;

k=1; %δείκτης για Profit Range & S,b,s και λοιπούς πίνακες

%ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ ΓΕΝΝΗΣΗΣ ΧΡΟΝΩΝ
[s1,s2] = RandStream.create('mrg32k3a','NumStreams',2); %Random
Generator Stream. Τα streams είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους.

%ΕΝΑΡΞΗ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ (ΓΙΑ ΟΛΑ ΤΑ ΣΕΝΑΡΙΑ)
for S=min_S:max_S
    for b=min_b:max_b
        for s=b:S-1
            for f=0:f_upper

```



```

        t_Order=inf(1,Order_Capacity_Array); %λίστα άφιξης
        παραγγελιών (χρόνοι)

        Order=zeros(1, Order_Capacity_Array); %λίστα εκκρεμών
        παραγγελιών (ποσότητες)

        counter=1; %μετρητής για τους πίνακες Order() και
        t_Order() (ποσότητες και χρόνοι παραγγελιών εν αναμονή
        last_time=0;
        t_customer=0;
        t_occas_supplier=0;
        I=min_S; %υπόθεση ότι κάθε φορά ξεκινώ με min_S τμχ
        στην αποθήκη μου

        Losses=0; %Μεταβλητή που κρατά πόσα τεμάχια χάνω όταν
        αφικνούνται πελάτες και έχω I<-b
        Profit=0; %Μεταβλητή που κρατά το κέρδος
        Sales=0; %μεταβλητή που κρατά τα τεμάχια που
        πουλήθηκαν

        orders_from_occ=0; %δείχνει πόσες παραγγελίες έκανα
        από ευκαιριακούς προμηθευτές
        orders_from_reg=0; %δείχνει πόσες παραγγελίες έκανα
        από τους κανονικούς προμηθευτές

        %ΑΡΧΙΚΗ ΓΕΝΝΗΣΗ/ΑΡΧΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΧΡΟΝΩΝ ΓΕΓΟΝΟΤΩΝ
        t_customer=t_customer-
        log(rand(s1,1,1))/lamda_t_customer; %χρόνος άφιξης πελατών
        t_occas_supplier=t_occas_supplier-
        log(rand(s2,1,1))/lamda_t_occ_supplier; %χρόνος άφιξης ευκαιριακών
        προμηθευτών

        t_epomenos_anevodiasmos=t_Order(1);

        t=min(t_customer,min(t_occas_supplier,t_epomenos_anevodiasmos));
        %βρίσκω το minimum χρόνο εκ των τριών γεγονότων

        %ΕΝΑΡΞΗ ΚΥΚΛΟΥ
        while t<N

            %ΕΝΗΜΕΡΩΣΗ & ΕΥΡΕΣΗ ΧΡΟΝΟΥ
            if I>0
                Profit=Profit-(t-last_time)*I*h;
            elseif I<0
                Profit=Profit-(t-last_time)*(-I)*P_hat;
            end
            last_time=t;
            last_I=I;

            %ΑΝ ΕΧΩ ΑΝΕΦΟΔΙΑΣΜΟ ΑΠΟ ΦΟΡΤΗΓΟ

```

```

        if t==t_epomenos_anevodiasmos
            I=I+Order(1); %Προσθέτω την ποσότητα του 1ου
στοιχείου του πίνακα (φτάνει εξ ορισμού πιο σύντομα)
            Order(1)=0;
            t_Order(1)=Inf;
            %ΜΕΤΑΘΕΤΩ ΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΩΝ ΠΙΝΑΚΩΝ 1 ΘΕΣΗ
            %ΠΑΝΩ
            for i=1:Order_Capacity_Array-1
                Order(i)=Order(i+1);
                t_Order(i)=t_Order(i+1);
            end
            Order(Order_Capacity_Array)=0; %ΒΑΖΩ ΤΟ
ΤΕΛΕΥΤΑΙΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΤΟΥ ΠΙΝΑΚΑ ΣΤΗΝ ΠΡΟΕΠΙΑ/ΝΗ ΤΙΜΗ ΤΟΥ
            t_Order(Order_Capacity_Array)=Inf;
            counter=counter-1; %έχω κάνει shifting. Πρέπει
ο δείκτης να κατέβει 1 θέση
            if s-I-sum(Order)>=0
                Q=S-I-sum(Order);
                Order(counter)=Q;
                t_Order(counter)=t+L;
                counter=counter+1;
                orders_from_reg=orders_from_reg+1;
                if Q>0
                    Profit=Profit-(A+C_order*Q);
                end
            end

            %ΑΝ ΕΧΩ ΖΗΤΗΣΗ
            elseif t==t_customer
                D=a1+floor(rand*(b1-a1+1));
                if I>b %εφόσον ΔΕΝ έχω πέσει κάτω από το -b,
συνεχίζω κανονικά
                    I=I-D;
                    Sales=Sales+D;
                    Profit=Profit+C_sale*D;
                    if I<0 %Δεν εξυπηρετήσα όλη την
παραγγελία άμεσα. Κόστος δυσφήμισης.
                        Profit=Profit-P;
                    end
                    if I<=s
                        if last_I>=s %πρέπει να παραγγείλω

```

```

        Q=S-I-sum(Order);
        Order(counter)=Q;
        t_Order(counter)=t+L;
        counter=counter+1;
        orders_from_reg=orders_from_reg+1;
        if Q>0
            Profit=Profit-(A+C_order*Q);
        end
    end
end
else
    Losses=Losses+D;
    Profit=Profit-P;%Εδωξα τον πελάτη. Έχω
    κόστος δυσφήμισης + Losses Penalty που θα προστεθεί μετά
end

%ΑΝ ΕΧΩ ΕΥΚΑΙΡΙΑΚΟ ΠΡΟΜΗΘΕΥΤΗ
elseif t==t_occas_supplier
    Q_discount=a2+floor(rand*(b2-a2+1));
    if I+Q_discount+sum(Order)<=(1+f)*S
        I=I+Q_discount; %άμεση/απότομη αύξηση
        αποθέματος
        Profit=Profit-C_discount*Q_discount;
        orders_from_occ=orders_from_occ+1;
    end
end

%ΤΕΛΟΣ ΙΦ ΕΥΡΕΣΗΣ ΓΕΓΟΝΟΤΟΣ >>> ΓΕΝΝΩ ΝΕΟ ΓΕΓΟΝΟΣ
ΚΑΙ ΞΑΝΑΣΕΚΙΝΩ
    t_customer=t_customer-
    (log(rand(s1,1,1))/lamda_t_customer); %Χρόνος Αφίξης Πελατών
    t_occas_supplier=t_occas_supplier-
    (log(rand(s2,1,1))/lamda_t_occ_supplier); %Χρόνος Αφίξης Ευκαιριακών
    Προμηθευτών
    t_epomenos_anefodiasmos=t_Order(1);

t=min(t_customer,min(t_occas_supplier,t_epomenos_anefodiasmos));
%βρίσκω το minimum χρόνο εκ των τριών γεγονότων

end %ΤΕΛΟΣ ΚΥΚΛΟΥ WHILE >> ΚΑΤΑΧΩΡΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ &
ΕΝΗΜΕΡΩΣΗ
    if I>0
        Profit=Profit-(N-last_time)*I*h;
    end
end

```

```

elseif I<0
    Profit=Profit-(N-last_time)*(-I)*P_hat;
end
Profit_range(k,1)=Profit-Losses*Losses_penalty;
S_parameter(k,1)=S;
b_parameter(k,1)=b;
s_parameter(k,1)=s;
f_range(k,1)=f;
Losses_range(k,1)=Losses;
Sales_range(k,1)=Sales;

Orders_from_reg_matrix(k,1)=orders_from_reg/(orders_from_reg+orders_from_occ)*100;

Orders_from_occ_matrix(k,1)=orders_from_occ/(orders_from_reg+orders_from_occ)*100;

    k=k+1;
    reset(s1); %επανέναρξη γεννητριών τυχαίων αριθμών &
ENAPXH NEOY ΣΕΝΑΡΙΟΥ
    reset(s2);

end
end
end
end

%Εύρεση βέλτιστου εξειάζοντας όλους τους πίνακες
%ΓΙΑ ΤΟ ΜΕΓΙΣΤΟ ΚΕΡΔΟΣ
[~,ind]=max(Profit_range(:));
[row]=ind2sub(size(Profit_range),ind);

%ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΑΡΧΕΙΟΥ ΜΕ ΤΙΣ ΒΕΛΤΙΣΤΕΣ ΛΥΣΕΙΣ
fprintf(Results,'Μέγιστο κέρδος / Βέλτιστη πολιτική:
Profit*\t%.10f\t\t S*\t%d\t\t b*\t%d\t\t s*\t%d\t\t f*\t%d\t\t
Sales\t%d\t\t Lost sales\t%d\t\t Orders from Regular
Suppliers\t%.2f%\t\t Orders from Occasional
Suppliers\t%.2f%\n',max(Profit_range(:)),int64(S_parameter(row,1)),int64(b_parameter(row,1)),int64(s_parameter(row,1)),int64(f_range(row,1)),int64(Sales_range(row,1)),int64(Losses_range(row,1)),Orders_from_reg_matrix(row,1),Orders_from_occ_matrix(row,1));

fclose(Results);
profile viewer
profile off
end

```

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Council of Supply Chain Management Professionals. Facts on the global supply chain. Διαθέσιμο εδώ: <https://cscmp.org/media-center/facts-global-supply-chain>
- [2] Raconteur. Supply chain analytics. Διαθέσιμο εδώ: <http://raconteur.net/infographics/supply-chain-analytics>
- [3] Business Standard. 83% of global retail CEOs believe their supply chain not optimal. Διαθέσιμο εδώ: http://www.business-standard.com/article/companies/83-of-global-retail-ceos-believe-their-supply-chain-not-optimal-114061700314_1.html
- [4] M. Christopher, *Logistics και Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας*, 1^η εκδ., Αθήνα: Κριτική, 2007.
- [5] S. Cohen and J. Roussel, *Strategic Supply Chain Management: The Five Core Disciplines for Top Performance*, 2nd ed., McGraw Hill, 2013.
- [6] J. Yang and Y. Xia, “Acquisition management under fluctuating raw material prices”, *Production and Operations Management*, vol. 18, no. 2, 212-225, 2009.
- [7] T. Li, S.P. Sethi and J. Zhang, “How does pricing power affect a firm’s sourcing decisions from unreliable suppliers?”, *International Journal of Production Research*, vol. 51, no. 23-24, 6990-7005, 2013.
- [8] H. Gurnani, “Optimal ordering policies in inventory systems with random demand and random deal offerings”, *European Journal of Operational Research*, vol. 95, 299-312, 1996.
- [9] J.S. Song and P. Zipkin, “Inventory control in a fluctuating demand environment”, *Operations Research*, vol. 41, no 2, 351-370, 1993.
- [10] H. Jalali and I.V. Nieuwenhuyse, “Simulation optimization in inventory replenishment: a classification”, *IIE Transactions*, vol. 47, 1-19, 2015.
- [11] P.H. Zipkin, *Foundations of Inventory Management*, 1st ed., USA: McGraw-Hill, 2000.
- [12] L.A. Johnson and D.C. Montgomery, *Operations Research in Production Planning, Scheduling, and Inventory Control*, 1st ed., USA: John Wiley & Sons, 1974.
- [13] G.W. Plossl and O.W. Wight, *Production and Inventory Control*, 1st ed., USA: Prentice-Hall, 1967.
- [14] Β. Κουϊκόγλου, *Προσομοίωση, Σημειώσεις μαθήματος, Πολυτεχνείο Κρήτης*, 2006.

- [15] Ι. Φίλης, *Συστήματα Παραγωγής*, Σημειώσεις μαθήματος, Πολυτεχνείο Κρήτης, 2006.
- [16] R.W. Conway, W.L. Maxwell, L.W. Miller, *Theory of Scheduling*, New York: Dover Publications, 2003.
- [17] E.A. Silver, D.F. Pyke, R. Peterson, *Inventory Management and Production Planning and Scheduling*, 3rd ed., USA: John Wiley & Sons, 1998.