



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ**  
**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΤΟΜΕΑΣ: ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ**  
**ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ**

**ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΠΡΟΜΗΘΕΥΣΗΣ**  
**ΕΦΗΜΕΡΙΔΟΠΩΛΗ**  
**ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ**

Διπλωματική Εργασία

υπό

**ΚΑΡΚΑΝΑΚΗ ΙΩΑΝΝΗ**

Επιβλέπων: **Δρ. Παντελής Δημήτριος**

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των απαιτήσεων για την απόκτηση του  
Διπλώματος Μηχανολόγου Μηχανικού.

Βόλος, 2018

Copyright© 2018 Καρκανάκης Ιωάννης

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα.

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Ν. 5343/32 αρ. 202 παρ. 2).

## **Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:**

**Πρώτος Εξεταστής (Επιβλέπων)** Δρ. Δημήτριος Παντελής  
Αναπληρωτής Καθηγητής  
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

**Δεύτερος Εξεταστής** Δρ. Γεώργιος Κοζανίδης  
Επίκουρος Καθηγητής  
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

**Τρίτος Εξεταστής** Δρ. Γεώργιος Λυμπερόπουλος  
Καθηγητής  
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

## Ευχαριστίες

Με την εκπόνηση της Διπλωματικής μου Εργασίας ολοκληρώνονται οι σπουδές μου στη Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Θα ήθελα λοιπόν, με την αφορμή αυτή, να ευχαριστήσω όλους εκείνους που στάθηκαν δίπλα μου, σε ολόκληρη τη φοιτητική μου πορεία.

Καταρχήν, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου, που μου έδωσε τη δυνατότητα να σπουδάσω, και που πάντα με στήριζε και με στηρίζει στις επιλογές μου, δίνοντας μου παράλληλα τις απαραίτητες συμβουλές.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους συμφοιτητές και φίλους μου, καθώς, χωρίς τη συνεργασία, την αλληλοϋποστήριξη και την ανταλλαγή ιδεών και απόψεων, θα ήταν ακόμη πιο δύσκολη η περάτωση της Σχολής. Προσπάθησα εκ' μέρους μου να ανταποδώσω τη βοήθεια που μου προσέφεραν, και θα συνεχίσω να προσπαθώ. Θα ήθελα να τους ευχαριστήσω, όμως, ανεξάρτητα από το πλαίσιο των σπουδών, για το γεγονός ότι έδωσαν νόημα στα πιο όμορφα μου χρόνια, τα φοιτητικά χρόνια.

Αναφορικά με τη διπλωματική μου εργασία, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κκ. Παντελή Δημήτριο, Αναπληρωτή Καθηγητή της Σχολής για την εξαιρετική συνεργασία που είχαμε, καθώς σε κάθε δυσκολία που αντιμετώπιζα κατά τη διάρκεια της εργασίας ερχόταν έγκαιρα η πολύτιμη βοήθειά του. Επίσης, θα ήθελα να τον ευχαριστήσω γιατί μου προσέφερε την ευκαιρία να ασχοληθώ με ένα αντικείμενο πολύ κοντά στα ενδιαφέροντά μου.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, κκ. Λυμπερόπουλο και κκ.Κοζανίδη για την προσεκτική ανάγνωση της εργασίας μου καθώς και για τις γνώσεις που μου προσέφεραν στα μαθήματά τους κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

Καρκανάκης Ιωάννης

## Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως σκοπό την διατύπωση και μελέτη του προβλήματος βελτιστοποίησης των κερδών ενός εφημεριδοπώλη-λιανοπωλητή ο οποίος χρησιμοποιεί βασικό και εφεδρικό προμηθευτή. Ο εφεδρικός προμηθευτής, ο οποίος σαφώς και είναι αξιόπιστος όμως είναι και πιο ακριβός, χρησιμοποιείται λόγω της παραγωγικής δυναμικότητας του κύριου προμηθευτή η οποία είναι τυχαία μεταβλητή με γνωστή κατανομή και πολλές φορές δεν είναι επαρκής για να ικανοποιήσει την ποσότητα παραγγελίας του λιανοπωλητή. Προϋπόθεση βέβαια αποτελεί η εξασφάλιση μίας ποσότητας εξ αρχής έναντι κάποιου τιμήματος από τον εφεδρικό. Τα μοντέλα που θα παρουσιαστούν στην εργασία αυτή είναι δύο, στο πρώτο μοντέλο, ο λιανοπωλητής αγοράζει από τον εφεδρικό δίχως να είναι γνωστή η ζήτηση του προϊόντος, η οποία βέβαια ακολουθεί συγκεκριμένη κατανομή, ενώ στο δεύτερο μοντέλο πρώτα γίνεται γνωστή η ζήτηση και μετά γίνεται η παραγγελία από τον εφεδρικό. Σε κάθε περίπτωση ζητούμενο είναι να βρεθούν οι ποσότητες παραγγελίας από τον κάθε προμηθευτή ξεχωριστά όπου θα μας οδηγήσουν στο καλύτερο δυνατό κέρδος για τις διάφορες τιμές των παραμέτρων. Τα αποτελέσματα για τις ποικίλες τιμές που δόθηκαν στις μεταβλητές του προβλήματος, θα παρουσιαστούν και θα σχολιαστούν εν συνεχεία με την μορφή πινάκων και διαγραμμάτων. Για την επίλυση του παραπάνω προβλήματος κρίθηκε απαραίτητη η χρήση της γλώσσας προγραμματισμού MATLAB.

## Πίνακας περιεχομένων

Εξεταστική Επιτροπή.....	-3-
Ευχαριστίες.....	-4-
Περίληψη.....	-5-
Κατάλογος Σχημάτων.....	-8-
Κεφάλαιο 1-Εισαγωγικές Έννοιες.....	-11-
1.1 Κίνητρο και Υπόβαθρο.....	-11-
1.2 Δομή διπλωματικής εργασίας.....	-11-
1.3 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση.....	-12-
Κεφάλαιο 2-Βασικές Έννοιες.....	-15-
2.1 Εισαγωγή στην επιχειρησιακή έρευνα.....	-15-
2.2 Ορισμός της εφοδιαστικής αλυσίδας.....	-16-
2.3 Η επίδραση της αβεβαιότητας της ζήτησης και της παράδοσης της ποσότητας παραγγελίας.....	-19-
2.4 Εισαγωγικές πληροφορίες για την MATLAB.....	-21-
Κεφάλαιο 3- Το πρόβλημα του εφημεριδοπώλη και τα διάφορα μοντέλα.....	-24-
3.1 Παρουσίαση του κλασικού προβλήματος του εφημεριδοπώλη χωρίς εφεδρικό προμηθευτή για μια περίοδο.....	-24-
3.2 Χρήση εφεδρικού προμηθευτή για άγνωστη και γνωστή ζήτηση.....	-28-
3.2.1 Μοντέλο με άγνωστη την ζήτηση.....	-29-
3.2.2 Μοντέλο με γνωστή την ζήτηση.....	-31-

Κεφάλαιο 4- Ανάλυση παραδειγμάτων και αποτελεσμάτων για τα διάφορα μοντέλα.....	-32-
4.1 Σχολιασμός παραδείγματος με χρήση εφεδρικού με άγνωστη ζήτηση.....	-32-
4.2 Σχολιασμός παραδείγματος με χρήση εφεδρικού για γνωστή ζήτηση.....	-47-
Κεφάλαιο 5- Σύνοψη.....	-63-
Βιβλιογραφία.....	-64-
Παράρτημα.....	-65-

## Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1 Διάγραμμα μιας εφοδιαστικής αλυσίδας για την δημιουργία ενός laptop.....	-19-
Σχήμα 2 Εικονίδιο γλώσσας προγραμματισμού MATLAB.....	-23-
Σχήμα 3 Διάγραμμα μεταβλητών $C_R-Q$ για άγνωστη ζήτηση με χρήση εφεδρικού προμηθευτή.....	-33-
Σχήμα 4 Διάγραμμα μεταβλητών $C_R-K$ για άγνωστη ζήτηση με χρήση εφεδρικού προμηθευτή.....	-34-
Σχήμα 5 Διάγραμμα μεταβλητών $C_R-Κέρδος$ για άγνωστη ζήτηση με χρήση εφεδρικού προμηθευτή.....	-34-
Σχήμα 6 Διάγραμμα μεταβλητών $C_E-Q$ για άγνωστη ζήτηση με χρήση εφεδρικού προμηθευτή.....	-36-
Σχήμα 7 Διάγραμμα μεταβλητών $C_E-K$ για άγνωστη ζήτηση με χρήση εφεδρικού προμηθευτή.....	-36-
Σχήμα 8 Διάγραμμα μεταβλητών $C_E-Κέρδος$ για άγνωστη ζήτηση με χρήση εφεδρικού προμηθευτή.....	-37-
Σχήμα 9 Διάγραμμα μεταβλητών $C-Q$ για άγνωστη ζήτηση με χρήση εφεδρικού προμηθευτή.....	-38-
Σχήμα 10 Διάγραμμα μεταβλητών $C-K$ για άγνωστη ζήτηση με χρήση εφεδρικού προμηθευτή.....	-39-
Σχήμα 11 Διάγραμμα μεταβλητών $C-Κέρδος$ για άγνωστη ζήτηση με χρήση εφεδρικού προμηθευτή.....	-39-
Σχήμα 12 Διάγραμμα μεταβλητών $Τιμή πώλησης προϊόντος-Q$ για άγνωστη ζήτηση με χρήση εφεδρικού προμηθευτή.....	-41-
Σχήμα 13 Διάγραμμα μεταβλητών $Τιμή πώλησης-K$ για άγνωστη ζήτηση με χρήση εφεδρικού προμηθευτή.....	-41-



Σχήμα 14 Διάγραμμα μεταβλητών <i>Τιμή πώλησης-Κέρδος</i> για άγνωστη ζήτηση με χρήση εφεδρικού προμηθευτή.....	-42-
Σχήμα 15 Διάγραμμα μεταβλητών <i>Μέση τιμή δυναμικότητας-Q</i> για άγνωστη ζήτηση με χρήση εφεδρικού προμηθευτή.....	-43-
Σχήμα 16 Διάγραμμα μεταβλητών <i>Μέση τιμή δυναμικότητας-K</i> για άγνωστη ζήτηση με χρήση εφεδρικού προμηθευτή.....	-44-
Σχήμα 17 Διάγραμμα μεταβλητών <i>Μέση τιμή δυναμικότητας-Κέρδος</i> για άγνωστη ζήτηση με χρήση εφεδρικού προμηθευτή.....	-44-
Σχήμα 18 Διάγραμμα μεταβλητών <i>Τυπική απόκλιση δυναμικότητας-Q</i> για άγνωστη ζήτηση με χρήση εφεδρικού προμηθευτή.....	-46-
Σχήμα 19 Διάγραμμα μεταβλητών <i>Τυπική απόκλιση δυναμικότητας-K</i> για άγνωστη ζήτηση με χρήση εφεδρικού προμηθευτή.....	-46-
Σχήμα 20 Διάγραμμα μεταβλητών <i>Τυπική απόκλιση δυναμικότητας-Κέρδος</i> για άγνωστη ζήτηση με χρήση εφεδρικού προμηθευτή.....	-47-
Σχήμα 21 Διάγραμμα μεταβλητών $C_R-Q$ για γνωστή ζήτηση με χρήση εφεδρικού προμηθευτή.....	-48-
Σχήμα 22 Διάγραμμα μεταβλητών $C_R-K$ για γνωστή ζήτηση με χρήση εφεδρικού προμηθευτή.....	-49-
Σχήμα 23 Διάγραμμα μεταβλητών $C_R-Κέρδος$ για γνωστή ζήτηση με χρήση εφεδρικού προμηθευτή.....	-49-
Σχήμα 24 Διάγραμμα μεταβλητών $C_E-Q$ για γνωστή ζήτηση με χρήση εφεδρικού προμηθευτή.....	-51-
Σχήμα 25 Διάγραμμα μεταβλητών $C_E-K$ για γνωστή ζήτηση με χρήση εφεδρικού προμηθευτή.....	-51-
Σχήμα 26 Διάγραμμα μεταβλητών $C_E-Κέρδος$ για γνωστή ζήτηση με χρήση εφεδρικού προμηθευτή.....	-52-
Σχήμα 27 Διάγραμμα μεταβλητών $C-Q$ για γνωστή ζήτηση με χρήση εφεδρικού προμηθευτή.....	-53-

Σχήμα 28 Διάγραμμα μεταβλητών $C-K$ για γνωστή ζήτηση με χρήση εφεδρικού προμηθευτή.....	-54-
Σχήμα 29 Διάγραμμα μεταβλητών $C-Κέρδος$ για γνωστή ζήτηση με χρήση εφεδρικού προμηθευτή.....	-54-
Σχήμα 30 Διάγραμμα μεταβλητών $Τιμή πώλησης-Q$ για γνωστή ζήτηση με χρήση εφεδρικού προμηθευτή.....	-56-
Σχήμα 31 Διάγραμμα μεταβλητών $Τιμή πώλησης-K$ για γνωστή ζήτηση με χρήση εφεδρικού προμηθευτή.....	-56-
Σχήμα 32 Διάγραμμα μεταβλητών $Τιμή πώλησης-Κέρδος$ για γνωστή ζήτηση με χρήση εφεδρικού προμηθευτή.....	-57-
Σχήμα 33 Διάγραμμα μεταβλητών $Μέση τιμή δυναμικότητας-Q$ για γνωστή ζήτηση με χρήση εφεδρικού προμηθευτή.....	-58-
Σχήμα 34 Διάγραμμα μεταβλητών $Μέση τιμή δυναμικότητας-K$ για γνωστή ζήτηση με χρήση εφεδρικού προμηθευτή.....	-59-
Σχήμα 35 Διάγραμμα μεταβλητών $Μέση τιμή δυναμικότητας-Κέρδος$ για γνωστή ζήτηση με χρήση εφεδρικού προμηθευτή.....	-59-
Σχήμα 36 Διάγραμμα μεταβλητών $Τυπική απόκλιση δυναμικότητας-Q$ για γνωστή ζήτηση με χρήση εφεδρικού προμηθευτή.....	-61-
Σχήμα 37 Διάγραμμα μεταβλητών $Τυπική απόκλιση δυναμικότητας-K$ για γνωστή ζήτηση με χρήση εφεδρικού προμηθευτή.....	-61-
Σχήμα 38 Διάγραμμα μεταβλητών $Τυπική απόκλιση δυναμικότητας-Κέρδος$ για γνωστή ζήτηση με χρήση εφεδρικού προμηθευτή.....	-62-

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Σε αυτό το κεφάλαιο, παρουσιάζουμε πληροφορίες εισαγωγικού χαρακτήρα που δίνουν το κίνητρο και το υπόβαθρο για την εκπόνηση αυτής της διπλωματικής εργασίας. Επιπλέον, αναγράφονται τα κεφάλαια που συγκροτούν την εργασία αυτή και τελείται βιβλιογραφική ανασκόπηση όσων αφορά την μελέτη του εφημεριδοπώλη-λιανοπωλητή.

### 1.1 Κίνητρο και Υπόβαθρο

Το κίνητρο αυτής της εργασίας αποτέλεσε η επιθυμία για ενασχόληση με την κατηγορία της επιχειρησιακής έρευνας, πιο συγκεκριμένα με τον έλεγχο της εξασφαλισμένης ποσότητας προϊόντος από έναν ή περισσότερους προμηθευτές αναλόγως την περίπτωση, έτσι ώστε να αυξηθούν τα κέρδη του λιανοπωλητή. Η επιστήμη της επιχειρησιακής έρευνας αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση ώστε να εφαρμοστεί η βέλτιστη λειτουργία των συστημάτων και να γίνει λήψη βέλτιστων αποφάσεων χρησιμοποιώντας τεχνικές βασισμένες σε μαθηματικά μοντέλα. Βέβαια χωρίς τις γνώσεις που μου μετέδωσε όλα αυτά τα χρόνια η σχολή των Μηχανολόγων Μηχανικών δεν θα ήταν εφικτό να επιλυθεί το συγκεκριμένο πρόβλημα, αφού η συνεχής εμβάθυνση στον τομέα παραγωγής και διοίκησης και οι γνώσεις που αποκτήθηκαν αποτέλεσαν τον λόγο που μου ανατέθηκε η λύση του συγκεκριμένου προβλήματος.

### 1.2 Δομή Διπλωματικής Εργασίας

Η δομή της εργασίας αυτής απαρτίζεται από 5 κεφάλαια, όπου το καθένα έχει την δική του σημασία για να γίνουν κατανοητά και να αναλυθούν όλα τα συμπεράσματα και αποτελέσματα που καταλήξαμε επιλύοντας το πρόβλημα:

- Στο Κεφάλαιο 2 θα αναλυθούν απαραίτητες βασικές αρχές για την κατανόηση του προβλήματος και την σημασία του στην καθημερινότητά μας.
- Στο Κεφάλαιο 3 θα γίνει παρουσίαση του προβλήματος του εφημεριδοπώλη και αναλυτική επέκταση στα διάφορα μοντέλα τα οποία αποτελούν το αντικείμενο της παρούσας εργασίας.
- Στο Κεφάλαιο 4 θα γίνει προβολή μέσω πινάκων και διαγραμμάτων και σχετικός σχολιασμός των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την επίλυση των προβλημάτων.
- Στο Κεφάλαιο 5 παρουσιάζεται μια σύντομη σύνοψη για την παρούσα εργασία.

### 1.3 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Υπάρχουν πάρα πολλές έρευνες για τα συστήματα ελέγχου αποθέματος τα οποία επιδέχονται αβεβαιότητα όσων αφορά την ποσότητα της παράδοσης της παραγγελίας, οι οποίες θα αναφερθούν επιγραμματικά στην συνέχεια. Οι λόγοι που μπορεί να συμβεί κάτι τέτοιο είναι λόγω μοντέλων τυχαιότητας στη χωρητικότητα, τυχαία παραδιδόμενη ποσότητα (random yield), διακοπή προμήθειας (supply disruption) κ.α.

Οι Wang, Gilland και Tomlin (2010) σε μια μελέτη τους επί του θέματος, συμπέραναν ότι το ρίσκο του προμηθευτή μπορεί να ελαττωθεί είτε με την επιλογή δύο πηγών προμήθειας, είτε με την γενικότερη βελτίωση των διεργασιών. Η αβεβαιότητα των προμηθευτών είναι πιθανή τόσο για την τυχαία χωρητικότητα που πιθανόν να τους χαρακτηρίζει, όσο και για την τυχαία παραδιδόμενη ποσότητα. Μέσω ενός μοντέλου βελτίωσης μπορεί να αυξηθεί η αξιοπιστία των προμηθευτών με την έννοια ότι η παραδιδόμενη ποσότητα θα είναι στοχευμένα μεγαλύτερη από την απαιτούμενη. Μία τέτοια μέθοδος είναι η αύξηση της συχνότητας των επιτόπιων ελέγχων, αυξάνοντας δηλαδή την επιθεώρηση μπορεί η εταιρεία να είναι έγκαιρα ενήμερη για τυχόν επιπλοκές και διαταραχές έτσι ώστε να ενεργήσει ανάλογα με αποτέλεσμα η δυναμικότητα να μην είναι χαμηλή σε σχέση με την ζήτηση .

Οι Tang και Tomlin (2008) ερεύνησαν την σημασία της ευελιξίας όσων αφορά την ελάττωση των κινδύνων στις εφοδιαστικές αλυσίδες. Κατέληξαν στην διαμόρφωση 6 μεθόδων-μοντέλων ώστε να αποκτήσουν σημαντικές στρατηγικές αξίες, να αυξηθούν τα έσοδα της εταιρείας (περισσότερη ποικιλία προϊόντων, πιο συχνή εισαγωγή νέων προϊόντων στην αγορά, περισσότεροι σταθμοί πώλησης), να περιοριστούν τα κόστη (προμήθεια από την βάση με μειωμένη τιμή του προϊόντος, διαδικτυακές δημοπρασίες, διαδικτυακές πωλήσεις, διαχειριστής αποθεμάτων) και να μειωθούν τα περιουσιακά στοιχεία (logistics, εξωτερική ανάθεση βιομηχανοποίησης).

Οι μέθοδοι ώστε να επιτευχθεί η ανάπτυξη της ευελιξίας είναι να αποφευχθούν οι εξής κίνδυνοι:

1. Κίνδυνοι εφοδιασμού
2. Κίνδυνοι διαδικασίας
3. Κίνδυνοι ζήτησης
4. Κίνδυνοι πνευματικής διαδικασίας
5. Κίνδυνοι συμπεριφοράς
6. Πολιτικοί/κοινωνική κίνδυνοι.

Εν συνεχεία, παρουσιάζεται η μελέτη του Tomlin (2006) σε ατομικό επίπεδο αυτή την φορά όπου ασχολήθηκε με την χρήση 2 διαφορετικών προμηθευτών, όπου ο ένας είναι αναξιόπιστος και ο δεύτερος αξιόπιστος αλλά πιο ακριβός απ' τον πρώτο. Και οι δύο έχουν πεπερασμένη χωρητικότητα, όμως ο αξιόπιστος προμηθευτής διαθέτει καλύτερη ευελιξία σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης.

Διαπιστώθηκε σε αυτήν την έρευνα ότι η αξιοπιστία του προμηθευτή και οι διακοπές προμήθειας αποτελούν τους καθοριστικούς παράγοντες της βέλτιστης στρατηγικής που θα ακολουθήσει η εταιρεία. Έγινε εστίαση στις βέλτιστες τακτικές εφοδιασμού όσων αφορά το απόθεμα, την πηγή και την αναδρομολόγηση.

Το 2008 συνεχίζοντας την διατριβή του πάνω στο συγκεκριμένο θέμα ο Tomlin αφοσιώθηκε στην διαχείριση και την στρατηγική που ακολουθεί η εταιρεία σε περίπτωση διακοπής εφοδιασμού όταν όμως το προϊόν είναι μικρού κύκλου ζωής. Κατέληξε σε εννέα χαρακτηριστικά που είναι απαραίτητα για τον πωλητή:

- Όσων αφορά τους προμηθευτές του: να είναι αξιόπιστοι, δηλαδή η πιθανότητα να παραδοθεί η εκάστοτε παραγγελία να είναι αρκετά μεγάλη, επίσης να υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των προμηθευτών σε περίπτωση

ανεπάρκειας-έλλειψης από κάποιον, ακόμη να υπάρχει αναλογία του κόστους παραγγελίας που θα χρεώνεται ο προμηθευτής σε περίπτωση αποτυχίας και τέλος το κόστος του προμηθευτή έκτακτης ανάγκης να είναι σχετικό.

- Για τα προϊόντα του: να αποφεύγεται η αβεβαιότητα της ζήτησης, να υπάρχει συσχετισμός ζήτησης, να υπάρχει ικανότητα υποκατάστατου, δηλαδή προθυμία του πελάτη να αλλάξει προτίμηση προϊόντος και ο υπεύθυνος όσων αφορά τις λήψεις των αποφάσεων της εταιρείας να αποφεύγει τους κινδύνους όσο το δυνατόν περισσότερο.

Τέλος, οι Saghafian και Oyen (2010) εντύφησαν στο μοντέλο εφημεριδοπώλη-λιανοπωλητή ο οποίος στην κατάσταση διακοπής της προμήθειας αποφεύγει την αβέβαιη παράδοση έχοντας ήδη προσλάβει εφεδρικό ευέλικτο προμηθευτή και ταυτόχρονα παρακολουθώντας την κατάσταση των προμηθευτών της, συλλέγοντας δηλαδή πληροφορίες, ώστε να εφαρμόζει τη σωστή επιλογή πηγής και να αποφύγει τυχόν κινδύνους διακοπών-διαταραχών προμήθειας.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

#### 2.1 Εισαγωγή στην επιχειρησιακή έρευνα

Η επιχειρησιακή έρευνα ασχολείται με την μεθοδολογία ανάπτυξης πολύπλοκων προβλημάτων, όπου με την βοήθεια της εφαρμογής μαθηματικών μοντέλων, όπως στατιστική ανάλυση, μαθηματική μοντελοποίηση και βελτιστοποίηση να μπορεί να γίνει λήψη βέλτιστων αποφάσεων. Τα συστήματα τα οποία χρησιμοποιούνται πολλές φορές είναι πολύπλοκα γιατί σε αυτά αλληλεπιδρούν πρώτες ύλες, ανθρώπινο δυναμικό, κεφάλαια και γενικά οντότητες που έχουν κάποιο στόχο.

Η επιστήμη αυτή δημιουργήθηκε από την ανάγκη αντιμετώπισης επιχειρησιακών προβλημάτων στον τομέα της άμυνας από την Αγγλία κατά την διάρκεια του Δεύτερου Παγκοσμίου Πολέμου, αντιμετωπίζοντας προβλήματα στην διαχείριση του πολεμικού υλικού.

Αφότου λοιπόν έληξε ο πόλεμος, διαπιστώνοντας την σημαντικότητα και την σημασία αυτής της επιστήμης δεν ήταν δυνατόν να περιοριστεί στον τομέα αυτόν μόνο. Έτσι χρησιμοποιήθηκαν οι γνώσεις και οι ιδέες των επιστημόνων για την αύξηση της αποδοτικότητας και της παραγωγικότητας στον επιχειρησιακό τομέα.

Η επιχειρησιακή έρευνα σήμερα βρίσκεται κυριολεκτικά παντού, αφού σε κάθε μας απόφαση-δραστηριότητα έχουμε την ανάγκη να βρούμε την καλύτερη προσέγγιση για την επίτευξή της. Εφαρμογές της επιχειρησιακής έρευνας υπάρχουν παντού, στον δημόσιο τομέα, την άμυνα, την ιατρική, τις κατασκευές, την βιομηχανική παραγωγή, σε μηχανολογικές εφαρμογές, χρηματοοικονομικά, μάρκετινγκ κ.α.

Όμως μετά τον πόλεμο, η ανάπτυξη που σημειώθηκε στις βιομηχανίες ήταν τόσο μεγάλη και απότομη όπου δημιουργήθηκαν πρωτοφανή προβλήματα στις

εταιρείες. Έτσι από την εφαρμογή της επιχειρησιακής έρευνας σε στρατιωτικές επιχειρήσεις οι επιστήμονες κλήθηκαν να την εφαρμόσουν στην βιομηχανία όπου παρατηρήθηκε ότι τα προβλήματα και στις δύο περιπτώσεις ήταν αρκετά όμοια. Στις επιχειρήσεις υπήρχε έντονο το πρόβλημα του ελέγχου αποθέματος και της σωστής-βέλτιστης δρομολόγησης της προμήθειας. Με την ραγδαία εξέλιξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών τα τελευταία χρόνια η διατύπωση και η επίλυση των προβλημάτων αυτών έγινε πολύ πιο εύκολη. Η μελέτη των επιστημόνων στον τομέα αυτό είναι συστηματική μιας και οι απαιτήσεις συνεχώς αυξάνονται και υπάρχει συνεχής εξέλιξη σε όλους τους τομείς την σημερινή εποχή.

Οι τομείς με τους οποίους ασχολείται η επιχειρησιακή έρευνα είναι:

- Προσομοίωση
- Θεωρία Ουράς
- Χρηματοοικονομική Μηχανική
- Διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας
- Στοχαστικά Μοντέλα
- Έλεγχος αποθεμάτων
- Βελτιστοποίηση του δικτύου

## **2.2 Ο ορισμός της εφοδιαστικής αλυσίδας**

Μια εφοδιαστική αλυσίδα είναι ένα σύστημα οργανισμών, ανθρώπων, δραστηριοτήτων, εγκαταστάσεων, πληροφοριών και πόρων που απαιτούνται για τη μετακίνηση ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας από τον προμηθευτή στον πελάτη. Οι δραστηριότητες της εφοδιαστικής αλυσίδας μετασχηματίζουν φυσικούς πόρους, πρώτες ύλες και εξαρτήματα σε ένα τελικό προϊόν που παραδίδεται στον τελικό πελάτη.

Επίσης, θα μπορούσαμε να πούμε ότι η εφοδιαστική αλυσίδα είναι μια αλληλουχία ενεργειών τροφοδοσίας που ορίζεται από έναν ή περισσότερους κόμβους, όπου κάθε κόμβος έχει τους προμηθευτές και τους πελάτες του, μεταξύ των οποίων διακινούνται υλικά ή και πληροφορίες. Η εφοδιαστική αλυσίδα χαρακτηρίζεται παραδοσιακά από την εμπρός ροή των υλικών και την προς τα πίσω ροή των πληροφοριών (ζήτησης και πληρωμών).



Το μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι μεταβλητό, μπορεί δε να περιλαμβάνει είτε ενδοεπιχειρησιακές δραστηριότητες, είτε αλυσίδα επιχειρήσεων. Δύο από τις πλέον βασικές διαστάσεις της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι το πλήθος των κόμβων που την αποτελούν και ο λόγος του κόστους των κόμβων (*added value*) που προστίθεται στο σύνολο της τιμής του προϊόντος που καταλήγει στον τελικό κόμβο που είναι ο καταναλωτής.

Πολλές από τις συναλλαγές που συναντώνται στην αλυσίδα εφοδιασμού είναι συνεπώς μεταξύ των διαφόρων εταιρειών που επιδιώκουν να μεγιστοποιήσουν τα έσοδά τους μέσα στη σφαίρα των ενδιαφερόντων τους, αλλά μπορεί να έχουν λίγη ή και καθόλου γνώση για τους υπόλοιπους παίκτες στην εφοδιαστική αλυσίδα. Στα πλαίσια όμως της παγκοσμιοποιημένης οικονομίας, ο ανταγωνισμός κάνει αναγκαία την ελαχιστοποίηση του κόστους παραγωγής και διάθεσης των προϊόντων, τη βέλτιστη χρήση κρίσιμων παραγωγικών πόρων, τη μείωση των αποθεμάτων, την ακριβέστερη πρόβλεψη της ζήτησης, τη σμίκρυνση των χρόνων παράδοσης, καθώς επίσης και τη δυνατότητα επικοινωνίας ακριβούς ημερομηνίας παράδοσης.

Κατά συνέπεια, γίνεται ολοένα και πιο επιτακτική η ανάγκη για ορθολογικότερη και αποδοτικότερη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Με τον όρο διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας εννοούμε τη διαδικασία που περιλαμβάνει το σχεδιασμό, την εφαρμογή και τον έλεγχο της αποτελεσματικής και αποδοτικής μεταφοράς και αποθήκευσης πρώτων υλών, ενδιάμεσων και τελικών προϊόντων, καθώς και τη διαχείριση πληροφοριών που σχετίζονται με τη διακίνηση προϊόντων από τους τόπους παραγωγής στους τόπους κατανάλωσης, με στόχο την ικανοποίηση των απαιτήσεων των πελατών. Περιλαμβάνει επίσης τις βασικές συνιστώσες του συντονισμού και της συνεργασίας με εταιρικά κανάλια, τα οποία μπορεί να είναι οι προμηθευτές, μεσάζοντες, τρίτοι πάροχοι υπηρεσιών και οι πελάτες. Στην ουσία, η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας ενσωματώνει την διαχείριση της προσφοράς και της ζήτησης εντός και μεταξύ των εταιρειών.

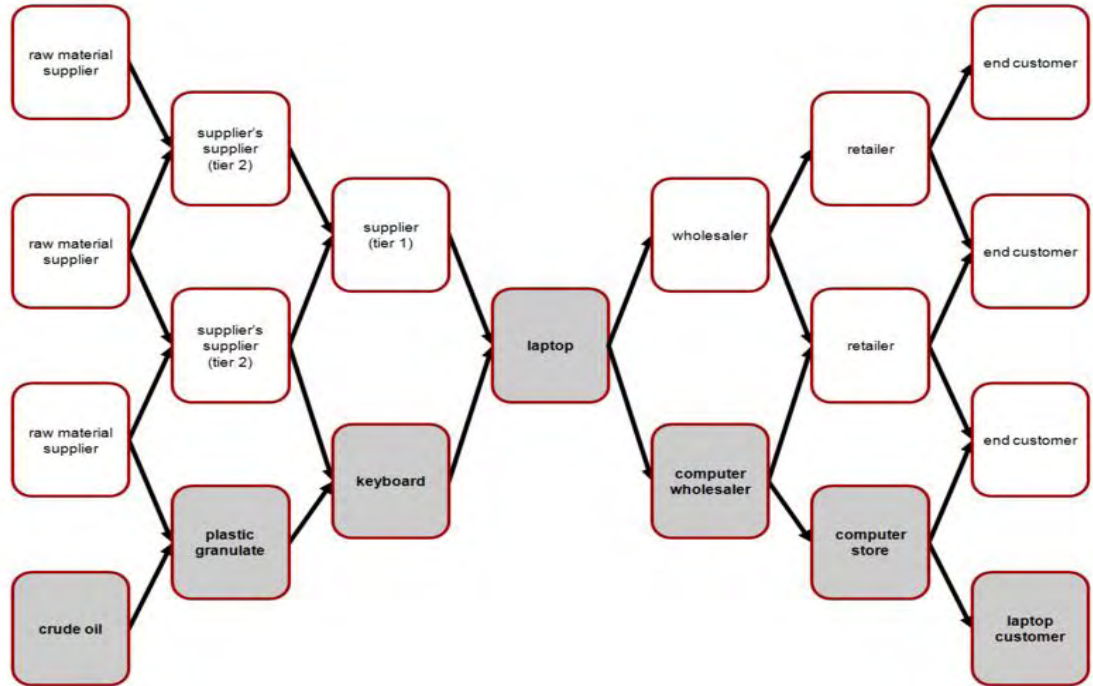
Η εφοδιαστική διαχείριση βρίσκει εφαρμογή σε δύο κυρίως πεδία. Το πρώτο πεδίο είναι η επιχείρηση, η οποία πρέπει να οργανώσει την εισροή, την εσωτερική διακίνηση και την εκροή υλικών και προϊόντων κατά τέτοιο τρόπο, έτσι ώστε να εξασφαλίζει τη μέγιστη ικανοποίηση των πελατών της. Το δεύτερο πεδίο είναι η εφοδιαστική αλυσίδα, η οποία αποτελείται από όλες εκείνες τις επιχειρήσεις και οργανισμούς που είναι απαραίτητοι έτσι ώστε ένα προϊόν, από πρώτες ύλες να καταλήξει στον τελικό πελάτη. Η αποτελεσματική οργάνωση και διοίκηση της ροής προϊόντων και πληροφοριών σε αυτήν την αλυσίδα αποτελεί επιτακτική ανάγκη σε μια παγκοσμιοποιημένη και ψηφιακή οικονομία, όπου ο ανταγωνισμός από

ατομικός (επιχείρηση εναντίον επιχείρησης) γίνεται συλλογικός (εφοδιαστική αλυσίδα εναντίον εφοδιαστικής αλυσίδας).

Η διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας (ΔΕΑ) πρέπει να επιλύει τα ακόλουθα προβλήματα:

- Διαμόρφωση Δικτύου Διανομής: αριθμό, θέση και δίκτυο αποστολών των προμηθευτών, των εγκαταστάσεων παραγωγής, των κέντρων διανομής, των αποθηκών, των αποβαθρών και των πελατών.
  - Στρατηγική Διανομής: δίνει απάντηση σε ερωτήματα που αφορούν i) τον έλεγχο λειτουργιών (κεντρικός, επιμερισμένος ή αποκεντρωμένος) , ii) τα συστήματα διανομής, π.χ. άμεση αποστολή, cross docking, άμεση παράδοση στο κατάστημα (DSD), iii) τα μέσα μεταφοράς, π.χ. φορτηγό, LTL, σιδηρόδρομο, TOFC ή COFC, θαλάσσιες μεταφορές, αερομεταφορές, iv) την στρατηγική αναπλήρωσης (π.χ. στρατηγική pull, push ή συνδυασμός) και v) τον έλεγχο των μεταφορών ( π.χ. ιδιωτικός μεταφορέας ή 3PL).
- Συμφωνίες σε δραστηριότητες εφοδιαστικής: Οι παραπάνω δραστηριότητες πρέπει να είναι καλά συντονισμένες προκειμένου να επιτευχθεί το χαμηλότερο συνολικό κόστος. Οι συμφωνίες μπορεί να αυξήσουν το συνολικό κόστος, αν μόνο μία από τις δραστηριότητες, βελτιστοποιηθεί. Συνεπώς, είναι επιτακτική ανάγκη να ληφθεί μια συστημική προσέγγιση, κατά το σχεδιασμό των δραστηριοτήτων επιμελητείας. Οι συμβιβασμοί είναι το κλειδί για την ανάπτυξη της πιο αποδοτικής και αποτελεσματικής στρατηγικής ΔΕΑ.
- Πληροφορίες: Η ολοκλήρωση των διαδικασιών μέσω της αλυσίδας εφοδιασμού ώστε να μοιραστούν πολύτιμες πληροφορίες, συμπεριλαμβανομένων των δεικτών της ζήτησης, τις προβλέψεις, την απογραφή, τις μεταφορές, τις πιθανές συνεργασίες, κλπ.
- Διαχείριση Αποθεμάτων: Ποσότητα και τόπος των αποθεμάτων, συμπεριλαμβανομένων των πρώτων υλών, το έργο κατά την διαδικασία (WIP) και τα τελικά προϊόντα.
- Ροή μετρητών (Cash-Flow): τακτοποίηση των όρων πληρωμής και των μεθοδολογιών για την ανταλλαγή κεφαλαίων μεταξύ οντοτήτων στο πλαίσιο της αλυσίδας εφοδιασμού.

Η εκτέλεση της εφοδιαστικής αλυσίδας υποδηλώνει την διαχείριση και τον συντονισμό της μεταφοράς των υλικών, των πληροφοριών και των κεφαλαίων σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού.



Σχήμα 1 : Διάγραμμα μιας εφοδιαστικής αλυσίδας για την δημιουργία ενός laptop

### 2.3 Η επίδραση της αβεβαιότητας της ζήτησης και της παράδοσης της ποσότητας παραγγελίας

Κάποιες φορές η ζήτηση θεωρείται σταθερή και γνωστή κατά το πέρασ του χρόνου. Σε αρκετές όμως περιπτώσεις μπορεί να ακολουθεί κάποια εμπειρική κατανομή που δεν είναι τυποποιημένη ή κάποια ειδική κατανομή, όπως στην περίπτωση μας όπου είναι κανονική και έχουμε στοχαστικό σύστημα.

Η τυχαία ζήτηση είναι ο κυριότερος λόγος αβεβαιότητας στον έλεγχο αποθέματος. Αυτό συμβαίνει γιατί σε περίπτωση που η ζήτηση είναι μεγαλύτερη της πρόβλεψης ή μικρότερη τότε ο διαχειριστής θα έχει αντίστοιχα χαμένες πωλήσεις ή ποσότητες προϊόντος που δεν πωλήθηκαν σε μια περίοδο. Όμως δεν είναι και η μόνη πηγή τυχαιότητας.

Μεγάλη προσοχή έχει δοθεί τα τελευταία χρόνια στην αβεβαιότητα της παράδοσης της παραγγελίας. Δεν θα έλεγε αδικώς κανείς ότι έχει κεντρίσει την προσοχή των επιχειρήσεων αφού δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις που έχουν προκληθεί τεράστιες ζημιές σε εταιρείες για τον παραπάνω λόγο.

Το 2000 φωτιά που προκλήθηκε σε εργοστάσιο στο Νέο Μεξικό, το οποίο προμήθευε τα βασικά ηλεκτρονικά τσιπ στις εταιρείες Ericsson και Nokia, έγινε η αιτία η Ericsson να χάσει τουλάχιστον 400 δισεκατομμύρια λόγω του ότι δεν είχε εφεδρικό πλάνο (PlanB), ενώ η Nokia χρησιμοποιώντας εναλλακτική πηγή προμήθειας απέφυγε σημαντικές οικονομικές ζημιές (Lietal 2011).

Το 2006 λόγω σοβαρής πυρκαγιάς, η Dell κλήθηκε να αναθέσει παραγγελία 4 εκατομμυρίων μπαταριών για φορητούς υπολογιστές της από την Sony, η Land Rover απέλυσε 1400 εργαζομένους της αφότου οι προμηθευτές της χρεοκόπησαν το 2001. Ένα άλλο παράδειγμα είναι η Dole η οποία δεινοπάθησε από μια μεγάλη μείωση των εσόδων αφού οι φυτείες με τις μπανάνες της καταστράφηκαν μετά το χτύπημα του τυφώνα Mitch που χτύπησε τη Νότια Αμερική το 1998 και τέλος η Ford η οποία έκλεισε 5 εργοστάσιά της για μερικές μέρες μετά το απρόοπτο επεισόδιο της 11<sup>ης</sup> Σεπτεμβρίου το 2001 (Tang-Tomlin2008).

Αναφορικά με τα παραπάνω, ένα ακόμα συμβάν σημειώθηκε τον Φεβρουάριο του 1997, όπου μια πυρκαγιά στο εργοστάσιο ενός προμηθευτή φρένων της Toyota οδήγησε σε άμεση διακοπή λειτουργίας 18 εργοστασίων της Toyota για διάστημα δύο εβδομάδων στην Ιαπωνία, με αυτό να έχει ως αντίκτυπο κόστος 196 εκατομμύρια δολάρια.

Ακόμη μία περίπτωση αφορά κάποια επιχείρηση η οποία την Πρωτοχρονιά του 2002 ενώ περίμενε να παραλάβει παιχνίδια που είχαν ως «θέμα» τα Χριστούγεννα, δηλαδή προϊόν μικρής διάρκειας ζωής, λόγω μίας 10ήμερης διακοπής στο λιμάνι του WestCoast δεν ήταν σίγουρο το πότε θα τα παραλάβουν, οπότε η έσχατη λύση ήταν να φυλαχθούν και να πωληθούν την επόμενη χρονιά με μεγάλη έκπτωση, έχοντας δηλαδή πολύ λιγότερα κέρδη.

Το 2007 διαταραχή προκλήθηκε στην εφοδιαστική αλυσίδα για την κατασκευή του Boieng 787 Dreamliner's, όπου η Advanced Integration Technology (AIT) φαλίρισε μήνες πριν χρειαστεί να συγκεντρωθούν τα κομμάτια συναρμολόγησης του αεροπλάνου και έτσι προκλήθηκε μεγάλη ζημιά στην Boeing 787 αφού η εφοδιαστική αλυσίδα δεν είχε καμία ευελιξία. Έγινε ξεκάθαρο ότι η AIT αντιμετώπιζε σοβαρά προβλήματα παραγωγής ήδη από το 2006. Έτσι, εάν η Boeing

παρακολουθούσε προσεκτικά την πορεία της ΑΙΤ θα μπορούσε να επιτύχει κάποια ενημέρωση για κίνδυνο διακοπής εφοδιασμού από την εν λόγω εταιρεία και έτσι ίσως να είχε πάρει καλύτερες αποφάσεις συμβάσεων και παραγγελιών εκ των προτέρων και να προστατευτεί ενάντια στο χάος που επικράτησε.

Μια πρόσφατη, παγκόσμια έρευνα μεγάλης κλίμακας που εκπονήθηκε από την BCI (Business Continuity Institute) έδειξε ότι το 85 % των εταιρειών έρχεται αντιμέτωπο με μία τουλάχιστον διακοπή προμήθειας κατά την διάρκεια ενός έτους. Συνεπώς από τα παραπάνω είναι ευκόλως εννοούμενο ότι η αβεβαιότητα παραδιδόμενης ποσότητας είναι ένα ζήτημα πολύ βασικό που απαιτεί άμεση και αξιόπιστη λύση.

## 2.4 Εισαγωγικές πληροφορίες για την MATLAB

Μετά από την αλματώδη ανάπτυξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών, και την ευρεία χρήση τους σε όλα σχεδόν τα πεδία, καθίσταται πλέον επιτακτική η γνώση βασικών γλωσσών προγραμματισμού. Η επιλογή τους είναι μια διαδικασία για την οποία υπάρχουν πολλές και αντικρουόμενες απόψεις και η απάντηση στο ερώτημα αυτό εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό και από το επιστημονικό πεδίο στο οποίο αυτές θα χρησιμοποιηθούν.

Σε γενικές γραμμές, η σύγχρονη προσέγγιση στο θέμα είναι να επιλέγονται γλώσσες που να είναι φιλικές στο χρήστη, και έτσι να γίνονται ελκυστικές στο σύνολο σχεδόν των φοιτητών του κλάδου, και όχι μόνο σε μια μικρή μειονότητα απ'αυτούς που τυχαίνει να έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τους υπολογιστές. Οι γλώσσες προγραμματισμού που ικανοποιούν το παραπάνω κριτήριο μπορούν να χωριστούν γενικά σε δύο κατηγορίες, σ'αυτές που είναι αλγεβρικού και σε αυτές του αριθμητικού. Ο στόχος των δύο αυτών κατηγοριών είναι διαφορετικός, πράγμα που καθιστά αναγκαία την εκμάθηση τουλάχιστον μιας γλώσσας από την κάθε μια κατηγορία. Κύριος στόχος των γλωσσών αλγεβρικού προγραμματισμού είναι οι αναλυτικές πράξεις, ενώ του αριθμητικού οι αριθμητικές.

Το παρόν πρόβλημα βελτιστοποίησης θα επιλυθεί με τη βοήθεια της γλώσσας προγραμματισμού MATLAB. Το MATLAB αποτελεί ένα εμπορικό εργαλείο το οποίο προσφέρει ένα διαδραστικό προγραμματιστικό περιβάλλον στον χρήστη και χρησιμοποιείται σε ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών. Ενσωματώνει μια υψηλού επιπέδου γλώσσα προγραμματισμού κατάλληλη για τη μοντελοποίηση και επίλυση σύνθετων μαθηματικών και όχι μόνο προβλημάτων.

Το MATLAB έχει ονομαστεί από τις λέξεις MATrix LABoratory, πράγμα που υποδηλώνει το γεγονός ότι η λειτουργία του βασίζεται εξ ολοκλήρου στη χρήση πινάκων, στοιχεία των οποίων μπορεί να είναι πραγματικοί ή μιγαδικοί αριθμοί (ακόμα και ένας μεμονωμένος αριθμός, όπως για παράδειγμα το 8, θεωρείται ως πίνακας με ένα στοιχείο). Ανάμεσα σε ένα πλήθος άλλων ευκολιών που προσφέρει, επιτρέπει τον εύκολο χειρισμό πινάκων, τη γραφική απεικόνιση (plotting) συναρτήσεων και δεδομένων, την υλοποίηση αλγορίθμων, την δημιουργία γραφικών διεπαφών και τη συνεργασία και διαλειτουργικότητα με προγράμματα γραμμένα σε άλλες γλώσσες προγραμματισμού. Το βασικό στοιχείο/μεταβλητή του MATLAB είναι ο πίνακας και έτσι όλοι οι φιλόδοξοι μελλοντικοί προγραμματιστές πρέπει να γνωρίζουν τις βασικές μαθηματικές αρχές πινάκων και γραμμικής άλγεβρας.

Το εγχειρίδιο αποσκοπεί να αποτελέσει ένα σύντομο βοήθημα αναφορικά με τις κυριότερες συναρτήσεις και δυνατότητες του MATLAB και SIMULINK. Αν κάποιος θέλει να εμβαθύνει και να εκμεταλλευτεί όλες τις δυνατότητες που προσφέρει το λογισμικό μπορεί να χρησιμοποιήσει το User's Manual ή την εντολή HELP. Επίσης κάποιος μπορεί να χρησιμοποιήσει ένα από τα πολλά FORUMS του διαδικτύου στα οποία μπορεί να βρει ειδικευμένες συναρτήσεις γραμμένες από άλλους χρήστες. Τέτοια FORUMS μπορούν να βρεθούν με ένα απλό search στο Google. Το πιο γνωστό ίσως από αυτά τα FORUMS να είναι το MATHWORKS στο οποίο πολλές φορές βρίσκεις και εκφωνήσεις πολλών χρηστών από προσωπικές απορίες, όπου οποιοσδήποτε ο οποίος είναι γνώστης της MATLAB μπορεί να απαντήσει βοηθώντας.

Σημαντικό να αναφερθεί ότι το MATLAB έχει αναπτυχθεί για την πλατφόρμα των Windows στην οποία το mouse είναι το κύριο μέσο επικοινωνίας. Πολλές από τις εντολές του MATLAB, μπορούν να γίνουν είτε μέσω του menu ή μέσω εντολών στο Command Prompt. Οι μέθοδοι αυτοί θα αναλυθούν και αφήνεται στις προτιμήσεις του χρήστη για το ποια μέθοδο θα χρησιμοποιήσει.

Τα βασικά συστατικά του MATLAB είναι:

- Το Περιβάλλον Ανάπτυξης και τα αντίστοιχα εργαλεία του: περιλαμβάνει διάφορα παράθυρα, όπως το Παράθυρο Εντολών ( Command Window) και το Ιστορικό Εντολών (Command History) και άλλα εργαλεία για αποσφαλμάτωση (debugging), ανάλυση κώδικα και πλοήγηση στο σύστημα αρχείων.

- Η βιβλιοθήκη μαθηματικών συναρτήσεων, ίσως το πιο σημαντικό συστατικό του MATLAB, με στοιχειώδεις αριθμητικές συναρτήσεις, αλλά και πιο πολύπλοκες
- Η γλώσσα προγραμματισμού: μια υψηλού επιπέδου προγραμματιστική γλώσσα με δομές δεδομένων, συναρτήσεις, εντολές ελέγχου ροής, εντολές εισόδου/εξόδου και στοιχεία από αντικειμενοστραφής γλώσσες προγραμματισμού
- Τα γραφικά συστατικά: το MATLAB παρέχει μια πληθώρα δυνατοτήτων απεικόνισης διανυσμάτων, πινάκων και γραφημάτων στις 2 και 3 διαστάσεις.



Σχήμα 2: Εικονίδιο γλώσσας προγραμματισμού MATLAB

---

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΟΥ ΕΦΗΜΕΡΙΔΟΠΩΛΗΚΑΙ ΤΑ ΔΙΑΦΟΡΑ ΜΟΝΤΕΛΑ

#### 3.1 Παρουσίαση του κλασικού προβλήματος του εφημεριδοπώλη χωρίς εφεδρικό προμηθευτή για μια περίοδο

Σε αυτό το σημείο θα γίνει παρουσίαση για το απλό πρόβλημα του λιανοπωλητή, όπου έχουμε τυχαία ζήτηση σε μοντέλα μιας περιόδου χωρίς την διαφύλαξη αποθέματος για τις επόμενες περιόδους. Πολλές είναι οι περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει απόθεμα και έτσι επισημαίνεται η σημαντικότητα του μοντέλου μίας περιόδου. Τέτοια προϊόντα στην καθημερινότητα μας είναι π.χ οι ποσότητες των προϊόντων με μικρή ημερομηνία λήξης, όπως τρόφιμα, εφημερίδες ή ακόμα και ο προγραμματισμός του μεγέθους παραγωγής εποχιακών προϊόντων ρουχισμού.

Αν υποθέσουμε την ύπαρξη κάποιας εφοδιαστικής αλυσίδας, η δομή της θα αποτελείται από τρία στάδια, τον προμηθευτή, τον αγοραστή-πωλητή (εφημεριδοπώλη) και τον πελάτη. Ο στόχος του προβλήματος είναι η ποσότητα της παραγγελίας κατά την διάρκεια μιας περιόδου να ικανοποιήσει την ζήτηση χωρίς να υπάρξει ούτε περισσευούμενη ποσότητα προϊόντος, ούτε να υπάρξει ενδεχόμενο να ξεπεράσει η ζήτηση την ποσότητα παραγγελίας. Έστω λοιπόν ότι η ζήτηση του προϊόντος μας είναι  $X$  και είναι μία συνεχής και μη αρνητική τυχαία μεταβλητή με συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας  $f(x)$  και η συνάρτηση αθροιστικής κατανομής της πιθανότητας  $F(x)$ . Η ποσότητα που θα παραγγείλει ο αγοραστής δηλώνεται ως μεταβλητή  $Q$  και είναι αυτή για την οποία ελαχιστοποιείται το αναμενόμενο κόστος στο τέλος της περιόδου. Το κόστος προκύπτει από δύο πηγές:

$C_0$ : κόστος ανά μονάδα προϊόντος ή εμπορεύματος το οποίο μένει απώλητο στο τέλος μιας περιόδου (overstockcost)

$C_U$ : κόστος ανά μονάδα χαμένων πωλήσεων, δηλαδή ζήτησης που δεν ικανοποιήθηκε (understockcost)



Όπως φαίνεται αυτά τα δύο κόστη είναι αντικρουόμενα, δηλαδή οδηγούν την πολιτική σε αντίθετες κατευθύνσεις.

Στόχος της εργασίας είναι να βρεθεί το  $Q$  το οποίο ελαχιστοποιεί το αναμενόμενο κόστος στο τέλος μίας περιόδου.

Απαραίτητη προϋπόθεση για να συμβεί αυτό είναι να κατασκευαστεί μια συνάρτηση κόστους βάση των παρακάτω βημάτων:

Βήμα 1: Κατασκευή μιας έκφρασης για το κόστος συναρτήσει των  $X, Q$

Βήμα 2: Υπολογισμός της αναμενόμενης τιμής αυτής της έκφρασης σε σχέση με τη συνάρτηση πιθανότητας της ζήτησης.

Βήμα 3: Εύρεση της τιμής  $Q$  που ελαχιστοποιεί τη συνάρτηση αναμενόμενου κόστους.

Ορίζουμε ως συνάρτηση κόστους την  $G(Q, X)$  όπου προκύπτει στο τέλος μιας περιόδου, με  $Q$  τις μονάδες που έχουν παραγγελθεί και  $X$  την ζήτηση. Αν μείνει απώλητη ποσότητα ισούται με  $\max\{Q - X, 0\}$ . Επίσης, η ανικανοποίητη ζήτηση στο τέλος της περιόδου είναι ίση με  $\max\{X - Q, 0\}$ .

Άρα έχουμε ότι

$$G(Q, X) = C_o \max\{0, Q - X\} + C_v \max\{0, X - Q\}$$

Αφότου βρήκαμε την συνάρτηση του κόστους θα βρεθεί το αναμενόμενο κόστος το οποίο εκφράζεται  $G(Q) = E(G(Q, X))$ .

$$\begin{aligned} G(Q) &= C_o \int_0^{\infty} \max(0, Q - x) f(x) dx + C_v \int_0^{\infty} \max(0, x - Q) f(x) dx = \\ &C_o \int_0^Q (Q - x) f(x) dx + C_v \int_Q^{\infty} (x - Q) f(x) dx \end{aligned}$$

Εν συνεχεία θα πρέπει να εξετάσουμε την βέλτιστη πολιτική που θα ακολουθήσουμε για να βρεθεί η τιμή του  $Q$  που θα ελαχιστοποιήσει το αναμενόμενο κέρδος. Άρα θα εξετάσουμε τις ιδιότητες της συνάρτησης  $G(Q)$ .

$$\frac{dG(Q)}{dQ} = C_0 \int_0^Q f(x) dx + C_U \int_Q^\infty (-1) f(x) dx = C_0 F(Q) - C_U (1 - F(Q))$$

Ακολουθώντας έχουμε ότι:

$$\frac{d^2G(Q)}{dQ^2} = (C_0 + C_U) f(Q) \geq 0 \forall Q \geq 0$$

Λόγω του ότι η δεύτερη παράγωγος είναι μη αρνητική, η παραπάνω συνάρτηση είναι κυρτή. Επίσης είναι εφικτό να βρούμε την τιμή της πρώτης παραγώγου για την τιμή  $Q=0$  που είναι ίση με:

$$\frac{dG(Q)}{dQ} = C_0 F(0) - C_U (1 - F(0)) = -C_U < 0, \text{ αφού } F(0) = 0$$

Αυτό σημαίνει ότι η  $G(Q)$  είναι φθίνουσα για  $Q = 0$ . Άρα η βέλτιστη λύση για  $Q^*$  είναι το σημείο που μηδενίζεται η πρώτη παράγωγος της  $G(Q)$ .

$$G'(Q^*) = (C_0 + C_U) F(Q^*) - C_U = 0 \Leftrightarrow F(Q^*) = \frac{C_U}{C_0 + C_U}$$

Όμως επειδή οι μεταβλητές  $C_U, C_0$  είναι θετικοί αριθμοί, ισχύει  $0 \leq \frac{C_U}{C_0 + C_U} \leq 1$

Επιπλέον αφού η  $F$  είναι συνεχής, η παραπάνω εξίσωση έχει πάντα λύση.

Προκύπτει λοιπόν ότι το κλάσμα  $\frac{C_U}{C_0 + C_U}$ , μέσω της βέλτιστης πολιτικής, είναι ίσο με την πιθανότητα να ικανοποιηθεί όλη η ζήτηση κατά τη διάρκεια της περιόδου αν  $Q^*$  ο αριθμός των προϊόντων που συμφωνήθηκαν στην αρχή της περιόδου.

*Ένας δεύτερος τρόπος για την προηγούμενη ανάλυση είναι να χρησιμοποιηθούν τα κέρδη και όχι τα κόστη.*

Ορίζουμε τις εξής μεταβλητές:

$r - pwl$  = η τιμή πώλησης ανά μονάδα εμπορεύματος

$c$  = κόστος αγοράς ανά μονάδα εμπορεύματος

$h$  = αξία ανά μονάδα εμπορεύματος που απομένει απώλητο στο τέλος της περιόδου

$p$  = κόστος ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης (επιπλέον του διαφυγόντος κέρδους).

όπου  $h < c < r - pwl$ .

Ο ορισμός των μεταβλητών  $X$  και  $Q$  ισχύει και εδώ, όπου  $X$  η ζήτηση ενώ  $Q$  η ποσότητα παραγγελίας κατά την διάρκεια μίας περιόδου.

Αν θεωρηθεί χωρίς βλάβη της γενικότητας ότι ξεκινάμε με μηδενικές ποσότητες. Το καθαρό κέρδος στο τέλος μιας περιόδου είναι:

$$R(Q, X) = -cQ + h \max(Q - X, 0) - p \max(X - Q, 0) + (r - pwl) \min(Q, X)$$

Το αναμενόμενο κέρδος ισούται με:

$$\begin{aligned} P(Q) &= -cQ + h \int_0^Q (Q - x) f(x) dx - p \int_Q^\infty (x - Q) f(x) dx + r - pwl \int_0^Q x f(x) dx + (r - pwl) Q \int_Q^\infty f(x) dx \\ &= -cQ + h \int_0^Q (Q - x) f(x) dx - (p + r - pwl) \int_Q^\infty (x - Q) f(x) dx + (r - pwl) \mu \end{aligned}$$

όπου  $\mu$  η μέση τιμή της ζήτησης.

Παραγωγίζοντας λοιπόν την παραπάνω σχέση μια φορά ως προς  $Q$ , ορίζεται η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας.

$$P'(Q) = 0 \Leftrightarrow -c + hF(Q) + (p + r - pwl)(1 - F(Q)) = 0 \Leftrightarrow F(Q) = \frac{p + r - pwl - c}{p + r - pwl - h}$$

Παρατηρείται ότι η τελευταία σχέση είναι η ίδια με αυτήν που προαναφέρθηκε στην προηγούμενη λύση, άρα ισχύει ότι  $C_u = p + r - pwl - c$  και  $C_o = c - h$ .

### 3.2 Χρήση εφεδρικού προμηθευτή για άγνωστη και γνωστή ζήτηση

Όπως έχει αναφερθεί, λόγω της παραγωγικής δυναμικότητας του βασικού προμηθευτή η οποία είναι τυχαία μεταβλητή με γνωστή κατανομή, πολλές φορές η επιχείρηση επιλέγει να συνεργαστεί παράλληλα με έναν εφεδρικό προμηθευτή για να ικανοποιήσει πλήρως την παραγγελία της, ο οποίος βέβαια είναι αξιόπιστος αλλά και πιο ακριβός από τον κύριο προμηθευτή. Αυτός είναι ο λόγος και το κίνητρο της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας. Συνεπώς, σε περίπτωση που η ποσότητα παράδοσης από τον βασικό δεν είναι η απαιτούμενη, ο αγοραστής έχοντας εξασφαλίσει εξ αρχής μία ποσότητα προπληρώνοντας τον εφεδρικό προμηθευτή, μπορεί να την παραλάβει όποτε θελήσει. Η διατύπωση λοιπόν του προβλήματος λιανοπωλητή με αβεβαιότητα στην παραγωγική δυναμικότητα του κύριου προμηθευτή, με τυχαία ζήτηση και με την χρήση εφεδρικού προμηθευτή γίνεται παρακάτω:

Η ζήτηση στο πρόβλημα είναι συνεχής τυχαία μεταβλητή  $X$  με συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας  $f(x)$  και αθροιστική συνάρτηση  $F(x)$ . Από τον κύριο προμηθευτή ο αγοραστής θα παραγγείλει ποσότητα ύψους  $Q$ , η πραγματική ποσότητα που θα παραλάβει απ' αυτόν όμως είναι  $S \leq Q$ , η οποία είναι συνεχής τυχαία μεταβλητή, άρα υπάρχει το ενδεχόμενο να εξασφαλίσει μια ποσότητα  $K$  από τον αξιόπιστο εφεδρικό προμηθευτή ώστε να μπορέσει να ικανοποιήσει την αρχική του παραγγελία. Ο αγοραστής θα πληρώσει στον βασικό προμηθευτή  $c$ , που ορίζεται ως το κόστος ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας από αυτόν και ως συνολικό τελικό κόστος του βασικού προμηθευτή θα έχουμε  $S_c$ . Σχετικά με τον εφεδρικό προμηθευτή, υπάρχει το κόστος ανά μονάδα εξασφαλισμένης ποσότητας που είναι  $c_R$ , με συνολικό κόστος  $Kc_R$ , και αν ενδεχομένως παραλάβει την εξασφαλισμένη ποσότητα αυτή ή ένα μέρος αυτής, τότε χρεώνεται  $c_E$ , που είναι το κόστος ανά μονάδα αγοράς από τον εφεδρικό προμηθευτή. Απαραίτητη προϋπόθεση βέβαια είναι να ικανοποιείται η συνθήκη  $c_E + c_R > c$ . Η τιμή πώλησης του προϊόντος ανά μονάδα είναι  $r - pwl$ , το κόστος

ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης ισούται με  $p$  και τέλος η τιμή πώλησης ανά επιστρεφόμενη μονάδα είναι  $h$ , όπου σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να ισχύει  $h < c < r - pwl$ .

Εφόσον γίνει γνωστή η ποσότητα που παραδίδεται από τον κύριο προμηθευτή στον αγοραστή και πριν γίνει γνωστή η ζήτηση, θα γίνει και η παραγγελία από τον εφεδρικό προμηθευτή. Βάση του κλασικού μοντέλου του εφημεριδοπώλη το ύψος της παραγγελίας πρέπει να είναι τέτοιο ώστε το σύνολο να ισούται με  $I$  :

$$\text{όπου, } I = F^{-1}\left(\frac{p+r-pwl-c_E}{p+r-pwl-h}\right)$$

Αυτό ισχύει βέβαια αν δεν υπάρχει περιορισμός στο ύψος της παραγγελίας. Επομένως αγοράζει  $I-S$  αν  $0 < I-S < K$ ,  $K$  αν  $I-S \geq K$  και τίποτα αν  $I \leq S$ . Φυσικά, η παραδοχή  $K > I$  δεν έχει νόημα.

Το ζητούμενο λοιπόν στο παρόν πρόβλημα είναι να βρεθούν οι τιμές των  $Q, K$  που να μεγιστοποιούν το αναμενόμενο κέρδος  $\Pi(Q, K)$ .

### 3.2.1 Μοντέλο με άγνωστη την ζήτηση

#### Περίπτωση 1η:

Για την υλοποίηση του παραπάνω είναι αναγκαίο να ορισθούν κάποιες εξισώσεις. Έστω ότι το αναμενόμενο έσοδο ισούται με  $L(z)$ , όπου  $z$  ορίζεται η συνολική ποσότητα που έχει παραδοθεί από τους δύο προμηθευτές.

$$\begin{aligned} L(z) &= \int_0^z h(z-x)f(x)dx - \int_z^\infty p(x-z)f(x)dx + \int_0^z (r-pwl)xf(x)dx + \int_z^\infty (r-pwl)zf(x)dx = \\ &= h \int_0^z (z-x)f(x)dx - (p+r-pwl) \int_z^\infty (x-z)f(x)dx + (r-pwl)\mu \end{aligned}$$

Όπου  $\mu = E(X)$  (μέση τιμή).

Επιπροσθέτως θα ορισθεί ως  $R$  η παραγωγική δυναμικότητα του κύριου προμηθευτή, με συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας  $g(r)$  και αθροιστική συνάρτηση  $G(r)$ . Η ποσότητα που παραδίδεται τελικώς από τον κύριο προμηθευτή προκύπτει όπως προαναφέραμε από τον τύπο,  $S = \min\{Q, R\}$ . Η συνάρτηση κέρδους έχει πολλές περιπτώσεις και εκφράζεται ως εξής:

- Στην πρώτη περίπτωση, εάν  $Q + K < I$  τότε ο αγοραστής θα κάνει αγορά όλης της εξασφαλισμένης ποσότητας  $K$  από τον εφεδρικό προμηθευτή και η συνάρτηση κέρδους θα είναι της μορφής:

$$\Pi(Q, K) = -cE(\min\{Q, R\}) - (c_R + c_E)K + \int_{r=0}^Q L(r+K)g(r)dr + \int_{r=Q}^{\infty} L(Q+K)g(r)dr$$

- Στην δεύτερη περίπτωση, εάν  $I - K \leq Q < I$ , ο αγοραστής θα κάνει αγορά ποσότητας  $K$  από τον εφεδρικό σε περίπτωση που ισχύει  $R < I - K$ , αλλιώς θα αγοράσει ποσότητα  $I - R$  αν ισχύει  $I - K \leq R < Q$  ή τέλος θα αγοράσει ποσότητα  $I - Q$  αν  $R \geq Q$ .

Η συνάρτηση σε αυτήν την περίπτωση θα έχει την μορφή:

$$\begin{aligned} \Pi(Q, K) = & -cE(\min\{Q, R\}) - c_R K + \int_{r=0}^{I-K} [-c_E K + L(r+K)]g(r)dr \\ & + \int_{r=I-K}^Q [-c_E(I-r) + L(I)]g(r)dr + \int_{r=Q}^{\infty} [-c_E(I-Q) + L(I)]g(r)dr \end{aligned}$$

- Τέλος, σε περίπτωση που ισχύει  $Q \geq I$  ο αγοραστής θα αγοράσει από τον εφεδρικό ποσότητα  $K$  αν  $R < I - K$ , ειδάλως ποσότητα  $I - R$  αν ισχύει  $I - K \leq R \leq I$ , και τέλος τίποτα σε περίπτωση που ισχύει  $R \geq I$ . Η αντίστοιχη συνάρτηση θα ισούται με:

$$\begin{aligned} \Pi(Q, K) = & -cE(\min\{Q, R\}) - c_R K + \int_{r=0}^{I-K} [-c_E K + L(r+K)]g(r)dr \\ & + \int_{r=I-K}^I [-c_E(I-r) + L(I)]g(r)dr + \int_{r=I}^Q L(r)g(r)dr + \int_{r=Q}^{\infty} L(Q)g(r)dr \end{aligned}$$

Για την μέση τιμή του  $S$  ισχύει:

$$E(\min(Q, R)) = \int_{r=0}^Q rg(r)dr + \int_{r=Q}^{\infty} Qg(r)dr = \int_{r=0}^Q rg(r)dr + Q[1 - G(Q)]$$

### 3.2.2 Μοντέλο με γνωστή την ζήτηση

#### Περίπτωση 2η:

Σε αυτήν την περίπτωση, η παραγγελία στον εφεδρικό προμηθευτή θα πραγματοποιηθεί εφόσον γίνει γνωστή η παραδιδόμενη ποσότητα από τον κύριο προμηθευτή αλλά και η ζήτηση.

Για την λύση του προβλήματος απαραίτητη προϋπόθεση είναι να δημιουργηθούν κάποιες εξισώσεις προς επίλυση, όπως:

$$L(s, K) = \int_0^s [(r - pwl)x + h(s - x)]f(x)dx + \int_s^{s+K} [-c_E(x - s) + (r - pwl)x]f(x)dx$$

$$+ \int_{s+K}^{\infty} [-c_E K + r - pwl(s + K) - p(x - s - K)]f(x)dx$$

$$L(s, K) = \int_0^s h(s - x)f(x)dx + \int_s^{s+K} -c_E(x - s)f(x)dx + \int_{s+K}^{\infty} [-c_E K - (p + r - pwl)(x - s - K)]f(x)dx$$

$$+(r - pwl)E(X)$$

Όπου  $L(s, K)$  είναι το αναμενόμενο έσοδο υποθέτοντας ότι η ποσότητα που έχει παραδοθεί από τον κύριο προμηθευτή είναι  $s$  και η εξασφαλισμένη ποσότητα από τον εφεδρικό προμηθευτή είναι  $K$ .

Εν τέλη η συνάρτηση του κέρδους θα δοθεί από τον παρακάτω τύπο εξίσωσης:

$$\Pi(Q, K) = -cE(\min\{Q, R\}) - c_R K + \int_{r=0}^Q L(r, K)g(r)dr + \int_{r=Q}^{\infty} L(Q, K)g(r)dr$$

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΔΙΑΦΟΡΑ ΜΟΝΤΕΛΑ

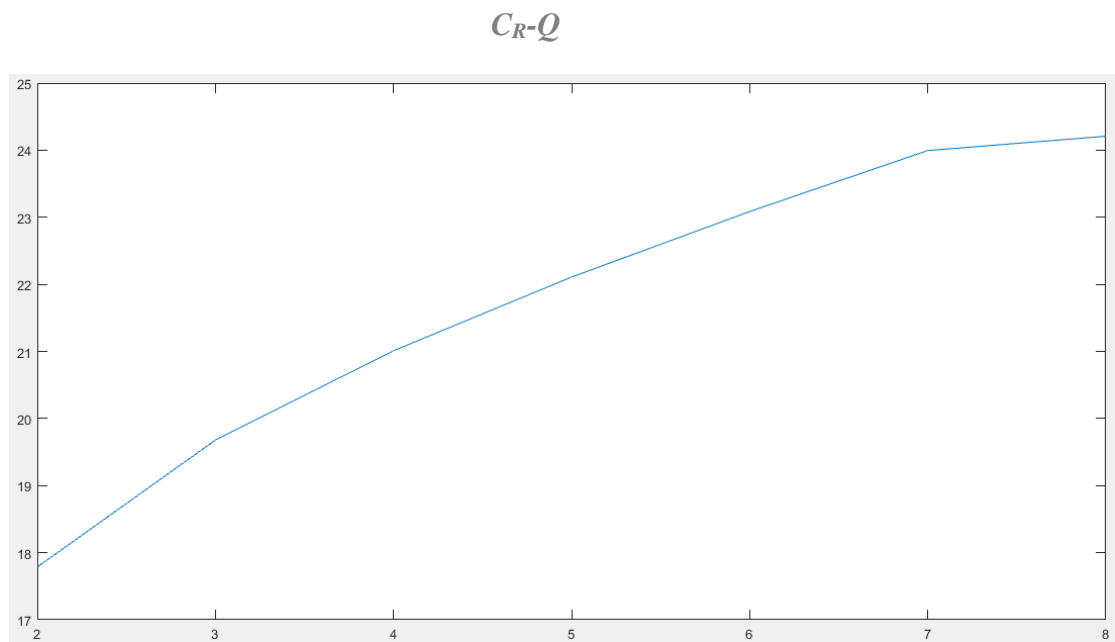
Κάθε παράμετρος του προβλήματος ξεχωριστά επηρεάζει την βέλτιστη επιλογή των ποσοτήτων παραγγελίας  $(Q,K)$  από τους προμηθευτές που έχουν ορισθεί. Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα για τα δύο μοντέλα που ορίστηκαν παραπάνω, όπου χρησιμοποιείται εφεδρικός προμηθευτής, για ποικίλες τιμές των παραμέτρων και θα γίνει παρουσίαση γραφικών παραστάσεων. Όλα τα παραπάνω υπολογίζονται μέσω κώδικα στην γλώσσα Matlab όπου σημειώνεται στο παράρτημα που βρίσκεται στο τέλος της εργασίας.

#### 4.1 Σχολιασμός παραδείγματος με χρήση εφεδρικού με άγνωστη ζήτηση

Στο πρώτο αριθμητικό παράδειγμα πραγματοποιείται μελέτη διατηρώντας αμετάβλητες όλες τις παραμέτρους και αλλάζοντας τιμές μόνο για το κόστος ανά μονάδα εξασφαλισμένης ποσότητας  $c_R$ . Η ζήτηση η οποία είναι συνεχής τυχαία μεταβλητή με συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας  $f(x)$  και αθροιστική συνάρτηση  $F(x)$ , έχει μέση τιμή 20 και τυπική απόκλιση 5. Η παραγωγική δυναμικότητα του κύριου προμηθευτή, η οποία είναι κι αυτή συνεχής τυχαία μεταβλητή με αθροιστική συνάρτηση  $G(r)$  και συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας  $g(r)$ , ορίζεται από μέση τιμή 20 και τυπική απόκλιση 4. Το κόστος ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας από τον κύριο προμηθευτή δηλώνεται ως  $c=6$ , το κόστος ανά μονάδα αγοράς από τον εφεδρικό προμηθευτή αναφέρεται ως  $c_E=5$ , η τιμή πώλησης ανά μονάδα ερμηνεύεται ως  $r_{pwl}=19$ , το κόστος ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης δηλώνεται ως  $p=3$  και τέλος η τιμή πώλησης ανά επιστρεφόμενη μονάδα ορίζεται ως  $h=2$ .

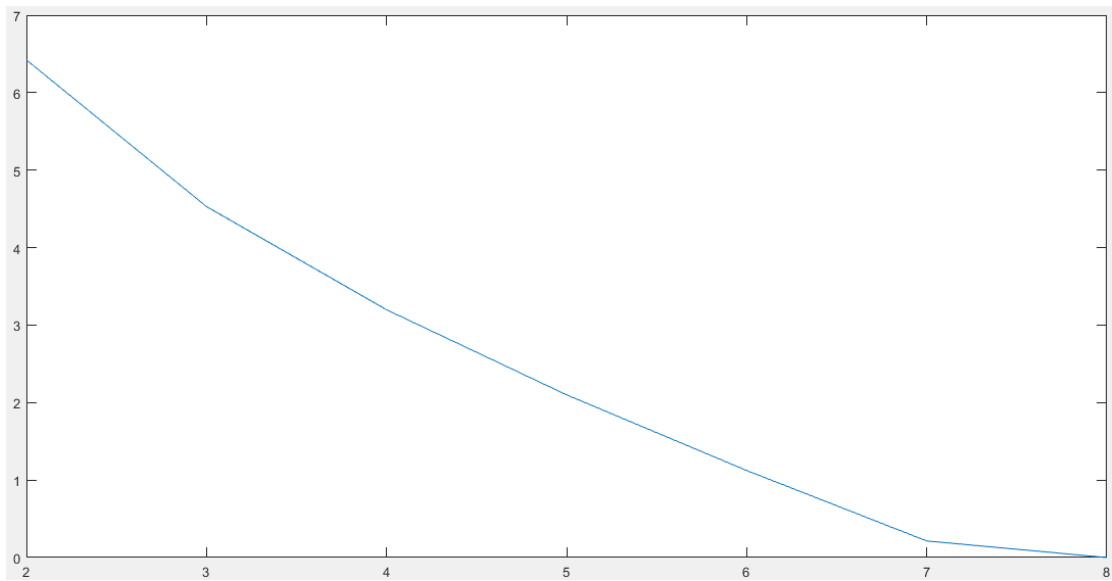


$C_R$	2	3	4	5	6	7	8
$Q$	17.7858	19.6783	21.0101	22.1084	23.0850	23.9946	24.2081
$K$	6.4223	4.5298	3.1980	2.0997	1.1231	0.2136	0
$PR(Q,K)$	223.5217	218.1214	214.2846	211.6491	210.0451	209.3808	209.3551



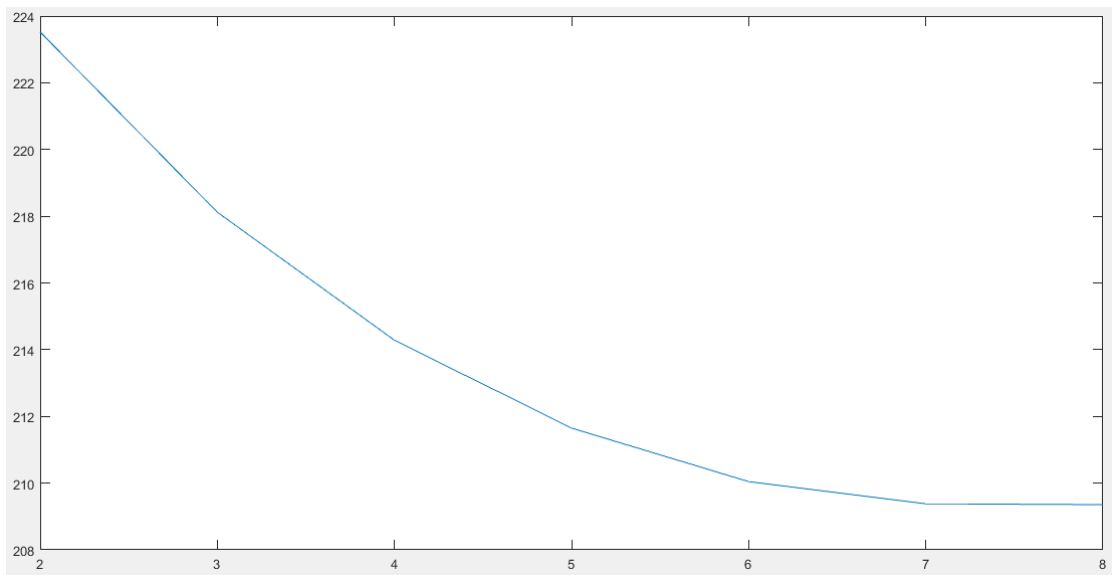
Σχήμα3: Διάγραμμα  $C_R-Q$ , για διάφορες τιμές του  $C_R$  και την αντίστοιχη πορεία του  $Q$

$C_R-K$



Σχήμα 4: Διάγραμμα  $C_R-K$ , για τις διάφορες τιμές του  $C_R$  και την αντίστοιχη πορεία του  $K$

$C_R$ -Κέρδος



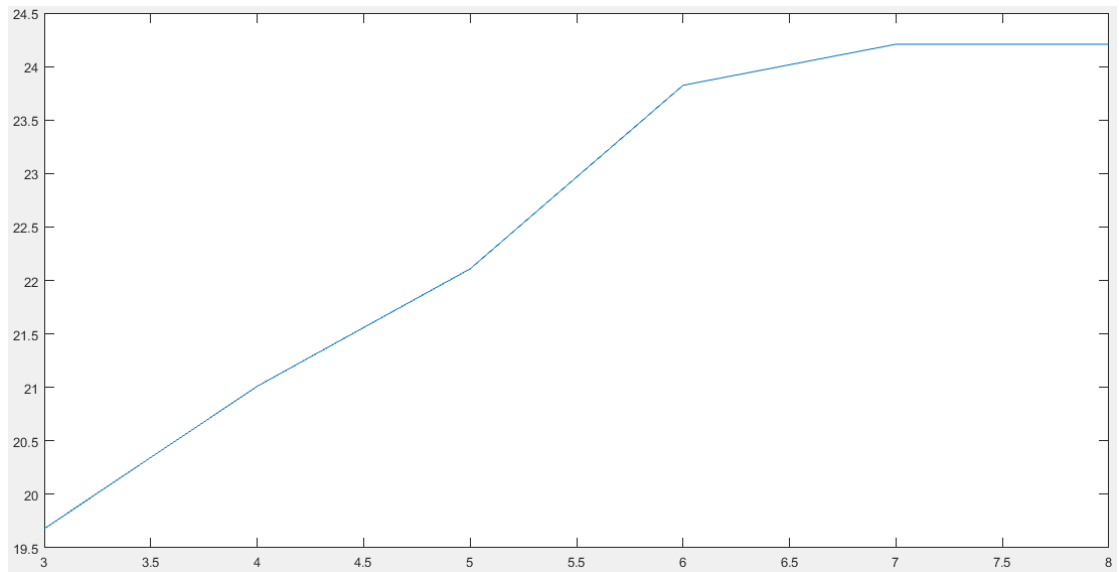
Σχήμα 5: Διάγραμμα  $C_R$ -Κέρδος, για τις διάφορες τιμές του  $C_R$  και την αντίστοιχη πορεία του κέρδους

Προφανώς αυτό που παρατηρείται είναι ότι, όσο αυξάνεται η τιμή του κόστους ανά μονάδα εξασφαλισμένης ποσότητας  $c_R$  από τον εφεδρικό προμηθευτή τόσο φθίνει και η χρήση του από τον αγοραστή. Έτσι η αγορά των προϊόντων θα γίνεται ολοένα και περισσότερο από τον βασικό προμηθευτή όπως φαίνεται και στις γραφικές παραστάσεις παραπάνω. Επίσης παρατηρείται μείωση του συνολικού κέρδους, το οποίο είναι λογικό, αφού το κόστος αυξάνεται.

Στο παρακάτω παράδειγμα γίνεται έρευνα για όλες τις μεταβλητές σταθερές και αλλάζοντας τιμές μόνο για το το κόστος ανά μονάδα αγοράς από τον εφεδρικό προμηθευτή που αναφέρεται ως  $c_E$ . Η ζήτηση η οποία είναι συνεχής τυχαία μεταβλητή με συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας  $f(x)$  και αθροιστική συνάρτηση  $F(x)$ , έχει μέση τιμή 20 και τυπική απόκλιση 5. Η παραγωγική δυναμικότητα του κύριου προμηθευτή, η οποία είναι κι αυτή συνεχής τυχαία μεταβλητή με αθροιστική συνάρτηση  $G(r)$  και συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας  $g(r)$ , ορίζεται από μέση τιμή 20 και τυπική απόκλιση 4. Το κόστος ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας από τον κύριο προμηθευτή δηλώνεται ως  $c=6$ , το κόστος ανά μονάδα εξασφαλισμένης ποσότητας αναφέρεται ως  $c_R=5$ , η τιμή πώλησης ανά μονάδα ερμηνεύεται ως  $r_{pwl}=19$ , το κόστος ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης δηλώνεται ως  $p=3$  ενώ τέλος η τιμή πώλησης ανά επιστρεφόμενη μονάδα ορίζεται ως  $h=2$ .

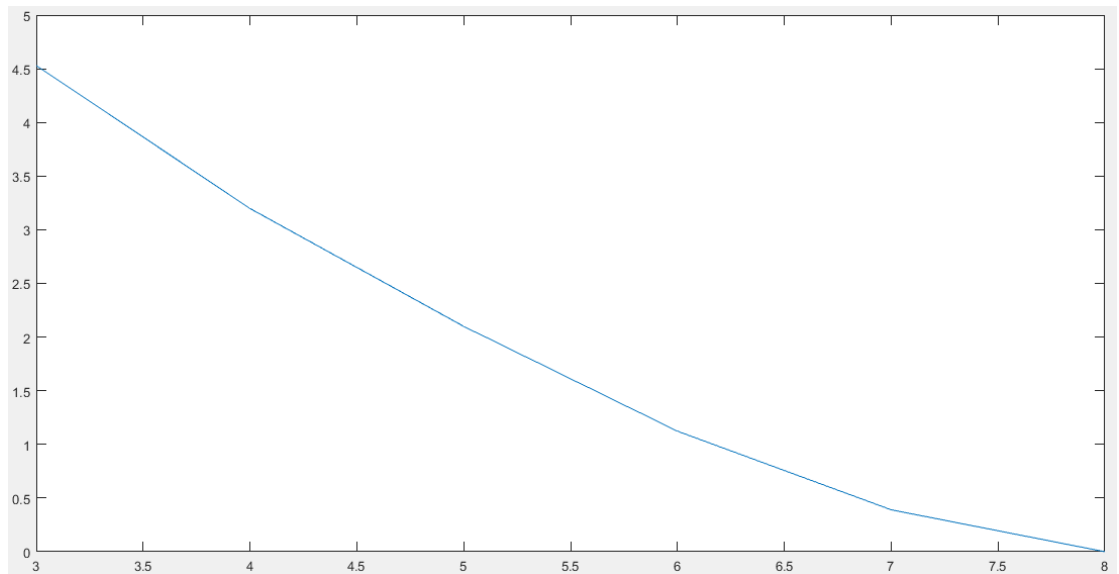
$C_E$	3	4	5	6	7	8
$Q$	19.6783	21.0101	22.1084	23.8245	24.2081	24.2080
$K$	4.5298	3.1980	2.0997	1.1231	0.3907	0
$PR(Q,K)$	218.1214	214.2846	211.6491	210.0451	209.4357	209.3551

$C_E-Q$



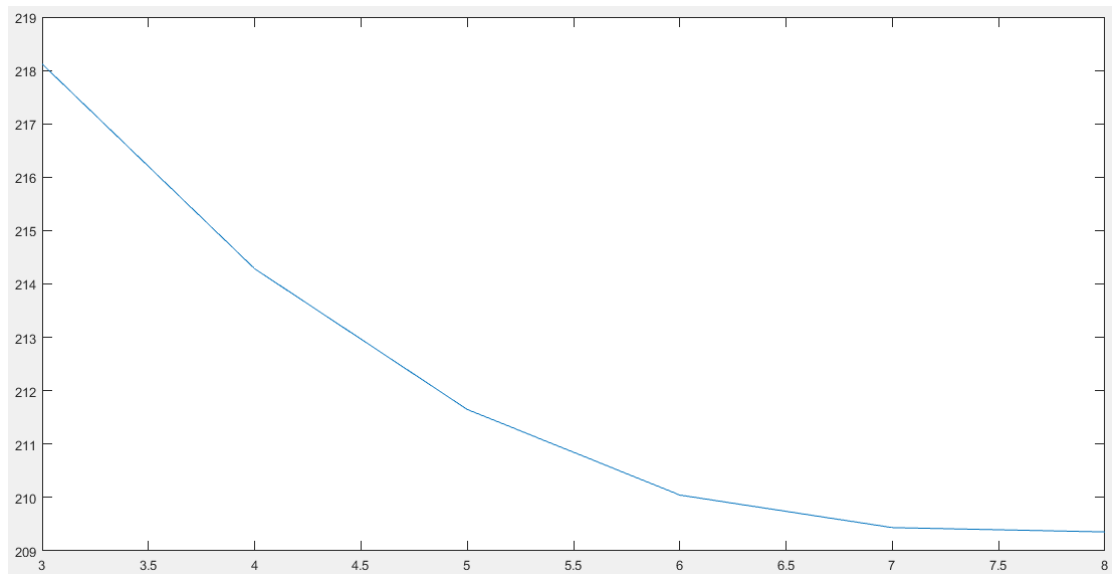
Σχήμα 6: Διάγραμμα  $C_E-Q$ , για τις διάφορες τιμές του  $C_E$  και την αντίστοιχη πορεία του  $Q$

$C_E-K$



Σχήμα 7: Διάγραμμα  $C_E-K$ , για τις διάφορες τιμές του  $C_E$  και την αντίστοιχη πορεία του  $K$

### $C_E$ -Κέρδος



Σχήμα 8: Διάγραμμα  $C_E$ -Κέρδος, για τις διάφορες τιμές του  $C_E$  και την αντίστοιχη πορεία του κέρδους

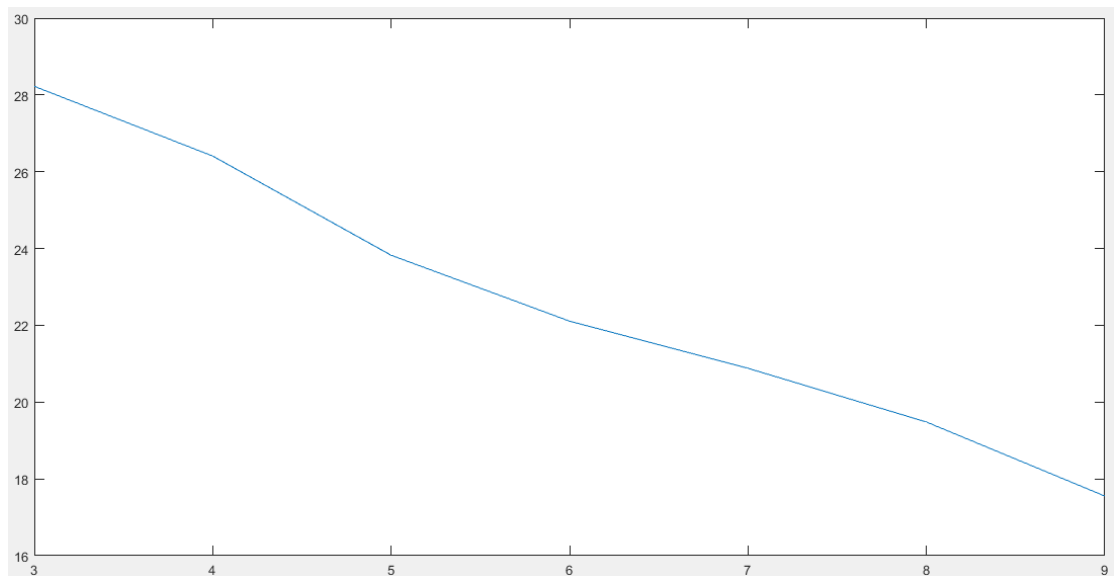
Σε αυτήν την περίπτωση όπου έχουμε αύξηση του κόστους ανά μονάδα αγοράς από τον εφεδρικό προμηθευτή  $c_E$ , όπως προηγουμένως έτσι και τώρα παρατηρείται η σταδιακή αύξηση της χρήσης του βασικού προμηθευτή, το οποίο συνεπάγεται την ελάττωση χρήσης του εφεδρικού προμηθευτή. Το κέρδος εφόσον τα έξοδα αυξάνονται λογικό είναι ότι συνεχώς θα μειώνεται, όπως φαίνεται και στις γραφικές παραστάσεις.

Επίσης, γίνεται ανάλυση για όλες τις παραμέτρους αναλλοίωτες και αλλάζοντας τιμές μόνο για το κόστος ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας από τον κύριο προμηθευτή όπου ορίζεται ως  $c$ . Η ζήτηση η οποία είναι συνεχής τυχαία μεταβλητή με συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας  $f(x)$  και αθροιστική συνάρτηση  $F(x)$ , έχει μέση τιμή 20 και τυπική απόκλιση 5. Η παραγωγική δυναμικότητα του κύριου προμηθευτή, η οποία είναι κι αυτή συνεχής τυχαία μεταβλητή με αθροιστική συνάρτηση  $G(r)$  και συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας  $g(r)$ , ορίζεται

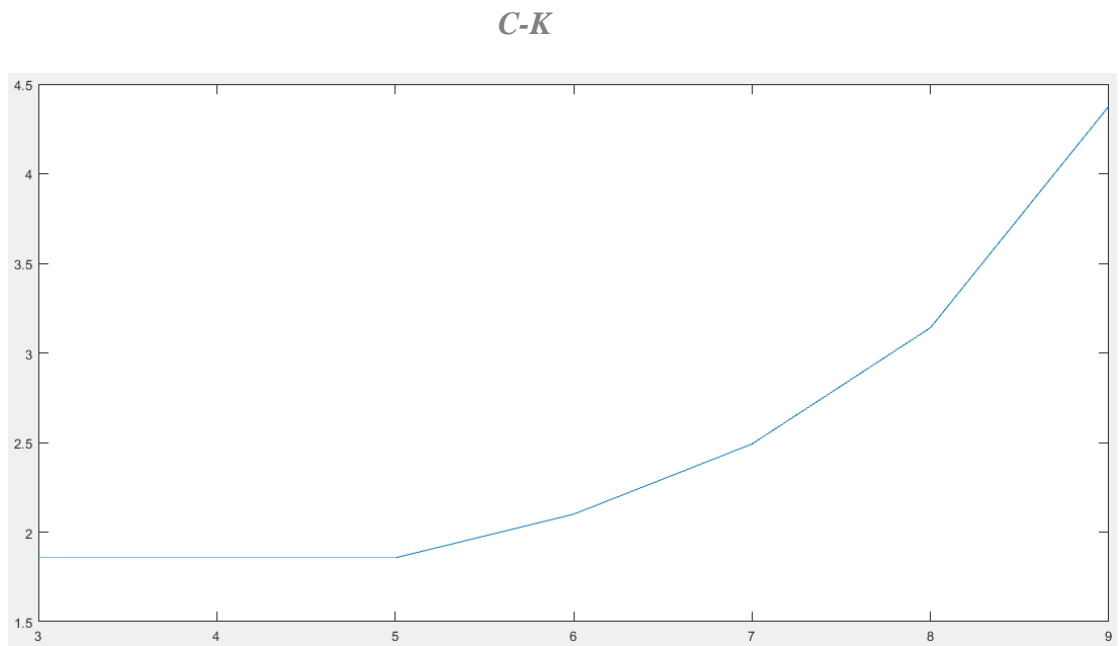
από μέση τιμή 20 και τυπική απόκλιση 4. Το κόστος ανά μονάδα αγοράς από τον εφεδρικό προμηθευτή δηλώνεται ως  $c_E=5$ , το κόστος ανά μονάδα εξασφαλισμένης ποσότητας αναφέρεται ως  $c_R=5$ , η τιμή πώλησης ανά μονάδα ερμηνεύεται ως  $r_{pwl}=19$ , το κόστος ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης δηλώνεται ως  $p=3$  ενώ τέλος η τιμή πώλησης ανά επιστρεφόμενη μονάδα ορίζεται ως  $h=2$ .

$C$	3	4	5	6	7	8	9
$Q$	28.2241	26.4076	23.8245	22.1084	20.8806	19.4814	17.5530
$K$	1.8562	1.8562	1.8562	2.0997	2.4919	3.1406	4.3774
$PR(Q,K)$	270.8568	250.9152	231.0511	211.6491	192.6112	174.1150	156.5262

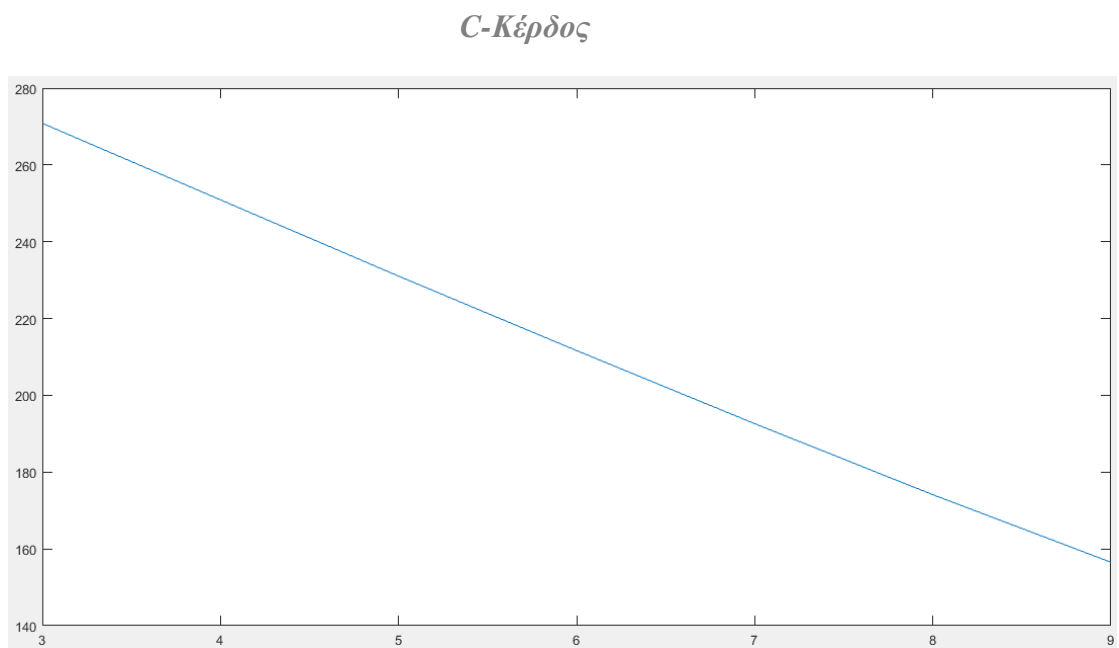
$C-Q$



Σχήμα 9: Διάγραμμα  $C-Q$ , για τις διάφορες τιμές του  $C$  και την αντίστοιχη πορεία του  $Q$



Σχήμα 10: Διάγραμμα C-K, για τις διάφορες τιμές του C και την αντίστοιχη πορεία του K



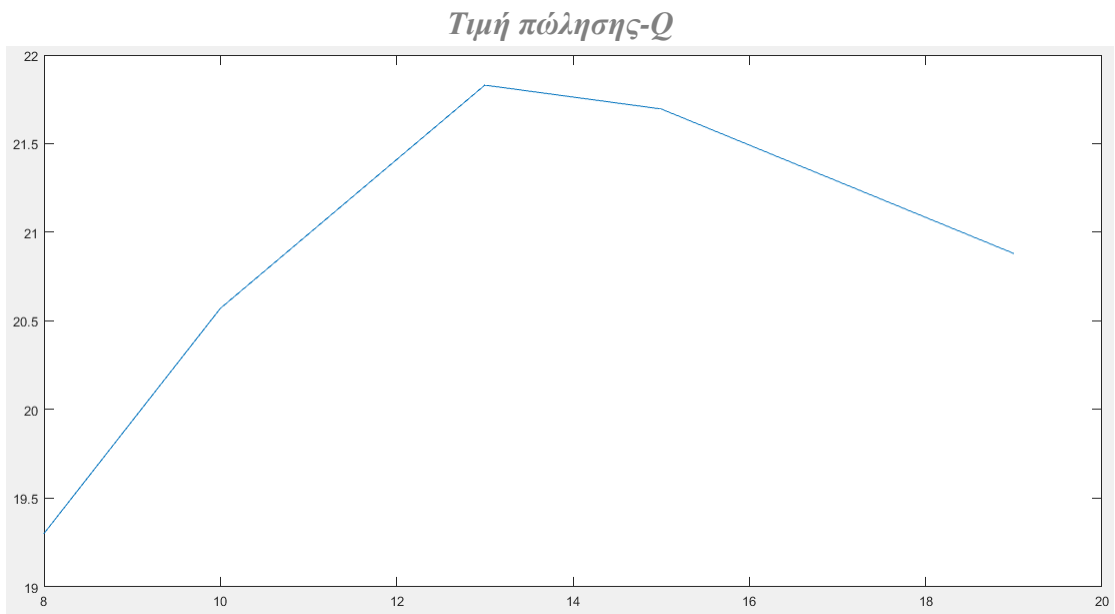
Σχήμα 11: Διάγραμμα C-Κέρδος, για τις διάφορες τιμές του C και την αντίστοιχη πορεία του Κέρδους

Αυξάνοντας το κόστος ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας από τον κύριο προμηθευτή το οποίο συμβολίζεται στο πρόβλημά μας με  $c$ , διακρίνεται συνεχής μείωση της μεταβλητής  $Q$ , δηλαδή φθίνουσα χρήση του βασικού προμηθευτή και όπως είναι λογικό αύξουσα χρήση του εφεδρικού προμηθευτή. Εφόσον η τιμή του κόστους αυξάνεται, το κέρδος είναι λογικό πως ολοένα και θα μειώνεται. Τα παραπάνω αποδεικνύονται και στα διαγράμματα που παρουσιάζονται.

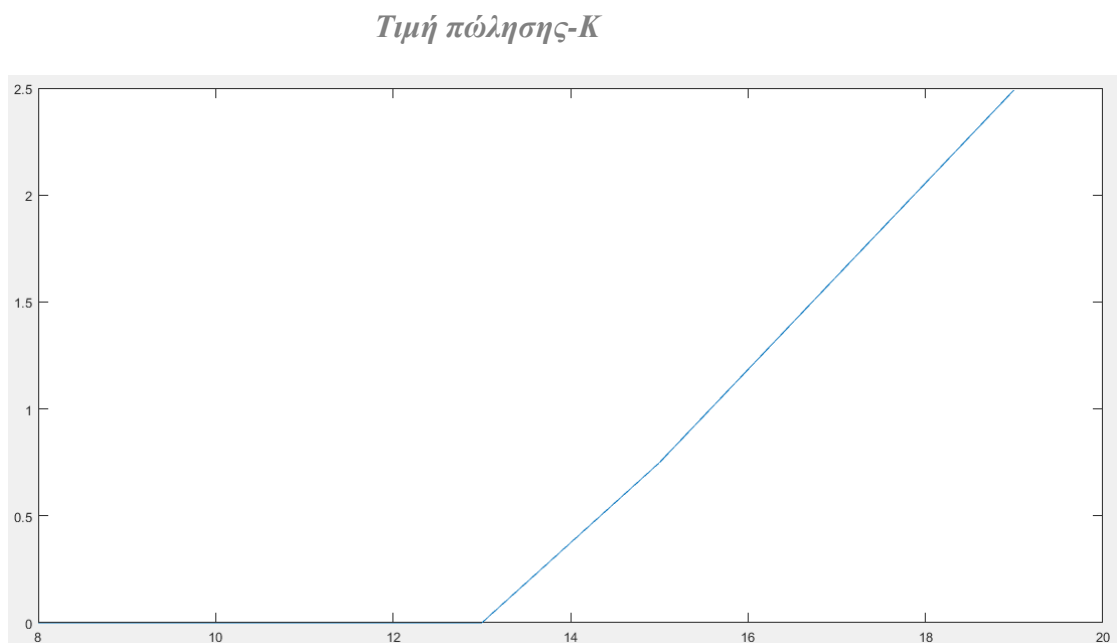
Στο επόμενο παράδειγμα, έμφαση θα δοθεί για το παράδειγμα με σταθερές όλες τις μεταβλητές και αλλάζοντας τιμές μόνο για την τιμή πώλησης ανά μονάδα που ερμηνεύεται ως  $r\_pwl$ . Η ζήτηση η οποία είναι συνεχής τυχαία μεταβλητή με συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας  $f(x)$  και αθροιστική συνάρτηση  $F(x)$ , έχει μέση τιμή 20 και τυπική απόκλιση 5. Η παραγωγική δυναμικότητα του κύριου προμηθευτή, η οποία είναι κι αυτή συνεχής τυχαία μεταβλητή με αθροιστική συνάρτηση  $G(r)$  και συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας  $g(r)$ , ορίζεται από μέση τιμή 20 και τυπική απόκλιση 4. Το κόστος ανά μονάδα αγοράς από τον εφεδρικό προμηθευτή δηλώνεται ως  $c_E=5$ , το κόστος ανά μονάδα εξασφαλισμένης ποσότητας αναφέρεται ως  $c_R=5$ , το κόστος ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας από τον κύριο προμηθευτή δηλώνεται ως  $c=7$ , το κόστος ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης ερμηνεύεται ως  $p=3$  ενώ τέλος η τιμή πώλησης ανά επιστρεφόμενη μονάδα ορίζεται ως  $h=2$ .

$r\_pwl$	8	10	13	15	19
$Q$	19.3014	20.5709	21.8302	21.6958	20.8806
$K$	0	0	0	0.7481	2.4919
$PR(Q,K)$	0.4166	34.2489	85.7597	120.5407	192.6112



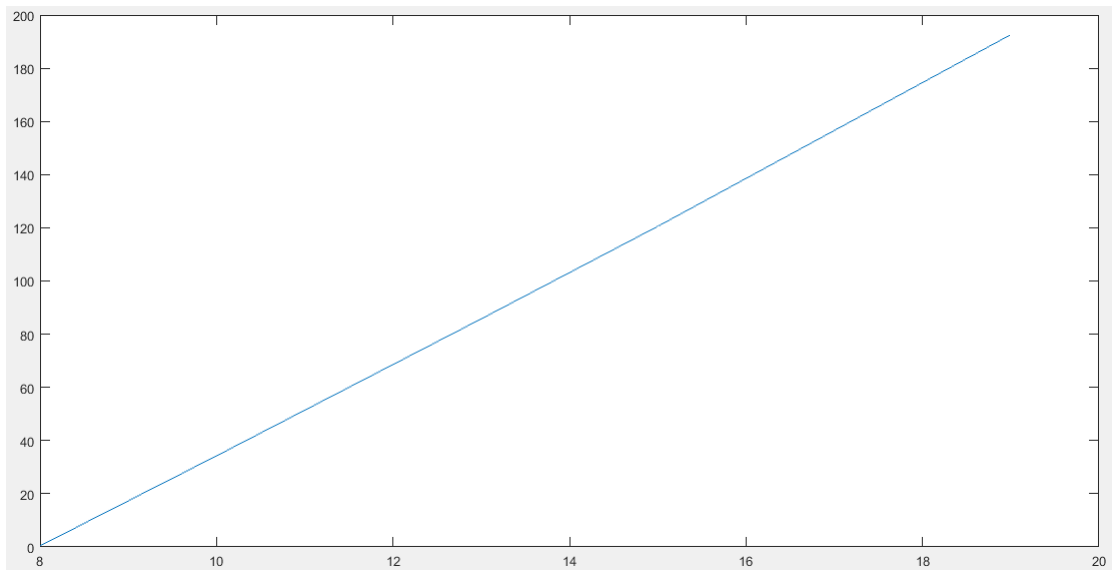


Σχήμα 12: Διάγραμμα Τιμή πώλησης-Q, για τις διάφορες τιμές του  $r_{pwl}$  και την αντίστοιχη πορεία του Q



Σχήμα 13: Διάγραμμα Τιμή πώλησης-K, για τις διάφορες τιμές του  $r_{pwl}$  και την αντίστοιχη πορεία του K

### Τιμή πώλησης-Κέρδος



Σχήμα 14: Διάγραμμα Τιμή πώλησης-Κέρδος, για τις διάφορες τιμές του  $r_{pwl}$  και την αντίστοιχη πορεία του κέρδους

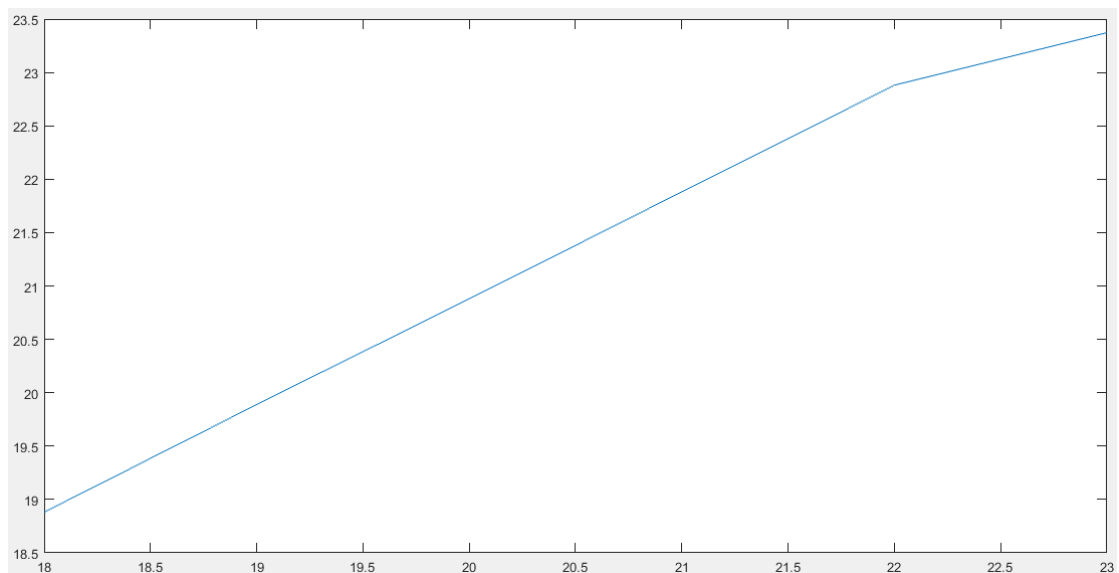
Παρατηρείται ότι αυξάνοντας την τιμή πώλησης του προϊόντος, υπάρχει αρχικά μια προτίμηση προς το πρόσωπο του βασικού προμηθευτή, όμως στην συνέχεια φθίνει η χρήση του έως ότου η τιμή πώλησης να φτάσει στην αρχική τιμή που έχει οριστεί στο πρόβλημά μας. Ο εφεδρικός προμηθευτής χρησιμοποιείται ολοένα και περισσότερο, ενώ τα κέρδη όπως είναι λογικό ακολουθούν αύξουσα πορεία αφού η τιμή πώλησης μεγαλώνει με την σειρά της. Τα γραφήματα επιβεβαιώνουν τα παραπάνω.

Σε αυτήν τη περίπτωση, διατηρώντας αναλλοίωτες όλες τις μεταβλητές και αλλάζοντας τιμές μόνο για την μέση τιμή της παραγωγικής δυναμικότητας του κύριου προμηθευτή  $r$ , η οποία είναι συνεχής τυχαία μεταβλητή με αθροιστική συνάρτηση  $G(r)$  και συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας  $g(r)$ , με τυπική απόκλιση 4. Η ζήτηση η οποία είναι συνεχής τυχαία μεταβλητή με συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας  $f(x)$  και αθροιστική συνάρτηση  $F(x)$ , έχει μέση τιμή 20 και τυπική απόκλιση 5. Το κόστος ανά μονάδα αγοράς από τον εφεδρικό προμηθευτή δηλώνεται ως  $c_E=5$ , το κόστος ανά μονάδα εξασφαλισμένης ποσότητας αναφέρεται

ως  $c_R=5$ , το κόστος ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας από τον κύριο προμηθευτή δηλώνεται ως  $c=7$ , η τιμή πώλησης ανά μονάδα είναι  $r_{pwl}=19$ , το κόστος ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης ερμηνεύεται ως  $p=3$ , ενώ τέλος η τιμή πώλησης ανά επιστρεφόμενη μονάδα ορίζεται ως  $h=2$ .

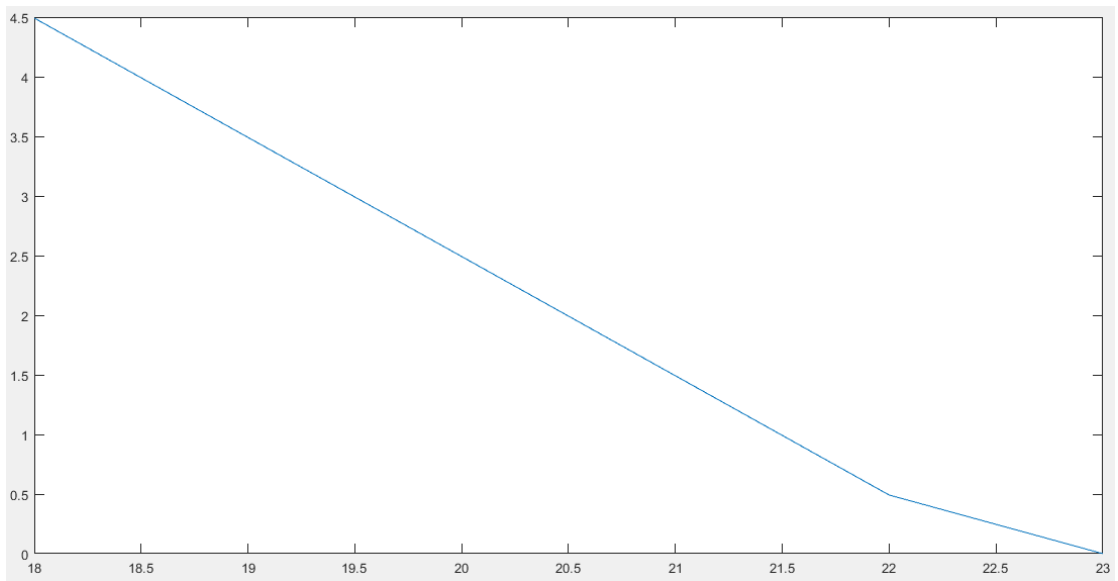
$\mu$	18	19	20	21	22	23
$Q$	18.8806	19.8890	20.8806	21.8806	22.8806	23.3724
$K$	4.4919	3.4909	2.4919	1.4919	0.4919	0
$PR(Q,K)$	186.6111	189.6112	192.6112	195.6112	198.6112	201.5061

*Μέση τιμή δυναμικότητας-Q*



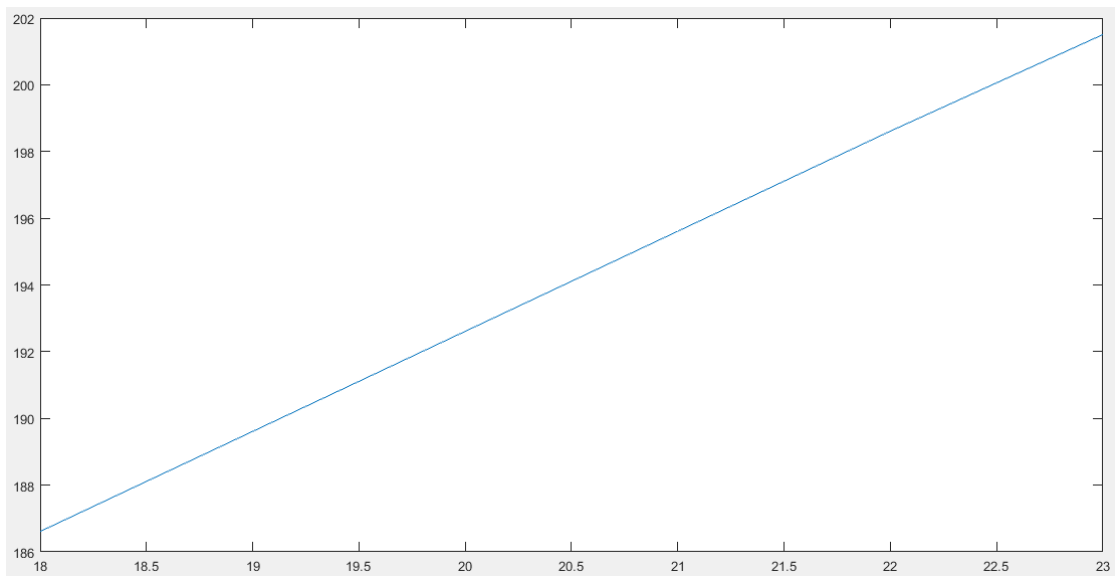
Σχήμα 15: Διάγραμμα Μέση τιμή δυναμικότητας-Q, για τις διάφορες τιμές της μέσης τιμής και την αντίστοιχη πορεία του  $Q$

*Μέση τιμή δυναμικότητας-K*



Σχήμα 16: Διάγραμμα Μέση τιμή δυναμικότητας-K, για τις διάφορες τιμές της μέσης τιμής και την αντίστοιχη πορεία του K

*Μέση τιμή δυναμικότητας-Κέρδος*



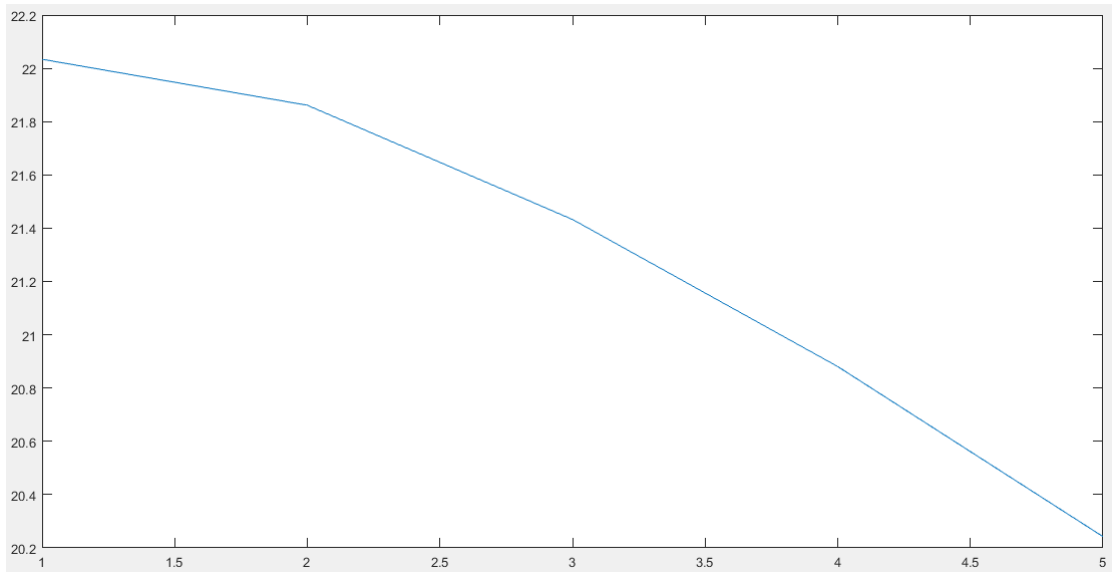
Σχήμα 17: Διάγραμμα Μέση τιμή δυναμικότητας-Κέρδος, για τις διάφορες τιμές της μέσης τιμής και την αντίστοιχη πορεία του κέρδους

Υποθέτοντας μεταβολές των τιμών για την μέση τιμή της παραγωγικής δυναμικότητας  $\mu$  σε ένα εύρος τιμών πάνω και κάτω από την αρχική τιμή που είναι 20, λόγω της ευελιξίας που αποκτά ο βασικός προμηθευτής, παρατηρείται αύξουσα χρήση του και φθίνουσα χρήση του εφεδρικού έως ότου καταλήξει να μην τον χρησιμοποιεί καθόλου. Το κέρδος από την άλλη φαίνεται και από το γράφημα και από τις τιμές του πίνακα να αυξάνεται συνεχώς.

Τέλος, μελετάται το παράδειγμα με σταθερές όλες τις μεταβλητές και αλλάζοντας τιμές μόνο για την τιμή της τυπικής απόκλισης της παραγωγικής δυναμικότητας του κύριου προμηθευτή  $r$ , η οποία είναι συνεχής τυχαία μεταβλητή με αθροιστική συνάρτηση  $G(r)$  και συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας  $g(r)$ , με μέση τιμή 20. Η ζήτηση η οποία είναι συνεχής τυχαία μεταβλητή με συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας  $f(x)$  και αθροιστική συνάρτηση  $F(x)$ , έχει μέση τιμή 20 και τυπική απόκλιση 5. Το κόστος ανά μονάδα αγοράς από τον εφεδρικό προμηθευτή ορίζεται  $c_E=5$ , το κόστος ανά μονάδα εξασφαλισμένης ποσότητας αναφέρεται ως  $c_R=5$ , το κόστος ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας από τον κύριο προμηθευτή δηλώνεται ως  $c=7$ , η τιμή πώλησης ανά μονάδα είναι  $r_{pwl}=19$ , το κόστος ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης ερμηνεύεται ως  $p=3$  ενώ τέλος η τιμή πώλησης ανά επιστρεφόμενη μονάδα ορίζεται ως  $h=2$ .

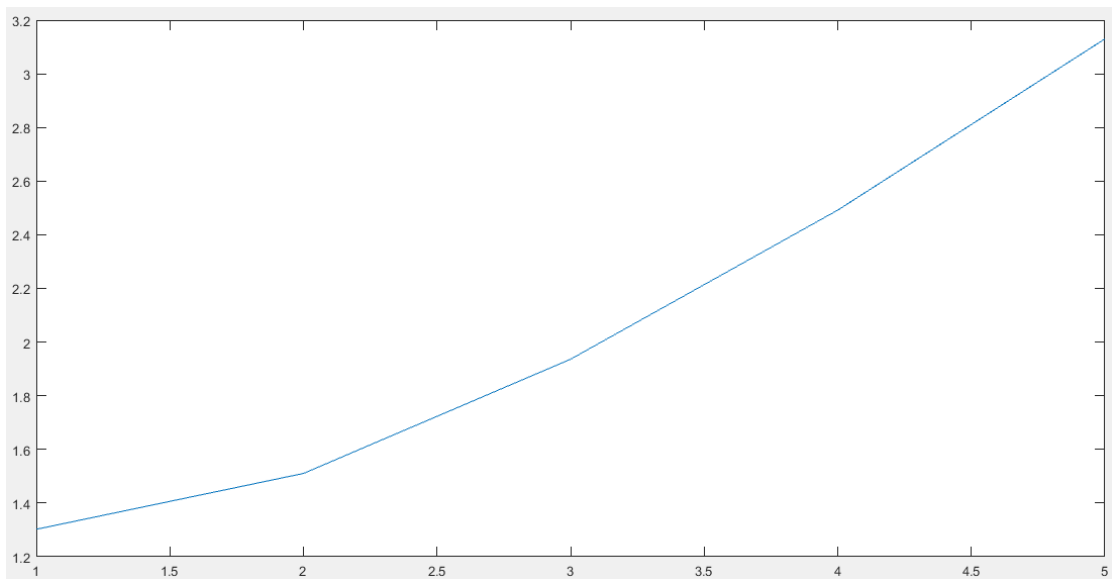
$\sigma$	1	2	3	4	5
$Q$	22.0339	21.8614	21.4327	20.8806	20.2425
$K$	1.3022	1.5104	1.9362	2.4919	3.1299
$PR(Q,K)$	200.6021	198.5693	195.8023	192.6112	189.1543

### Τυπική απόκλιση δυναμικότητας- $Q$



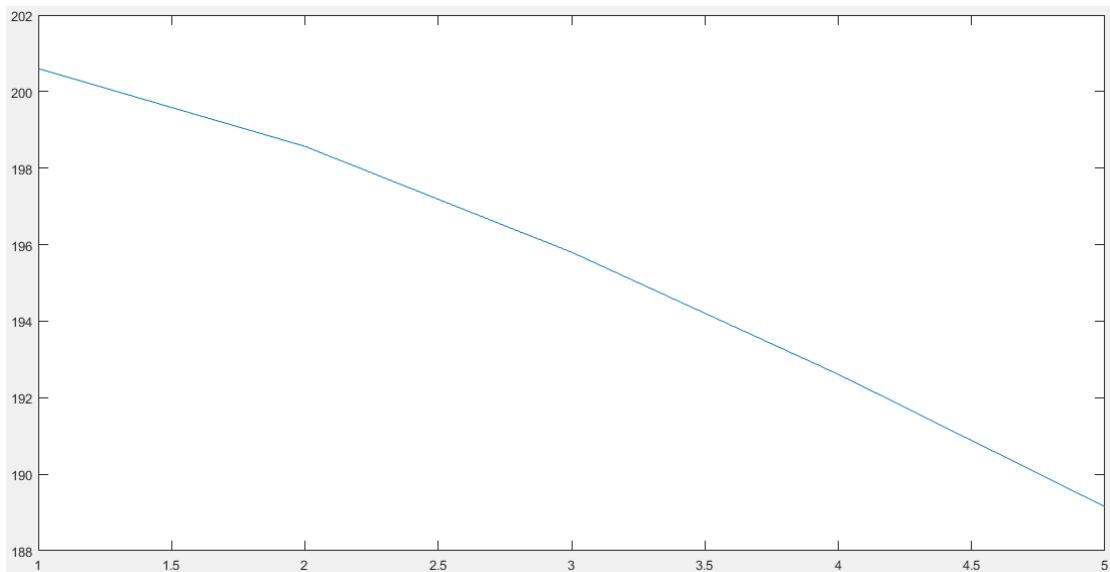
Σχήμα 18: Διάγραμμα Τυπική απόκλιση δυναμικότητας- $Q$ , για τις διάφορες τιμές της τυπικής απόκλισης και την αντίστοιχη πορεία του  $Q$

### Τυπική απόκλιση δυναμικότητας- $K$



Σχήμα 19: Διάγραμμα Τυπική απόκλιση δυναμικότητας- $K$ , για τις διάφορες τιμές της τυπικής απόκλισης και την αντίστοιχη πορεία του  $K$

### Τυπική απόκλιση δυναμικότητας-Κέρδος



Σχήμα 20: Διάγραμμα Τυπική απόκλιση δυναμικότητας-Κέρδος, για τις διάφορες τιμές της τυπικής απόκλισης και την αντίστοιχη πορεία του κέρδους

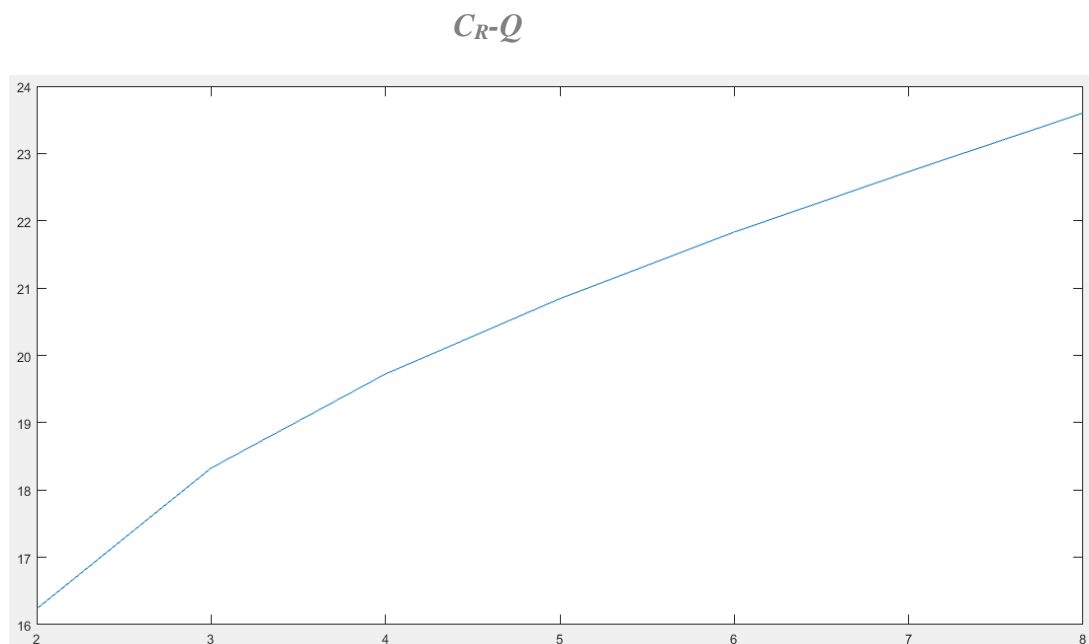
Αλλάζοντας λοιπόν τιμές στην τυπική απόκλιση της παραγωγικής δυναμικότητας  $\sigma$  παρατηρείται σταθερή αλλά μικρή μείωση της χρήσης του βασικού προμηθευτή και αύξηση της χρήσης του εφεδρικού. Αναφορικά με την τιμή του κέρδους γίνεται αντιληπτή η μείωσή του όσο αυξάνεται η τιμή της τυπικής απόκλισης μέσω των αποτελεσμάτων και των διαγραμμάτων που δηλώθηκαν παραπάνω.

#### 4.2 Σχολιασμός παραδείγματος με χρήση εφεδρικού για γνωστή ζήτηση

Στο πρώτο παράδειγμα θα γίνει μελέτη διατηρώντας αμετάβλητες όλες τις παραμέτρους του προβλήματος και αλλάζοντας τιμές μόνο για το κόστος ανά μονάδα εξασφαλισμένης ποσότητας  $c_R$ . Η ζήτηση είναι γνωστή μεταβλητή με συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας  $f(x)$  και αθροιστική συνάρτηση  $F(x)$ , έχει μέση τιμή 20 και τυπική απόκλιση 5. Η παραγωγική δυναμικότητα του κύριου προμηθευτή, η οποία είναι κι αυτή συνεχής τυχαία μεταβλητή με αθροιστική

συνάρτηση  $G(r)$  και συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας  $g(r)$ , ορίζεται από μέση τιμή 20 και τυπική απόκλιση 4. Το κόστος ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας από τον κύριο προμηθευτή δηλώνεται ως  $c=6$ , το κόστος ανά μονάδα αγοράς από τον εφεδρικό προμηθευτή αναφέρεται ως  $c_E=5$ , η τιμή πώλησης ανά μονάδα ερμηνεύεται ως  $r_{pwl}=19$ , το κόστος ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης δηλώνεται ως  $p=3$  και τέλος η τιμή πώλησης ανά επιστρεφόμενη μονάδα ορίζεται ως  $h=2$ .

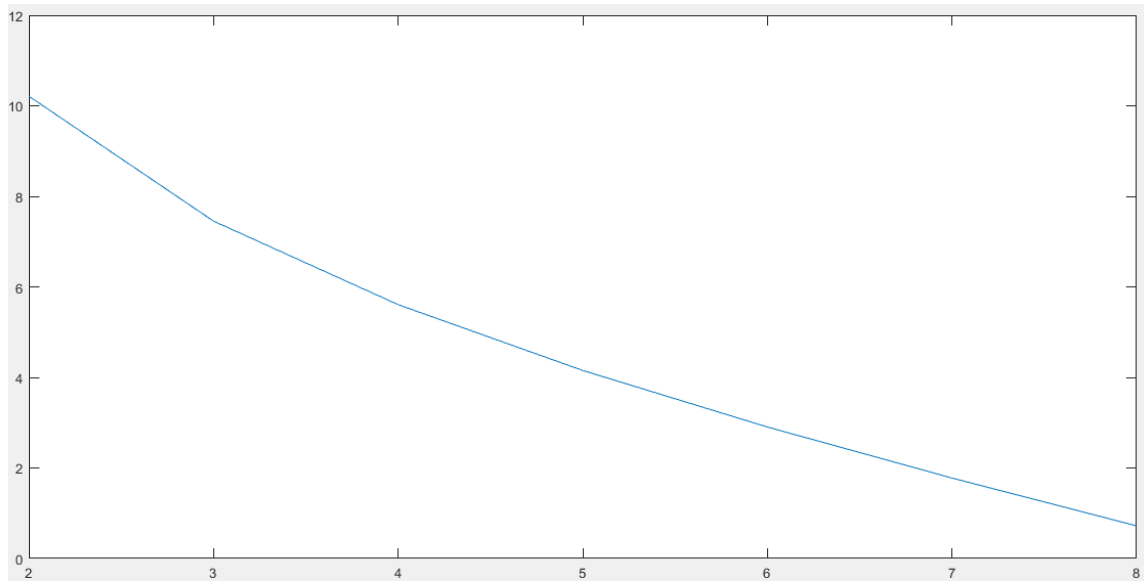
$C_R$	2	3	4	5	6	7	8
$Q$	16.2354	18.3259	19.7233	20.8423	21.8234	22.73	23.6008
$K$	10.2105	7.4522	5.6070	4.1534	2.9046	1.7771	0.7210
$PR(Q,K)$	236.7561	228.0476	221.5616	216.7027	213.1866	210.8534	209.6086



Σχήμα 21: Διάγραμμα  $C_R-Q$ , για διάφορες τιμές του  $C_R$  και την αντίστοιχη πορεία του  $Q$

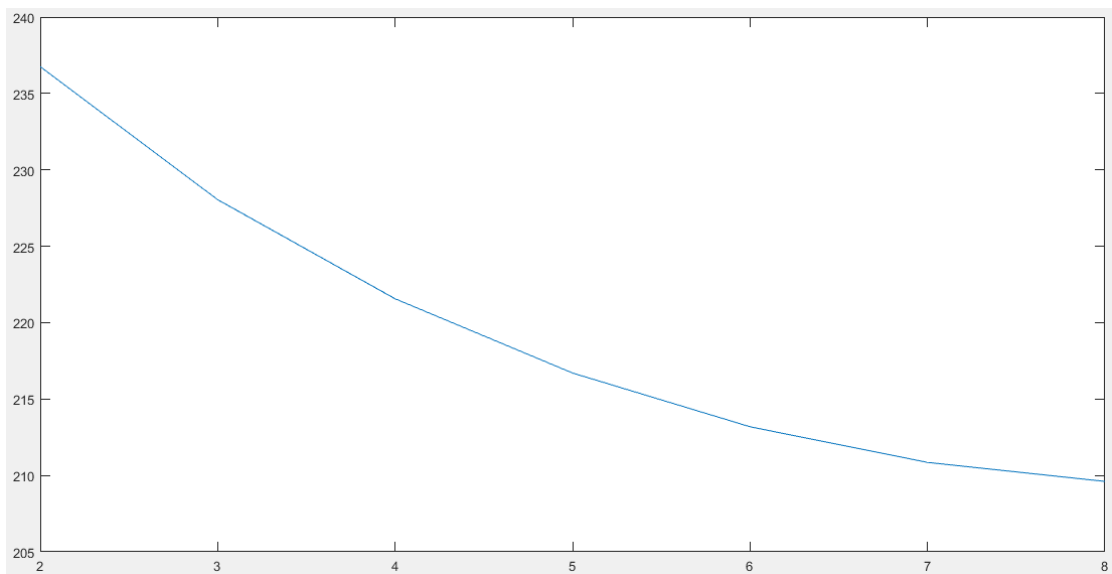


$C_R-K$



Σχήμα 22: Διάγραμμα  $C_R-K$ , για τις διάφορες τιμές του  $C_R$  και την αντίστοιχη πορεία του  $K$

$C_R$ -Κέρδος



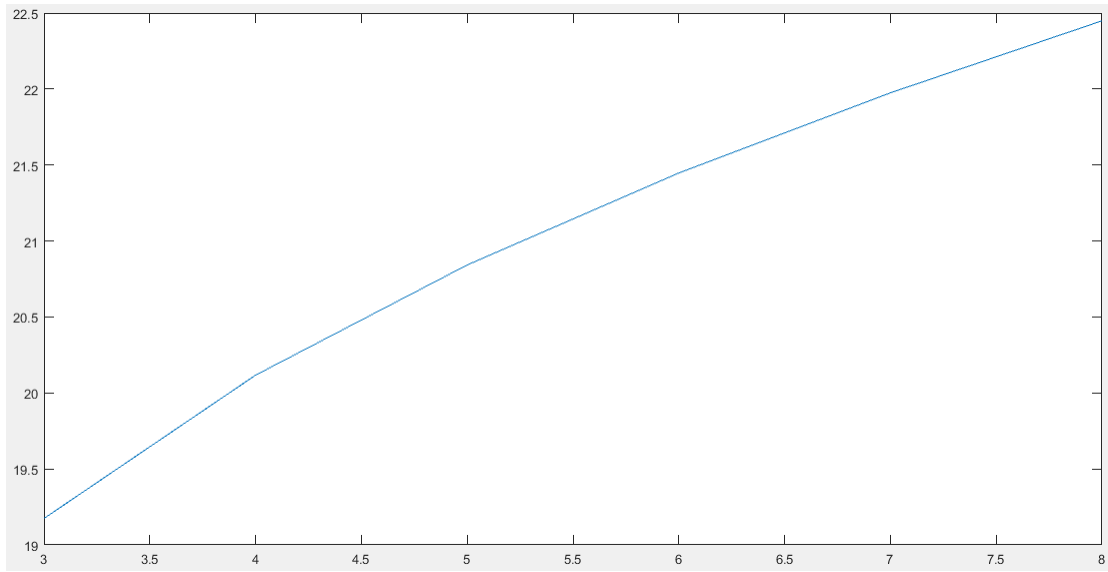
Σχήμα 23: Διάγραμμα  $C_R$ -Κέρδος, για τις διάφορες τιμές του  $C_R$  και την αντίστοιχη πορεία του Κέρδους

Παρατηρείται λοιπόν στην περίπτωση που προαναφέρθηκε ότι όσο αυξάνεται η τιμή της μεταβλητής  $c_R$  τόσο προτιμάται η παραγγελία του προϊόντος από τον βασικό προμηθευτή. Η χρήση του εφεδρικού προμηθευτή όπως είναι λογικό φθίνει. Αναφορικά με την πορεία που ακολουθεί η μεταβλητή του κέρδους παρατηρείται μια συνεχής τάση μείωσης όπου είναι λογικό αφού τα έξοδα ολοένα και αυξάνονται.

Στην συνέχεια πραγματοποιείται έρευνα όσων αφορά την διατήρηση σταθερών μεταβλητών και αλλάζοντας τιμές μόνο για το κόστος ανά μονάδα αγοράς από τον εφεδρικό προμηθευτή το οποίο αναφέρεται ως  $c_E$ . Η ζήτηση είναι γνωστή μεταβλητή με συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας  $f(x)$  και αθροιστική συνάρτηση  $F(x)$ , έχει μέση τιμή 20 και τυπική απόκλιση 5. Η παραγωγική δυναμικότητα του κύριου προμηθευτή, η οποία είναι κι αυτή συνεχής τυχαία μεταβλητή με αθροιστική συνάρτηση  $G(r)$  και συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας  $g(r)$ , ορίζεται από μέση τιμή 20 και τυπική απόκλιση 4. Το κόστος ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας από τον κύριο προμηθευτή δηλώνεται ως  $c=6$ , το κόστος ανά μονάδα εξασφαλισμένης ποσότητας αναφέρεται ως  $c_R=5$ , η τιμή πώλησης ανά μονάδα ερμηνεύεται ως  $r_{pwl}=19$ , το κόστος ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης δηλώνεται ως  $p=3$  ενώ τέλος η τιμή πώλησης ανά επιστρεφόμενη μονάδα ορίζεται ως  $h=2$ .

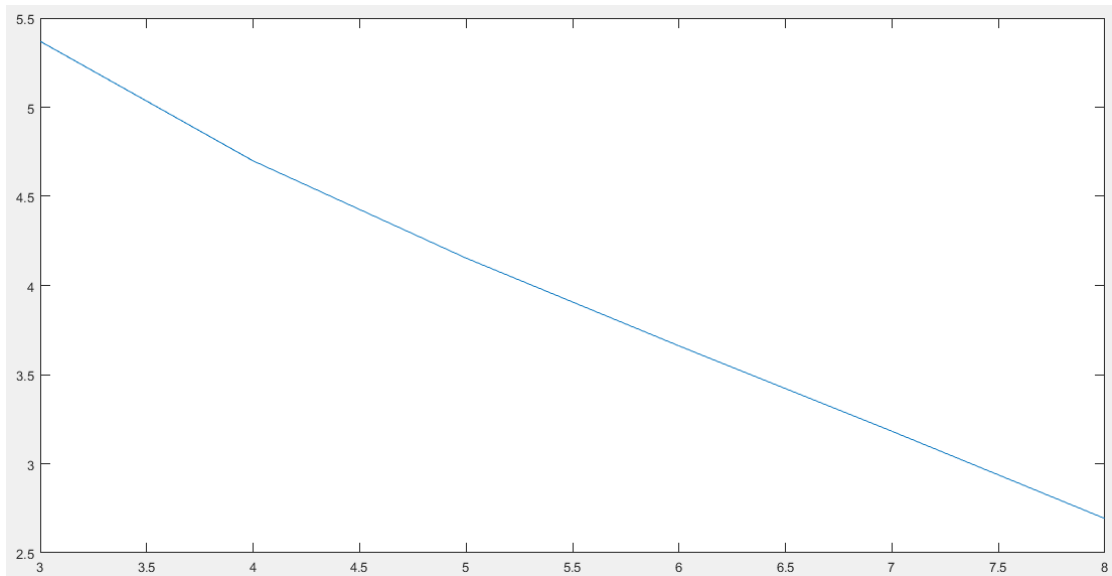
$C_E$	3	4	5	6	7	8
$Q$	19.1744	20.1174	20.8423	21.4473	21.9748	22.4488
$K$	5.3697	4.6989	4.1534	3.6608	3.1819	2.6921
$PR(Q,K)$	220.8302	218.6167	216.7027	215.0169	213.5299	212.2346

$C_E-Q$



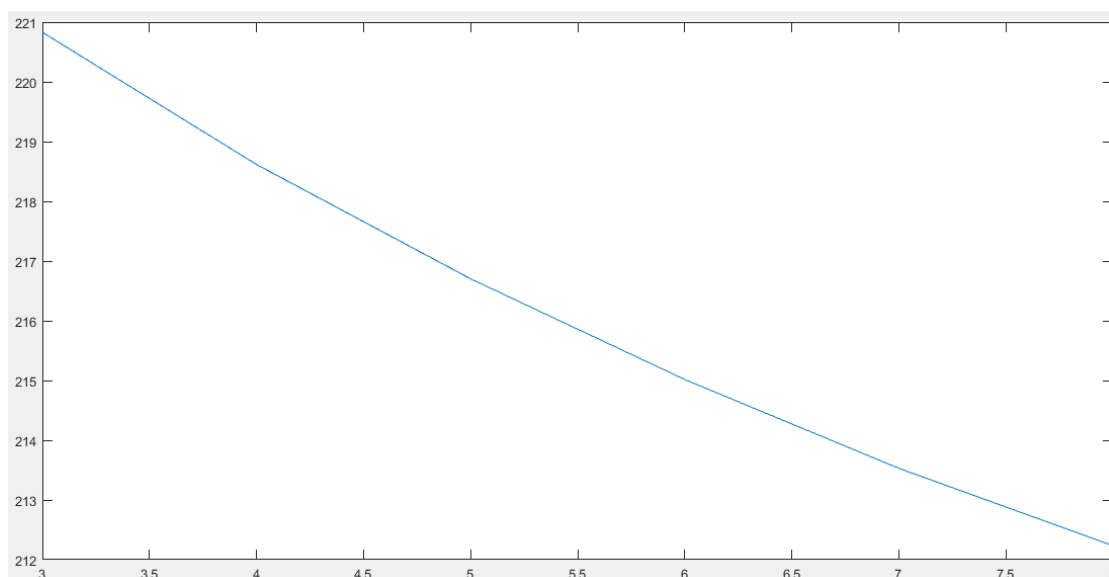
Σχήμα 24: Διάγραμμα  $C_E-Q$ , για τις διάφορες τιμές του  $c_R$  και την αντίστοιχη πορεία του  $Q$

$C_E-K$



Σχήμα 25: Διάγραμμα  $C_E-K$ , για τις διάφορες τιμές του  $c_R$  και την αντίστοιχη πορεία του  $K$

### $C_E$ -Κέρδος



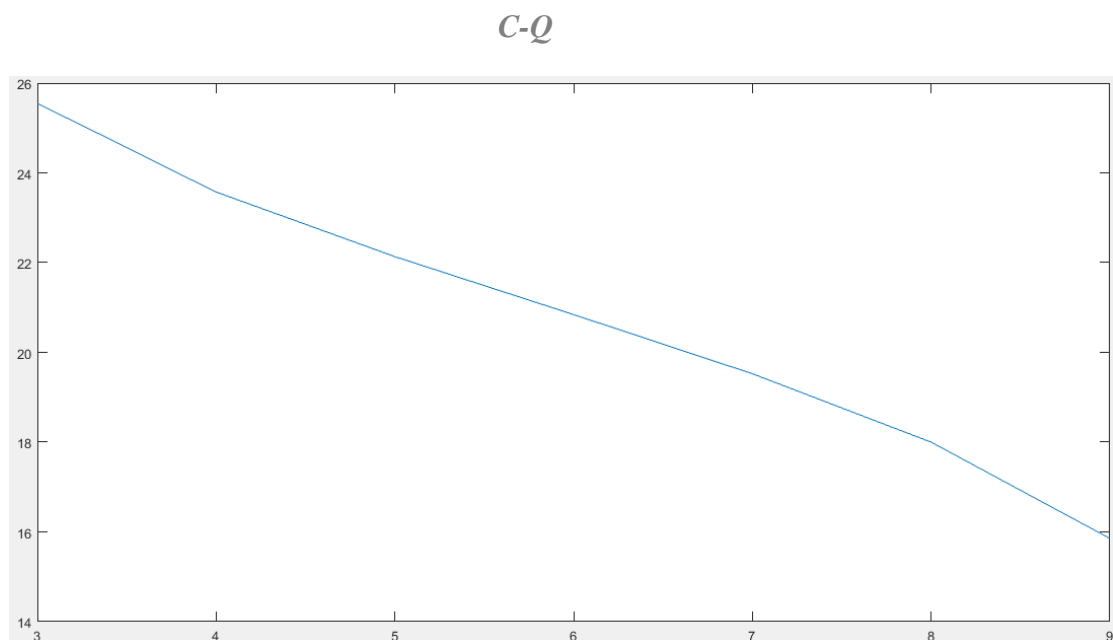
Σχήμα 26: Διάγραμμα  $C_E$ -κέρδος, για τις διάφορες τιμές του  $c_R$  και την αντίστοιχη πορεία του κέρδους

Όπως είναι λογικό εφόσον αυξάνεται το κόστος ανά μονάδα αγοράς από τον εφεδρικό προμηθευτή η χρήση του θα ακολουθεί φθίνουσα πορεία από τον αγοραστή-λιανοπωλητή. Επομένως τις παραγγελίες κατά κύριο λόγο τις αναλαμβάνει ο βασικός προμηθευτής ο οποίος έχει χαμηλότερες τιμές. Το κέρδος απ' την άλλη μειώνεται συνεχώς εφόσον τα έξοδα της επιχείρησης μεγαλώνουν συνεχώς.

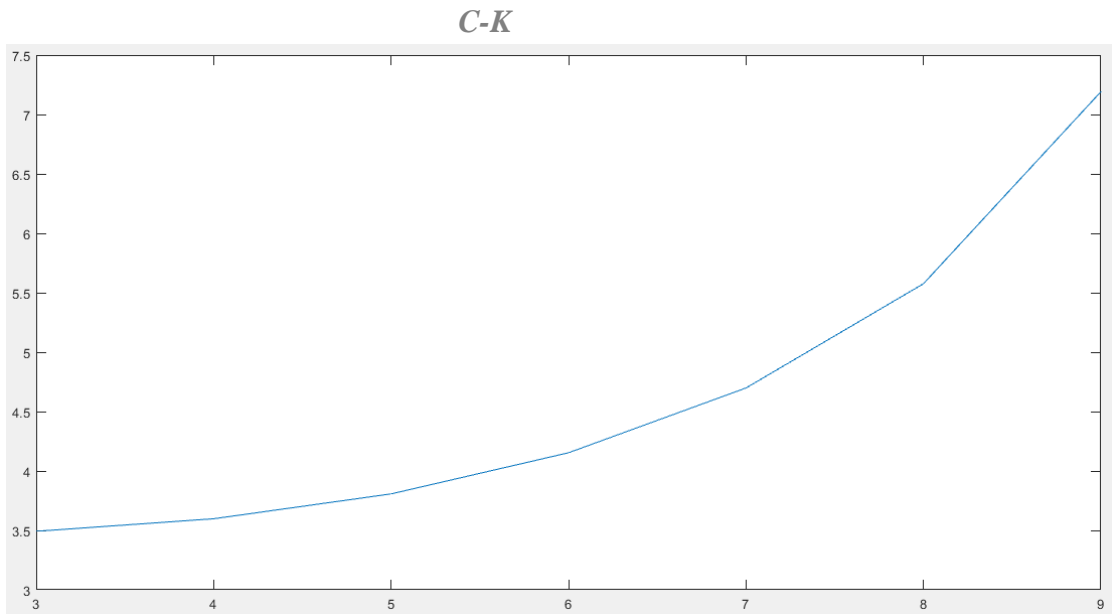
Εξετάζοντας το παράδειγμα για το οποίο παραμένουν αναλλοίωτες όλες οι μεταβλητές και αλλάζοντας τιμές μόνο για το κόστος ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας από τον κύριο προμηθευτή που ορίζεται ως  $c$ . Η ζήτηση είναι γνωστή μεταβλητή με συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας  $f(x)$  και αθροιστική συνάρτηση  $F(x)$ , έχει μέση τιμή 20 και τυπική απόκλιση 5. Η παραγωγική δυναμικότητα του κύριου προμηθευτή, η οποία είναι κι αυτή συνεχής τυχαία μεταβλητή με αθροιστική συνάρτηση  $G(r)$  και συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας  $g(r)$ , ορίζεται

από μέση τιμή 20 και τυπική απόκλιση 4. Το κόστος ανά μονάδα αγοράς από τον εφεδρικό προμηθευτή δηλώνεται ως  $c_E=5$ , το κόστος ανά μονάδα εξασφαλισμένης ποσότητας αναφέρεται ως  $c_R=5$ , η τιμή πώλησης ανά μονάδα ερμηνεύεται ως  $r_{pwl}=19$ , το κόστος ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης δηλώνεται ως  $p=3$  ενώ τέλος η τιμή πώλησης ανά επιστρεφόμενη μονάδα ορίζεται ως  $h=2$ .

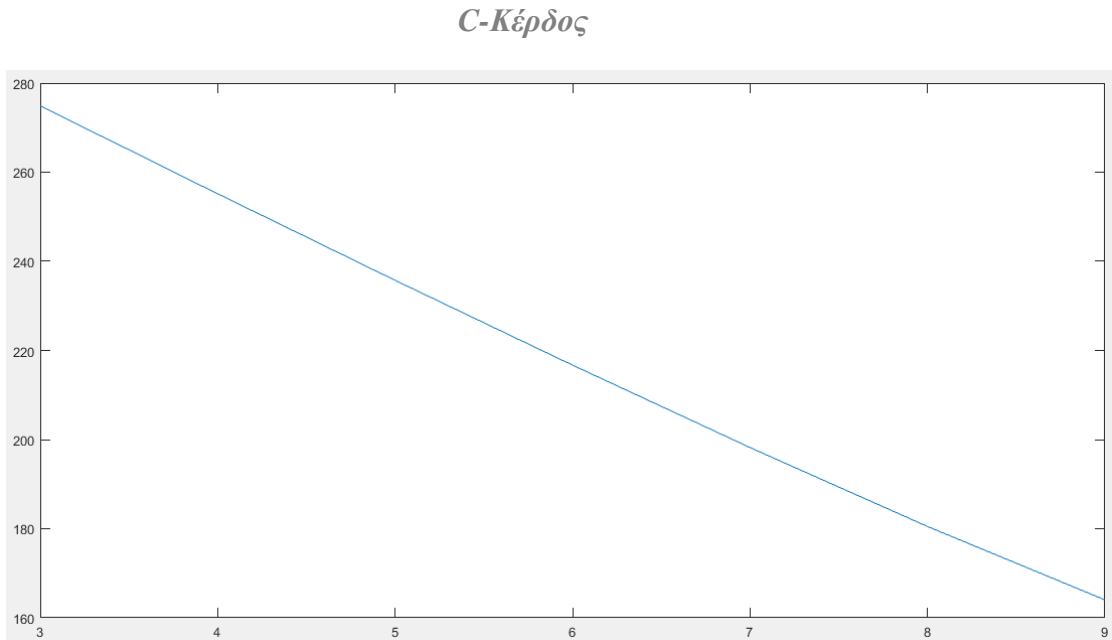
<b><math>C</math></b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
<b><math>Q</math></b>	25.5496	23.5733	22.1336	20.8423	19.5241	17.9998	15.8542
<b><math>K</math></b>	3.4925	3.5979	3.8070	4.1534	4.6984	5.5759	7.1916
<b><math>PR(Q,K)</math></b>	274.8914	255.1631	235.7338	216.7027	198.2116	180.4940	164.0223



Σχήμα 27: Διάγραμμα  $C-Q$ , για τις διάφορες τιμές του  $C$  και την αντίστοιχη πορεία του  $Q$



Σχήμα 28: Διάγραμμα C-K, για τις διάφορες τιμές του C και την αντίστοιχη πορεία του K

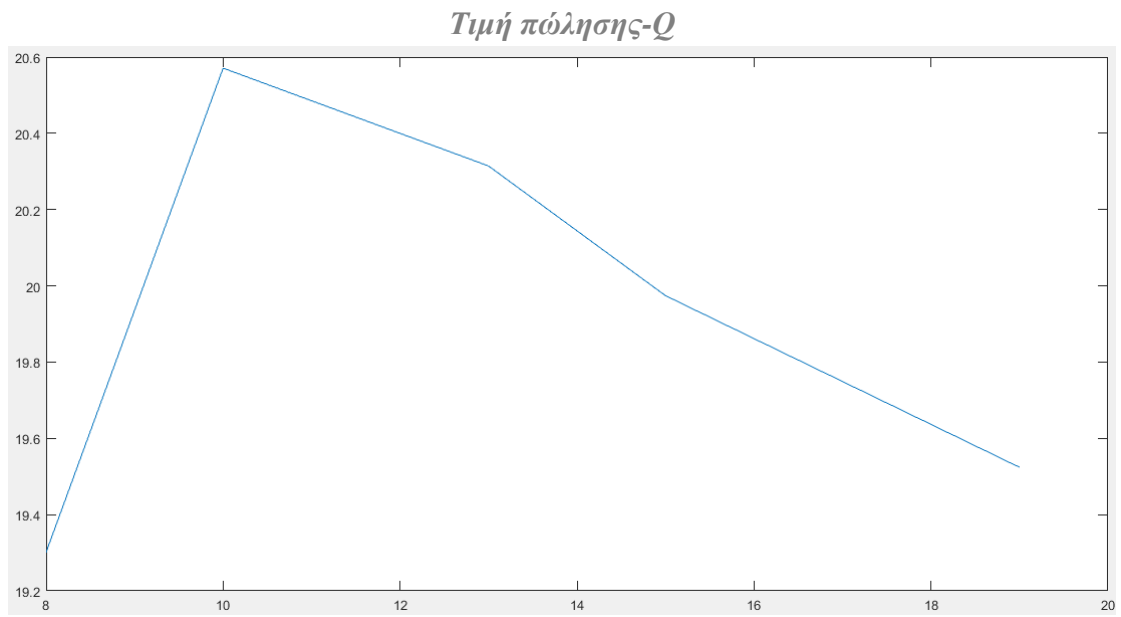


Σχήμα 29: Διάγραμμα C-Κέρδος, για τις διάφορες τιμές του C και την αντίστοιχη πορεία του κέρδους

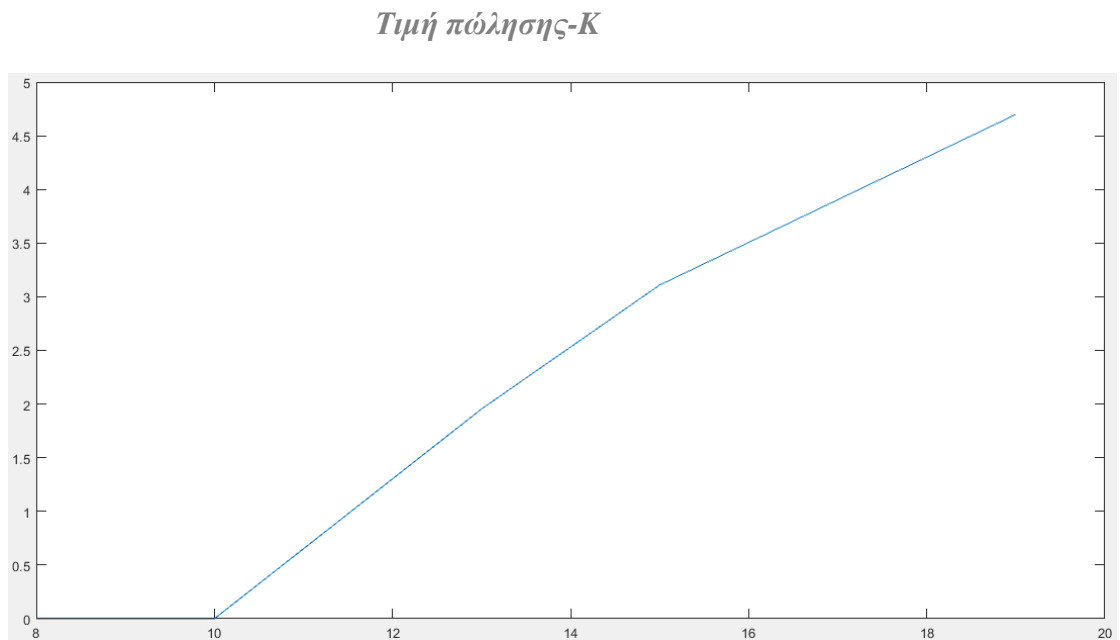
Παρατηρείται σε αυτήν την περίπτωση ότι όσο αυξάνεται η τιμή προμήθειας από τον βασικό προμηθευτή, τόσο αποφεύγεται και η χρήση του όπως είναι λογικό. Ο εφεδρικός προμηθευτής είναι η λύση στο πρόβλημα αυτό, αφού στοιχίζει λιγότερο στον αγοραστή όταν θα γίνει η παραγγελία. Όσον αφορά την εξέλιξη του κέρδους, λογικό είναι ότι αφού ο βασικός προμηθευτής αυξάνει τα κόστη του, θα έχουμε φθίνουσα πορεία του κέρδους.

Στο επόμενο παράδειγμα, διατηρούνται σταθερές όλες οι παράμετροι και αλλάζουν μόνο οι τιμές για την τιμή πώλησης ανά μονάδα που ερμηνεύεται ως  $r_{pwl}$ . Η ζήτηση είναι γνωστή μεταβλητή με συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας  $f(x)$  και αθροιστική συνάρτηση  $F(x)$ , έχει μέση τιμή 20 και τυπική απόκλιση 5. Η παραγωγική δυναμικότητα του κύριου προμηθευτή, η οποία είναι κι αυτή συνεχής τυχαία μεταβλητή με αθροιστική συνάρτηση  $G(r)$  και συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας  $g(r)$ , ορίζεται από μέση τιμή 20 και τυπική απόκλιση 4. Το κόστος ανά μονάδα αγοράς από τον εφεδρικό προμηθευτή δηλώνεται ως  $c_E=5$ , το κόστος ανά μονάδα εξασφαλισμένης ποσότητας αναφέρεται ως  $c_R=5$ , το κόστος ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας από τον κύριο προμηθευτή δηλώνεται ως  $c=7$ , το κόστος ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης ερμηνεύεται ως  $p=3$  ενώ τέλος η τιμή πώλησης ανά επιστρεφόμενη μονάδα ορίζεται ως  $h=2$ .

$r_{pwl}$	8	10	13	15	19
$Q$	19.3014	20.5709	20.3143	19.9741	19.5241
$K$	0	0	1.9542	3.1088	4.6984
$PR(Q,K)$	0.4166	34.2489	86.7551	123.2797	198.2116



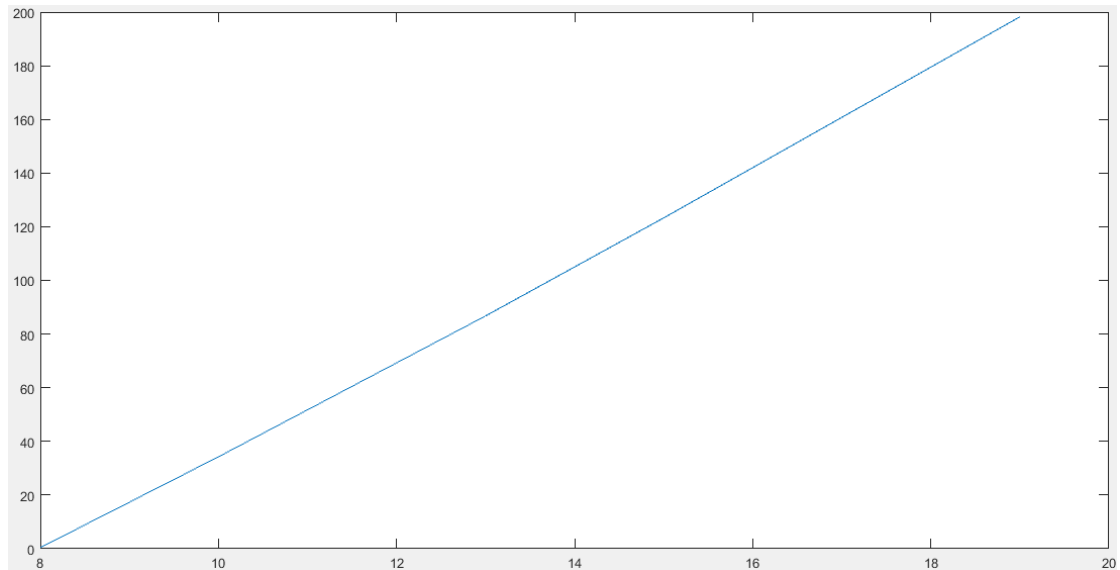
Σχήμα 30: Διάγραμμα τιμή πώλησης-Q, για τις διάφορες τιμές της τιμής πώλησης και την αντίστοιχη πορεία του Q



Σχήμα 31: Διάγραμμα τιμή πώλησης-K, για τις διάφορες τιμές της τιμής πώλησης και την αντίστοιχη πορεία του K



### Τιμή πώλησης-Κέρδος



Σχήμα 32: Διάγραμμα τιμή πώλησης-κέρδος, για τις διάφορες τιμές της τιμής πώλησης και την αντίστοιχη πορεία του κέρδους

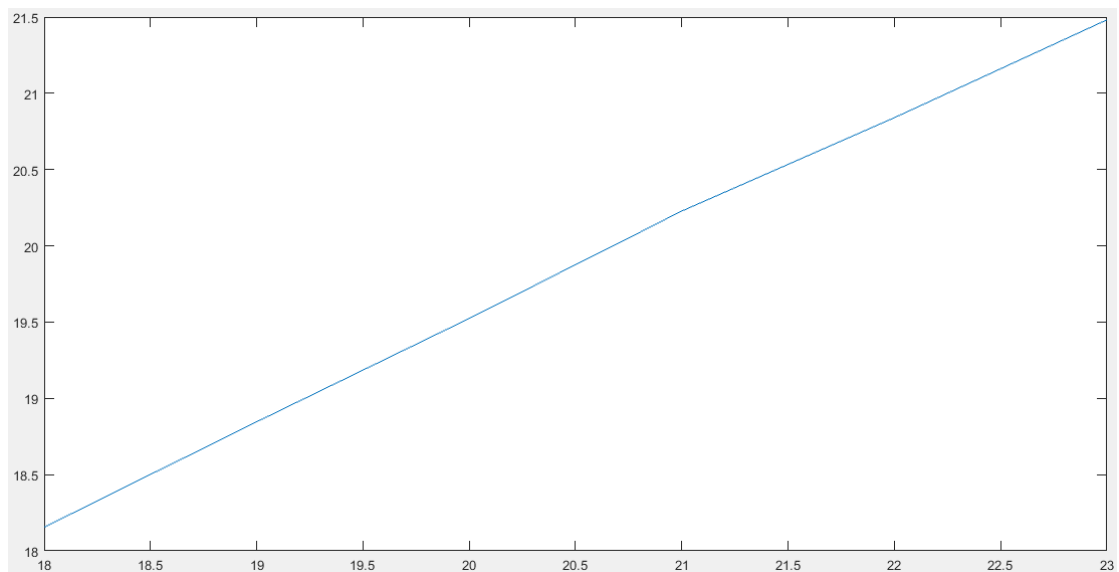
Για πρώτη φορά στα αποτελέσματα παρατηρείται μια αρχική κορύφωση στην πορεία όσων αφορά την χρήση του βασικού προμηθευτή και αφετέρου συνεχής μείωση. Άρα όσο μικρότερη τιμή πώλησης τόσο προτιμάται ο βασικός ενώ όσο μεγαλύτερη η τιμή πώλησης ο αγοραστής στρέφεται προς τον εφεδρικό. Για χαμηλές τιμές πώλησης του προϊόντος δεν έχει την ευχέρεια να παραγγείλει από τον εφεδρικό καμία ποσότητα προϊόντος, ενώ όσων αφορά την πορεία του κέρδους, αυξάνεται όσο αυξάνεται και η τιμή πώλησης.

Επιπλέον, παρουσιάζεται το παράδειγμα για σταθερές όλες τις μεταβλητές και μεταβάλλοντας τιμές μόνο για την μέση τιμή της παραγωγικής δυναμικότητας του κύριου προμηθευτή  $r$ , η οποία είναι συνεχής τυχαία μεταβλητή με αθροιστική συνάρτηση  $G(r)$  και συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας  $g(r)$ , με τυπική απόκλιση 4. Η ζήτηση είναι γνωστή μεταβλητή με συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας  $f(x)$  και αθροιστική συνάρτηση  $F(x)$ , έχει μέση τιμή 20 και τυπική απόκλιση 5. Το κόστος ανά μονάδα αγοράς από τον εφεδρικό προμηθευτή ορίζεται  $c_E=5$ , το κόστος ανά μονάδα εξασφαλισμένης ποσότητας αναφέρεται ως  $c_R=5$ , το κόστος ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας από τον κύριο προμηθευτή δηλώνεται ως  $c=7$ , η τιμή πώλησης ανά μονάδα είναι  $r_{pwl}=19$ , το κόστος ανά μονάδα

ανικανοποίητης ζήτησης ερμηνεύεται ως  $p=3$ , ενώ τέλος η τιμή πώλησης ανά επιστρεφόμενη μονάδα ορίζεται ως  $h=2$ .

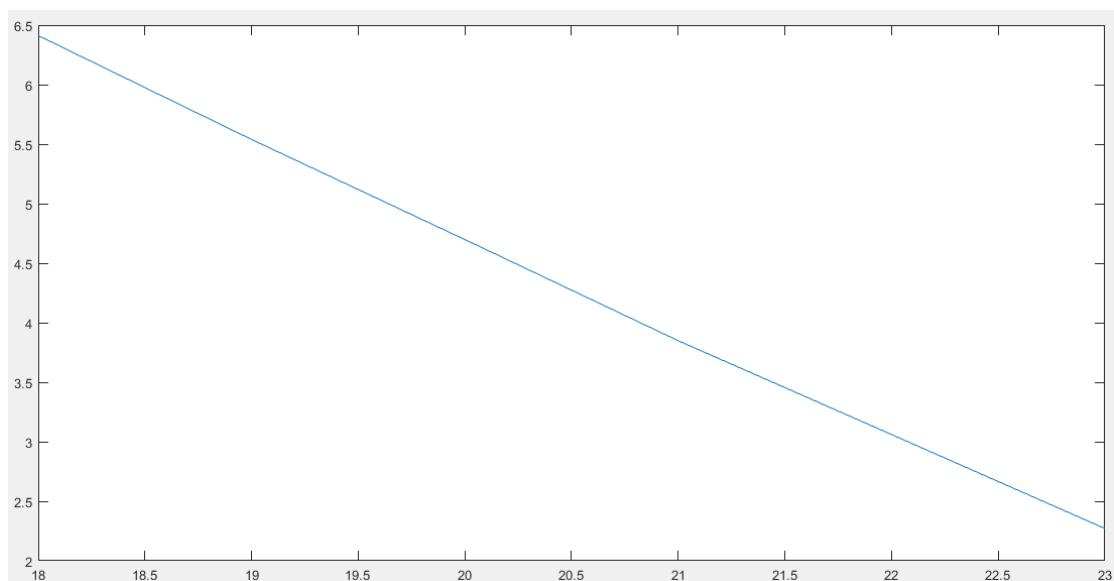
$\mu$	18	19	20	21	22	23
$Q$	18.1553	18.8464	19.5241	20.2281	20.8402	21.4820
$K$	6.4122	5.5391	4.6984	3.8486	3.0605	2.2709
$PR(Q,K)$	194.1194	196.2462	198.2116	200.0076	201.6302	203.0790

*Μέση τιμή δυναμικότητας-Q*



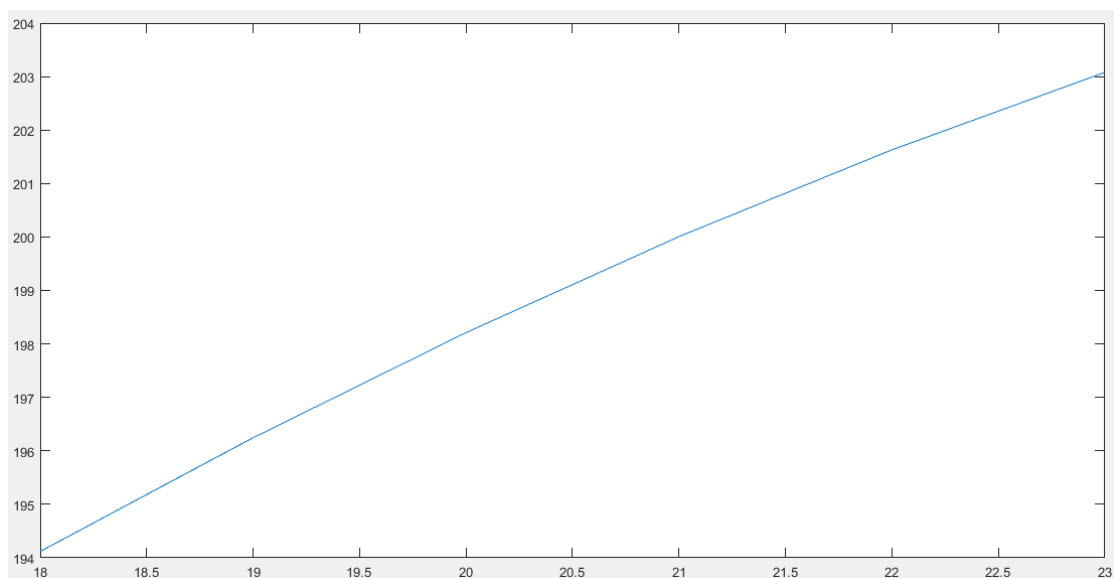
Σχήμα 33: Διάγραμμα μέση τιμής της δυναμικότητας των  $g(r)$  και  $G(r)-Q$ , για τις διάφορες τιμές της μέσης τιμής και την αντίστοιχη πορεία του  $Q$

### Μέση τιμή δυναμικότητας- $K$



Σχήμα 34: Διάγραμμα μέση τιμής της δυναμικότητας των  $g(r)$  και  $G(r)-K$ , για τις διάφορες τιμές της μέσης τιμής και την αντίστοιχη πορεία του  $K$

### Μέση τιμή δυναμικότητας-Κέρδος



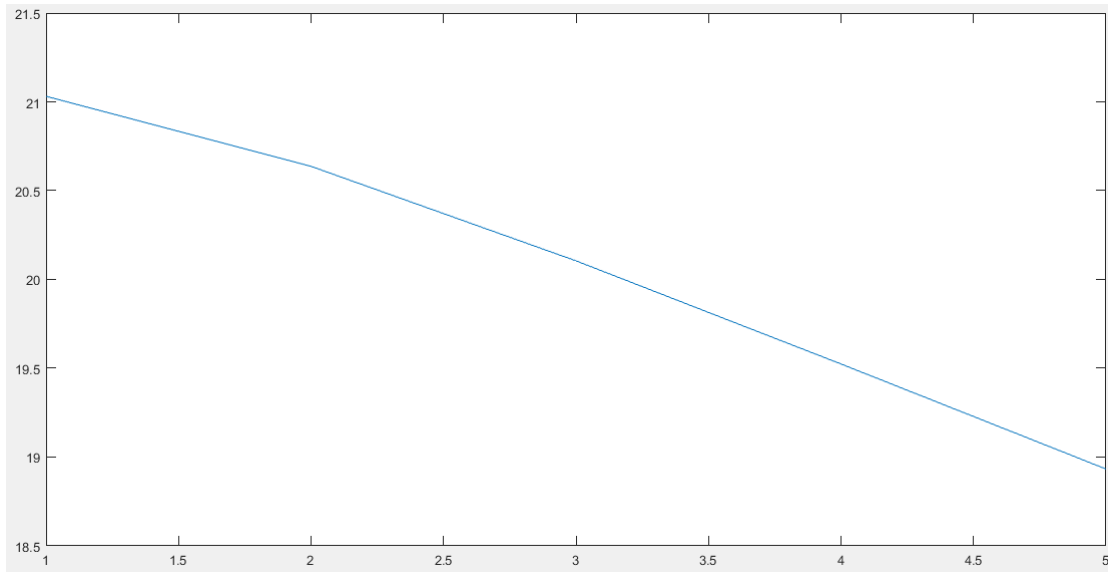
Σχήμα 35: Διάγραμμα μέση τιμή της δυναμικότητας των  $g(r)$  και  $G(r)$ -κέρδος, για τις διάφορες τιμές της μέσης τιμής και την αντίστοιχη πορεία του κέρδους

Στα αποτελέσματα του παραπάνω προβλήματος φαίνεται ότι αυξάνοντας την μέση τιμή της παραγωγικής δυναμικότητας του βασικού προμηθευτή, γίνεται ολοένα και περισσότερη χρήση του προαναφερθέντος για την ολοκλήρωση των παραγγελιών, μειώνοντας όμως παράλληλα την χρήση του εφεδρικού όπως είναι λογικό. Το κέρδος ακολουθεί συνεχή ανοδική πορεία όσο αυξάνεται η μέση τιμή της δυναμικότητας αφού αυτό προσδίδει μεγαλύτερη ευελιξία στον βασικό προμηθευτή και συνεπώς αποδοτικότερη πορεία εμπόρευσης του προϊόντος.

Τέλος, εξετάζεται το πρόβλημα για σταθερές όλες τις μεταβλητές και αλλάζοντας τιμές μόνο για την τιμή της τυπικής απόκλισης της παραγωγικής δυναμικότητας του κύριου προμηθευτή  $r$ , η οποία είναι συνεχής τυχαία μεταβλητή με αθροιστική συνάρτηση  $G(r)$  και συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας  $g(r)$ , με μέση τιμή 20. Η ζήτηση είναι γνωστή μεταβλητή με συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας  $f(x)$  και αθροιστική συνάρτηση  $F(x)$ , έχει μέση τιμή 20 και τυπική απόκλιση 5. Το κόστος ανά μονάδα αγοράς από τον εφεδρικό προμηθευτή ορίζεται  $c_E=5$ , το κόστος ανά μονάδα εξασφαλισμένης ποσότητας αναφέρεται ως  $c_R=5$ , το κόστος ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας από τον κύριο προμηθευτή δηλώνεται ως  $c=7$ , η τιμή πώλησης ανά μονάδα είναι  $r_{pwl}=19$ , το κόστος ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης ερμηνεύεται ως  $p=3$  ενώ τέλος η τιμή πώλησης ανά επιστρεφόμενη μονάδα ορίζεται ως  $h=2$ .

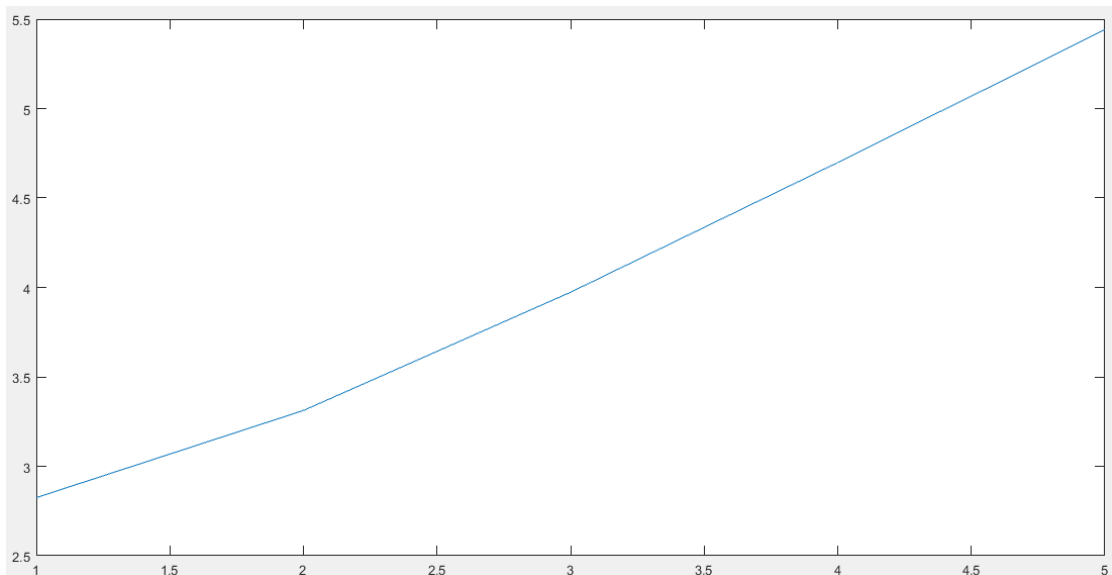
$\sigma$	1	2	3	4	5
$Q$	21.0311	20.6369	20.1048	19.5241	18.9329
$K$	2.8248	3.3120	3.9732	4.6984	5.4411
$PR(Q,K)$	204.0675	202.5463	200.5530	198.2116	195.5936

### Τυπική απόκλιση δυναμικότητας - $Q$



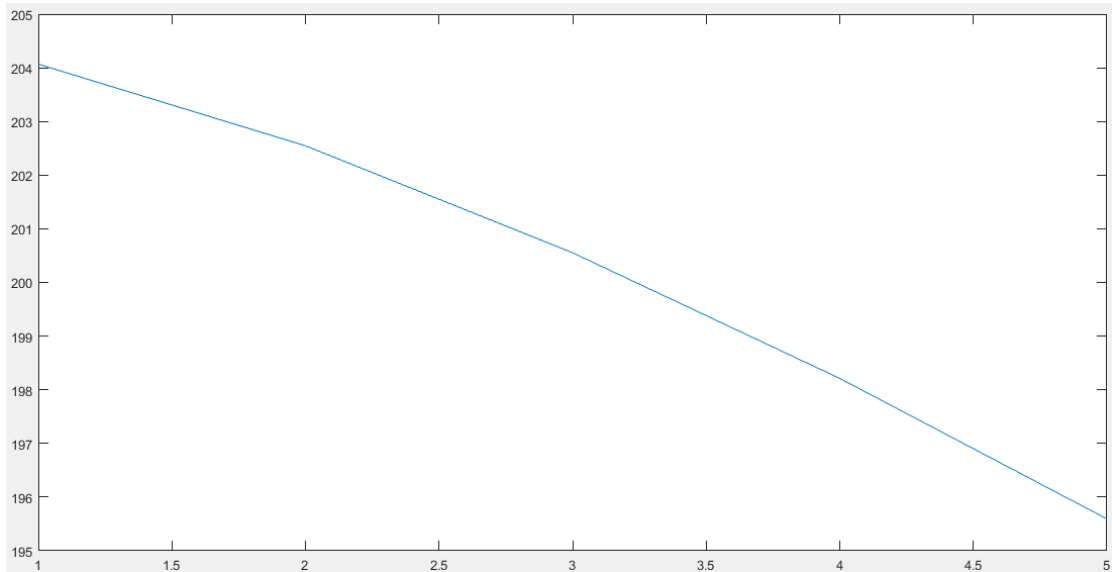
Σχήμα 36: Διάγραμμα Τυπικής απόκλισης- $Q$ , για τις διάφορες τιμές της τυπικής απόκλισης και την αντίστοιχη πορεία του  $Q$

### Τυπική απόκλιση δυναμικότητας- $K$



Σχήμα 37: Διάγραμμα Τυπικής απόκλισης- $K$ , για τις διάφορες τιμές της τυπικής απόκλισης και την αντίστοιχη πορεία του  $K$

### Τυπική απόκλιση δυναμικότητας-Κέρδος



Σχήμα 38: Διάγραμμα Τυπικής απόκλισης-κέρδος, για τις διάφορες τιμές της τυπικής απόκλισης και την αντίστοιχη πορεία του κέρδους

Στο τελευταίο αυτό πρόβλημα, παρατηρείται μέσω των διαγραμμάτων ότι φθίνει η χρήση του βασικού προμηθευτή για άνοδο της τυπικής απόκλισης της παραγωγικής δυναμικότητας. Επομένως ο αγοραστής-λιανοπωλητής θα χρησιμοποιεί περισσότερο τον εφεδρικό προμηθευτή για την παραγγελία του προϊόντος. Σε αυτήν την περίπτωση παρατηρείται φθίνουσα πορεία του κέρδους.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### ΣΥΝΟΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έγινε στα πλαίσια της ανάλυσης του προβλήματος του εφημεριδοπώλη. Λόγω της παραγωγικής δυναμικότητας του βασικού προμηθευτή η οποία είναι μια τυχαία συνεχής μεταβλητή με γνωστή κατανομή, απαιτείται η χρήση εφεδρικού προμηθευτή ώστε να πραγματοποιηθεί η αρχική ποσότητα παραγγελίας. Στο πρώτο μοντέλο προς επίλυση έχουμε άγνωστη ζήτηση του προϊόντος και τυχαία παραδιδόμενη ποσότητα από τον κύριο προμηθευτή. Ενώ γίνεται και παρουσίαση πανομοιότυπου προβλήματος με το παραπάνω, με την μόνη διαφορά ότι η ζήτηση είναι γνωστή. Βέβαια και στα δύο μοντέλα πρώτα γίνεται γνωστή η ποσότητα παράδοσης του προϊόντος από τον βασικό προμηθευτή και μετά γίνεται η παραγγελία από τον εφεδρικό, εφόσον είναι απαραίτητη. Για τα προβλήματα που προαναφέραμε υπάρχει αναλυτική δήλωση των απαραίτητων εξισώσεων ώστε να γίνει η σωστή επίλυση των προβλημάτων. Η χρήση της γλώσσας προγραμματισμού Matlab θεωρήθηκε απαραίτητη για την επίλυση των προβλημάτων. Για την απόκτηση χρήσιμων συμπερασμάτων έγιναν διάφορες αλλαγές στις παραμέτρους του κώδικα. Μετά την διεξαγωγή των αποτελεσμάτων παρατηρείται ότι και στα δύο μοντέλα η μεταβολή της παραμέτρου  $c$  (κόστος ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας από τον κύριο προμηθευτή) είναι το παράδειγμα για το οποίο η τιμή του κέρδους παίρνει την μεγαλύτερη τιμή σε όλες τις περιπτώσεις και πιο συγκεκριμένα για χαμηλή τιμή της  $c$ . Ενώ όσο αυξάνεται η τιμή πώλησης του προϊόντος ( $r_{pwl}$ ) παρατηρείται παράλληλα ραγδαία άνοδος της τιμής του κέρδους και για χαμηλή τιμή πώλησης παρατηρείται το χαμηλότερο κέρδος στο πρόβλημά μας. Σε όλες τις υπόλοιπες περιπτώσεις έχουμε πολύ πιο ομαλές αλλαγές στα αποτελέσματα. Επομένως οι δύο παραπάνω παράμετροι είναι αυτές οι οποίες επηρεάζουν περισσότερο τα αποτελέσματα του προβλήματος. Τέλος, και στα δύο μοντέλα προς επίλυση τα αποτελέσματα όσον αφορά τις τιμές των κερδών και τις ποσότητες παραγγελίας από τους προμηθευτές είναι σχεδόν ίδιες. Φυσικά, για όλες τις περιπτώσεις υπάρχουν τα αποτελέσματα σε αντίστοιχους πίνακες και διαγράμματα.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Operations Research, Wikipedia-The free Encyclopedia

Management of Supply Chain, Wikipedia-The free Encyclopedia

Γεώργιος Θεοδώρου-Νίκη Θεοδώρου(2007).Πρακτικός Οδηγός στο MATLAB.

Γεώργιος Γεωργίου-Χρήστος Ξενοφώντος(2007).Εισαγωγή στην MATLAB.

Tao Li, Suresh P.Sethi, Jun Zhang (2012). Supply Diversification with Responsive Pricing.Production and Operations Management,pp. 447-458.

Soroush Saghafian, Mark P.Van Oyen (2011).The value of flexible backup suppliers and disruption risk information : newsvendor analysis with resource.Department of Industrial and Operations Engineering

Soroush Saghafian, Mark P. Van Oyen (2016). Compensating for Dynamic Supply Disruptions: Backup Flexibility Design. Operation Research,pp. 390-405.

Christopher Tang, Brian Tomlin (2008). The power of flexibility for mitigating supply chain risks. Production Economics.

Brian Tomlin (2006). On the Value of Mitigation and Contingency Strategies for Managing Supply Chain Disruption Risks. Management Science, pp. 639-657.

Brian Tomlin (2008). Disruption-Management Strategies for Short Life-Cycle Products. Wiley InterScience Periodicals , Inc. Naval Research Logistics

Yimin Wang, Wendell Gilland, Brian Tomlin (2010). Mitigating Supply Risk: Dual Sourcing of Process Improvement. Manufacturing & Service Operations Management, pp.489-510.

[www.mathworks.com](http://www.mathworks.com)



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Σε αυτό το σημείο θα παρατεθούν οι κώδικες που συντάχθηκαν στην γλώσσα προγραμματισμού Matlab για όλα τα παραπάνω μοντέλα. Όλα τα αποτελέσματα που αναφέρονται παραπάνω προήλθαν από την επίλυση αυτών:

**Προσδιορισμός των ποσοτήτων  $Q$  και  $K$  για το πρόβλημα του εφημεριδοπώλη με τυχαία ζήτηση, αβεβαιότητα στην παράδοση και την χρήση εφεδρικού προμηθευτή (Κεφ. 3.2.1) :**

```
%ΤΙΜΗ ΤΗΣ ΠΟΣΟΤΗΤΑΣ ΖΗΤΗΣΗΣ X,tyxaia synexhs metavliti

%DILWSI ATHRISTOIKHS SYNARTHSHS KATANOMHS
F=@(x) normcdf(x,20,5)
%DILWSI SYNARTHSHS PYKNOTHTAS PITHANOTITAS

f=@(x) normpdf(x,20,5)
%ΤΙΜΗ ΓΙΑ ΥΠΟΣΟΣ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΑΣ ΣΤΟΝ ΚΥΡΙΟ ΠΡΟΜΙΤΗΕΥΤΗ Q

%ΕΚΣΑΣΦΑΛΙΣΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΑΠΟ ΕΦΕΔΡΙΚΟ ΠΡΟΜΙΤΗΕΥΤΗ K

%ΠΑΡΑΔΙΔΟΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΑΠΟ ΚΥΡΙΟ ΠΡΟΜΙΤΗΕΥΤΗ S

%ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΑ ΜΟΝΑΔΑ ΕΚΣΑΣΦΑΛΙΣΜΕΝΗΣ ΠΟΣΟΤΗΤΑΣ
CR=5

%ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΑ ΜΟΝΑΔΑ ΠΑΡΑΔΙΔΟΜΕΝΗΣ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΑΣ ΑΠΟ ΚΥΡΙΟ
ΠΡΟΜΙΤΗΕΥΤΗ
C=7

%ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΑ ΜΟΝΑΔΑ ΑΓΟΡΑΣ ΑΠΟ ΕΦΕΔΡΙΚΟ ΠΡΟΜΙΤΗΕΥΤΗ
CE=5
%ΤΙΜΗ ΠΩΛΗΣΗΣ ΑΝΑ ΜΟΝΑΔΑ
r_pwl=19
%ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΑ ΜΟΝΑΔΑ ΑΝΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ
p=3
%ΤΙΜΗ ΠΩΛΗΣΗΣ ΑΝΑ ΕΠΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΗ ΜΟΝΑΔΑ
h=2
%ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΠΟΥ ΙΣΧΥΟΥΝ
%h<C & C<r_pwl;
```

```

%(CE+CR)>C;

jo=(p+r_pwl-CE)./(p+r_pwl-h)

I=norminv(jo,20,5)

j1=(p+r_pwl-C)./(p+r_pwl-h)
I1=norminv(j1,20,5)
%to anamenomeno kerdos an h synolikh posothta pou exei
paradothei
%kai apo toys dyo promitheutes einai z

        u=@(z) quadv(@(x) (z-x).*f(x),0,z)
        y=@(z) quadv(@(x) (x-z).*f(x),z,50)
mesh=20
        L=@(z) h.*u(z)-(p+r_pwl).*y(z)+r_pwl.*20

%h dynamikothta tou kiriou promitheuth einai r

%DILWSI ATHRISTOIKHS SYNARTHSHS KATANOMHS

        G=@(r) normcdf(r,20,4)
%DILWSI SYNARTHSHS PYKNOTHTAS PITHANOTITAS
        g=@(r) normpdf(r,20,4)

%H PARADIDOMENH POSOTITA APO KYRIO PROMITHEUTH
%S=min(Q,r)
%GIA THN KANONIKH KATANOMH TOY E(min(Q,R))

        Smesh=@(Q) quadv(@(r) r.*g(r),0,Q)+Q.*(1-G(Q))

%if (Q+K)<I

        G1=@(Q,K) (-C).*Smesh(Q)-
(CR+CE).*K+quadv(@(r) L(r+K).*g(r),0,Q)+L(Q+K).(1-G(Q))
%elseif I-K<=R<I

        G2=@(Q,K) (-C).*Smesh(Q)-CR.*K+quadv(@(r)
L(r+K).*g(r),0,I-K)+(-CE.*K).(G(I-K)-G(0))+quadv(@(r) -

```

```

CE.*(-r).*g(r),I-K,Q)+(-CE.*I+L(I)).*(G(Q)-G(I-K))+(-
CE.*(I-Q)+L(I)).*(1-G(Q))

%elseif Q>=I

                G3=@(Q,K) (-C).*Smesh(Q)-CR.*K+quadv(@(r)
L(r+K).*g(r),0,I-K)+(-CE.*K).*(G(I-K)-G(0))+quadv(@(r)
(CE.*r).*g(r),I-K,I)+(-CE.*(I)+L(I)).*(G(I)-G(I-
K))+quadv(@(r) L(r).*g(r),I,Q)+L(Q).*(1-G(Q))

PR=@(Q,K) G1(Q,K).*(Q+K<I)+G2(Q,K).*((I-K<=Q) &
(Q<I))+G3(Q,K).*(Q>=I)

x0=[I1./2,I1./2]
    A=[]
    b=[]
    Aeq=[]
beq=[]
lb=[0,0]
ub=[2.*I1,2.*I1]

    patternsearch(@(R)-PR(R(1),R(2)),x0,A,b,Aeq,beq,lb,ub)

```

**Τα αποτελέσματα για το συγκεκριμένο πρόβλημα με τυχαίες μεταβλητές θα είναι :**

F = @(x)normcdf(x,20,5)

f = @(x)normpdf(x,20,5)

CR = 5

C = 7

CE = 5

r\_pwl = 19

p = 3

h = 2

jo = 0.8500

I = 25.1822

j1 = 0.7500

l1 = 23.3724

u = @(z)quadv(@(x)(z-x).\*f(x),0,z)

y = @(z)quadv(@(x)(x-z).\*f(x),z,50)

mesh = 20

L = @(z)h.\*u(z)-(p+r\_pwl).\*y(z)+r\_pwl.\*20

G = @(r)normcdf(r,20,4)

g = @(r)normpdf(r,20,4)

Smesh = @(Q)quadv(@(r)r.\*g(r),0,Q)+Q.\*(1-G(Q))

G1 = @(Q,K)(-C).\*Smesh(Q)-(CR+CE).\*K+quadv(@(r)L(r+K).\*g(r),0,Q)+L(Q+K).(1-G(Q))

G2 = @(Q,K)(-C).\*Smesh(Q)-CR.\*K+quadv(@(r)L(r+K).\*g(r),0,I-K)+(-CE.\*K).(G(I-K)-G(0))+quadv(@(r)-CE.\*(-r).\*g(r),I-K,Q)+(-CE.\*I+L(I)).(G(Q)-G(I-K))+(-CE.\*(I-Q)+L(I)).(1-G(Q))

G3 = @(Q,K)(-C).\*Smesh(Q)-CR.\*K+quadv(@(r)L(r+K).\*g(r),0,I-K)+(-CE.\*K).(G(I-K)-G(0))+quadv(@(r)(CE.\*r).\*g(r),I-K,I)+(-CE.\*I+L(I)).(G(I)-G(I-K))+quadv(@(r)L(r).\*g(r),I,Q)+L(Q).(1-G(Q))

PR = @(Q,K)G1(Q,K).(Q+K<I)+G2(Q,K).((I-K<=Q)&(Q<I))+G3(Q,K).(Q>=I)

x0 = 11.6862 11.6862

A = []

b = []

Aeq = []

```
beq= []
```

```
lb = 0 0
```

```
ub =46.7449 46.7449
```

Optimization terminated: mesh size less than options.MeshTolerance.

```
ans =20.8806 2.4919
```

**Υπολογισμός των ποσοτήτων  $Q$  και  $K$  για το πρόβλημα του εφημεριδοπώλη με γνωστή την τιμή της ζήτησης και την χρήση εφεδρικού προμηθευτή (Κεφ. 3.2.2) :**

```
%TIMH THS POSOTHTAS ZHTSHS X,synexhs metavliti
```

```
%DILWSI ATHRISTOIKHS SYNARTHSHS KATANOMHS
```

```
F=@(x) normcdf(x,20,5)
```

```
%DILWSI SYNARTHSHS PYKNOTHTAS PITHANOTITAS
```

```
f=@(x) normpdf(x,20,5)
```

```
%KOSTOS ANA MONADA EKSASFALISMENIS POSOTITAS
```

```
CR=5
```

```
%KOSTOS ANA MONADA PARADIDOMENIS PARAGGELIAS APO KYRIO  
PROMITHEUTH
```

```
C=7
```

```
%KOSTOS ANA MONADA AGORAS APO EFEDRIKO PROMITHEUTH
```

```
CE=5
```

```
%TIMHP1WLHSHSANAMONADA
```

```
r_pwl=19
```

```
%KOSTOS ANA MONADA ANIKANPOIHTHS ZHTSHS
```

```
p=3
```

```
%TIMH PWLHSHS ANA EPISTREFOMENH MONADA
```

```
h=2
```

```
%PERIORISMOI POY ISXYOUN
```

```
%h<C & C<r_pwl;
```

```
%(CE+CR)>C;
```

```
jo=(p+r_pwl-CE)./(p+r_pwl-h)
```

```
I=norminv(jo,20,5)
```

```

j1=(p+r_pwl-C)./(p+r_pwl-h)
I1=norminv(j1,20,5)
%DILWSI ATHRISTOIKHS SYNARTHSHS KATANOMHS

        G=@(r) normcdf(r,20,4)
%DILWSI SYNARTHSHS PYKNOTHTAS PITHANOTITAS
        g=@(r) normpdf(r,20,4)

%H PARADIDOMENH POSOTITA APO KYRIO PROMITHEUTH
%S=min(Q,r)
%GIA THN KANONIKH KATANOMH TOY E(min(Q,R))

        Smesh=@(Q)  quadv(@(r) r.*g(r),0,Q)+Q.*(1-G(Q))

        u=@(s) quadv(@(x) (s-x).*f(x),0,s)
        y=@(s,K) quadv(@(x) (x-s).*f(x),s,s+K)
        z=@(s,K) quadv(@(x) (-CE.*K-(p+r_pwl).*(x-s-K)).*f(x),s+K,50)

        mesh=20

        L=@(s,K) h.*u(s)-CE.*y(s,K)+z(s,K)+r_pwl.*20

        PR=@(Q,K) (-C).*Smesh(Q)-(CR).*K+
quadv(@(r) L(r,K).*g(r),0,Q)+L(Q,K).*(1-G(Q))

x0=[I1./2,I1./2]
        A=[]
        b=[]
        Aeq=[]
beq=[]
lb=[0,0]
ub=[2.*I1,2.*I1]

        patternsearch(@(R)-
PR(R(1),R(2)),x0,A,b,Aeq,beq,lb,ub)

```

**Τα αποτελέσματα για το παραπάνω πρόβλημα θα είναι :**

$$F = @ (x) \text{normcdf}(x, 20, 5)$$

$$f = @ (x) \text{normpdf}(x, 20, 5)$$

$$CR = 5$$

$$C = 7$$

$$CE = 5$$

$$r\_pwl = 19$$

$$p = 3$$

$$h = 2$$

$$jo = 0.8500$$

$$l = 25.1822$$

$$j1 = 0.7500$$

$$l1 = 23.3724$$

$$G = @ (r) \text{normcdf}(r, 20, 4)$$

$$g = @ (r) \text{normpdf}(r, 20, 4)$$

$$\text{Smesh} = @ (Q) \text{quadv}(@ (r) r .* g(r), 0, Q) + Q .* (1 - G(Q))$$

$$u = @ (s) \text{quadv}(@ (x) (s - x) .* f(x), 0, s)$$

$$y = @ (s, K) \text{quadv}(@ (x) (x - s) .* f(x), s, s + K)$$

$$z = @ (s, K) \text{quadv}(@ (x) (-CE .* K - (p + r\_pwl) .* (x - s - K)) .* f(x), s + K, 50)$$

$$\text{mesh} = 20$$

$$L = @ (s, K) h .* u(s) - CE .* y(s, K) + z(s, K) + r\_pwl .* 20$$

$$PR = @ (Q, K) (-C) .* \text{Smesh}(Q) - (CR) .* K + \text{quadv}(@ (r) L(r, K) .* g(r), 0, Q) + L(Q, K) .* (1 - G(Q))$$

```
x0 =11.6862 11.6862
```

```
A =[]
```

```
b = []
```

```
Aeq = []
```

```
beq = []
```

```
lb= 0 0
```

```
ub = 46.7449 46.7449
```

Optimization terminated: mesh size less than options.MeshTolerance.

```
ans =19.5241 4.6984
```

**Τέλος δηλώνεται η μορφή του κώδικα με τον οποίο αποκτούμε γραφικές παραστάσεις για τις διάφορες μεταβλητές:**

```
C=[ 34567 8 9]
```

```
Q=[28.2241 26.4076 23.8245 22.1084 20.8806 19.4814  
17.5530]
```

```
plot(C,Q)
```



