



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ: ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

**ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΩΝ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΛΟΓΩ ΕΛΛΙΠΟΥΣ**  
**ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΩΝ**

ΥΠΟ

**ΧΟΡΤΑΡΙΑ ΕΥΑΓΓΕΛΟΥ**

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ

**Δρ. ΠΑΝΤΕΛΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ**

**Διπλωματική Εργασία**

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

Βόλος, 2022

© 2022 Χορταριάς Ευάγγελος

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 Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστή- μιο Θεσσαλίας
Δεύτερος Εξεταστής	Δρ. Γεώργιος Λυμπερόπουλος Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστή- μιο Θεσσαλίας
Τρίτος Εξεταστής	Δρ. Γεώργιος Σαχαρίδης Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανι- κών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου , στον επιβλέποντα της διπλωματικής μου εργασίας, Καθηγητή κ. Παντελή Δημήτριο για την πολύτιμη βοήθεια του, την καθοδήγηση του, καθώς και για τον χρόνο αλλά και την υπομονή την οποία επέδειξε καθ' όλη τη διάρκεια υλοποίησης της διπλωματικής εργασίας.

Επίσης, είμαι ευγνώμων στα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής της διπλωματικής εργασίας μου, Καθηγητές κ. Γεώργιο Σαχαρίδη και Γεώργιο Λυμπερόπουλο για την προσεκτική ανάγνωση της εργασίας μου και για τις χρήσιμες σημειώσεις καθώς και για το υλικό που χρησιμοποίησα από τα μαθήματα τους καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Ευχαριστώ τον καθηγητή μου Ιωάννη Λυχναρόπουλο και τον αδερφό μου Γεώργιο Χορταριά για την πολύτιμη βοήθειά τους στον προγραμματισμό με Matlab καθώς και στην μοντελοποίηση του προβλήματος.

Τέλος, είμαι ευγνώμων στους γονείς μου, Μιχαήλ και Ευανθία Χορταριά για την υποστήριξή τους καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου στο τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών.

**«ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΩΝ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΛΟΓΩ ΕΛΛΙΠΟΥΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ  
ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΩΝ»**

Χορταριάς Ευάγγελος

Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, 2022

Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ. Δημήτριος Παντελής

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Στην παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζεται μια παραλλαγή του κλασσικού προβλήματος του εφημεριδοπώλη. Στην περίπτωση αυτή, πέραν του κύριου προμηθευτή, χρησιμοποιείται και εφεδρικός καθώς ο πρώτος θεωρείται αναξιόπιστος και παραδίδει μέρος της παραγγελίας που ζητείται. Ο εφεδρικός θεωρείται αξιόπιστος και πέραν της επιπλέον ζήτησης που καλείται να καλύψει, εξασφαλίζει και μια αρχική ποσότητα έναντι κάποιου κόστους. Για το λόγο αυτό είναι πιο ακριβός από τον κύριο προμηθευτή, του οποίου η αναξιοπιστία έγκειται στο γεγονός ότι η παραγωγική του δυναμικότητα που είναι τυχαία μεταβλητή είναι περιορισμένη και ενδεχομένως δεν καλύπτει πλήρως την ζήτηση. Στόχος της εργασίας είναι η εύρεση της βέλτιστης πολιτικής παραγγελιών ούτως ώστε να καλύπτεται επαρκώς η ζήτηση και να μεγιστοποιείται το κέρδος. Στο πρώτο σκέλος, η ζήτηση θεωρείται σταθερή και μελετάται η επίδραση της μεταβολής κάποιων παραμέτρων όπως είναι τα διάφορα κόστη ή η τιμή πώλησης ανά μονάδα, στις βέλτιστες ποσότητες παραγγελίας. Στο δεύτερο σκέλος ακολουθεί ακριβώς η ίδια διαδικασία με τη διαφορά ότι η ζήτηση είναι τυχαία μεταβλητή της οποίας ωστόσο γνωρίζω την κατανομή. Η εξαγωγή των αριθμητικών αποτελεσμάτων βασίστηκε σε μαθηματικό κώδικα γραμμένο σε Matlab ενώ για κάθε μεταβολή παρουσιάζονται και σχολιάζονται τα αντίστοιχα αποτελέσματα.

**Λέξεις Κλειδιά:** πρότυπο εφημεριδοπώλη, αναξιόπιστος προμηθευτής, εφεδρικός, βελτιστοποίηση.

# **«Supply disruptions management due to incomplete delivery of orders »**

Chortarias Evangelos

Department of Mechanical Engineering, University of Thessaly, 2022

Supervisor: Dr Dimitrios Pandelis

## **ABSTRACT**

This Diploma Thesis examines a variation of the classical newsvendor's problem. In this case, apart from the main supplier there is a backup one, because the first is unreliable and delivers part of the requested order. The backup supplier is considered reliable and apart from the additional demand, which is called to cover, it also ensures an initial quantity at some cost, but is more expensive than the main supplier, whose unreliability lies in the fact that its productive capacity which is random variable is limited and it may not fully meet demand. The goal of the project is to find the optimal ordering policy so that the demand is adequately covered, and the profit is maximized. In the first part, the demand is considered known and the effect of changing some parameters such as the various costs or the selling price per unit is and how they affect the results. The second part follows the same procedure with the difference that the demand is a random variable with known distribution function. The derivation of the numerical results was based on a mathematical code written on Matlab and the corresponding results are presented and commented.

**Key words:** operational research, newsvendor's problem, backup supplier, unreliability, random variable.

## Περιεχόμενα

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ .....	ix
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ .....	x
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 .....	1
1.Εισαγωγή.....	1
1.1 Κίνητρο και υπόβαθρο .....	1
1.2 Οργάνωση διπλωματικής .....	1
1.3 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση .....	2
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 .....	4
2.ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ .....	4
2.1 Επίδραση των διαταραχών στην εφοδιαστική αλυσίδα στις μεταβλητές απόφασης.....	4
2.2 Επίδραση της αβεβαιότητας στην εφοδιαστική αλυσίδα ..	6
2.3 Εφεδρικές συμφωνίες .....	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 .....	9
3.ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΟΥ ΕΦΗΜΕΡΙΔΟΠΩΛΗ ΚΑΙ ΟΙ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΠΑΡΑΛΛΑΓΕΣ ΤΟΥ ΚΛΑΣΣΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ.....	9
3.1 Το πρόβλημα του εφημεριδοπώλη για μια περίοδο χωρίς χρήση εφεδρικού προμηθευτή .....	9
3.2 Επίδραση αβεβαιότητας στην παραδιδόμενη ποσότητα από τον κύριο προμηθευτή στο μαθηματικό μοντέλο .....	12
3.3 Χρήση εφεδρικού προμηθευτή και συμβόλαιο κράτησης αρχικής ποσότητας.....	13
3.4 Μαθηματικά μοντέλα.....	14
3.4.1.Μαθηματικό μοντέλο για σταθερή ζήτηση .....	14
3.4.2Μαθηματικό μοντέλο για άγνωστη ζήτηση.....	15
3.4.3. Υποθέσεις και περιορισμοί.....	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 .....	19

4.ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΔΥΟ ΜΟΝΤΕΛΑ.....	19
4.1. ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΜΕ ΓΝΩΣΤΗ ΤΗ ΖΗΤΗΣΗ.....	19
4.1.1 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ $s_A$ .....	20
4.1.2 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ $w_M$ .....	21
4.1.3 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ $w_B$ .....	23
4.1.4 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ $w_P$ .....	24
4.1.5 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ $e$ .....	25
4.1.6 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ $m$ .....	26
4.1.7 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ $s$ .....	28
4.2 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΜΕ ΑΓΝΩΣΤΗ ΤΗΝ ΖΗΤΗΣΗ.....	29
4.2.1 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ $s_A$ .....	30
4.2.2 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ $w_M$ .....	31
4.2.3 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ $w_B$ .....	33
4.2.4 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ $w_P$ .....	34
4.2.5 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ $e$ .....	35
4.2.6 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΜΕΣΗΣ ΤΙΜΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΚΥΡΙΟΥ ΠΡΟΜΗΘΕΥΤΗ $m$ .....	36
4.2.7 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΤΥΠΙΚΗΣ ΑΠΟΚΛΙΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΡΙΟΥ ΠΡΟΜΗΘΕΥΤΗ $s$ .....	38
4.2.8 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΜΕΣΗΣ ΤΙΜΗΣ ΤΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ $m_2$ .....	39
4.2.9 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΤΥΠΙΚΗΣ ΑΠΟΚΛΙΣΗΣ ΤΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ $s_2$ .	41
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 .....	42
5.1 ΣΥΝΟΨΗ .....	42
5.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	43
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	45



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ..... 47

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ.4.1- Βέλτιστες λύσεις στο μοντέλο της γνωστής ζήτησης

ΠΙΝΑΚΑΣ.4.2-Βέλτιστες τιμές για γνωστή ζήτηση και μεταβολή παραμέτρου  $sA$

ΠΙΝΑΚΑΣ.4.3-Βέλτιστες τιμές για γνωστή ζήτηση και μεταβολή παραμέτρου  $wM$

ΠΙΝΑΚΑΣ.4.4-Βέλτιστες τιμές για γνωστή ζήτηση και μεταβολή παραμέτρου  $wB$

ΠΙΝΑΚΑΣ.4.5-Βέλτιστες τιμές για γνωστή ζήτηση και μεταβολή παραμέτρου  $wP$

ΠΙΝΑΚΑΣ.4.6-Βέλτιστες τιμές για γνωστή ζήτηση και μεταβολή παραμέτρου  $e$

ΠΙΝΑΚΑΣ.4.7- Βέλτιστες τιμές για γνωστή ζήτηση και μεταβολή παραμέτρου  $m$

ΠΙΝΑΚΑΣ.4.8- Βέλτιστες τιμές για γνωστή ζήτηση και μεταβολή παραμέτρου  $s$

ΠΙΝΑΚΑΣ.4.9- Βέλτιστες λύσεις στο μοντέλο της άγνωστης ζήτησης

ΠΙΝΑΚΑΣ.4.10-Βέλτιστες τιμές για άγνωστη ζήτηση και μεταβολή παραμέτρου  $sA$

ΠΙΝΑΚΑΣ.4.11-Βέλτιστες τιμές για άγνωστη ζήτηση και μεταβολή παραμέτρου  $wM$

ΠΙΝΑΚΑΣ.4.12-Βέλτιστες τιμές για άγνωστη ζήτηση και μεταβολή παραμέτρου  $wB$

ΠΙΝΑΚΑΣ.4.13-Βέλτιστες τιμές για άγνωστη ζήτηση και μεταβολή παραμέτρου  $wP$

ΠΙΝΑΚΑΣ.4.14-Βέλτιστες τιμές για άγνωστη ζήτηση και μεταβολή παραμέτρου  $e$

ΠΙΝΑΚΑΣ.4.15- Βέλτιστες τιμές για άγνωστη ζήτηση και μεταβολή παραμέτρου  $m$

ΠΙΝΑΚΑΣ.4.16- Βέλτιστες τιμές για άγνωστη ζήτηση και μεταβολή παραμέτρου  $s$

ΠΙΝΑΚΑΣ.4.17- Βέλτιστες τιμές για άγνωστη ζήτηση και μεταβολή παραμέτρου  $m2$

ΠΙΝΑΚΑΣ.4.18- Βέλτιστες τιμές για άγνωστη ζήτηση και μεταβολή παραμέτρου  $s2$

## **ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ**

Διάγραμμα 1.α Βέλτιστες ποσότητες παραγγελίας συναρτήσει της παραμέτρου  $sA$  για γνωστή ζήτηση

Διάγραμμα 1.β Αναμενόμενο κέρδος συναρτήσει της παραμέτρου  $sA$  για γνωστή ζήτηση

Διάγραμμα 2.α Βέλτιστες ποσότητες παραγγελίας συναρτήσει της παραμέτρου  $wM$  για γνωστή ζήτηση

Διάγραμμα 2.β Αναμενόμενο κέρδος συναρτήσει της παραμέτρου  $wM$  για γνωστή ζήτηση

Διάγραμμα 3.α Βέλτιστες ποσότητες παραγγελίας συναρτήσει της παραμέτρου  $wB$  για γνωστή ζήτηση

Διάγραμμα 3.β Αναμενόμενο κέρδος συναρτήσει της παραμέτρου  $wB$  για γνωστή ζήτηση

Διάγραμμα 4.α Βέλτιστες ποσότητες παραγγελίας συναρτήσει της παραμέτρου  $wP$  για γνωστή ζήτηση

Διάγραμμα 4.β Αναμενόμενο κέρδος συναρτήσει της παραμέτρου  $wP$  για γνωστή ζήτηση

Διάγραμμα 5.α Βέλτιστες ποσότητες παραγγελίας συναρτήσει της παραμέτρου  $e$  για γνωστή ζήτηση

Διάγραμμα 5.β Αναμενόμενο κέρδος συναρτήσει της παραμέτρου  $e$  για γνωστή ζήτηση

Διάγραμμα 6.α Βέλτιστες ποσότητες παραγγελίας συναρτήσει της παραμέτρου  $m$  για γνωστή ζήτηση

Διάγραμμα 6.β Αναμενόμενο κέρδος συναρτήσει της παραμέτρου  $m$  για γνωστή ζήτηση

Διάγραμμα 7.α Βέλτιστες ποσότητες παραγγελίας συναρτήσει της παραμέτρου  $s$  για γνωστή ζήτηση

Διάγραμμα 7.β Αναμενόμενο κέρδος συναρτήσει της παραμέτρου  $s$  για γνωστή ζήτηση

Διάγραμμα 8.α Βέλτιστες ποσότητες παραγγελίας συναρτήσει της παραμέτρου  $sA$  για άγνωστη ζήτηση

Διάγραμμα 8.β Αναμενόμενο κέρδος συναρτήσει της παραμέτρου  $sA$  για άγνωστη ζήτηση

Διάγραμμα 9.α Βέλτιστες ποσότητες παραγγελίας συναρτήσει της παραμέτρου  $wM$  για άγνωστη ζήτηση

Διάγραμμα 9.β Αναμενόμενο κέρδος συναρτήσει της παραμέτρου  $wM$  για άγνωστη ζήτηση

Διάγραμμα 10.α Βέλτιστες ποσότητες παραγγελίας συναρτήσει της παραμέτρου  $wB$  για άγνωστη ζήτηση

Διάγραμμα 10.β Αναμενόμενο κέρδος συναρτήσει της παραμέτρου  $wB$  για άγνωστη ζήτηση

Διάγραμμα 11.α Βέλτιστες ποσότητες παραγγελίας συναρτήσει της παραμέτρου  $wP$  για άγνωστη ζήτηση

Διάγραμμα 11.β Αναμενόμενο κέρδος συναρτήσει της παραμέτρου  $wP$  για άγνωστη ζήτηση

Διάγραμμα 12.α Βέλτιστες ποσότητες παραγγελίας συναρτήσει της παραμέτρου  $e$  για άγνωστη ζήτηση

Διάγραμμα 12.β Αναμενόμενο κέρδος συναρτήσει της παραμέτρου  $e$  για άγνωστη ζήτηση

Διάγραμμα 13.α Βέλτιστες ποσότητες παραγγελίας συναρτήσει της παραμέτρου  $m$  για άγνωστη ζήτηση

Διάγραμμα 13.β Αναμενόμενο κέρδος συναρτήσει της παραμέτρου  $m$  για άγνωστη ζήτηση

Διάγραμμα 14.α Βέλτιστες ποσότητες παραγγελίας συναρτήσει της παραμέτρου  $s$  για άγνωστη ζήτηση

Διάγραμμα 14.β Αναμενόμενο κέρδος συναρτήσει της παραμέτρου  $s$  για άγνωστη ζήτηση

Διάγραμμα 15.α Βέλτιστες ποσότητες παραγγελίας συναρτήσει της παραμέτρου  $m2$  για άγνωστη ζήτηση

Διάγραμμα 15.β Αναμενόμενο κέρδος συναρτήσει της παραμέτρου  $m2$  για άγνωστη ζήτηση

Διάγραμμα 16.α Βέλτιστες ποσότητες παραγγελίας συναρτήσει της παραμέτρου  $s2$  για άγνωστη ζήτηση

Διάγραμμα 16.β Αναμενόμενο κέρδος συναρτήσει της παραμέτρου  $s2$  για άγνωστη ζήτηση

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1**

### **1.Εισαγωγή**

Στο εισαγωγικό κεφάλαιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας παρατίθενται πληροφορίες εισαγωγικού χαρακτήρα οι οποίες μας γνωστοποιούν το κίνητρο και το υπόβαθρο της. Επιπλέον δίνονται συνοπτικά η δομή και οι ενότητες από τις οποίες αποτελείται. Τέλος γίνεται μια βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετικά με το κλασικό «μοντέλο του εφημεριδοπώλη».

### **1.1 Κίνητρο και υπόβαθρο**

Δεδομένης της ολοένα αυξανόμενης εξάρτησης των εταιρειών από τους προμηθευτές τους, η διαχείριση των εφοδιαστικών κινδύνων γίνεται η νούμερο ένα προτεραιότητα αυτή τη στιγμή. Οι επιχειρήσεις έρχονται αντιμέτωπες με την ανάγκη να διαχειριστούν αποτελεσματικά τους κινδύνους εφοδιασμού και να δρουν ενάντια σε αυτούς προληπτικά αξιοποιώντας σχέδια έκτακτης ανάγκης. Υπό αυτές τις συνθήκες, είναι σημαντικό όταν λαμβάνονται αποφάσεις σχετικά με τους προμηθευτές καθώς και το ύψος της προμήθειας, οι αποφάσεις αυτές να είναι οι βέλτιστες. Αυτή η ενασχόληση με τον τομέα της οργάνωσης παραγωγής αποτέλεσε και το κίνητρο της παρούσας εργασίας.

Γνωστικό υπόβαθρο για την περάτωση της παρούσας εργασίας αποτέλεσαν οι γνώσεις που αποκτήθηκαν κατά τη διάρκεια των σπουδών μου στη σχολή των μηχανολόγων μηχανικών πάνω στο κομμάτι της οργάνωσης παραγωγής και διοίκησης καθώς και η δουλειά μου ως μαθητευόμενος μηχανικός πάνω στον ίδιο κλάδο.

### **1.2 Οργάνωση διπλωματικής**

Η διπλωματική εργασία χωρίζεται σε 5 κεφάλαια. Το υπόλοιπο αυτής, χωρίζεται σε τρεις ενότητες που καταλαμβάνουν τα Κεφάλαιο 2 έως 4 αντίστοιχα.

- ❖ Κεφάλαιο 2: Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύονται κάποιες βασικές έννοιες της επιχειρησιακής έρευνας που θα βοηθήσουν στην καλύτερη κατανόηση του προβλήματος.
- ❖ Κεφάλαιο 3: Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται, πέραν του κλασσικού μοντέλου του εφημεριδοπώλη και δύο παραλλαγές του, οι οποίες αποτελούν και τον άξονα της εργασίας
- ❖ Κεφάλαιο 4: Στο τέταρτο κεφάλαιο, που αποτελεί το υπολογιστικό κομμάτι, συγκεντρώνονται τα αποτελέσματα τα οποία παρατίθενται τόσο σε μορφή πινάκων όσο και διαγραμμάτων. Επίσης γίνεται σχολιασμός των αποτελεσμάτων και εξάγονται τα αντίστοιχα συμπεράσματα.
- ❖ Κεφάλαιο 5: Στο τελευταίο αυτό κεφάλαιο παρουσιάζεται μια σύνοψη της διπλωματικής.

### **1.3 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση**

Στο κλασσικό πρότυπο του εφημεριδοπώλη, μελετάται το πρότυπο μιας περιόδου και αφορά έναν αξιόπιστο προμηθευτή που καλείται να καλύψει την ζήτηση η οποία θεωρείται ως τυχαία μεταβλητή. Πάνω στο κλασσικό αυτό μοντέλο, τη βελτιστοποίηση του αλλά και στην εφοδιαστική αλυσίδα γενικότερα και τις παραμέτρους που την επηρεάζουν, έχουν γίνει πολλές μελέτες. Καθεμία από αυτές, συνέβαλε τα μέγιστα στην εύρεση τρόπων αντιμετώπισης με στόχο την αδιάκοπη παροχή υπηρεσιών, την εξασφάλιση κάλυψης της ολοένα αυξανόμενης ζήτησης αγαθών αλλά και την μεγιστοποίηση των κερδών ακόμα και όταν οι συνθήκες ανεφοδιασμού δεν είναι ευνοϊκές.

Η χρήση εφεδρικών προμηθευτών και γενικότερα η εύρεση τρόπων διαχείρισης των εφοδιαστικών κινδύνων, αποτέλεσε αντικείμενο μελέτης πολλών ερευνητών. Οι Hou και Hu (2014) μελέτησαν μία παραλλαγή του κλασσικού μοντέλου του εφημεριδοπώλη, η οποία περιλαμβάνει τη χρήση εφεδρικού αξιόπιστου προμηθευτή καθώς και την συμφωνία για εξαρχής εξασφάλιση μιας ποσότητας προκειμένου να αποφευχθούν διαταραχές στο σύστημα παραγγελιών λόγω της αναξιοπιστίας του βασικού προμηθευτή.

Ο Rochard κ.α. (2003) θέλοντας να τονίσει τη σημασία ύπαρξης δεύτερου προμηθευτή, ανέπτυξε ένα μαθηματικό μοντέλο στο οποίο

έλαβε υπόψιν για πρώτη φορά τη συχνότητα των φαινομένων δυσλειτουργίας - διακοπής στην εφοδιαστική αλυσίδα καθώς και τη μείωση του μεριδίου αγοράς. Οι Yu (2009) και Davarzani (2011) μελετώντας το πρόβλημα με έναν, δύο αλλά και περισσότερους προμηθευτές ανέπτυξαν τις βέλτιστες συνθήκες για καθεμία από τις παραμέτρους. Επιπλέον, μια σειρά ερευνών από τους Berger (2004), Ruiz-Torres και Mahmoodi (2007), Sarkar και Mohapatra (2009) χρησιμοποιώντας τη μέθοδο του δέντρου αποφάσεων κατάφεραν μέσω αυτής να προσεγγίσουν το βέλτιστο ποσοστό παραγγελίας.

Ο Serel (2008) μελετώντας το πρότυπο του λιανοπωλητή για άγνωστη ζήτηση, θεωρώντας δύο προμηθευτές για μια περίοδο αναζήτησε τη βέλτιστη ποσότητα αποθέματος αλλά και κόστους αγοράς των προϊόντων. Ο Meena (2011) χρησιμοποιώντας πολλούς προμηθευτές και κατανέμοντας την παραγγελία εξίσου σε αυτούς, κατασκεύασε μαθηματικό μοντέλο μέσω του οποίου ελαχιστοποίησε το κόστος αγοράς. Οι Dada (2007) και Sawik (2011) τόνισαν τη σημασία της αξιοπιστίας του προμηθευτή καθώς και του κόστους αγοράς για την επιλογή του κατάλληλου, ενώ οι Federgruen και Yang (2009) μελέτησαν τη σημασία κατανομής της ζήτησης και πως αυτή επηρεάζεται από περιορισμούς που τίθενται στο επίπεδο εξυπηρέτησης πελατών. Επίσης, οι Tehraní και Li (2011) εισήγαγαν στο πρόβλημα και τους όρους αλληλεξάρτησης και ανταγωνισμού μεταξύ των προμηθευτών.

Οι Tomlin και Wang (2006) καταλήγουν στη χρήση εφεδρικού προμηθευτή με μεγάλη παραγωγική δυναμικότητα ούτως ώστε να μετριαστεί το φαινόμενο ελλιπούς παράδοσης παραγγελιών ενώ ο Tomlin κ.α.(2009), πρότεινε έναντι της χρήσης πολλών αναξιόπιστων προμηθευτών -με πιθανότητα δηλαδή μη παράδοσης των παραγγελιών -τη χρήση εφεδρικού. Επιπλέον, ο Schmitt (2011) διατύπωσε τη θεωρία ότι η χρήση εφεδρικού προμηθευτή αποτελεί καλύτερη λύση από την ύπαρξη αρχικού αποθέματος για την κάλυψη των παραγγελιών. Τέλος οι Schmitt και Snyder (2012), μελετώντας μακροχρόνιο σχεδιασμό παραγγελιών, απέδειξαν ότι το ύψος παραγγελίας στον εφεδρικό προμηθευτή αυξάνεται σημαντικά συγκριτικά με το πρόβλημα της μιας περιόδου. Εξαρτάται δηλαδή από το χρονικό πλαίσιο με βάση το οποίο γίνεται ο σχεδιασμός της παραγωγής.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### 2.ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

#### 2.1 Επίδραση των διαταραχών στην εφοδιαστική αλυσίδα στις μεταβλητές απόφασης

Η συγκεκριμένη διπλωματική βασίστηκε σε μια επέκταση της μελέτης Hou και Hu (2014). Το μοντέλο το οποίο μελέτησαν και βασίστηκε πάνω στο κλασικό πρότυπο του εφημεριδοπώλη, περιλαμβάνει τη χρήση δύο προμηθευτών: ενός βασικού κι ενός εφεδρικού, ενώ η ζήτηση λογίζεται γνωστή. Ο βασικός προμηθευτής θεωρείται αναξιόπιστος καθώς παραδίδει ποσοστό της παραγγελίας το οποίο θεωρείται τυχαία μεταβλητή. Ο δεύτερος, χρησιμοποιείται για να αντισταθμίσει τις διαταραχές που προκαλεί στον εφοδιασμό η αβεβαιότητα στην παραδιδόμενη ποσότητα από μέρος του βασικού προμηθευτή. Επιπλέον, πέραν μιας αρχικής ποσότητας την οποία εξασφαλίζει για τον αγοραστή με την επιλογή είτε να την αγοράσει είτε όχι – έναντι κάποιου τιμήματος – μπορεί να προμηθεύσει και με επιπλέον προϊόντα ούτως ώστε να καλυφθεί η ζήτηση.

Η επέκταση που μελετάται στη διπλωματική, διαφοροποιείται καθώς ο βασικός προμηθευτής λόγω περιορισμένης παραγωγικής δυναμικότητας αποστέλλει μία συγκεκριμένη ποσότητα η οποία είναι τυχαία μεταβλητή. Επίσης, γίνεται μελέτη τόσο στην περίπτωση που η ζήτηση είναι γνωστή όσο και στην περίπτωση που η ζήτηση είναι άγνωστη. Στο τέλος της εργασίας θα είμαστε σε θέση να απαντήσουμε στη βασική ερώτηση:

- Ποια είναι η βέλτιστη απόφαση -ποσότητα κράτησης και παραγγελίας για τον αγοραστή και πώς αυτή επηρεάζεται από την κατανομή της ζήτησης;

Βάση της έρευνας των Hou και Hu, αποτέλεσε μια εταιρία κατασκευής οθονών Plasma στην Ιαπωνία που προμηθεύει μεγάλες εταιρίες ηλεκτρικών ειδών. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται γι' αυτό το σκοπό ποικίλλουν και λόγω του γεγονότος ότι οι διάφοροι προμηθευτές βρίσκονται διάσπαρτα στην χώρα αντιμετωπίζεται συχνά το φαινόμενο διακοπής εφοδιασμού λόγω διαφόρων παραγόντων. Όπως αναφέρεται, ακόμα και μια μικρή διαταραχή στο κομμάτι του ανεφοδιασμού δύναται



να έχει ολέθριες συνέπειες κατά μήκος μιας εφοδιαστικής αλυσίδας (Snyder, 2010). Μεγάλη έμφαση ξεκίνησε να δίνεται γενικότερα στην σημασία της εφοδιαστικής αλυσίδας μετά τις τρομοκρατικές επιθέσεις που σημειώθηκαν στις 11 Σεπτεμβρίου, ενώ για την εταιρία που μελετήθηκε στο άρθρο, κινητήριο δύναμη για την βελτιστοποίηση της πολιτικής παραγγελιών σε περίπτωση διακοπής του εφοδιασμού αποτέλεσε ο καταστροφικός σεισμός στην Ιαπωνία το Μάρτιο του 2011 με μεγάλο οικονομικό αντίκτυπο. Εκτός της διακοπής στην εφοδιαστική αλυσίδα, μεγάλο ρόλο παίζει και ο παράγοντας αβεβαιότητα στην παραδιδόμενη ποσότητα ο οποίος είναι εξίσου σημαντικός όσο η αβεβαιότητα στη ζήτηση -χρήζει ωστόσο εντελώς διαφορετικής στρατηγικής αντιμετώπισης- και ο οποίος θα αναλυθεί εκτενέστερα στη συνέχεια. Με την υιοθέτηση πάντως κατάλληλων στρατηγικών, είναι δυνατή η αποφυγή και των δύο παραπάνω κινδύνων εφοδιασμού ή έστω ο περιορισμός τους.

Για να μετριαστούν οι κίνδυνοι εφοδιασμού, ο κατασκευαστής σχεδιάζει να εργαστεί με αρκετούς εγχώριους προμηθευτές. Λόγω της ύπαρξης ελάχιστων κατασκευαστών οθονών Plasma στην Κίνα, αυτός ο κατασκευαστής είναι κυρίαρχος όταν συναλλάσσεται με τους εγχώριους προμηθευτές. Για ορισμένες από τις πρώτες ύλες, ο κατασκευαστής κατανέμει τη συνολική παραγγελία και στα δύο: στον κύριο προμηθευτή στην Ιαπωνία και στους εγχώριους προμηθευτές ενώ χρησιμοποιεί πέραν αυτών και κάποιους εφεδρικούς για περίπτωση ανάγκης. Η στρατηγική αυτή της χρήσης εφεδρικού προμηθευτή έχει ήδη χρησιμοποιηθεί ευρέως σε βιομηχανίες όπως π.χ. πετρελαίου, λιανικής, αεροπορικές εταιρίες και υγειονομικής περίθαλψης και στοχεύει στον μετριασμό των επιπτώσεων σε περίπτωση διακοπής του εφοδιασμού. Στην μεταποιητική βιομηχανία, τα συμβόλαια με εφεδρικούς προμηθευτές χρησιμοποιούνται πρωτίστως για την αντιμετώπιση των κινδύνων ραγδαίας αύξησης της ζήτησης, η οποία επίσης έχει σημαντικές επιπτώσεις. Για παράδειγμα μεγάλες βιομηχανίες όπως : Klein, Finitiy και DKNY κάνουν χρήση εφεδρικής συμφωνίας με αγοραστή λιανικής, σύμφωνα με την οποία ένα ορισμένο ποσοστό της παραγγελίας διατηρείται σε απόθεμα από αυτές έναντι κάποιου κόστους, το οποίο είτε μπορεί να χρησιμοποιηθεί αν αυξηθεί η ζήτηση από τον αγοραστή είτε όχι. Τέλος ο εκδοτικός οίκος Wahmpreneur Books επιτρέπει στους

λιανοπωλητές βιβλίων να επιστρέψουν τα απούλητα βιβλία για πλήρη πίστωση εντός 30 ημερών.

Έχοντας ως βάση αυτές τις πρακτικές στις βιομηχανίες υπηρεσιών και σε μια σειρά από κορυφαίες εταιρείες, εστιάζουμε σε τρεις τύπους εφεδρικών συμβολαίων οι οποίοι πέραν του θεωρητικού υπόβαθρου εφαρμόζονται αυτή την στιγμή σε πρακτικό επίπεδο και χρησιμοποιούνται ευρέως για τον σχεδιασμό και τη διαχείριση παραγωγής.

- **Capacity reservation contract:** πολιτική κράτησης μιας αρχικής ποσότητας στην αρχή της περιόδου με δυνατότητα αγοράς όταν κρίνεται σκόπιμο
- **make-to-order contract:** αγορά προμήθειας κατόπιν παραγγελίας
- **buy-back contract:** και συμβόλαιο επαναγοράς σε ακριβότερο κόστος για κάλυψη της ζήτησης.

Στα πλαίσια της εργασίας, θα μελετηθεί μόνο ο πρώτος τύπου εφεδρικού συμβολαίου ( capacity reservation contract ).

## **2.2 Επίδραση της αβεβαιότητας στην εφοδιαστική αλυσίδα**

Ένα από τα κύρια στοιχεία που χαρακτηρίζουν το πρότυπο του εφημεριδοπώλη είναι η αβεβαιότητα στην ζήτηση. Στην ειδική περίπτωση που εξετάζεται και στο πρώτο σκέλος της εργασίας, η ζήτηση θεωρείται σταθερή παίρνοντας συγκεκριμένη τιμή. Στην περίπτωση αυτή το πρότυπο απλοποιείται και οι αποφάσεις για το ύψος παραγγελίας αλλά και για την αρχική ποσότητα κράτησης, λαμβάνονται αφού γίνει γνωστή η ζήτηση.

Ωστόσο, κατά συντριπτική πλειοψηφία τα μοντέλα που μελετώνται χαρακτηρίζονται από αβεβαιότητα στην ζήτηση. Έτσι, αυτά γίνονται πολυπλοκότερα, πλην όμως πιο ρεαλιστικά και περιορίζονται οι επιπτώσεις, λόγω της διασφάλισης αποτροπής «αναπάντεχων» γεγονότων μέσω της πρόληψης (εφεδρικές συμφωνίες, απόθεμα κλπ.)

Στην περίπτωση που η ζήτηση ξεπεράσει τις προβλέψεις ή είναι μικρότερη των αναμενόμενων δημιουργούνται προβλήματα είτε αυτά λέγονται ανικανοποίητη ζήτηση που μεταφράζεται ως κόστος χαμένων πωλήσεων, είτε απούλητες μονάδες (ανικανοποίητη ζήτηση) τα οποία

επιφέρουν οικονομικές συνέπειες για τις επιχειρήσεις. Αν και δεν γνωρίζουμε την ζήτηση, πολλές φορές είμαστε σε θέση να την ορίσουμε ως μια τυχαία μεταβλητή η οποία είτε ακολουθεί μια γενική κατανομή (κανονική ομοιόμορφη κλπ) είτε προσεγγίζει κάποια από τις γνωστές μας κατανομές.

Εκτός της επίδρασης της αβεβαιότητας στην ζήτηση, στην παρούσα εργασία μελετήθηκε και η αβεβαιότητα στην παραδιδόμενη ποσότητα από μέρος των προμηθευτών. Στην περίπτωση αυτή, οι προμηθευτές χαρακτηρίζονται ως αναξιόπιστοι. Τα τελευταία χρόνια έχει δοθεί μεγάλη προσοχή από τις επιχειρήσεις στο κομμάτι «αβεβαιότητα παράδοσης της παραγγελίας» είτε αυτή οφείλεται στην τυχαιότητα της παραγωγικής δυναμικότητας του προμηθευτή είτε σε δυσκολίες κατά την μεταφορά και παράδοση του προϊόντος.

Λόγω των ανωτέρων παραγόντων και της ανάγκης για εξεύρεση καλύτερων λύσεων χρησιμοποιούνται πολλές φορές συμφωνίες με εφεδρικούς προμηθευτές που θα αναλυθούν παρακάτω.

### **2.3 Εφεδρικές συμφωνίες**

Η χρήση εφεδρικών συμφωνιών με προμηθευτές αναπτύχθηκε λόγω των φαινομένων αβεβαιότητας που αναφέρθηκαν. Στις μέρες μας, εφαρμόζεται ευρέως σε επιχειρήσεις που ασχολούνται με τον τομέα της πληροφορικής, σε ταξιδιωτικά γραφεία, εταιρείες διαχείρισης και κοινής ωφέλειας κ.α. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η έρευνα των Erpen και Iyer που αφορούσε τη συμφωνία μεταξύ μιας εταιρίας παραγωγής τηλεφωνικών καταλόγων και των προμηθευτών της. Η συμφωνία περιλάμβανε τους εξής όρους:

Οι προμηθευτές της κρατούν ποσοστό της παραγγελίας στην αρχή της σεζόν ούτως ώστε σε περίπτωση αυξημένης ζήτησης, δίνεται στην εταιρία η δυνατότητα να αγοράσει μέρος αυτού του ποσοστού στην αρχική τιμή αγοράς πληρώνοντας ωστόσο και ένα επιπλέον κόστος για τις μονάδες που κρατήθηκαν αλλά δεν αγοράστηκαν.

Το κύριο χαρακτηριστικό του εφεδρικού προμηθευτή είναι η αξιοπιστία, το γεγονός δηλαδή ότι η παραδιδόμενη ποσότητα ταυτίζεται πλήρως με αυτή που ζητήθηκε. Αυτό επιτυγχάνεται με την επιβάρυνση λόγω

του κόστους εξασφάλισης μιας αρχικής ποσότητας, κόστος που διαφέρει από το τελικό κόστος αγοράς. Αυτό είναι εξάλλου και το στοιχείο που διασφαλίζει την αξιοπιστία του εφεδρικού προμηθευτή και λειτουργεί ως εγγύηση από πλευράς του πωλητή.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### 3.ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΟΥ ΕΦΗΜΕΡΙΔΟΠΩΛΗ ΚΑΙ ΟΙ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΠΑΡΑΛΛΑΓΕΣ ΤΟΥ ΚΛΑΣΣΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

#### 3.1 Το πρόβλημα του εφημεριδοπώλη για μια περίοδο χωρίς χρήση εφεδρικού προμηθευτή

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που μελετήθηκαν κατά την ανάπτυξη της επιχειρησιακής έρευνας, συνιστά το «πρόβλημα του εφημεριδοπώλη» ή newsvendor model όπως αυτό χαρακτηριστικά αναφέρεται στην διεθνή βιβλιογραφία. Το μαθηματικό υπόβαθρο του προβλήματος τοποθετείται χρονικά το 1888, όπου ο Edgeworth για να βελτιστοποιήσει το τραπεζικό σύστημα και συγκεκριμένα τα χρηματικά αποθέματα των τραπεζών ούτως ώστε να καλύπτουν τα ποσά αναλήψεων από τους καταθέτες τα οποία ακολουθούν τυχαία κατανομή, χρησιμοποίησε το κεντρικό οριακό θεώρημα. Ο όρος «εφημεριδοπώλη» αναφέρθηκε πρώτη φορά στο βιβλίο των Morse και Kimball (1951) ενώ η σύγχρονη εκδοχή του μοντέλου όπως χρησιμοποιείται μέχρι και σήμερα βασίστηκε στην εργασία των Kenneth Arrow, T. Harris και Jacob Marshak στο *Econometrica*.

Στο κλασσικό πρόβλημα του εφημεριδοπώλη έχουμε τρεις κόμβους:

- Προμηθευτής
- Πωλητής
- Πελάτης

## ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΚΛΑΣΣΙΚΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΕΦΗΜΕΡΙΔΟΠΩΛΗ

ΣΧΗΜΑ



Εικόνα 1- Σχηματική αναπαράσταση κλασσικού προτύπου εφημεριδοπώλη

Σκοπός του προβλήματος είναι η εξεύρεση βέλτιστης ποσότητας παραγωγείας από τον προμηθευτή ούτως ώστε να ικανοποιείται οι εξής συνθήκη

Η ποσότητα παραγωγείας:

- ❖ Να καλύπτει επαρκώς τη ζήτηση προκειμένου να μην έχουμε οικονομική ζημία λόγω ανικανοποίητης ζήτησης «χαμένες πωλήσεις»
- ❖ Να μην υπερβαίνει τη ζήτηση ώστε να περισσεύουν απούλητες μονάδες

Υποθέτω τα εξής:

- Η ζήτηση  $D$  είναι συνεχής τυχαία μεταβλητή με:
  1. Συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας  $f(x)$
  2. Συνάρτηση αθροιστικής κατανομής  $F(x)$
- Χρησιμοποιείται ορίζοντας μιας μοναδικής περιόδου
- Θεωρώ άπειρη δυναμικότητα και μηδενικό χρόνο αναπλήρωσης αποθέματος

Επιπλέον ορίζουμε ως:

- $Q$  : το ποσοστό παραγωγείας που αγοράζει ο εφημεριδοπώλης
- $\mu$  : την μέση τιμή της ζήτησης

- $s$  : την τιμή πώλησης των προϊόντων
- $c$  : το κόστος αγοράς
- $h$  : συμβολίζω την τιμή απόσυρσης των περισσευούμενων μονάδων με  $h < c$  , ενώ με  $p$  το κόστος απώλειας καλής πίστης (€/μονάδα έλλειψης/ μονάδα χρόνου)

Έτσι προκύπτουν οι εξής περιπτώσεις:

→  $Q \geq D$ : η ποσότητα παραγγελίας υπερκαλύπτει την ζήτηση ώστε να περισσέψουν μονάδες που πωλούνται με την τιμή απόσυρσης  $h$

→  $Q < D$ : η ποσότητα παραγγελίας δεν επαρκεί να καλύψει τη ζήτηση με συνέπεια να έχω οικονομική ζημία λόγω έλλειψης

Αν συμβολίσω με  $G(Q,D) = ESO\Delta A - E\Xi O\Delta A$  το συνολικό κέρδος στο τέλος της περιόδου θα έχω

Αν  $Q \geq D \rightarrow 0 < D \leq Q$  τότε:

$$G(Q, D) = s * D - c * Q + h * (Q - D)$$

Ενώ αν  $Q < D \rightarrow Q < D < \infty$

$$G(Q, D) = s * Q - c * Q - p * (D - Q)$$

Θεωρώντας τη ζήτηση τυχαία μεταβλητή →  $G(Q)$ : προσδοκώμενο κόστος

$$\begin{aligned} G(Q) &= E_D[G(Q,D)] = \int_0^{\infty} G(Q, x) f(x) dx = \\ &= \int_0^Q [s * D - c * Q + h * (Q - x)] f(x) dx + \int_Q^{\infty} [s * Q - c * Q - p(x - Q)] f(x) dx = \\ &= (s - h) * \mu - (c - h) * Q - (s - h + p) \int_Q^{\infty} (x - Q) f(x) dx \end{aligned}$$

Χρησιμοποιώντας τη συνθήκη πρώτης τάξης για μεγιστοποίηση θα προκύψει η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας  $Q^*$

$$\left. \frac{dG(Q)}{dQ} \right|_{Q=Q^*} = 0 \rightarrow -(c-h) - (s-h+p)[1-F(Q^*)] = 0$$

$$F(Q^*) = \frac{s-c+p}{s+p-h}$$

$$\rightarrow Q^* = F^{-1}\left[\frac{s-c+p}{s+p-h}\right]$$

### **3.2 Επίδραση αβεβαιότητας στην παραδιδόμενη ποσότητα από τον κύριο προμηθευτή στο μαθηματικό μοντέλο**

Το πρότυπο που μελετάται στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής βασίζεται στο κλασικό πρότυπο του εφημεριδοπώλη. Ωστόσο παρουσιάζονται αρκετές διαφορές. Έστω  $Q$  το ύψος παραγγελίας που γίνεται στον κύριο προμηθευτή και  $sA$  η τιμή πώλησης των προϊόντων. Ο προμηθευτής για λόγους που έχουν ήδη αναφερθεί σε πολλές περιπτώσεις δεν δύναται με καλύψει επαρκώς τη ζήτηση. Στην περίπτωση μας αυτό συμβαίνει λόγω περιορισμένης παραγωγικής δυναμικότητας του βασικού προμηθευτή. Στο μαθηματικό μοντέλο αυτή συμβολίζεται με  $C$ . Για να μπορέσουμε να μελετήσουμε τις παραμέτρους του προβλήματος θεωρούμε ότι η μεταβλητή  $C$  είναι τυχαία μεταβλητή της οποίας γνωρίζουμε την κατανομή ή είμαστε σε θέση να την προσεγγίσουμε. Στα πλαίσια της εργασίας και των παραδειγμάτων που γίνονται, η μεταβλητή  $C$  είναι κανονική τυχαία μεταβλητή. Για να ορίσουμε πλήρως την κανονική κατανομή απαιτείται η γνώση της μέσης τιμής καθώς και της τυπικής απόκλισης ( $m, s$ ). Ο αγοραστής θα πληρώσει τον κύριο προμηθευτή τιμή  $wM$  που είναι το κόστος ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας από αυτόν.

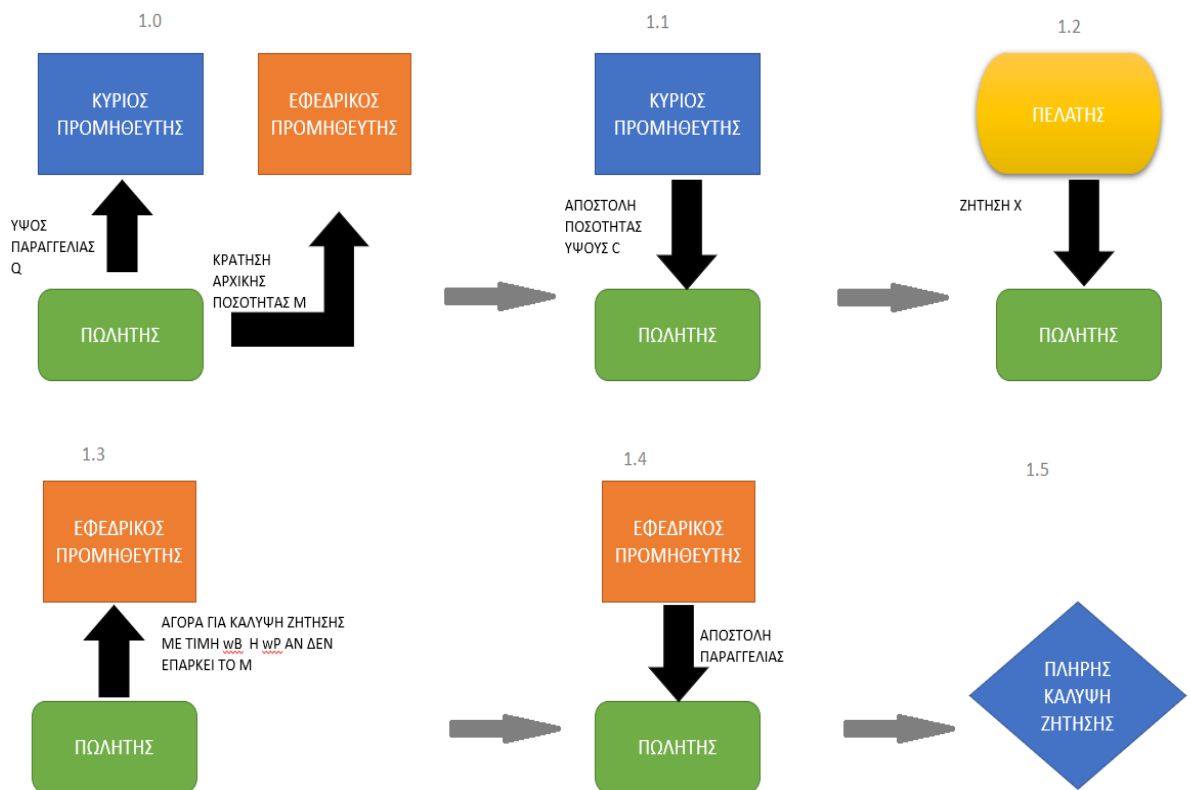


### 3.3 Χρήση εφεδρικού προμηθευτή και συμβόλαιο κράτησης αρχικής ποσότητας

Όπως έχει γίνει ήδη γνωστό για να αντιμετωπιστούν επιτυχώς οι κίνδυνοι ανεφοδιασμού λόγω αναξιοπιστίας του βασικού προμηθευτή όπως προαναφέρθηκε, εφαρμόζεται η πρακτική δέσμευσής εκ των προτέρων μιας αρχικής ποσότητας προϊόντων (capacity reservation in advance). Η πρακτική αυτή χρησιμοποιείται ευρέως στη βιομηχανία όσον αφορά την αγορά χημικών, μετάλλων και ηλεκτρικής ενέργειας όπου οι αγοραστές δεσμεύουν εκ των προτέρων ένα αρχικό ποσοστό προμήθειας με στόχο

**ΟΡΙΖΟΝΤΑΣ ΜΙΑΣ ΧΡΟΝΙΚΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ**

την μείωση των κινδύνων λόγω αβεβαιότητας. Η απόφαση για εκ των προτέρων δέσμευση γίνεται στην αρχή της περιόδου όπως φαίνεται στο σχήμα.



Εικόνα 2- Σχηματική αναπαράσταση παραλλαγής του κλασσικού προτύπου του εφημεριδοπώλη

Συμβολίζουμε με :

- $M$  την αρχική ποσότητα που δεσμεύει ο αγοραστής στον εφεδρικό προμηθευτή με τη δυνατότητα είτε αγοράς είτε όχι.
- $c$  το κόστος ανά μονάδα εξασφαλισμένης ποσότητας, το οποίο καθορίζει ο εφεδρικός προμηθευτής
- $w_B$  το κόστος το οποίο θα πληρώσει ο αγοραστής σε περίπτωση που αγοράσει από την εξασφαλισμένη ποσότητα.

Επιπλέον πέραν της αρχικής ποσότητας  $M$  ο εφεδρικός προμηθευτής δύναται να μας τροφοδοτήσει με επιπλέον προϊόντα ώστε να καλυφθεί η ζήτηση σε ακριβότερη όμως τιμή.

- $w_P$  η τιμή αγοράς των επιπλέον μονάδων -πέραν του  $M$ - ώστε να καλυφθεί πλήρως η ζήτηση
- $h$  συμβολίζεται όπως και στο κλασικό πρότυπο του εφημεριδοπώλη την τιμή απόσυρσης των περισσευούμενων μονάδων.

### **3.4 Μαθηματικά μοντέλα**

Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν τα 2 μαθηματικά μοντέλα τα οποία προέκυψαν και έχουν ως εξής:

Το πρώτο μοντέλο το οποίο μελετήθηκε και αποτελεί την απλούστερη εκδοχή, η ζήτηση θεωρήθηκε σταθερή και γνωστή, ενώ για το δεύτερο μοντέλο το οποίο αποτελεί μια πιο ρεαλιστική προσέγγιση του προβλήματος, η ζήτηση θεωρείται άγνωστη. Σε αυτό το κομμάτι βρίσκονται και τα βασικά μοντέλα της διπλωματικής εργασίας τα οποία εισήχθησαν στο πρόγραμμα Matlab ούτως ώστε να πάρουμε τα αποτελέσματα που θα αναλυθούν στο επόμενο κεφάλαιο.

#### **3.4.1. Μαθηματικό μοντέλο για σταθερή ζήτηση**

Στην περίπτωση αυτή η ζήτηση θεωρείται γνωστή και ίση με μια ποσότητα  $d$ . Συμβολίζουμε με:

- $C$  την ποσότητα που παραλαμβάνουμε από τον βασικό προμηθευτή. Η  $C$  είναι τυχαία μεταβλητή και για τις ανάγκες του

προβλήματος θεωρείται κανονική με μέση τιμή  $m$  και τυπική απόκλιση  $s$ .

- $g(c)$  η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας της μεταβλητής
- $G(c)$  την αθροιστική συνάρτηση κατανομής
- $sA$  δηλώνεται η τιμή πώλησης των προϊόντων
- $\Pi(Q, M)$  δηλώνεται η συνάρτηση κέρδους.

Με τα παραπάνω δεδομένα και γνωστή τη ζήτηση προκύπτουν οι εξής μαθηματικές σχέσεις:

➤ Av  $Q + M < d$  τότε η συνάρτηση κέρδους δίνεται από τον τύπο:

$$\begin{aligned} \Pi(Q, M) = & \int_Q^\infty [-wB * M - (d - Q - M) * wP]g(c)dc \\ & + \int_0^Q [-wB * M - wP * (d - c - M)]g(c)dc \\ & + sA * d - e * M - wM * E\{\min(Q, C)\} \end{aligned}$$

➤ Av  $Q + M > d$  τότε η συνάρτηση κέρδους δίνεται από τον τύπο:

$$\begin{aligned} \Pi(Q, M) = & \int_Q^\infty [-wB * (d - Q)]g(c)dc \\ & + \int_0^{d-M} [-wB * M - wP * (d - C - M)]g(c)dc \\ & + \int_{d-M}^Q -wB * (d - C)g(c)dc + sA * d - e * M \\ & - wM * E\{\min(Q, C)\} \end{aligned}$$

$$\text{Όπου: } E\{\min(Q, C)\} = \int_0^Q Cg(c)dc + \int_Q^\infty Qg(c)dc$$

### **3.4.2 Μαθηματικό μοντέλο για άγνωστη ζήτηση**

Σε αυτό το σημείο , επειδή αντιθέτως με την προηγούμενη περίπτωση η ζήτηση είναι άγνωστη υποθέτουμε ότι είναι τυχαία μεταβλητή  $x$  με κανονική κατανομή. Έτσι συμβολίζεται με :

- $m_2$  η μέση τιμή της τυχαίας μεταβλητής  $x$
- $s_2$  η τυπική απόκλιση της ζήτησης  $x$
- $f(x)$  η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας της ζήτησης
- $F(x)$  η αθροιστική συνάρτηση.

Τέλος με  $L(z)$  θα συμβολίσουμε τα αναμενόμενα έσοδα που προκύπτουν, αν ποσότητα που παραδίδεται από τον κύριο προμηθευτή είναι  $z$  ενώ έχει γίνει και κράτηση της ποσότητας  $M$  στην αρχή της περιόδου.

Κατ' αυτόν τον τρόπο για τα αναμενόμενα έσοδα δημιουργούνται 3 περιπτώσεις:

➤  $0 < x < z$  με:

$$L_1(z) = \int_0^z [sA * x + h * (z - x)]f(x)dx$$

➤  $z < x < z + M$  με:

$$L_2(z) = \int_z^{z+M} [sA * x - wB * (x - z)]f(x)dx$$

➤  $z + M < x < \infty$  με:

$$L_3(z) = \int_{z+M}^{\infty} [sA * x - wP(x - (z + M)) - wB * M]f(x)dx$$

Ενώ η συνολική συνάρτηση εσόδων έχει τη μορφή:

$$L(z) = L_1(z) + L_2(z) + L_3(z)$$

και η συνάρτηση κέρδους για τον αγοραστή συνοψίζεται στην ακόλουθη σχέση:

$$\begin{aligned} \Pi(Q, M) = & -wM * E\{\min(Q, C)\} - e * M + \int_0^Q L(c)g(c)dc \\ & + \int_Q^\infty L(Q)g(c)dc \end{aligned}$$

### 3.4.3. Υποθέσεις και περιορισμοί

Οι λογικοί περιορισμοί που τίθενται λόγω της φύσης του προβλήματος είναι οι εξής:

- Η τιμή αγοράς ανά προϊόν από τον κύριο αναξιόπιστο προμηθευτή είναι μικρότερη της τιμής αγοράς από τον αξιόπιστο εφεδρικό προμηθευτή  $wM < wB + e$ . Για το λόγο αυτό όπως φαίνεται και στα παραδείγματα που ακολουθούν, ο αγοραστής προσπαθεί να καλύψει τη ζήτηση με αγορά προϊόντων από τον βασικό προμηθευτή (λόγω χαμηλότερου κόστους) ενώ κάνει χρήση του εφεδρικού μόνο σε περίπτωση ανάγκης.
- Για να καλυφθεί πλήρως η ζήτηση, υπάρχει η δυνατότητα αγοράς επιπλέον προϊόντων πέραν του  $M$  από τον εφεδρικό προμηθευτή η τιμή των οποίων ξεπερνάει το άθροισμα των τιμών  $wB, e$ . Ισχύει δηλαδή:  $wP > wB + e$
- Η τιμή πώλησης των περισσευόμενων μονάδων  $h$ , θα πρέπει να είναι μικρότερη της τιμής αγοράς από τον κύριο προμηθευτή που πουλάει στο χαμηλότερο κόστος  $h < wM$ . Σε αντίθετη περίπτωση θα αγόραζε μεγαλύτερες ποσότητες συγκριτικά με τη ζήτηση από τον βασικό προμηθευτή, αφού και με την πώληση των επιπλέον μονάδων θα είχε αύξηση του κέρδους κάτι το οποίο δεν υφίσταται.

Επίσης, σε προγραμματιστικό επίπεδο, έγιναν οι εξής υποθέσεις:

Τόσο η ζήτηση όσο και η ποσότητα που παραλαμβάνουμε από τον κύριο προμηθευτή, θεωρούνται τυχαίες μεταβλητές. Στην παρούσα διπλωματική θεωρήθηκαν αμφότερες ως κανονικές τυχαίες μεταβλητές. Ωστόσο αυτό δεν αποτελεί περιορισμό, καθώς το μοντέλο μπορεί να

λειτουργήσει για οποιαδήποτε κατανομή. Αυτό είναι εφικτό αν δοθούν οι κατάλληλες εντολές στον κώδικα ο οποίος γράφτηκε σε Matlab. Σε περίπτωση που η κατανομή της ζήτησης δεν είναι γνωστή, υπάρχει η δυνατότητα να την προσεγγίζουμε μέσω του προγράμματος Arena Simulation Software, το οποίο διδάσκεται στο μάθημα “προσομοίωση βιομηχανικής παραγωγής”. Εάν για παράδειγμα συγκεντρωθούν οι τιμές της ζήτησης για μεγάλο χρονικό, μέσω του εργαλείου input analyzer μπορούμε να βρούμε ποια από τις γνωστές κατανομές προσεγγίζει και να τη χρησιμοποιήσουμε.

Επίσης αν και στις μαθηματικές σχέσεις εμφανίζεται ως άνω όριο σε κάποια ολοκληρώματα το άπειρο, λόγω προβλημάτων τα οποία προέκυψαν στο προγραμματιστικό κομμάτι στο Matlab, θεωρήθηκε ως άνω όριο το άθροισμα της μέσης τιμής και 4 τυπικών αποκλίσεων ( $m+4s$ ).

Στην περίπτωση όπου η ζήτηση θεωρείται γνωστή, η ποσότητα που παραλαμβάνουμε και από τους δύο προμηθευτές δεν θα πρέπει να την υπερβαίνει. Αυτό λειτούργησε, ως άνω όριο για τη βελτιστοποίηση στο Matlab με τη χρήση της συνάρτησης patternsearch.

Τέλος, στην περίπτωση της άγνωστης ζήτησης προκειμένου να περατωθεί ο κώδικας και να ληφθούν σωστά αποτελέσματα χρησιμοποιήθηκε ως άνω όριο για την ποσότητα  $Q$ , το ύψος παραγγελίας  $Q^*$  όπως αυτό προκύπτει από το κλασικό πρότυπο του εφημεριδοπώλη προσαρμοσμένο όμως στο πρόβλημα το οποίο μελετάμε. Έτσι, καταλήξαμε στην εξής σχέση :

$$Q^* = F^{-1} \left( \frac{wM - wP}{h - wP} \right)$$

η οποία μέσω της εντολής norminv στο matlab μας δίνει την τιμή για το άνω όριο κάθε φορά.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### 4.ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΓΙΑ

#### ΤΑ ΔΥΟ ΜΟΝΤΕΛΑ

Σε αυτό το κεφάλαιο της εργασίας υπολογίζονται οι βέλτιστες ποσότητες παραγγελίας  $Q$  και  $M$  καθώς για το κέρδος του πωλητή  $\Pi(Q,M)$  και για τα δύο μοντέλα που μελετήθηκαν. Ο υπολογισμός των αποτελεσμάτων, έγινε με τη χρήση του προγράμματος Matlab ενώ σημειώνεται ότι ο κώδικας που χρησιμοποιήθηκε τόσο στην περίπτωση της γνωστής ζήτησης όσο και στην περίπτωση όπου η ζήτηση ακολουθεί κανονική κατανομή, παρατίθεται στο τέλος της εργασίας. Επιπλέον για να μελετηθεί καλύτερα η συμπεριφορά του μοντέλου και η επίδραση ορισμένων μεταβολών, πραγματοποιήθηκε μια σειρά από αλλαγές στις παραμέτρους του προβλήματος. Για καλύτερη κατανόηση τα αποτελέσματα τα οποία προέκυψαν παρουσιάζονται σε διαγράμματα και πίνακες .

#### 4.1. ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΜΕ ΓΝΩΣΤΗ

##### ΤΗ ΖΗΤΗΣΗ

Σε αυτό το κομμάτι θα μελετηθεί η συμπεριφορά του μοντέλου όταν η ζήτηση είναι γνωστή. Μετά από προσεκτική μελέτη καταλήξαμε στις εξής τιμές για τις παραμέτρους τις οποίες σε μια σειρά πειραμάτων θα μεταβάλλω:

- $s_A=70$  : τιμή πώλησης ανά μονάδα προϊόντος
- $w_M=10$ : κόστος αγοράς ανά μονάδα προϊόντος από τον βασικό προμηθευτή
- $w_B=15$ : κόστος αγοράς ανά μονάδα εξασφαλισμένης ποσότητας από τον εφεδρικό προμηθευτή
- $w_P=25$  : κόστος αγοράς επιπλέον μονάδων από τον εφεδρικό προμηθευτή για πλήρη κάλυψη της ζήτησης
- $e=5$  : κόστος κράτησης αρχικής ποσότητας από τον εφεδρικό προμηθευτή
- Η παραγωγική δυναμικότητα του βασικού προμηθευτή ορίστηκε ως κανονική τυχαία μεταβλητή με μέση τιμή και τυπική απόκλιση:  
 $C(m,s)=(95,4)$
- Τέλος η ζήτηση θεωρήθηκε γνωστή και ίση με  $d=100$

Με βάση τις ανωτέρω τιμές υπολογίστηκαν οι βέλτιστες ποσότητες παραγγελίας καθώς και το αναμενόμενο κέρδος του πωλητή.

Q	100
M	5
Π(Q,M)	5933,1

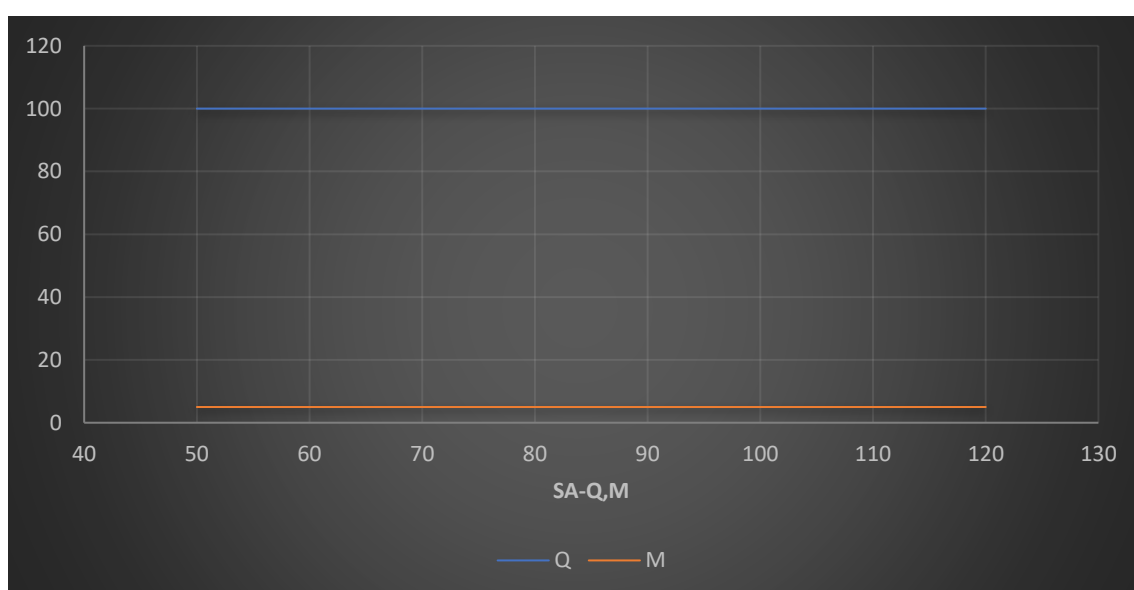
Πίνακας 4.1- Βέλτιστες λύσεις στο μοντέλο της γνωστής ζήτησης

#### 4.1.1 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ sA

Στο πρώτο πείραμα που έγινε διατηρώντας σταθερές τις τιμές των παραμέτρων όπως δηλώθηκαν παραπάνω, μεταβάλλεται μόνο η τιμή πώλησης ανά μονάδα προϊόντος sA. Χρησιμοποιώντας ένα ενδεικτικό εύρος τιμών από 50 έως 130 -καθώς για την τιμή πώλησης δεν υπάρχει κάποιος περιορισμός-, τα αποτελέσματα τα οποία προέκυψαν για τις βέλτιστες ποσότητες αλλά και το αναμενόμενο κέρδος παρουσιάζονται σε πίνακα και διαγράμματα.

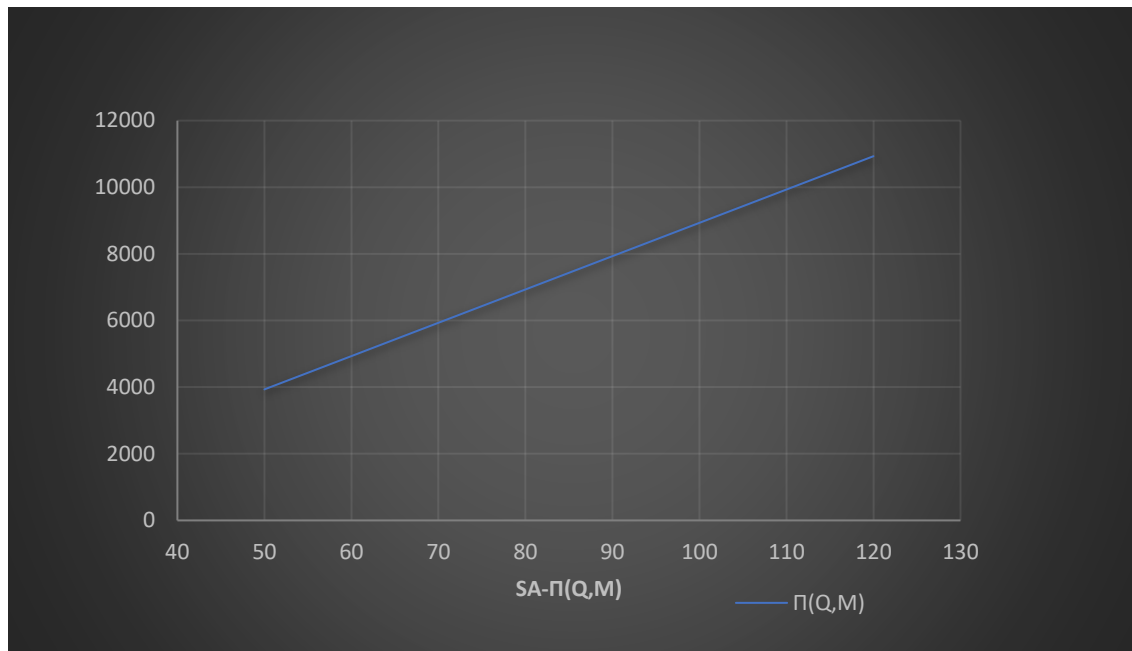
sA	50	60	70	80	90	120
Q	100	100	100	100	100	100
M	5	5	5	5	5	5
Π(Q,M)	3933,1	4933,1	5933,1	6933,1	7933,1	10933,1

Πίνακας 4.2 Βέλτιστες τιμές για γνωστή ζήτηση και μεταβολή παραμέτρου sA



Διάγραμμα 1.α Βέλτιστες ποσότητες παραγγελίας συναρτήσει της παραμέτρου sA για γνωστή ζήτηση





Διάγραμμα 1.β Αναμενόμενο κέρδος συναρτήσει της παραμέτρου  $sA$  για γνωστή ζήτηση

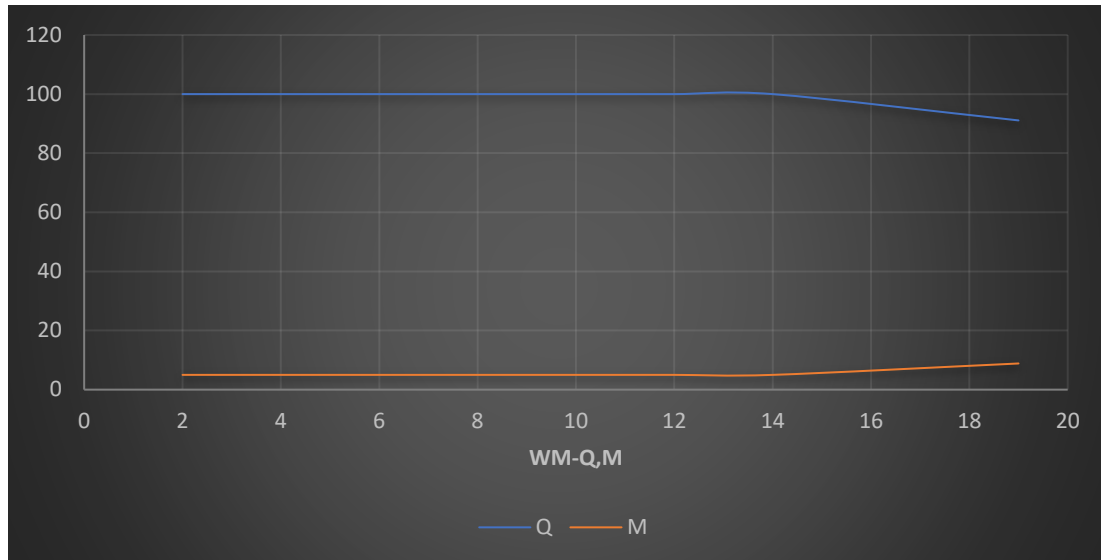
Τόσο από τα διαγράμματα τα οποία προέκυψαν όσο και από τον πίνακα στον οποίο φαίνονται το ύψος παραγγελίας προς τους προμηθευτές καθώς και το αναμενόμενο κέρδος παρατηρείται ότι η τιμή πώλησης όσο και αν μεταβληθεί δεν επηρεάζει τις ποσότητες παραγγελίας, καθώς σε όλο το εύρος τιμών παραμένουν σταθερές. Η μόνη αλλαγή η οποία παρατηρείται και ήταν αναμενόμενη από το μαθηματικό μοντέλο, είναι η αύξηση του αναμενόμενου κέρδους καθώς αυξάνεται η τιμή πώλησης ανά μονάδα προϊόντος. Το ίδιο συμπέρασμα εξάγεται παρατηρώντας και τις μαθηματικές σχέσεις που προκύπτουν για τα 2 μοντέλα. Συγκεκριμένα, παραγωγίζοντας τις σχέσεις που προκύπτουν, βλέπουμε ότι η ποσότητα  $sA$  δεν επηρεάζει τα  $Q, M$ .

#### **4.1.2 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ $wM$**

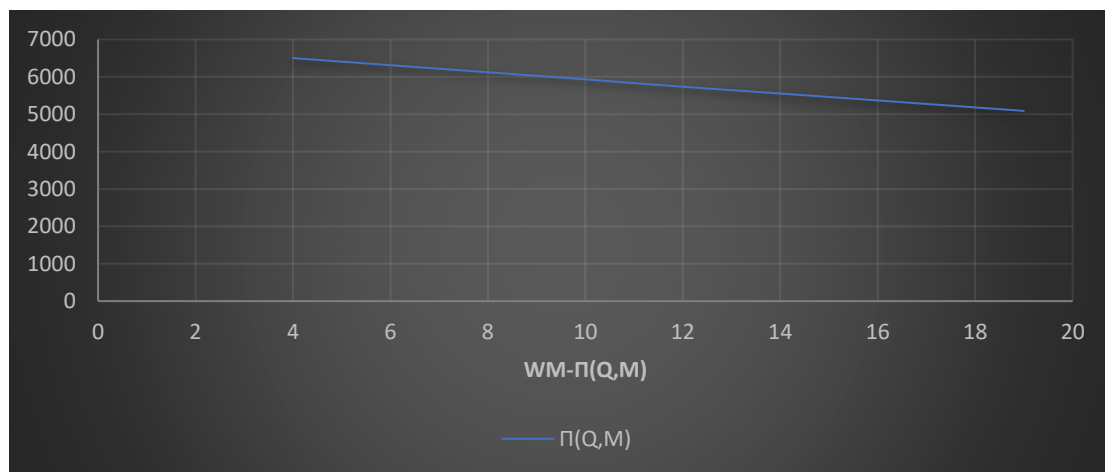
Στη συνέχεια, διατηρώντας πάλι σταθερές τις τιμές των παραμέτρων όπως αυτές δηλώθηκαν παραπάνω, μεταβάλουμε την τιμή αγοράς από τον κύριο προμηθευτή ούτως ώστε να δούμε πώς αυτή επηρεάζει το μοντέλο μας. Το  $wM$  υπόκειται στον περιορισμό  $wM < wB + e$ . Άρα για  $wB=15$  και  $e=5$  στο  $wM$  θα δοθούν τιμές μικρότερες του 20.

wM	4	6	8	10	12	14	19
Q	100	100	100	100	100	100	91,103
M	5	5	5	5	5	5	8,86
$\Pi(Q,M)$	6501,8	6312,2	6122,7	5933,1	5734,5	5553,9	5089,1

Πίνακας 4.3 Βέλτιστες τιμές για γνωστή ζήτηση και μεταβολή παραμέτρου wM



Διάγραμμα 2.α Βέλτιστες ποσότητες παραγγελίας συναρτήσει της παραμέτρου wM για γνωστή ζήτηση



Διάγραμμα 2.β Αναμενόμενο κέρδος συναρτήσει της παραμέτρου wM για γνωστή ζήτηση

Με την αύξηση του κόστους ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας από τον κύριο προμηθευτή, γίνεται αντιληπτό ότι για μικρές τιμές του wM το ύψος παραγγελίας στον κύριο προμηθευτή όσο και στον εφεδρικό παραμένει αμετάβλητο. Όσο οι τιμές όπως πλησιάζουν το άνω όριο που τέθηκε λόγω του περιορισμού βλέπουμε ότι η χρήση του περιορίζεται και προκειμένου να καλυφθεί η ζήτηση χρησιμοποιείται σε μεγαλύτερο

ποσοστό ο εφεδρικός. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, όπως δηλώνεται και στο διάγραμμα κέρδος τη μείωση των προσδοκώμενων εσόδων. Αξίζει να σημειωθεί ότι στην περίπτωση που η τιμή  $w_M$  ξεπεράσει τον περιορισμό, τότε η ζήτηση θα καλυφθεί πλήρως από τον εφεδρικό.

### **4.1.3 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ $w_B$**

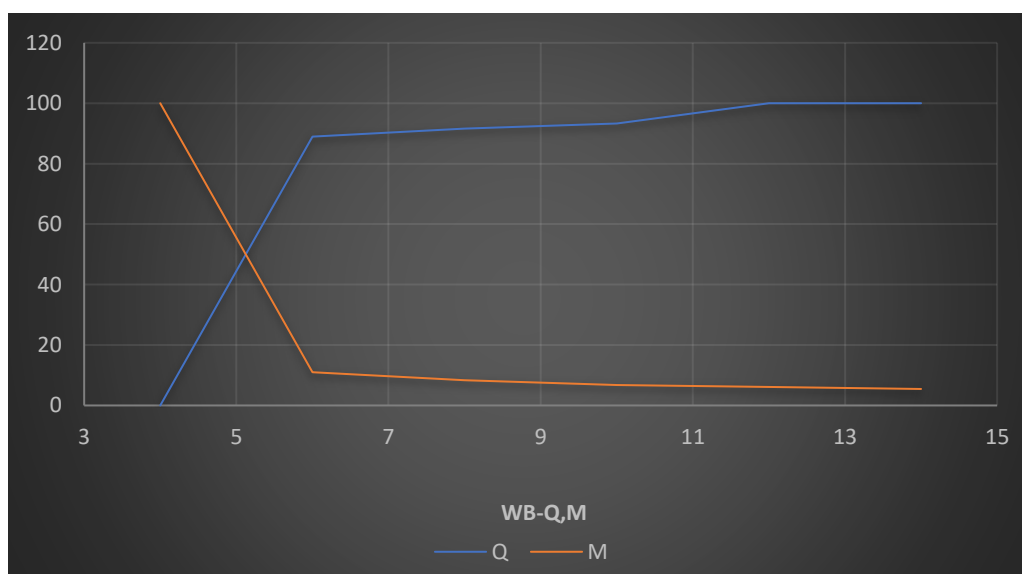
Σε αυτό το σημείο θα μελετηθεί η επίδραση μεταβολών στο κόστος ανά μονάδα αγοράς ποσότητας από τον εφεδρικό προμηθευτή  $w_B$ . Για την παράμετρο  $w_B$  ισχύουν οι εξής περιορισμοί:

- $w_{M-e} < w_B < w_{P-e}$

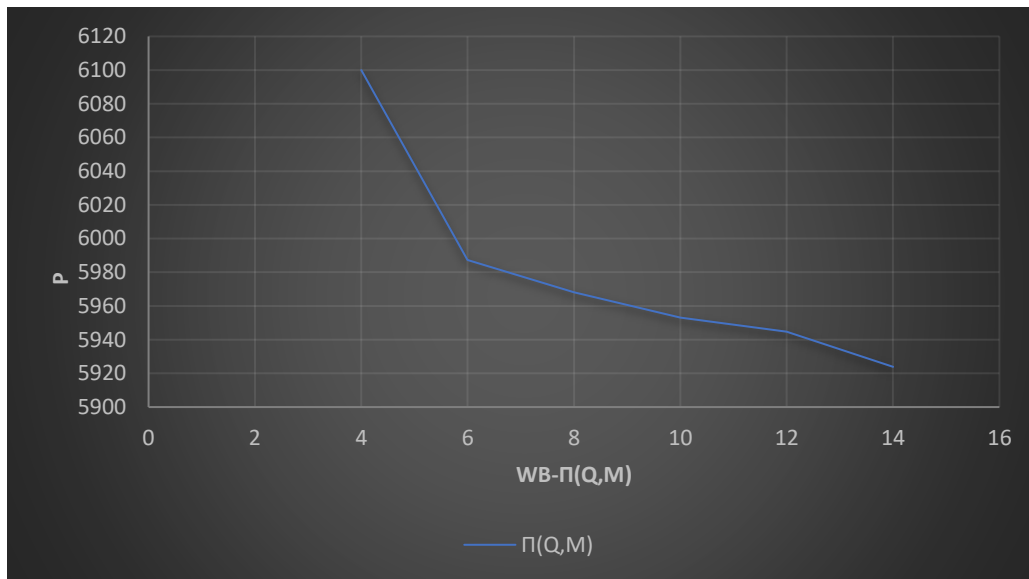
Επομένως οι τιμές που μπορεί να πάρει κυμαίνονται μεταξύ 5 και 20 για το εν λόγω μοντέλο.

$w_B$	4	6	8	10	12	14
<b>Q</b>	0	88,9959	91,6336	93,27	100	100
<b>M</b>	100	11,0041	8,3664	6,7229	6,1735	5,4567
<b><math>\Pi(Q,M)</math></b>	6100	5987,3	5968,2	5953,2	5944,8	5923,9

Πίνακας 4.4 Βέλτιστες τιμές για γνωστή ζήτηση και μεταβολή παραμέτρου  $w_B$



Διάγραμμα 3.α Βέλτιστες ποσότητες παραγωγής συναρτήσει της παραμέτρου  $w_B$  για γνωστή ζήτηση



Διάγραμμα 3.β Αναμενόμενο κέρδος συναρτήσει της παραμέτρου  $wB$  για γνωστή ζήτηση

Με εξαίρεση την τιμή 4 η οποία βρίσκεται εκτός των περιορισμών, παρατηρούμε ότι όσο αυξάνεται η τιμή κόστους ανά μονάδα αγοράς ποσότητας από τον εφεδρικό προμηθευτή, περιορίζεται σημαντικά η χρήση του από τον αγοραστή. Αυτό έχει ως συνέπεια την αύξηση του ύψους παραγγελίας στον κύριο προμηθευτή  $Q$ . Τέλος, με την αύξηση της παραμέτρου  $wB$  τα αναμενόμενα έσοδα μειώνονται.

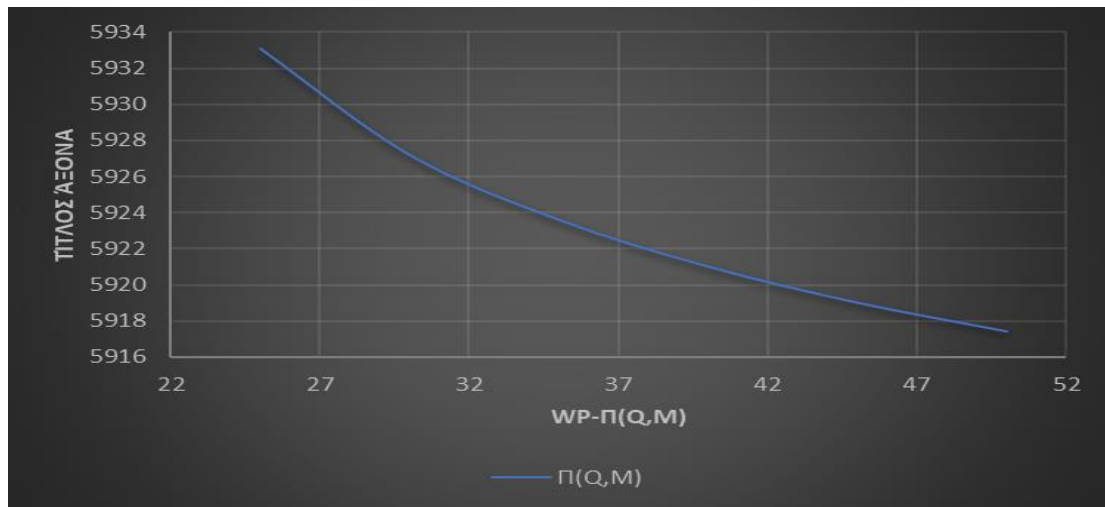
Στην ειδική περίπτωση όπου στην παράμετρο  $wB$  δοθεί τιμή εκτός περιορισμών, όπως παραδείγματος χάρη 4, εφόσον η τιμή αγοράς από τον εφεδρικό είναι μικρότερη από αυτήν του κύριου προμηθευτή τότε προμηθευόμαστε εξ ολοκλήρου την ποσότητα από αυτόν.

#### **4.1.4 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ $wP$**

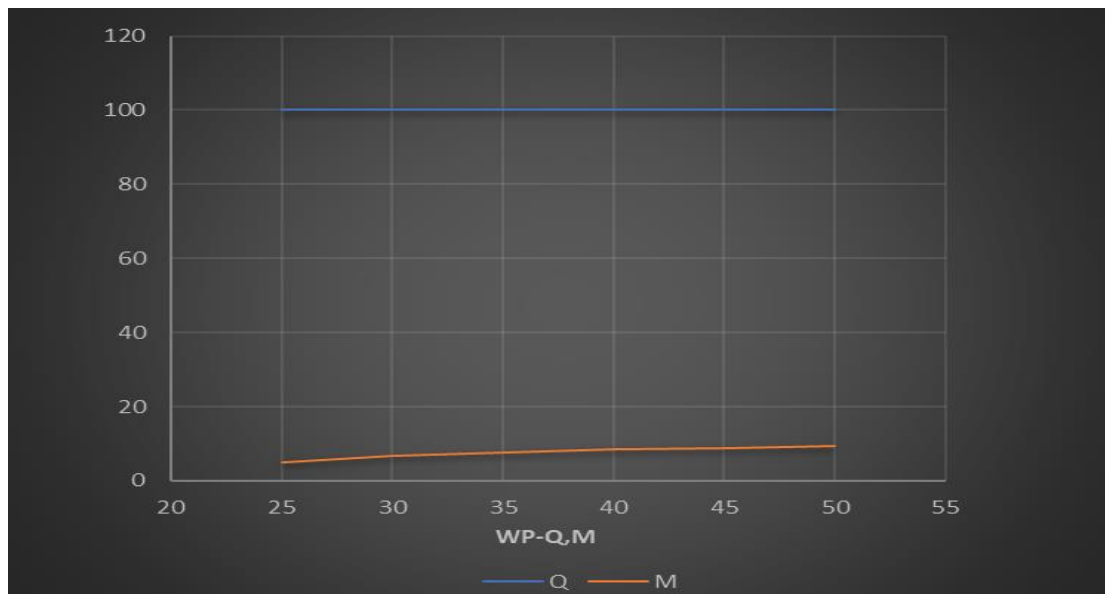
Πραγματοποιούμε μεταβολή της παραμέτρου  $wP$  με την οποία υποδηλώνεται το κόστος αγοράς επιπλέον μονάδων πέραν των εξασφαλισμένων από τον εφεδρικό προμηθευτή ώστε να καλυφθεί πλήρως η ζήτηση. Σύμφωνα με τους περιορισμούς θα πρέπει  $wP > wB + e$  ή  $wP > 20$ .

$wP$	25	30	35	40	45	50
$Q$	100	100	100	100	100	100
$M$	5	6,7229	7,698	8,3665	8,8697	9,2703
$\Pi(Q,M)$	5933,1	5927,2	5923,6	5921	5919	5917,4

Πίνακας 4.5 Βέλτιστες τιμές για γνωστή ζήτηση και μεταβολή παραμέτρου  $wP$



Διάγραμμα 4.α Βέλτιστες ποσότητες παραγγελίας συναρτήσει της παραμέτρου  $wP$  για γνωστή ζήτηση



Διάγραμμα 4.β Αναμενόμενο κέρδος συναρτήσει της παραμέτρου  $wP$  για γνωστή ζήτηση

Η αύξηση της τιμής  $wP$  δεν επηρεάζει το ύψος παραγγελίας στον κύριο προμηθευτή. Ωστόσο, προκειμένου να αποφευχθεί η αγορά περαιτέρω μονάδων από τον εφεδρικό σε ακόμα ακριβότερη τιμή, αυξάνεται η ποσότητα  $M$ . Τέλος όπως ήταν αναμενόμενο, τα προσδοκώμενα κέρδη μειώνονται.

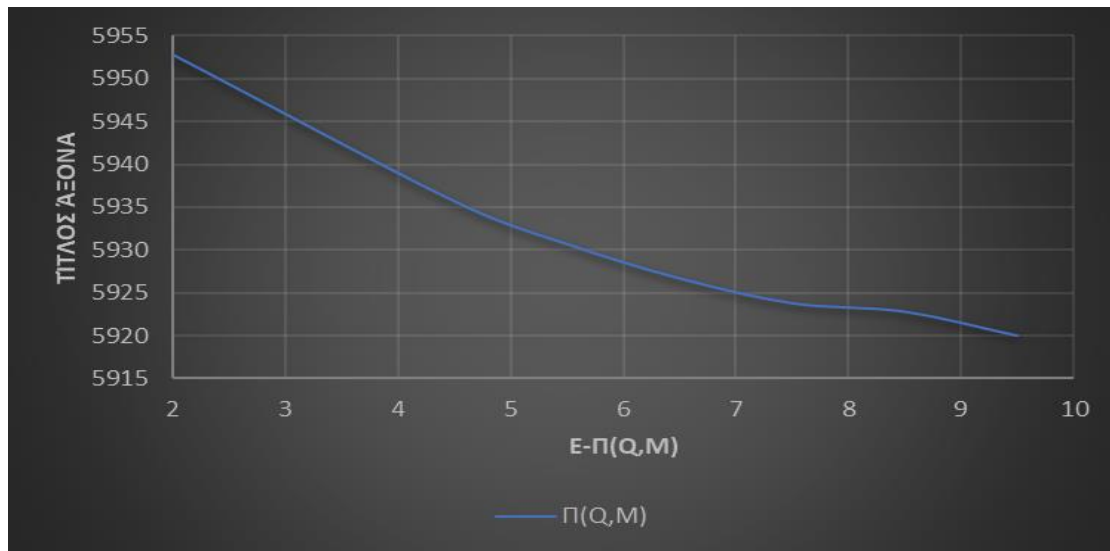
#### **4.1.5 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ $e$**

Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε η μεταβολή της παραμέτρου  $e$ . Με  $e$  συμβολίστηκε το κόστος κράτησης της αρχικής ποσότητας  $M$  από τον εφεδρικό προμηθευτή. Οι μεταβολές πραγματοποιήθηκαν σε ένα εύρος τιμών από 2 έως 10 και πήραμε τα εξής αποτελέσματα:

e	2	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5
Q	100	100	100	100	100	100	100
M	8,36	5,5026	4,4974	3,4587	2,302	0,8543	0
$\Pi(Q,M)$	5952,8	5935,7	5930,7	5926,7	5923,8	5922,8	5920

Πίνακας 4.6 Βέλτιστες τιμές για γνωστή ζήτηση και μεταβολή παραμέτρου e

Ζδιάγραμμα 5.α Βέλτιστες ποσότητες παραγγελίας συναρτήσει της παραμέτρου e για γνωστή ζήτηση



Διάγραμμα 6.β Αναμενόμενο κέρδος συναρτήσει της παραμέτρου e για γνωστή ζήτηση

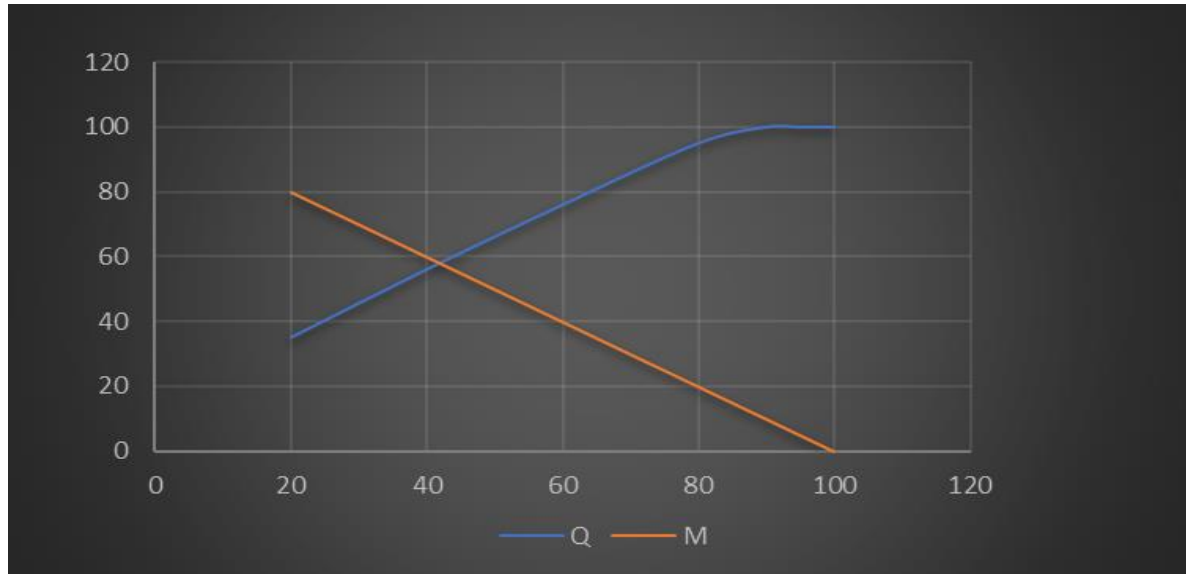
Αυτό που παρατηρείται είναι πώς με την αύξηση της τιμή κόστους ανά μονάδα εξασφαλισμένης ποσότητας από τον εφεδρικό ο αγοραστής προτιμά τον κύριο προμηθευτή, έτσι η χρήση του εφεδρικού περιορίζεται ενώ όπως είναι λογικό το συνολικό κέρδος μειώνεται

#### **4.1.6 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ m**

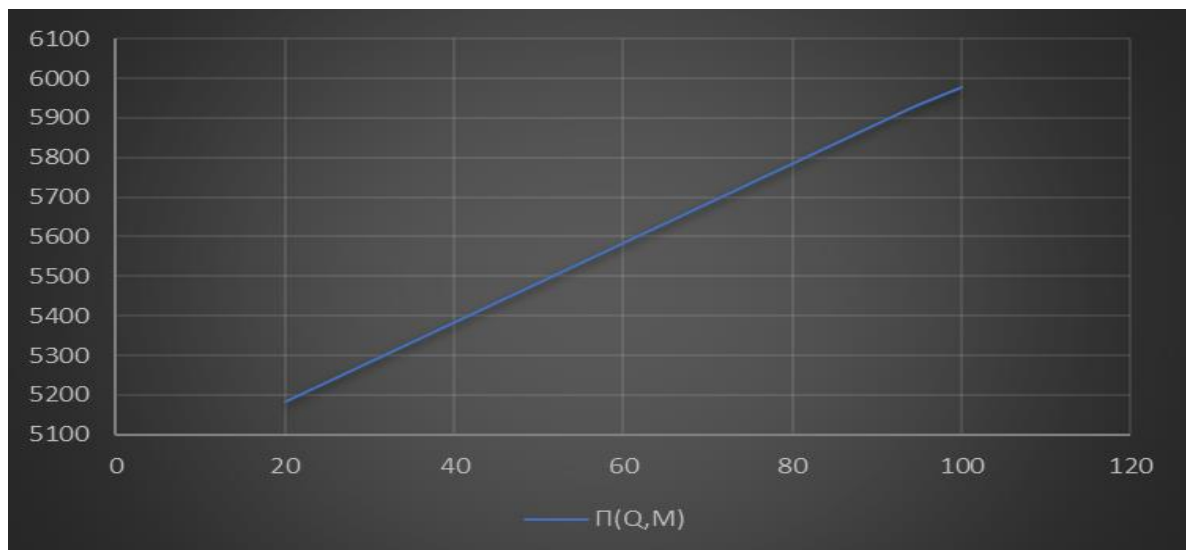
Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η παραγωγική δυναμικότητα του αναξιόπιστου βασικού προμηθευτή είναι τυχαία μεταβλητή η οποία για τις ανάγκες της εργασίας δηλώθηκε ως κανονική με μέση τιμή m. Σ αυτό το κομμάτι θα μεταβάλλω την μέση τιμή σ ένα εύρος τιμών μεγαλύτερων αλλά και μικρότερων από την τιμή 95 που δόθηκε αρχικά.

m	20	40	60	80	90	95	100
Q	35,067	56,09	76,031	95,0129	100	100	100
M	80	60	40	20	10	5	0
$\Pi(Q,M)$	5184,1	5384,1	5584,1	5784,1	5884	5933,1	5976,1

Πίνακας 4.7 Βέλτιστες τιμές για γνωστή ζήτηση και μεταβολή παραμέτρου  $m$



Διάγραμμα 6.α Βέλτιστες ποσότητες παραγγελίας συναρτήσει της παραμέτρου  $m$  για γνωστή ζήτηση



Διάγραμμα 6.β Αναμενόμενο κέρδος συναρτήσει της παραμέτρου  $m$  για γνωστή ζήτηση

Με βάση τα διαγράμματα και τους πίνακες τιμών, βλέπουμε ότι όσο αυξάνεται η μέση τιμή της παραγωγικής δυναμικότητας του βασικού προμηθευτή αυξάνεται και το ύψος παραγγελίας προς αυτόν. Στο σημείο δε που η μέση τιμή προσεγγίζει τη ζήτηση, παρατηρείται ότι το ύψος παραγγελίας προς αυτόν ταυτίζεται επακριβώς με την τιμή της. Αυτό συμβαίνει λόγω του γεγονότος ότι το κόστος αγοράς προϊόντων από αυτόν είναι μικρότερο και όταν η μέση τιμή του  $C$  προσεγγίζει τη ζήτηση τότε πιθανώς θα μας καλύψει πλήρως. Παρόμοια πορεία ακολουθούν και τα αναμενόμενα κέρδη για το λόγο που προαναφέρθηκε.

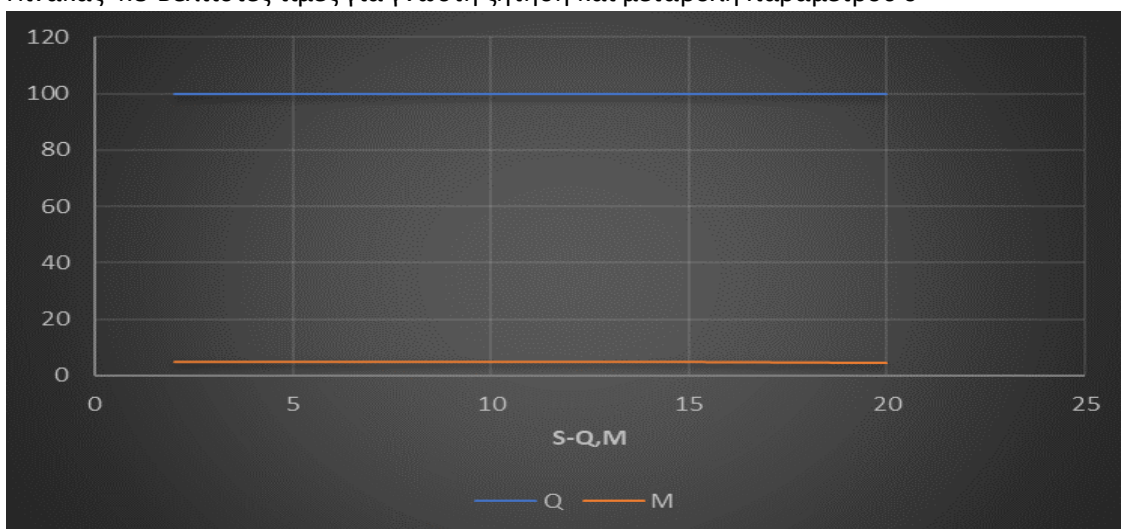
Αντίστροφη πορεία ακολουθεί το ύψος παραγγελίας  $M$  καθώς για μικρές τιμές της μέσης τιμής του  $C$ , η ποσότητα  $M$  παίρνει τις μέγιστες τιμές προκειμένου να καλυφθεί η ζήτηση ενώ για μεγάλες τιμές του  $m$ , η χρήση του εφεδρικού περιορίζεται σημαντικά.

#### **4.1.7 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ $s$**

Με  $s$  συμβολίστηκε η τυπική απόκλιση της παραγωγικής δυναμικότητας του βασικού προμηθευτή. Στο τελευταίο αυτό πείραμα πάνω στο μοντέλο της γνωστής ζήτησης, παρατηρήθηκε η συμπεριφορά του μεταβάλλοντας κάθε φορά την τυπική απόκλιση.

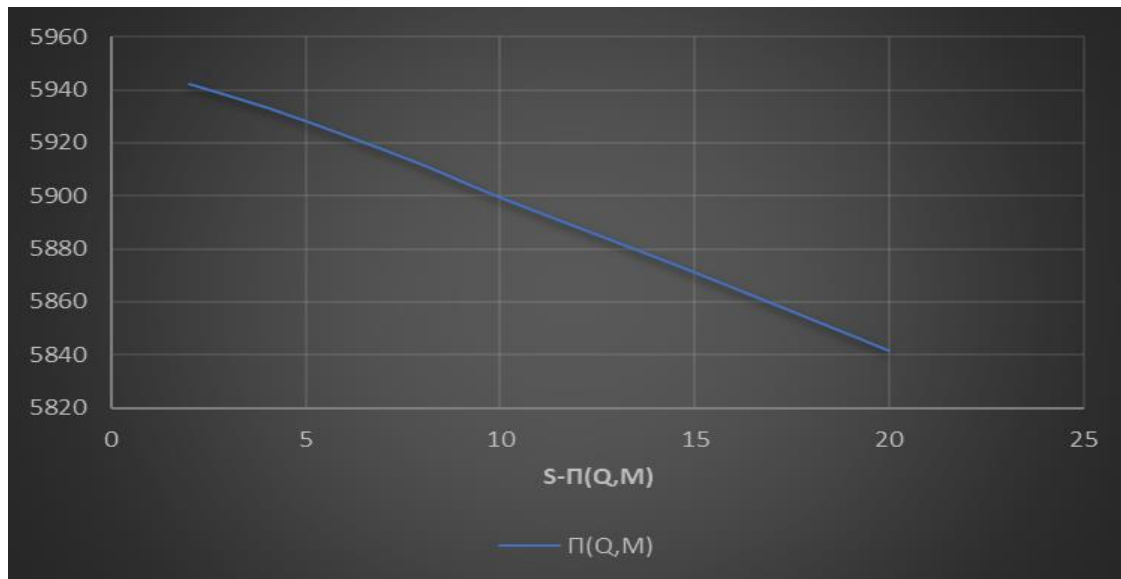
$s$	2	4	6	8	10	15
$Q$	100	100	100	100	100	100
$M$	5	5	5	5	5	5
$\Pi(Q,M)$	5942	5933,1	5922,7	5911,6	5899,3	5871,1

Πίνακας 4.8 Βέλτιστες τιμές για γνωστή ζήτηση και μεταβολή παραμέτρου  $s$



Διάγραμμα 7.α Βέλτιστες ποσότητες παραγγελίας συναρτήσει της παραμέτρου  $s$  για γνωστή ζήτηση





Διάγραμμα 7.β Αναμενόμενο κέρδος συναρτήσει της παραμέτρου  $s$  για γνωστή ζήτηση

Οι μεταβολές της τυπικής απόκλισης δεν επηρεάζουν τη συμπεριφορά του μοντέλου με γνωστή τη ζήτηση. Η μόνη επίδραση είναι στα αναμενόμενα κέρδη, καθώς με αύξηση της “ αβεβαιότητας ” που προκαλείται από την αύξηση της τυπικής απόκλισης, αναγκάζεται να αγοράσει ακριβότερα με τιμή  $wP$ . Θα ήταν αναμενόμενο, για μεγάλες τιμές στην τυπική απόκλιση της παραγωγικής δυναμικότητας του βασικού προμηθευτή, το ποσοστό παραγγελίας στον εφεδρικό να αυξάνεται κάτι το οποίο δεν συμβαίνει. Σε μια σειρά πειραμάτων που έγιναν στο ίδιο μοντέλο διατηρώντας σταθερή μια μεγάλη τιμή της τυπικής απόκλισης π.χ. 15 και μεταβάλλοντας κάθε φορά την ποσότητα  $M$  δίνοντας της μεγαλύτερες τιμές παρατηρήθηκε μείωση των αναμενόμενων εσόδων. Οπότε το συμπέρασμα φαίνεται λογικό.

#### **4.2 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΜΕ ΑΓΝΩΣΤΗ ΤΗΝ ΖΗΤΗΣΗ**

Σε αυτό το κομμάτι θα μελετηθεί η συμπεριφορά του μοντέλου όταν η ζήτηση είναι γνωστή. Μετά από προσεκτική μελέτη καταλήξαμε στις εξής τιμές για τις παραμέτρους τις οποίες σε μια σειρά πειραμάτων θα μεταβάλλουμε:

- $sA=70$  : τιμή πώλησης ανά μονάδα προϊόντος
- $wM=10$ : κόστος αγοράς ανά μονάδα προϊόντος από τον βασικό προμηθευτή

- $w_B=15$ : κόστος αγοράς ανά μονάδα εξασφαλισμένης ποσότητας από τον εφεδρικό προμηθευτή
- $w_P=25$  : κόστος αγοράς επιπλέον μονάδων από τον εφεδρικό προμηθευτή για πλήρη κάλυψη της ζήτησης
- $e=5$  : κόστος κράτησης αρχικής ποσότητας από τον εφεδρικό προμηθευτή
- Η παραγωγική δυναμικότητα του βασικού προμηθευτή ορίστηκε ως κανονική τυχαία μεταβλητή με μέση τιμή και τυπική απόκλιση:

$$C(m,s)=(95,4)$$

- $h=4$  :τιμή απόσυρσης των περισσευούμενων μονάδων

Τέλος η ζήτηση  $X$  θεωρήθηκε επίσης κανονική τυχαία μεταβλητή με μέση τιμή και τυπική απόκλιση  $X(m_2,s_2)=(100,8)$

Με βάση τις ανωτέρω τιμές υπολογίστηκαν οι βέλτιστες ποσότητες παραγγελίας καθώς και το αναμενόμενο κέρδος του πωλητή.

$Q$	102
$M$	5,0299
$\Pi(Q,M)$	5896,5

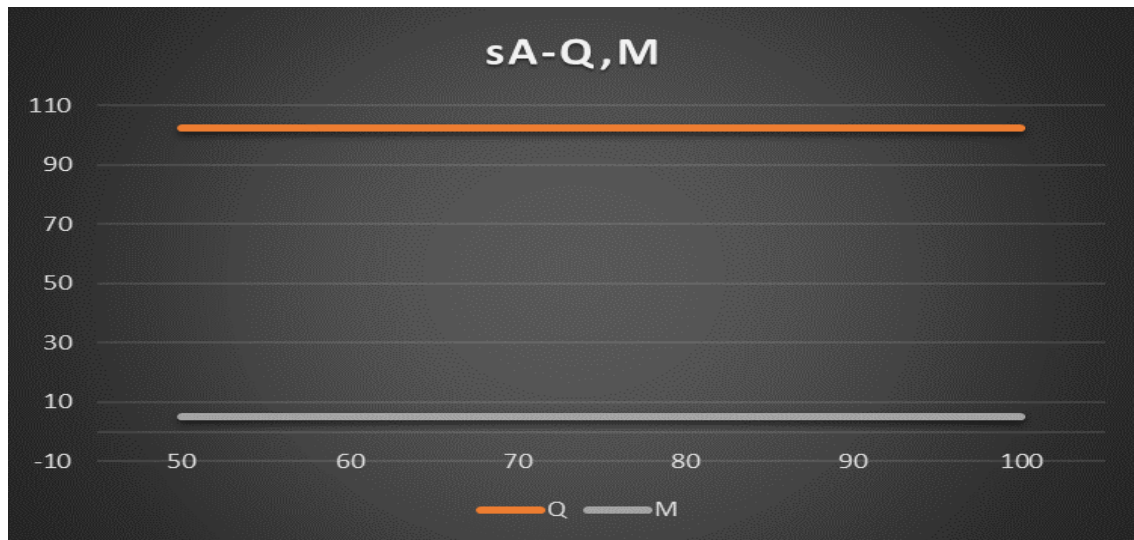
Πίνακας 4.9 Βέλτιστες λύσεις στο μοντέλο της άγνωστης ζήτησης

#### **4.2.1 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ $s_A$**

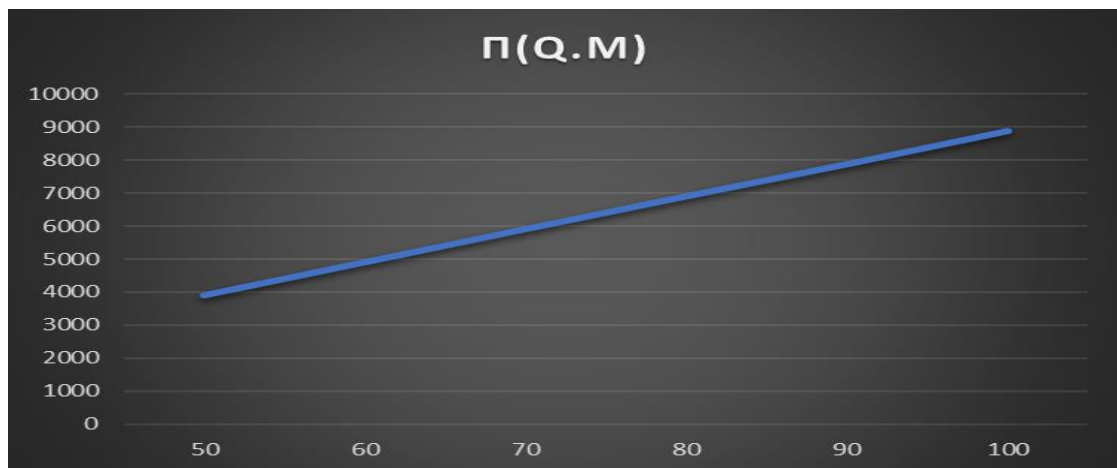
Στο πρώτο πείραμα το οποίο γίνεται για το μοντέλο της άγνωστης ζήτησης μεταβάλλουμε την παράμετρο  $s_A$  δίνοντας της τιμές από 50 έως 100.

$s_A$	50	60	70	80	90	100
$Q$	102	102	102	102	102	102
$M$	5,0299	5,0299	5,0299	5,0299	5,0299	5,0299
$\Pi(Q,M)$	3896,5	4896,4	5896,5	6896,3	7896,3	8896,2

Πίνακας 4.10 Βέλτιστες λύσεις στο μοντέλο της άγνωστης ζήτησης για μεταβολή παραμέτρου  $s_A$



Διάγραμμα 8.α Βέλτιστες ποσότητες παραγγελίας συναρτήσει της παραμέτρου  $sA$  για άγνωστη ζήτηση



Διάγραμμα 8.β Αναμενόμενο κέρδος συναρτήσει της παραμέτρου  $sA$  για άγνωστη ζήτηση

Όπως ακριβώς συνέβη στην περίπτωση της γνωστής ζήτησης, η μεταβολή της τιμής πώλησης δεν επηρεάζει το ύψος παραγγελίες προς τους 2 προμηθευτές παρά μόνο το προσδοκώμενο κέρδος. Έτσι, όπως είναι λογικό με αύξηση της τιμής πώλησης αυξάνονται τα έσοδα για τον πωλητή.

#### **4.2.2 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ $wM$**

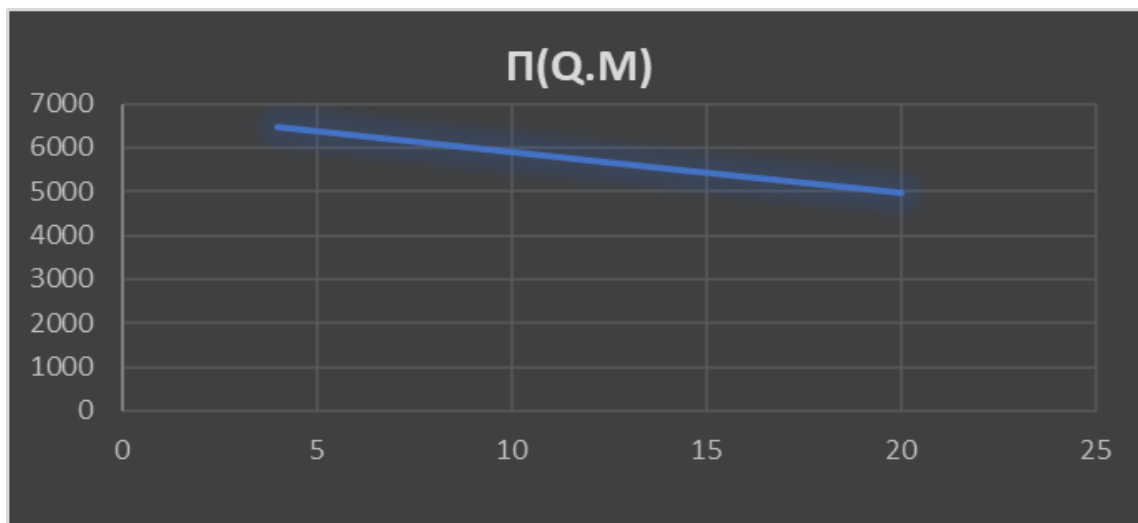
Στη συνέχεια, διατηρώντας πάλι σταθερές τις τιμές των παραμέτρων όπως αυτές δηλώθηκαν, μεταβάλουμε την τιμή αγοράς από τον κύριο προμηθευτή ούτως ώστε να δούμε πώς αυτή επηρεάζει το μοντέλο μας. Το  $wM$  υπόκειται στον περιορισμό  $wM < wB + e$ . Άρα για  $wB = 15$  και  $e = 5$  στο  $wM$  θα δοθούν τιμές μικρότερες του 20.

wM	6	8	10	12	14	20
Q	108,7229	105	102,4011	100,134	97,8996	74,1213
M	4,9994	5,0028	5,0299	5,1467	5,48	26
$\Pi(Q,M)$	6276,3	6086,3	5896,5	5706,6	5517,3	4967,8

Πίνακας 4.11 Βέλτιστες λύσεις στο μοντέλο της άγνωστης ζήτησης για μεταβολή παραμέτρου wM



Διάγραμμα 9.α Βέλτιστες ποσότητες παραγγελίας συναρτήσει της παραμέτρου wM για άγνωστη ζήτηση



Διάγραμμα 9.β Αναμενόμενο κέρδος συναρτήσει της παραμέτρου wM για άγνωστη ζήτηση

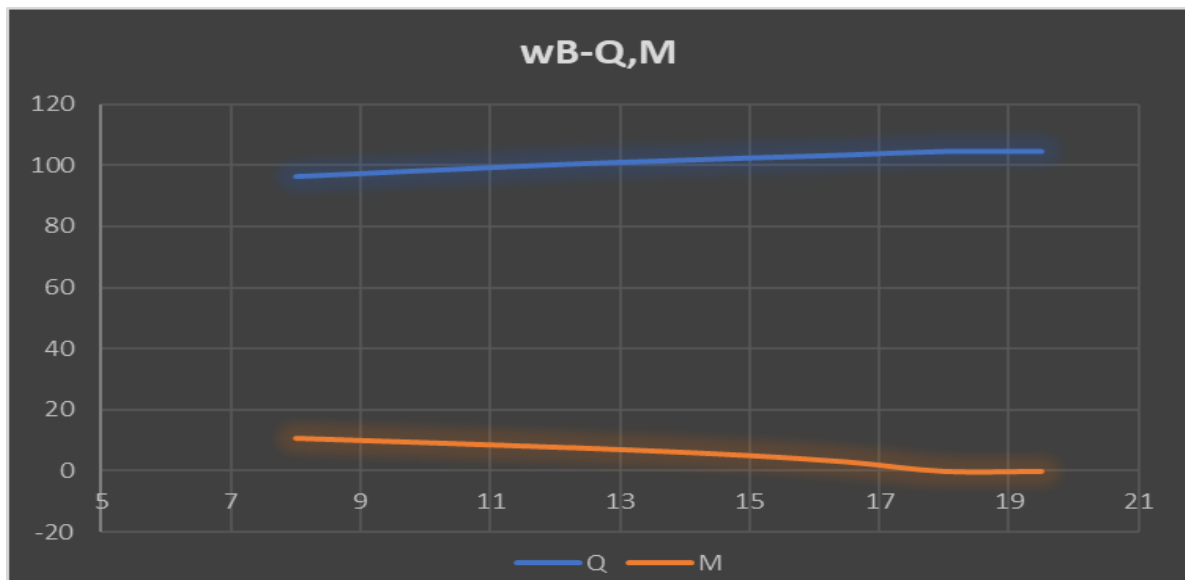
Παρατηρούμε ότι με αύξηση του κόστους αγοράς από τον κύριο προμηθευτή η χρήση του μειώνεται. Σταδιακά προκειμένου να καλυφθεί η ζήτηση και εφόσον ο κύριος προμηθευτής δεν αποτελεί πλέον την οικονομικότερη λύση βλέπουμε το ύψος παραγγελίας M να αυξάνεται. Στην οριακή περίπτωση όπου  $wM = wB + e$  βλέπουμε το ύψος παραγγελίας στον εφεδρικό να εκτοξεύεται ενώ όπως είναι λογικό τα αναμενόμενα έσοδα μειώνονται.

### 4.2.3 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ $w_B$

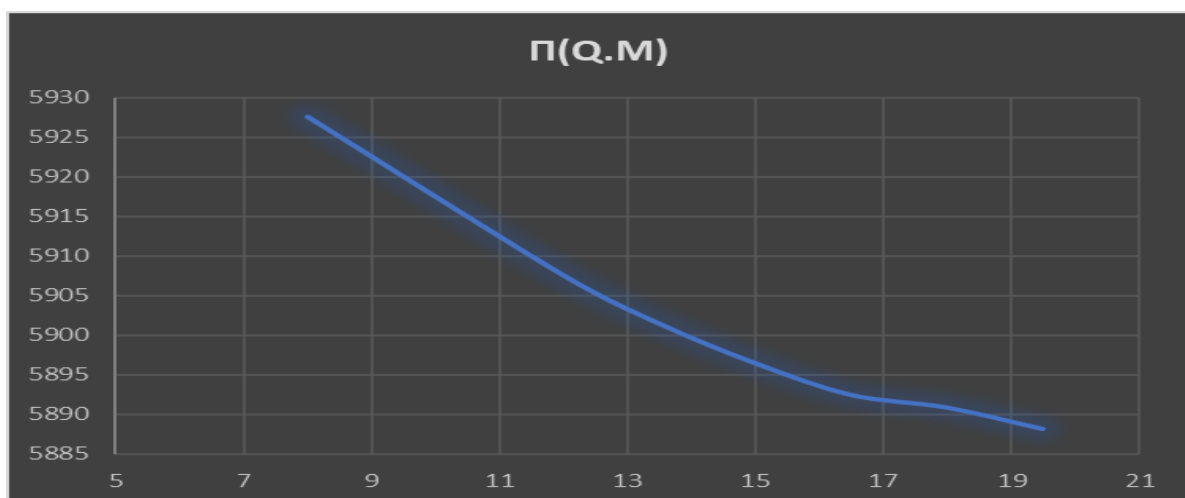
Εξετάζουμε τη συμπεριφορά του μοντέλου για τις διάφορες τιμές της παραμέτρου  $w_B$ , στα πλαίσια του περιορισμού  $w_{M-e} < w_B < w_{P-e}$  και εξάγονται τα εξής αποτελέσματα:

$w_B$	8	12	13,5	15	16,5	18	19,5
Q	96,36	100,21	101,32	102,40	103,38	104,52	104,52
M	10,543	7,7274	6,5238	5,0299	3,0234	0	0
$\Pi(Q,M)$	5927,6	5907,6	5901,5	5896,5	5892,5	5890,9	5888,2

Πίνακας 4.12 Βέλτιστες λύσεις στο μοντέλο της άγνωστης ζήτησης για μεταβολή παραμέτρου  $w_B$



Διάγραμμα 10.α Βέλτιστες ποσότητες παραγωγής συναρτήσει της παραμέτρου  $w_B$  για άγνωστη ζήτηση



Διάγραμμα 10.β Αναμενόμενο κέρδος συναρτήσει της παραμέτρου  $w_B$  για άγνωστη ζήτηση

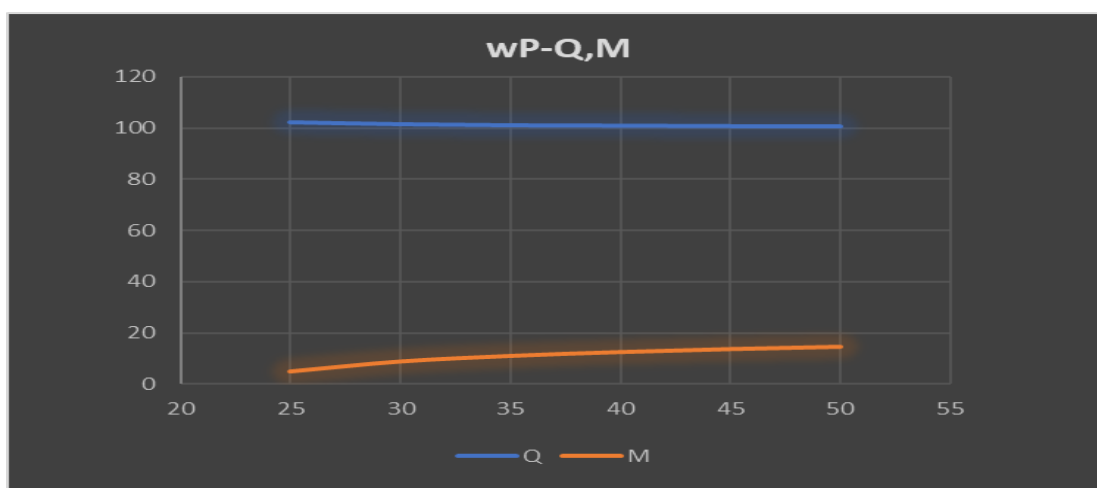
Με την αύξηση της τιμής του κόστους ανά μονάδα εξασφαλισμένης ποσότητας από τον εφεδρικό προμηθευτή, ο πωλητής αυξάνει το ύψος παραγγελίας προς τον κύριο προμηθευτή ενώ το  $M$  μειώνεται. Αυτό έχει ως συνέπεια την μείωση του προσδοκώμενου κέρδους.

#### **4.2.4 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ $w_P$**

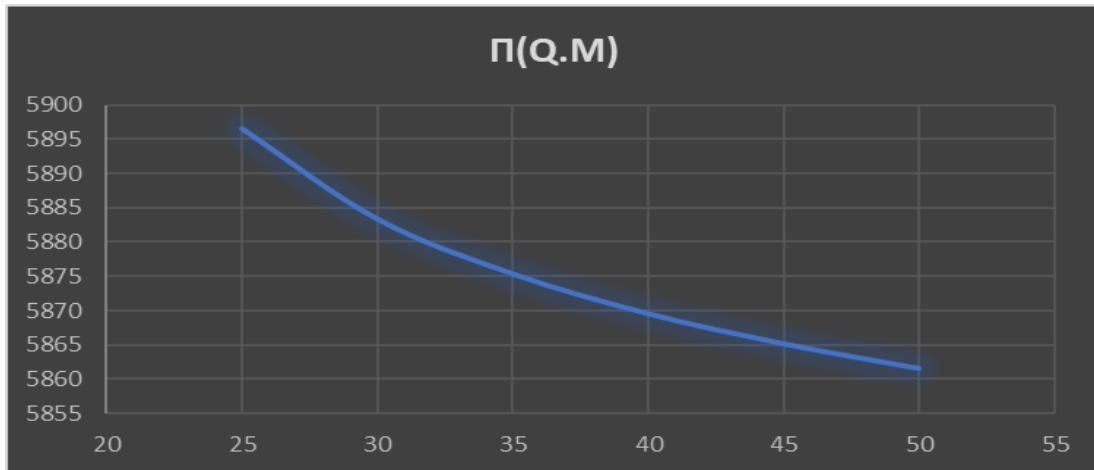
Στην περίπτωση αυτή θα δούμε τη συμπεριφορά του μοντέλου, καθώς μεταβάλλεται το κόστος αγοράς επιπλέον μονάδων από τον εφεδρικό πέραν του  $M$  ενώ προσέχουμε οι τιμές που θα δοθούν να βρίσκονται στα πλαίσια:  $w_P > w_B + e$ .

$w_P$	25	30	35	40	45	50
$Q$	102,4011	101,661	101,24	101,0939	100,934	100,8175
$M$	5,0299	8,8889	11,065	12,5569	13,6811	14,5759
$\Pi(Q,M)$	5896,5	5883,3	5875,3	5869,5	5865,1	5861,5

Πίνακας 4.13 Βέλτιστες λύσεις στο μοντέλο της άγνωστης ζήτησης για μεταβολή παραμέτρου  $w_P$



Διάγραμμα 11.α Βέλτιστες ποσότητες παραγγελίας συναρτήσει της παραμέτρου  $w_P$  για άγνωστη ζήτηση



Διάγραμμα 11.β Αναμενόμενο κέρδος συναρτήσει της παραμέτρου  $w_P$  για άγνωστη ζήτηση

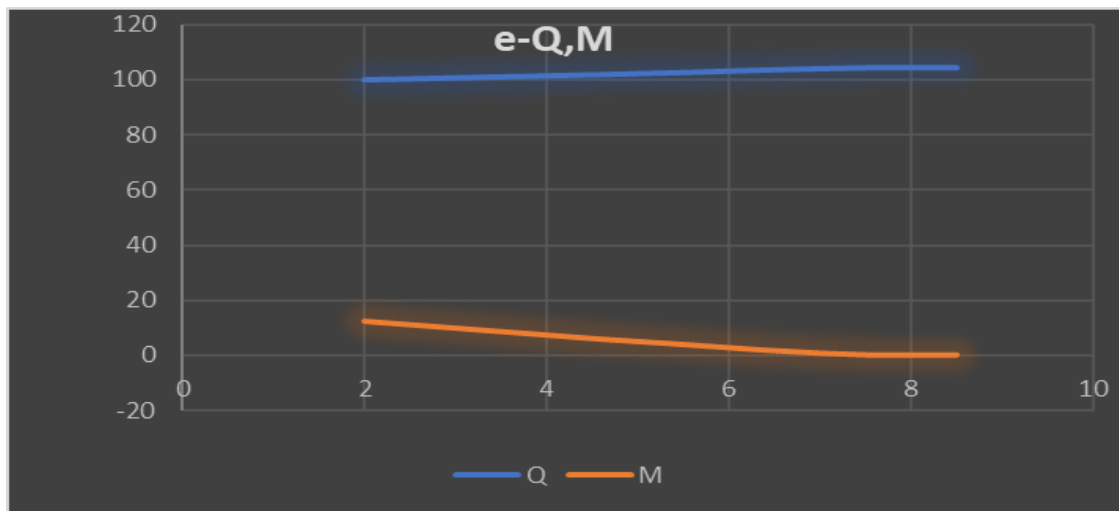
Παρατηρούμε ότι με την αύξηση της τιμής  $w_P$ , το ύψος παραγγελίας στον κύριο προμηθευτή ελαττώνεται λόγω αβεβαιότητας, ενώ αυξάνεται αρκετά το ύψος παραγγελίας προς τον εφεδρικό. Αυτό συμβαίνει προκειμένου να εξασφαλιστεί από τον πωλητή, ότι σε περίπτωση που η παραγγελία που καταφθάνει από τον κύριο προμηθευτή δεν καλύπτει τη ζήτηση, αυτή θα καλυφθεί με φθηνότερο κόστος από τον εφεδρικό με την κράτηση μιας εξαρχής ποσότητας ούτως ώστε να μην χρειαστεί περαιτέρω αγορά προϊόντων στην τιμή  $w_P$ . Όπως είναι αναμενόμενο, αυξάνοντας την παραγγελία προς τον εφεδρικό καλύπτεται μεν η ζήτηση αλλά τα αντίστοιχα έσοδα μειώνονται.

#### **4.2.5 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ $e$**

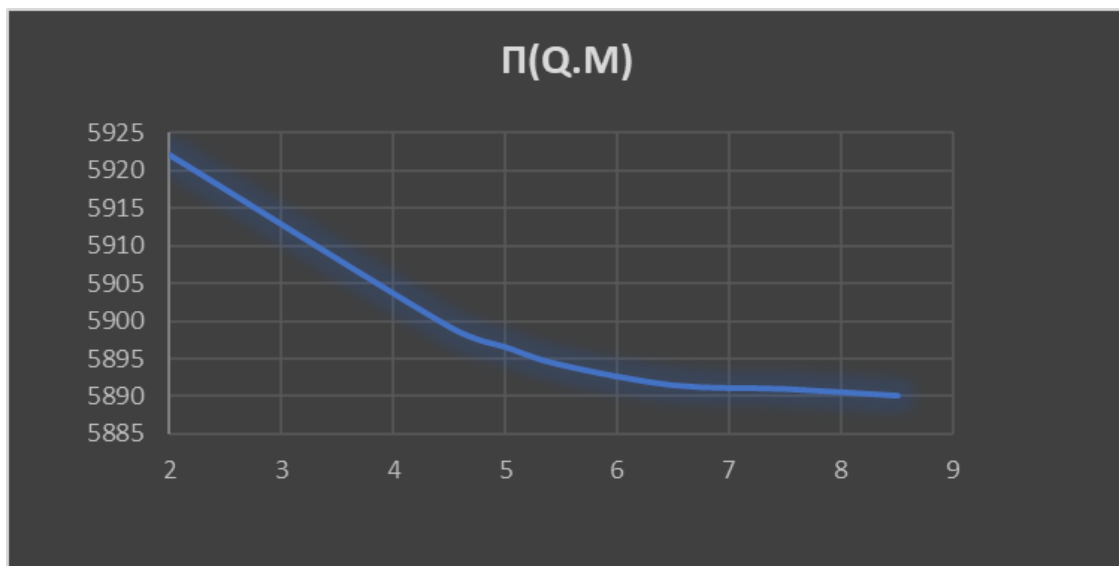
Σε αυτό το κομμάτι θα μελετήσουμε τις συνέπειες που επιφέρει η μεταβολή του κόστους ανά μονάδα κράτησης προϊόντος στον εφεδρικό προμηθευτή.

$E$	2	4,5	5	5,5	6,5	7,5	8,5
$Q$	100,11	101,94	102,40	102,80	103,8	104,5	104,5
$M$	12,589	6,1605	5,0299	3,9015	1,5692	0	0
$\Pi(Q.M)$	5922,2	5899,2	5896,5	5894,1	5891,4	5890,9	5890

Πίνακας 4.14 Βέλτιστες λύσεις στο μοντέλο της άγνωστης ζήτησης για μεταβολή παραμέτρου  $e$



Διάγραμμα 12.α Βέλτιστες ποσότητες παραγγελίας συναρτήσει της παραμέτρου  $e$  για άγνωστη ζήτηση



Διάγραμμα 12.β Αναμενόμενο κέρδος συναρτήσει της παραμέτρου  $e$  για άγνωστη ζήτηση

Όσο αυξάνεται η τιμή ανά μονάδα κράτησης μιας αρχικής ποσότητας από τον εφεδρικό προμηθευτή το ύψος της παραγγελίας προς αυτόν μειώνεται. Επιπλέον προκειμένου να καλυφθεί η επιπλέον ζήτηση αυξάνει την παραγγελία προς τον κύριο προμηθευτή, ενώ τα αντίστοιχα έσοδα μειώνονται λόγω αγοράς επιπλέον μονάδων σε ακριβότερο κόστος  $wP$  για κάλυψη της ζήτησης.

#### **4.2.6 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΜΕΣΗΣ ΤΙΜΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΚΥΡΙΟΥ ΠΡΟΜΗΘΕΥΤΗ $m$**

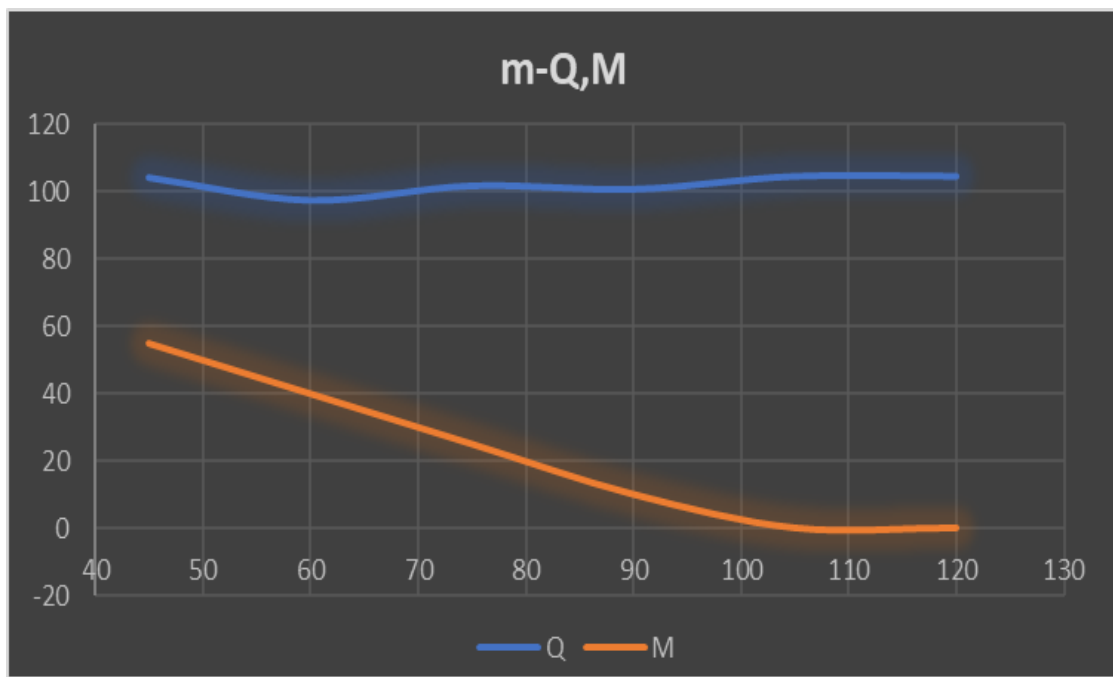
Όπως έχουμε ήδη αναφέρει η παραγωγική δυναμικότητα του κύριου προμηθευτή είναι τυχαία μεταβλητή με κανονική κατανομή. Επικεντρωνόμαστε στην μελέτη της συμπεριφοράς του μοντέλου για



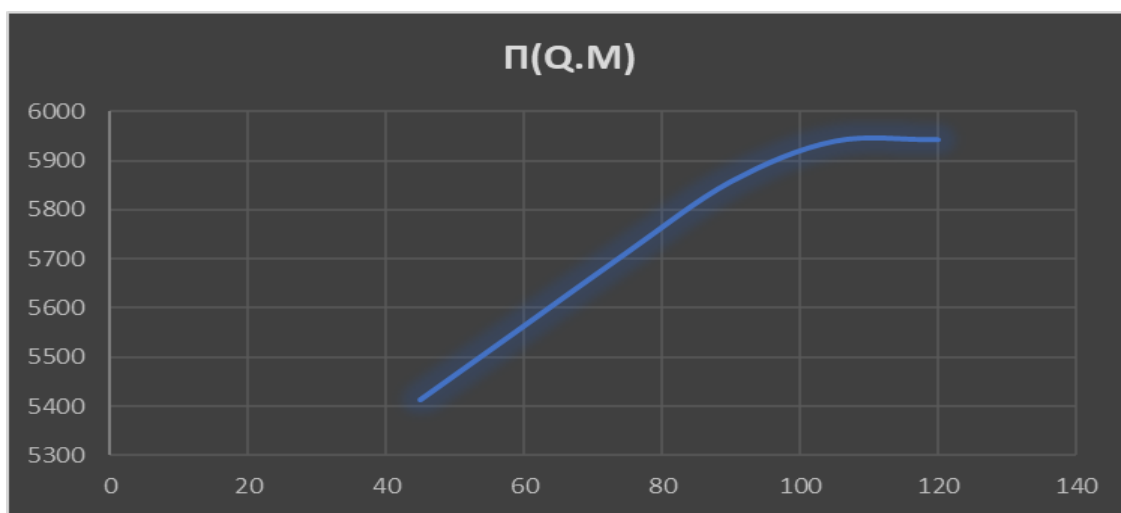
μεταβολή της μέσης τιμής της παραγωγικής δυναμικότητας του κύριου προμηθευτή. Κατ' αυτό τον τρόπο εξάγουμε τα εξής αποτελέσματα:

m	45	60	75	90	105	120
Q	104,12	97,46	101,74	100,73	104,52	104,52
M	54,99	39,999	24,9982	10,001	0	0
$\Pi(Q,M)$	5414,1	5564,1	5714	5857,5	5939,4	5942,5

Πίνακας 4.15 Βέλτιστες λύσεις στο μοντέλο της άγνωστης ζήτησης για μεταβολή παραμέτρου m



Διάγραμμα 13.α Βέλτιστες ποσότητες παραγγελίας συναρτήσει της παραμέτρου m για άγνωστη ζήτηση



Διάγραμμα 13.β Αναμενόμενο κέρδος συναρτήσει της παραμέτρου m για άγνωστη ζήτηση

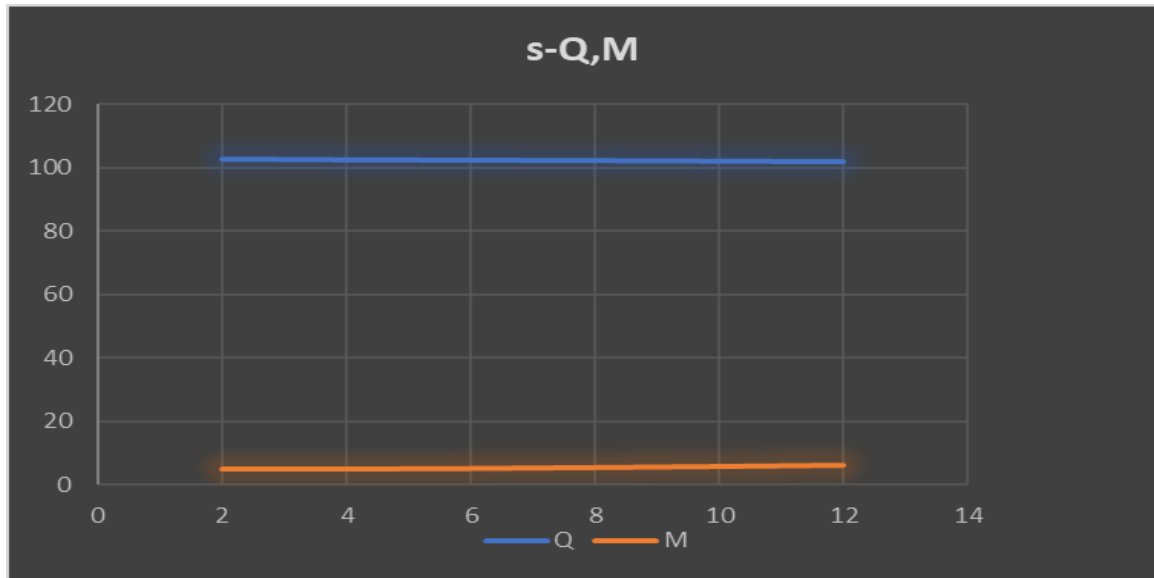
Παρατηρούμε, ότι παρόλες τις μεταβολές στη μέση τιμή της παραγωγικής δυναμικότητας του κύριου προμηθευτή το ύψος παραγγελίες προς αυτόν δεν μεταβάλλεται. Ωστόσο για μικρές τιμές του  $m$  είναι αδύνατον να καλυφθεί η ζήτηση από τον κύριο προμηθευτή. Σε αυτές τις περιπτώσεις βλέπουμε ότι το ύψος παραγγελίες προς τον εφεδρικό ανεβαίνει. Τέλος παρατηρούμε ότι για τις περιπτώσεις που η μέση τιμή του  $C$  παίρνει μικρές τιμές, το αντίστοιχο κέρδος είναι μικρό καθώς αναγκαζόμαστε να καλύψουμε τη ζήτηση αγοράζοντας ακριβότερα από τον εφεδρικό προμηθευτή ενώ με την αύξηση της μέσης τιμής του  $C$ , που συνεπάγεται μεγαλύτερο ποσοστό αγοράς από τον κύριο προμηθευτή το αναμενόμενο κέρδος αυξάνεται.

#### **4.2.7 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΤΥΠΙΚΗΣ ΑΠΟΚΛΙΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΡΙΟΥ ΠΡΟΜΗΘΕΥΤΗ $s$**

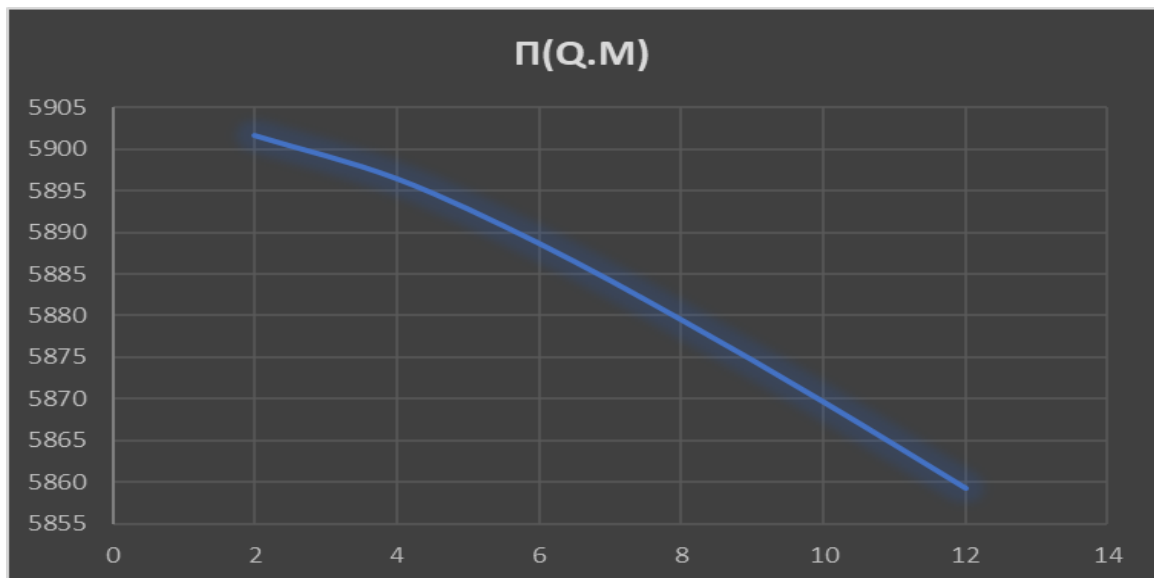
Εκτός της μέσης τιμής για την κανονική τυχαία μεταβλητή  $C$ , θα πραγματοποιήσουμε μεταβολές και στην τυπική της απόκλιση σε ένα εύρος τιμών από 2 έως 12.

$s$	2	4	6	8	10	12
$Q$	102,55	102,40	102,30	102,20	102,09	101,952
$M$	4,9994	5,0299	5,1894	5,4472	5,7479	6,0664
$\Pi(Q,M)$	5901,7	5896,5	5888,7	5879,5	5869,6	5859,2

Πίνακας 4.16 Βέλτιστες λύσεις στο μοντέλο της άγνωστης ζήτησης για μεταβολή παραμέτρου  $s$



Διάγραμμα 14.α Βέλτιστες ποσότητες παραγγελίας συναρτήσει της παραμέτρου  $s$  για άγνωστη ζήτηση



Διάγραμμα 14.β Αναμενόμενο κέρδος συναρτήσει της παραμέτρου  $s$  για άγνωστη ζήτηση

Όπως και στην περίπτωση της σταθερής ζήτησης οι μεταβολές της τυπικής απόκλισης της παραγωγικής δυναμικότητας του κύριου προμηθευτή δεν επιφέρουν σημαντικές αλλαγές στα ύψη παραγγελίας παρά μόνο στα αναμενόμενα έσοδα τα οποία με την αύξηση της αβεβαιότητας μειώνονται.

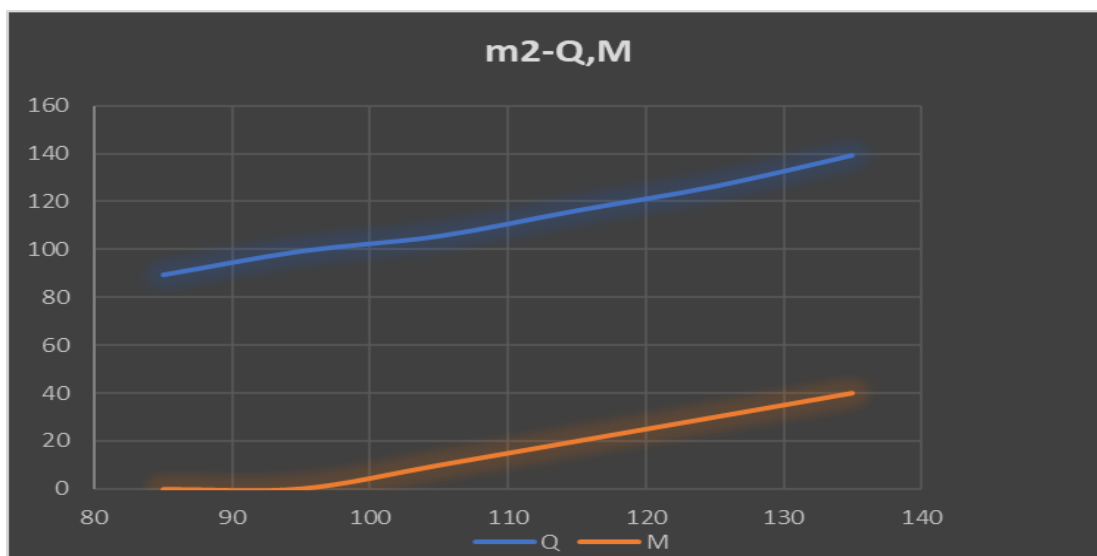
#### **4.2.8 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΜΕΣΗΣ ΤΙΜΗΣ ΤΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ $m_2$**

Στο προτελευταίο κομμάτι του δεύτερου σκέλους της εργασίας θα μελετήσουμε την επίδραση που έχουν οι μεταβολές της μέσης τιμής της ζήτησης στο μοντέλο. Η ζήτηση θεωρήθηκε κανονική τυχαία μεταβλητή.

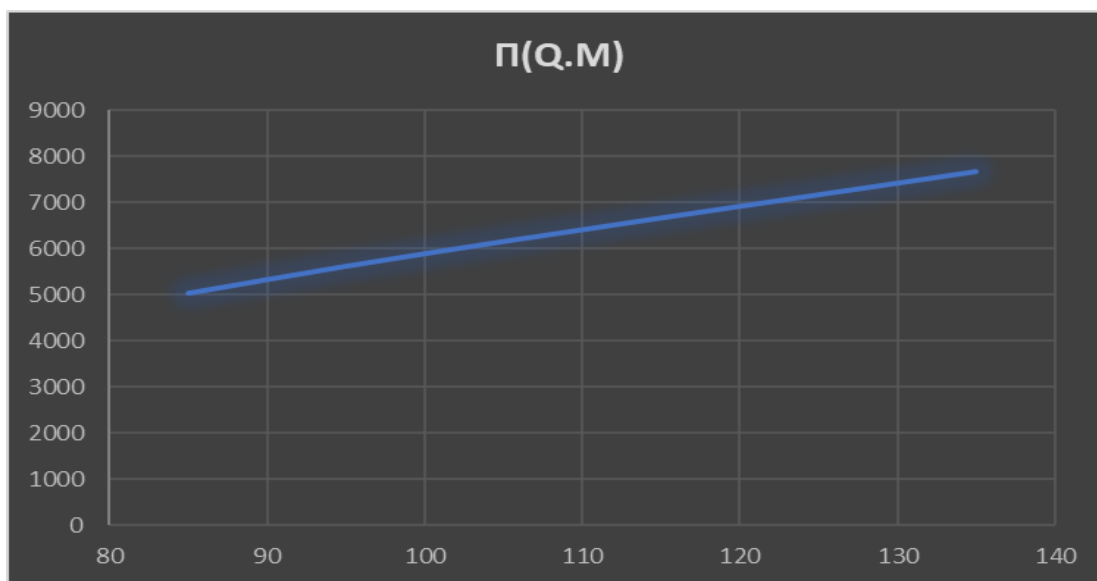
Το εύρος τιμών το οποίο μελετάμε τη ζήτηση είναι από 85 έως 135 και προκύπτουν τα εξής αποτελέσματα:

m2	85	95	105	115	125	135
Q	89,526	99,422	105,731	116,4233	126,5198	139,5267
M	0	0,219	10,001	19,999	29,999	39,999
Π(Q,M)	5042,4	5625,2	6157,5	6663,6	7164	7664

Πίνακας 4.17 Βέλτιστες λύσεις στο μοντέλο της άγνωστης ζήτησης για μεταβολή παραμέτρου m2



Διάγραμμα 15.α Βέλτιστες ποσότητες παραγγελίας συναρτήσει της παραμέτρου m2 για άγνωστη ζήτηση



Διάγραμμα 15.β Αναμενόμενο κέρδος συναρτήσει της παραμέτρου m2 για άγνωστη ζήτηση

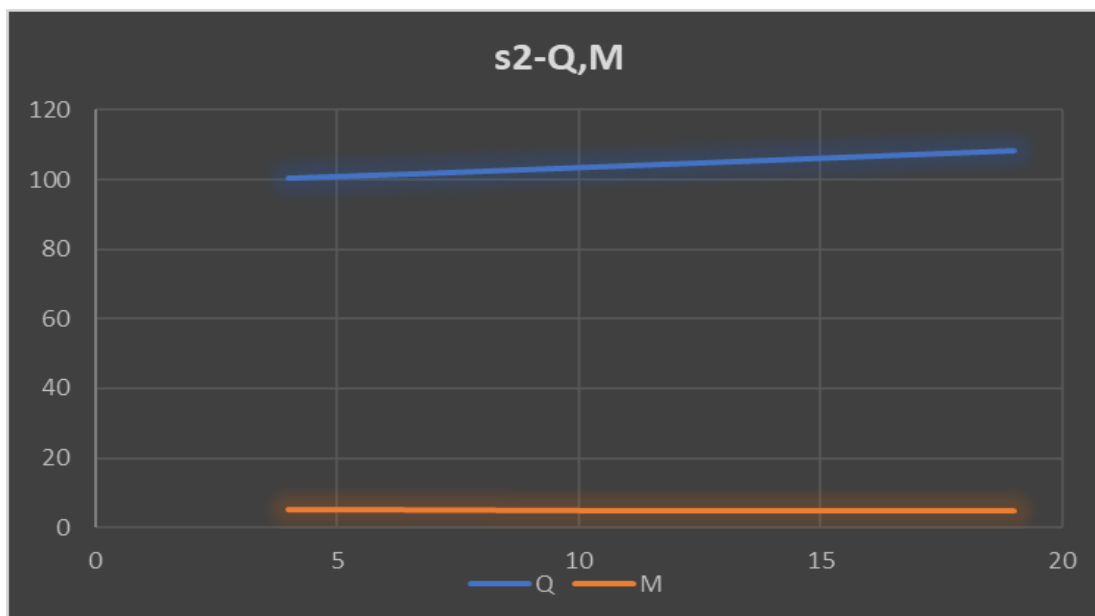
Βλέπουμε ότι καθώς αυξάνεται η μέση τιμή της ζήτησης, ο πωλητής προκειμένου να την καλύψει αυξάνει το ύψος της παραγγελίας προς τον κύριο προμηθευτή. Ωστόσο εξαιτίας της περιορισμένης του δυναμικότητας αδυνατεί να καλύψει τη ζήτηση. Για τον λόγο αυτό παρατηρούμε, ότι ίδια πορεία με το  $Q$  παρουσιάζει και η ποσότητα παραγγελίας στον εφεδρικό προμηθευτή προκειμένου να καλυφθεί πλήρως η ζήτηση. Επιπλέον, όπως είναι λογικό με την αύξηση της ζήτησης αυξάνεται και το κέρδος του πωλητή.

#### **4.2.9 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΤΥΠΙΚΗΣ ΑΠΟΚΛΙΣΗΣ ΤΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ $s_2$**

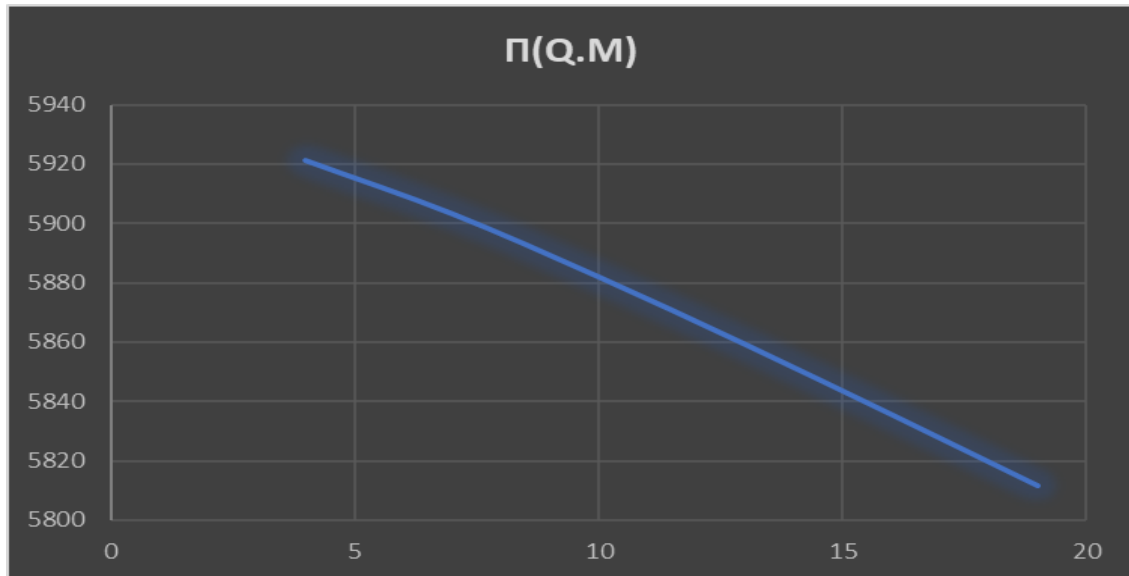
Στο τελευταίο κομμάτι του κεφαλαίου 4, θα μελετηθεί η επίδραση της μεταβολής της τυπικής απόκλισης της ζήτησης στο μαθηματικό μοντέλο. Το εύρος το οποίο μελετήθηκε είναι από την τιμή 4 έως 19 ενώ τα αντίστοιχα αποτελέσματα παρουσιάζονται σε πίνακα και διαγράμματα.

$s_2$	4	7	10	13	16	19
$Q$	100,34	101,82	103,45	105,10	106,76	108,419
$M$	5,0564	5,0408	5,0158	5,0042	5,0001	4,9988
$\Pi(Q,M)$	5921,1	5903,2	5882	5859,3	5835,7	5811,7

Πίνακας 4.18 Βέλτιστες λύσεις στο μοντέλο της άγνωστης ζήτησης για μεταβολή παραμέτρου  $s_2$



Διάγραμμα 16.α Βέλτιστες ποσότητες παραγγελίας συναρτήσει της παραμέτρου  $s_2$  για άγνωστη ζήτηση



Διάγραμμα 16.β Αναμενόμενο κέρδος συναρτήσει της παραμέτρου  $s_2$  για άγνωστη ζήτηση

Κοιτώντας τον πίνακα τιμών και τα διαγράμματα παρατηρούμε ότι η μεταβολή της τυπικής απόκλισης επηρεάζει ελάχιστα τα αποτελέσματα. Συγκεκριμένα για πολύ μεγάλες τιμές της τυπικής απόκλισης, αυξάνουμε το ποσοστό  $Q$  προκειμένου να καλύψουμε τη ζήτηση ενώ το αντίστοιχο κέρδος μειώνεται.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### 5.1 ΣΥΝΟΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εξετάστηκε μια παραλλαγή του κλασικού προβλήματος του εφημεριδοπώλη. Συγκεκριμένα, πέραν του κύριου προμηθευτή ο οποίος χαρακτηρίστηκε ως αναξιόπιστος λόγω της περιορισμένης παραγωγικής του δυναμικότητας, χρησιμοποιείται και εφεδρικός προμηθευτής ενώ δίνεται και η δυνατότητα για εκ των προτέρων κράτηση μιας αρχικής ποσότητας. Κατασκευάστηκαν δύο μαθηματικά μοντέλα, ένα με τη θεώρηση ότι η ζήτηση είναι γνωστή και ένα στο οποίο η ζήτηση θεωρήθηκε τυχαία κανονική μεταβλητή. Στη συνέχεια τα μοντέλα αυτά γράφτηκαν με τη μορφή κώδικα σε matlab με στόχο την βελτιστοποίησή τους. Τέλος πραγματοποιήθηκαν μεταβολές των παραμέτρων τους ενώ τα αποτελέσματα συγκεντρώθηκαν σε πίνακες και διαγράμματα.

## **5.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Από την μελέτη των 2 παραπάνω μοντέλων τόσο με γνωστή ζήτηση όσο και όταν προβούμε στη θεώρηση της ζήτησης ως κανονικής τυχαίας μεταβλητής, εξάγουμε τα εξής συμπεράσματα, τα οποία αναφέρονται εντούτοις στα συγκεκριμένα παραδείγματα τα οποία δόθηκαν:

- Τα αποτελέσματα συνδέονται άμεσα τόσο με τις τιμές που δίνονται στις σταθερές παραμέτρους ( $s_A, w_B, e, \dots$ ) όσο και με τις τιμές που σχετίζονται με τις τυχαίες μεταβλητές ( $m, m_2, s$ )
- Τόσο στο μοντέλο της άγνωστης όσο και της σταθερής ζήτησης τα ποσοστά παραγγελίας προς τον κύριο προμηθευτή είναι μεγαλύτερα από ότι στον εφεδρικό λόγω χαμηλότερου κόστους αγοράς.
- Η ύπαρξη εφεδρικού προμηθευτή, μετριάζει τους κινδύνους που αφορούν την αβεβαιότητα παραδιδόμενης ποσότητας από τον κύριο αναξιόπιστο προμηθευτή. Συγκεκριμένα, όταν η μέση τιμή της παραγωγικής δυναμικότητας του κύριου προμηθευτή φθίνει (συγκριτικά με την ζήτηση) το ποσό παραγγελίας στον εφεδρικό προμηθευτή αυξάνεται προκειμένου να καλυφθεί η ζήτηση.
- Στην περίπτωση της γνωστής ζήτησης και στα πλαίσια όπου ισχύει  $w_M > w_B$  προσθέτοντας τα ποσά  $Q, M$  βλέπουμε ότι το άθροισμά τους ισούται με τη ζήτηση  $d$ . Αντίθετα, όταν ισχύει ότι  $w_M < w_B$  τότε το ποσό παραγγελίας  $Q$  ισούται με τη ζήτηση  $d$
- Τα μέγιστα ποσοστά παραγγελίας προς τον εφεδρικό συναντώνται στην περίπτωση όπου η μέση τιμή της παραγωγικής δυναμικότητας του κύριου προμηθευτή παίρνει τη μικρότερη τιμή.
- Τόσο η μέση τιμή της ζήτησης όσο και η μέση τιμή της παραγωγικής δυναμικότητας του κύριου προμηθευτή επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό τα προσδοκώμενα κέρδη καθώς όσο αυξάνονται, αυξάνονται και αυτά.

- Η σταθερή παράμετρος που επηρεάζει περισσότερο τα αναμενόμενα κέρδη πέραν φυσικά της τιμής πώλησης, είναι το κόστος αγοράς προϊόντων από τον κύριο προμηθευτή. Συγκεκριμένα, θεωρώντας σταθερή τιμή πώλησης, στο σημείο που το κόστος αγοράς από τον κύριο προμηθευτή παίρνει τη μικρότερη τιμή τα προσδοκώμενα έσοδα έχουν τη μεγαλύτερη τιμή αναφορικά με όλες τις υπόλοιπες μεταβολές που σχετίζονται με τα υπόλοιπα σταθερά κόστη.
- Τα χαμηλότερα έσοδα στο μοντέλο μας, παρατηρούνται στην περίπτωση όπου η τιμή πώλησης παίρνει τη μικρότερη τιμή ενώ μειωμένα έσοδα παρατηρούνται επίσης και στην περίπτωση αύξησης του κόστους αγοράς προϊόντων από τον βασικό προμηθευτή.



## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Berger, PD, A Gerstenfeld and AZ Zeng (2004). How many suppliers are best? A decision analysis approach. *Omega: International Journal of Management Sciences*, 32(1),9–15
- Dada, M, NC Petruzzi and LB Schwarz (2007). A newsvendor's procurement problem when suppliers are unreliable. *Manufacturing and Service Operations Management*,9(1), 9–32
- Davarzani, H, SH Zegordi and A Norrman (2011). Contingent management of supply chain disruption: Effects of dual or triple sourcing. *Scientia Iranica*, 18(6), 1517–1528
- Federgruen, A and N Yang (2009). Optimal supply diversification under general supply risks. *Operations Research*, 57(6), 1451–1468.
- Hou, J, AZ Zeng and L Zhao (2010). Coordination with a backup supplier through buyback contract under supply risks. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 46(6), 881–895
- Hou, J,Hu X (2015). Comparative Studies of Three Backup Contracts Under Supply Disruptions. *Asia-Pacific Journal of Operational Research*Vol. 32, No. 2 , 1-12
- K. J. Arrow, T. Harris, Jacob Marshak, Optimal Inventory Policy, *Econometrica* 1951
- Meena, PL, SP Sarmah and A Sarkar (2011). Sourcing decisions under risks of catastrophic event disruptions. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 47(6), 1058–1074
- Pochard, S (2003). Managing risks of supply-chain disruptions: Dual sourcing as a real option. MS Thesis in Technology and Policy, The Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts
- Ruiz-Torres, AJ and F Mahmoodi (2007). The optimal number of suppliers considering the costs of individual supplier failures. *Omega: An International Journal of Management Science*, 35(1), 104–115
- Sarkar, A and PKJ Mohapatra (2009). Determining the optimal size of supply base with the consideration of risks of supply disruptions. *International Journal of Production Economics*, 119(1), 122–135

Sawik, T (2011). Selection of supply portfolio under disruption risks. *Omega: An International Journal of Management Science*, 39(2), 194–208.

Schmitt, AJ and LV Snyder (2012). Infinite-horizon models for inventory control under yield uncertainty and disruptions. *Computers and Operations Research*, 39(4), 850–862

Serel, DA (2007). Capacity reservation under supply uncertainty. *Computers and Operations Research*, 34(4), 1192–1220

Snyder, LV, Z Atan, P Peng, Y Rong, AJ Schmitt and B Sinsoysal (2010). OR/MS models for supply chain disruptions: A review. Working Paper, Department of Industrial and Systems Engineering, Lehigh University

Tehrani, BM, SH Xu, S Kumara and H Li (2011). A single-period analysis of a two-echelon inventory system with dependent supply uncertainty. *Transportation Research Part B: Methodological*, 45(8), 1128–1151

Tomlin, B and Y Wang (2005). On the value of mix flexibility and dual sourcing in unreliable newsvendor networks. *Manufacturing and Service Operations Management*, 7(1), 37–57

Yang, ZB, G Aydin, V Babich and DR Beil (2009). Supply disruptions, asymmetric information and a backup production option. *Management Science*, 55(2), 192–209

Zeng, AZ (2007). Proactive backup supply contracts for managing upstream supply chain disruption risks. Working Paper, Worcester Polytechnic Institute

[https://en.wikipedia.org/wiki/Newsvendor\\_model](https://en.wikipedia.org/wiki/Newsvendor_model)

<https://multithreaded.stitchfix.com/blog/2019/11/21/newsvendor-model/>

<https://sloanreview.mit.edu/article/reducing-the-risk-of-supply-chain-disruptions/>

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

### ΚΩΔΙΚΑΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΙΑ ΓΝΩΣΤΗ ΖΗΤΗΣΗ ΣΕ ΜΑΤΛΑΒ

```

% sA timi pwlisis ana monada proiontos
sA =input('timi pwlisis ana monada sA:');
%estw statheri zitisi d
d =input('statheri zitisi d:');
%wb timi agoras apo efedriko
wB =input(' timi agoras apo efedriko wB:');
% timi agoras gia eksasfalisi epibleon monadwn apo ton
efedriko
wP = input(' timi agoras gia eksasfalisi epibleon monadwn
apo ton efedriko wP:');
% kostos exasfalisis arxikis posotitas
e = input('kostos kratisis arxikhs posothtas apo ton
efedriko e :');
% timi agoras apo ton kurio promitheuti
wM = input('kostos agoras ana monada proiontos apo ton
kurio promitheuti wM: ');
% o kurios mas dinei to min{Q,C} ,C ακολουθει estw ka-
noniki katanomi
% me mesi timi m kai apoklisi s
m = input('mesi timh paragwgikhs dunamikohtas kyriou
promitheuth m:') ;
s = input('typikh apoklish paragwgikhs dunamikohtas kyr-
iou promitheuth s:') ;

pd1 = makedist('Normal', 'mu',m,'sigma',s);

g = @(c)pdf(pd1,c);%synarthsh puknohtas pi8anohtas
%EC=mean(pd1);
EC = @(Q) quad(@(c) c.*g(c),0,Q) + quad(@(c) Q.*g(c),Q,(m
+ 4*s));%minimum Q,c

%-----
L1 = @(Q,M) quad(@(c) ((-wB*M - (d-Q-M)*wP).*g(c)),Q,(m +
4*s));
L2 = @(Q,M) quad(@(c) ((-wB*M - (d-c-M)*wP).*g(c)),0,Q);
L3 = @(Q,M) quad(@(c) (-wB*(d-Q).*g(c)),Q,(m + 4*s));
L4 = @(Q,M) quad(@(c) ((-wB*M -wP*(d-c-M)).*g(c)),0,(d-
M));
L5 = @(Q,M) quad(@(c) (-wB*(d-c).*g(c)),(d-M),Q);
%-----
%if Q+M<d
P1 = @(Q,M) L1(Q,M) + L2(Q,M) -e*M -wM*EC(Q) +sA*d;
%end
%-----
%if Q+M>d && Q<d

```

```

        P2 = @(Q,M) L3(Q,M) + L4(Q,M) + L5(Q,M) - e*M -
wM*EC(Q) + sA*d;
%end
%-----
%Ftiaxnw thn suntheth sunarthsh P(Q,M)
P =@(Q,M) P1(Q,M)*(Q+M<d) + P2(Q,M)*(Q+M>=d & Q<=d);
%-----
Qst=input('timi ekkinesis euretikou kwdika Qst:');

Mst=input('timi ekkinesis euretikou kwdika Mst:');
options=optimoptions(@patternsearch,'MaxIterations',1e5)
[t,fval]=patternsearch(@(v) -P(v(1),v(2)),[Qst,Mst],[-1,-
1],[-d], [], [], [0,0],[d,d],[],options)

Q=t(1)
M=t(2)
p=-fval

```

## ΚΩΔΙΚΑΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΙΑ ΑΓΝΩΣΤΗ ΖΗΤΗΣΗ ΣΕ MATLAB

```

% sA timi pwlisis ana monada proiontos
sA =input('timi pwlisis ana monada sA:');
%wb timi agoras apo efedriko
wB =input(' timi agoras apo efedriko wB:');
% timi agoras gia eksasfalisi epibleon monadwn apo ton
efedriko
wP = input(' timi agoras gia eksasfalisi epibleon monadwn
apo ton efedriko wP:');
% kostos exasfalisis arxikis posotitas
e = input('kostos kratisis arxikhs posothtas apo ton
efedriko e :');
% timi agoras apo ton kurio promitheuti
wM = input('kostos agoras ana monada proiontos apo ton
kurio promitheuti wM: ');
% o kurios mas dinei to min{Q,C} ,C akolouthei estw ka-
noniki katanomi
% me mesi timi m kai apoklisi s
m = input('mesi timh paragwgikhs dunamikothtas kyriou
promitheuth m:');
s = input('typikh apoklish paragwgikhs dunamikothtas kyr-
iou promitheuth s:');
%i ziisi akolouthei kanoniki katanomi me (m2,s2)
m2 = input('mesi timh zitisis m2:');
s2 = input('typiki apoklisi s2:');

%dilwsi tyxaias metavlitis me kanoniki katanomi
pd1 = makedist('Normal', 'mu',m,'sigma',s);

```

```

pd2 = makedist('Normal', 'mu',m2,'sigma',s2);

g= @(c)pdf(pd1,c);%synarthsh puknothtas pi8anothtas tou
capacity c
G= @(c)cdf(pd1,c); %athroistiki sunartisi katanomhs
f= @(x)pdf(pd2,x);%synarthsh puknothtas pi8anothtas tis
zhthshs x

K = norminv((wP - wM)/(wP - h),m2,s2);%anw orio opws
prokuptei apo to protypo tou efhmeridopwli
EC = @(Q) quadv(@(c) c.*g(c),0,Q) + Q*(1- G(Q));%mini-
mum Q,c

L1 = @(z) quadv(@(x) ((sA*x + (z-x).*h).*f(x)),0,z);
L2 = @(z,M) quadv(@(x) ((sA*x - (x-z)*wB).*f(x)),z,z+M);
L3 = @(z,M)quadv(@(x) ((sA*x - (x-z-M).*wP -
wB.*M).*f(x)),z+M,m2+4*s2);

%sunartisi gia to anamenomeno esodo apo tin paralavi tou
z
L = @(z,M) L1(z) + L2(z,M) + L3(z,M);

%teliki synartisi kerdous
P =@(Q,M) quadv(@(c) L(c,M).*g(c),0,Q) + L(Q,M)*(1-
G(Q)) -e*M -wM*EC(Q) ;

Qst=input('timi ekkinesis euretikou kwдика Qst:') ;
Mst=input('timi ekkinesis euretikou kwδικα Mst:') ;
%options=optimoptions(@patternsearch,'MaxIterations',1e5,
'Maxtime',1000);
options=optimoptions(@patternsearch,'MaxIterations',1e5);
[t,fval]=patternsearch(@(v) -
P(v(1),v(2)),[Qst,Mst],[[],[]],[[],[]],[0,0],[K],[],op-
tions);

Q=t(1)
M=t(2)
p=-fval

```