



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ: ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

**Επέκταση προβλήματος εφημεριδοπώλη με αναξιόπιστο προμηθευτή
και εφεδρικό προμηθευτή.**

Διπλωματική εργασία

Υπό

ΤΣΙΑΡΑ ΝΙΚΟΛΑΟ

Επιβλέπων : **Δρ. Παντελής Δημήτριος**

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

Βόλος, 2022

Copyright© 2022 Τσιάρας Νικόλαος

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).

Εξεταστική Επιτροπή

Πρώτος εξεταστής : Δρ. Δημήτριος Παντελής

Καθηγητής

Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Δεύτερος εξεταστής : Δρ. Γεώργιος Κοζανίδης

Αναπληρωτής Καθηγητής

Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Τρίτος εξεταστής : Δρ. Γεώργιος Σαχαρίδης

Επίκουρος Καθηγητής

Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Ευχαριστίες

Η ολοκλήρωση της συγκεκριμένης διπλωματικής συνεπάγεται και την απόκτηση του Διπλώματος Μηχανολόγου Μηχανικού. Κατά τα πέντε έτη της φοιτητικής μου πορείας θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους γνώρισα, για τα πράγματα και στοιχεία που μου προσέφερε ο καθένας.

Αρχικά, η μεγαλύτερη βοήθεια και προσφορά προήλθε από την οικογένειά μου, διότι χάρη σε αυτήν αναπτύχθηκα ως άτομο και μου δόθηκε η ευκαιρία να φοιτήσω στη συγκεκριμένη σχολή. Η στήριξη που μου προσέφεραν ήταν απεριόριστη γεγονός που μου έδινε δύναμη να συνεχίσω να βελτιώνομαι σαν άνθρωπος. Επιπλέον, δεν θα μπορούσα να παραβλέψω τους φίλους και τους συμφοιτητές μου με τους οποίους συνεργάστηκα και από τους οποίους κινητοποιήθηκα να προοδεύσω σε όλους τους τομείς της ζωής μου.

Επίσης, αναφορικά και με την παρούσα εργασία, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Παντελή Δημήτριο για την καθοδήγηση που μου προσέφερε, το χρόνο που αφιέρωσε και την άψογη και ευχάριστη συνεργασία μας. Η συμμετοχή των υπόλοιπων δύο μελών της επιτροπής δεν θα μπορούσε να μείνει αμνημόνευτη. Έτσι, θα ήθελα να αποδώσω τις ευχαριστίες μου στους καθηγητές κ. Σαχαρίδη Γεώργιο και κ. Κοζανίδη Γεώργιο οι οποίοι συνέβαλαν στην ολοκλήρωση της εργασίας με τις συμβουλές τους και αφιέρωσαν τον πολύτιμο χρόνο τους, ώστε να την διαβάσουν και να την αξιολογήσουν.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελεί αντικείμενο μελέτης μία επέκτασης του προβλήματος του εφημεριδοπώλη. Ο βασικός σκοπός είναι η βελτιστοποίηση των κερδών με χρήση ενός κύριου και ενός εφεδρικού προμηθευτή. Η ζήτηση είναι άγνωστη, αλλά ακολουθεί τυχαία κατανομή. Ο κύριος προμηθευτής χαρακτηρίζεται ως αναξιόπιστος και υπάρχει αβεβαιότητα ως προς την ποσότητα που παραδίδει, η οποία όμως είναι τυχαία μεταβλητή, που στα παραδείγματα της συγκεκριμένης εργασίας ακολουθεί κανονική κατανομή. Εξαιτίας αυτής της αβεβαιότητας, σε περίπτωση που δεν καλυφθεί η ζήτηση χρησιμοποιείται ένας εφεδρικός προμηθευτής. Αυτός με τη σειρά του είναι ικανός να απορροφήσει όλη τη ζήτηση, με μεγαλύτερο βέβαια κόστος μονάδας προϊόντος. Υπάρχει η περίπτωση να μην απορροφηθεί όλη η ποσότητα λόγω χαμηλής ζήτησης. Σε αυτή την περίπτωση, οι μονάδες που απομένουν πωλούνται σε χαμηλότερη τιμή, μειώνοντας έτσι το περιθώριο κερδοφορίας. Η συνάρτηση βελτιστοποίησης του αναμενόμενου κέρδους και τα μαθηματικά μοντέλα παρουσιάζονται στα κεφάλαια 3 και 4 ενώ, στα κεφάλαια 5 και 6 παρουσιάζεται η επίδραση διαφόρων παραγόντων στην τελική τιμή του αναμενόμενου κέρδους.

Περιεχόμενα

Εξεταστική επιτροπή.....	3
Ευχαριστίες.....	4
Περίληψη.....	5
Περιεχόμενα.....	6
Κατάλογος σχημάτων.....	8
1.Εισαγωγικές έννοιες	11
1.1.Κίνητρο και υπόβαθρο.....	11
1.2.Δομή διπλωματικής εργασίας	11
1.3.Βιβλιογραφική ανασκόπηση.....	12
2.Βασικές έννοιες	13
2.1.Επιχειρησιακή έρευνα.....	13
2.2.Επίδραση αβεβαιότητας της ζήτησης και της παράδοσης ποσότητας παραγγελίας.....	14
3.Μαθηματικό μοντέλο για το μοντέλο 1.....	15
3.1.Παρουσίαση του προβλήματος με αναξιόπιστο προμηθευτή και εφεδρικό για άγνωστη ζήτηση	15
4. Μαθηματικό μοντέλο για το μοντέλο 2.....	18
4.1. Παρουσίαση του προβλήματος του δευτέρου μοντέλου με αναξιόπιστο κύριο προμηθευτή και εφεδρικό για άγνωστη ζήτηση.....	18
5.Ανάλυση παραδειγμάτων και αποτελεσμάτων για το μοντέλο 1.....	21
5.1. Μεταβολή των Q, M, P_{total} για διάφορες τιμές του w_b	21
5.2. Μεταβολή των Q, M, P_{total} για διάφορες τιμές του s	23
5.3. Μεταβολή των Q, M, P_{total} για διάφορες τιμές του w_m	24
5.4. Μεταβολή των Q, M, P_{total} για διάφορες τιμές του w_p	25
5.5. Μεταβολή των Q, M, P_{total} για διάφορες τιμές του e	27
5.6. Μεταβολή των Q, M, P_{total} για διάφορες τιμές της μέσης τιμής ζήτησης.....	28
5.7. Μεταβολή των Q, M, P_{total} για διάφορες τιμές της τυπικής απόκλισης σ	30

5.8. Μεταβολή των Q, M, P_{total} για διάφορες τιμές του h	31
6.Ανάλυση παραδειγμάτων και αποτελεσμάτων για το μοντέλο 2	33
6.1. Μεταβολή των Q, M, P_{total} για διάφορες τιμές του w_b	33
6.2. Μεταβολή των Q, M, P_{total} για διάφορες τιμές του s	35
6.3. Μεταβολή των Q, M, P_{total} για διάφορες τιμές του w_m	36
6.4. Μεταβολή των Q, M, P_{total} για διάφορες τιμές του w_p	37
6.5. Μεταβολή των Q, M, P_{total} για διάφορες τιμές του e	39
6.6. Μεταβολή των Q, M, P_{total} για διάφορες τιμές της μέσης τιμής ζήτησης.....	40
6.7. Μεταβολή των Q, M, P_{total} για διάφορες τιμές της τυπικής απόκλισης σ	41
6.8. Μεταβολή των Q, M, P_{total} για διάφορες τιμές του p	42
6.9. Μεταβολή των Q, M, P_{total} για διάφορες τιμές του h	44
7.Σύνοψη.....	46
Βιβλιογραφία.....	47
Παράρτημα-κώδικες.....	48

Κατάλογος σχημάτων

Σχήμα 1 : Διάγραμμα Q,M-Wb για τιμές Wb από 11 έως 15 και τις αντίστοιχες τιμές Q,M	22
Σχήμα 2 :Διάγραμμα Ptotal-Wb για τιμές Wb από 11 έως 15 και τις αντίστοιχες τιμές Ptotal.....	22
Σχήμα 3 :Διάγραμμα Q,M-s για τιμές s (30,35,40,45,50) και τις αντίστοιχες τιμές Q,M.....	23
Σχήμα 4 :Διάγραμμα Ptotal-s για τιμές s (30,35,40,45,50) και τις αντίστοιχες τιμές Ptotal.....	23
Σχήμα 5 :Διάγραμμα Q,M-wm για τιμές wm (8,9,10) και τις αντίστοιχες τιμές Q,M.....	24
Σχήμα 6 :Διάγραμμα Ptotal-wm για τιμές wm (8,9,10) και τις αντίστοιχες τιμές Ptotal.....	25
Σχήμα 7:Διάγραμμα Q,M-wp για τιμές wp (15,17,18,20,22) και τις αντίστοιχες τιμές Q,M.....	26
Σχήμα 8:Διάγραμμα Ptotal-wp για τιμές wp (15,17,18,20,22) και τις αντίστοιχες τιμές Ptotal.....	26
Σχήμα 9:Διάγραμμα Q,M-e για τιμές e (1,2,3,4,5) και τις αντίστοιχες τιμές Q,M.....	27
Σχήμα 10:Διάγραμμα Ptotal-e για τιμές e (1,2,3,4,5) και τις αντίστοιχες τιμές Ptotal.....	28
Σχήμα 11:Διάγραμμα Q,M-μ για τιμές μ (9,10,11,12) και τις αντίστοιχες τιμές Q,M.....	29
Σχήμα 12:Διάγραμμα Ptotal-μ για τιμές μ (9,10,11,12) και τις αντίστοιχες τιμές Ptotal.....	29
Σχήμα 13:Διάγραμμα Q,M-σ για τιμές σ (1,2,3) και τις αντίστοιχες τιμές Q,M.....	30
Σχήμα 14:Διάγραμμα Ptotal-σ για τιμές σ (1,2,3) και τις αντίστοιχες τιμές Ptotal.....	30
Σχήμα 15:Διάγραμμα Q,M-h για τιμές h (4,5,7,8,9) και τις αντίστοιχες τιμές Q,M.....	31
Σχήμα 16:Διάγραμμα Ptotal-wm για τιμές wm (4,5,7,8,9) και τις αντίστοιχες τιμές Ptotal.....	31

Σχήμα 17:Διάγραμμα Q,M-Wb για τιμές W b από 12 έως 16 και τις αντίστοιχες τιμές Q,M.....	34
Σχήμα 18:Διάγραμμα Ptotal-Wb για τιμές W b από 12 έως 16 και τις αντίστοιχες τιμές Ptotal.....	34
Σχήμα 19:Διάγραμμα Q,M-S για τιμές s (30,35,40,45,50) και τις αντίστοιχες τιμές Q,M.....	35
Σχήμα 20:Διάγραμμα Ptotal-S για τιμές s (30,35,40,45,5) και τις αντίστοιχες τιμές Ptotal.....	35
Σχήμα 21:Διάγραμμα Q,M-Wm για τιμές Wm (7,8,9,10,11) και τις αντίστοιχες Q,M.....	36
Σχήμα 22:Διάγραμμα Ptotal-Wm για τιμές Wm (7,8,9,10,11) και τις αντίστοιχες Ptotal.....	37
Σχήμα 23:Διάγραμμα Q,M-Wp για τιμές Wp (15,17,18,20,22) και τις αντίστοιχες Q,M.....	38
Σχήμα 24:Διάγραμμα Ptotal-Wp για τιμές Wp (15,17,18,20,22) και τις αντίστοιχες Ptotal.....	38
Σχήμα 25:Διάγραμμα Q,M-e για τιμές e (1,2,3,4,5) και τις αντίστοιχες Q,M.....	39
Σχήμα 26:Διάγραμμα Ptotal-e για τιμές e (1,2,3,4,5) και τις αντίστοιχες Ptotal.....	39
Σχήμα 27:Διάγραμμα Q,M-μ για τιμές μ (9,10,11,12) και τις αντίστοιχες Q,M.....	40
Σχήμα 28:Διάγραμμα Ptotal-μ για τιμές μ (9,10,11,12) και τις αντίστοιχες Ptotal.....	41
Σχήμα 29:Διάγραμμα Q,M-σ για τιμές σ (1,2,3) και τις αντίστοιχες Q,M.....	41
Σχήμα 30:Διάγραμμα Ptotal-σ για τιμές σ (1,2,3) και τις αντίστοιχες Ptotal.....	42
Σχήμα 31:Διάγραμμα Q,M-p για τιμές p (1,2,3,4,5) και τις αντίστοιχες Q,M.....	43
Σχήμα 32:Διάγραμμα Ptotal-p για τιμές p (1,2,3,4,5) και τις αντίστοιχες Ptotal.....	43
Σχήμα 33:Διάγραμμα Q,M-h για τιμές h (6,7,8,9,10) και τις αντίστοιχες Q,M.....	44

Σχήμα 34:Διάγραμμα $P_{total}-h$ για τιμές h (6,7,8,9,10) και τις αντίστοιχες P_{total}	44
---	----

1.Εισαγωγικές έννοιες

Στο κεφάλαιο αυτό ,της εισαγωγής, θα παρουσιαστούν πληροφορίες που πληροφορούν για το κίνητρο και υπόβαθρο προκειμένου να εκπονηθεί η παρούσα διπλωματική εργασία. Επίσης, παρατίθεται η δομή της διπλωματικής εργασίας και τέλος γίνεται μία βιβλιογραφική αναφορά που αφορά το πρόβλημα του «εφημεριδοπώλη».

1.1. Κίνητρο και υπόβαθρο

Το κίνητρο για την ολοκλήρωση της διπλωματικής αυτής εργασίας πηγάζει από την ενασχόληση με την επιχειρησιακή έρευνα. Μέσω του τομέα της παραγωγής και βιομηχανικής διοίκησης μεταδόθηκαν γνώσεις αναφορικές με το αντικείμενο. Ο απώτερος στόχος της αύξησης των κερδών του εφημεριδοπώλη ,με εξασφάλιση παραδιδόμενης ποσότητας από έναν κύριο και εφεδρικό προμηθευτή, είναι απαραίτητη για μία πιο εύρυθμη και ομαλή λειτουργία των επιχειρήσεων. Επομένως, τα μαθηματικά μοντέλα που χρησιμοποιούνται στον τομέα της επιχειρησιακής έρευνας οδηγούν στη βέλτιστη λήψη αποφάσεων .

1.2.Δομή διπλωματικής εργασίας

Στο παρόν κεφάλαιο έρχονται να προστεθούν άλλα 5, που είναι απαραίτητα για τη βαθύτερη κατανόηση του προβλήματος:

- Κεφάλαιο 2: Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστούν βασικές αρχές που αποσκοπούν στην ανάλυση του προβλήματος.
- Κεφάλαιο 3: Τις βασικές αρχές ακολουθεί η επέκταση του μαθηματικού μοντέλου 1 και η πορεία λήψης αποφάσεων για την επίλυσή του.
- Κεφάλαιο 4: Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η επέκταση του μαθηματικού μοντέλου 2 και η πορεία λήψης αποφάσεων για την επίλυσή του.
- Κεφάλαιο 5: Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα με τη μορφή πινάκων και διαγραμμάτων για το πρώτο μοντέλο.
- Κεφάλαιο 6: Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα με τη μορφή πινάκων και διαγραμμάτων για το δεύτερο μοντέλο.
- Κεφάλαιο 7: Παρατίθεται η σύνοψη της παρούσας διπλωματικής.

1.3. Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Το πρόβλημα του εφημεριδοπώλη απασχολεί εδώ και αρκετά χρόνια την επιστημονική κοινότητα. Ο λόγος είναι η χρησιμότητα του στη λήψη αποφάσεων στις επιχειρήσεις και εκεί οφείλεται η εκτεταμένη έρευνα, που έχει γίνει. Στην παρούσα εργασία όμως θα εξεταστεί ένα ειδικό τμήμα του προβλήματος. Αυτό αφορά την παραγγελία ορισμένης ποσότητας προϊόντων. Αρχικά από έναν αναξιόπιστο προμηθευτή και στη συνέχεια σε περίπτωση έλλειψης από έναν εφεδρικό με αυξημένη τιμή όμως συγκριτικά με τον πρώτο. Θα χρειαστεί να προσδιοριστεί η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας με σκοπό την αύξηση του αναμενόμενου κέρδους αγνοώντας όμως τη ζήτηση των προϊόντων. Με το συγκεκριμένο πρόβλημα ασχολήθηκαν διάφοροι μελετητές. Ο Evren Sahin (2004) κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η αβεβαιότητα είναι πιθανό να προκύψει από λάθη παράδοσης ή απάτες όπου οι προμηθευτές παραδίδουν λιγότερα προϊόντα συγκριτικά με αυτά που παραγγέλθηκαν. Επίσης ένας άλλος παράγοντας που χρειάζεται να ληφθεί υπόψη είναι οι κλοπές που πιθανόν να συμβούν κατά τη μεταφορά καθώς και η προσπάθεια άμεσης αποστολής για την ταχύτατη εξυπηρέτηση των πελατών, όπου ο παράγοντας του ανθρωπίνου σφάλματος επηρεάζει τελικά την αξιοπιστία.

Το ζήτημα της άγνωστης ζήτησης μελετήθηκε για πρώτη φορά από τον Scarf (1958), ο οποίος κατέληξε στο συμπέρασμα ότι το μόνο που χρειάζεται να αποφασιστεί είναι εάν θα γίνει η παραγγελία και εφόσον γίνει θα παραληφθεί τυχαία ποσότητα. Με την πάροδο του χρόνου έγιναν διάφορες μελέτες πάνω στο αντικείμενο και οι Henig και Gerchak (1990) απέδειξαν ότι υπάρχει ένα βέλτιστο σημείο παραγγελίας, το οποίο είναι ανεξάρτητο από την τυχαιότητα.

Ο Interfurth (2004) έδειξε ότι η βέλτιστη πολιτική στο μοντέλο της τυχαίας ζήτησης μπορεί να είναι μη γραμμικού τύπου για ομοιόμορφα κατανεμημένη ζήτηση. Ενώ, οι Saghafian και Oyen (2011) έδειξαν ότι η αβεβαιότητα είναι δυνατόν να μειωθεί εφόσον έχει επιλεγθεί εφεδρικός προμηθευτής και συγχρόνως συλλέγονται πληροφορίες και για τους 2.

2. Βασικές έννοιες

2.1 Επιχειρησιακή έρευνα

Οι απαρχές της επιχειρησιακής έρευνας χρονολογούνται την εποχή του δευτέρου παγκοσμίου πολέμου. Χρησιμοποιήθηκε αρχικά ως εργαλείο για την εκπλήρωση ναυτικών αποστολών και στη συνέχεια επεκτάθηκε σε τομείς όπως τα ραντάρ, ο εντοπισμός και βομβαρδισμός θέσεων και γενικότερες στρατιωτικές επιχειρήσεις. Η χώρα που πρώτη αξιοποίησε αυτό το εργαλείο ήταν η Αγγλία και η συνεργασία των επιστημόνων και των στρατιωτών, ναυτών και αεροπόρων έκρινε την έκβαση του πολέμου.

Παρατηρώντας την αποτελεσματικότητα της επιχειρησιακής έρευνας σε ένα τόσο απαιτητικό πεδίο θα ήταν αδύνατο οι επιχειρήσεις να μην αρχίσουν να επωφελούνται από αυτήν. Η επιχειρησιακή έρευνα είναι μία μαθηματική και επιστημονική ανάλυση, που αφορά την αποτελεσματικότητα συστημάτων και την απόδοση του ανθρωπίνου δυναμικού, των μηχανών και του εξοπλισμού. Στόχος της είναι η εύρεση της βέλτιστης λύσης. Επομένως, το κύριο χαρακτηριστικό της είναι ότι επιλύει προβλήματα, όπου συμμετέχει ενεργά το ανθρώπινο στοιχείο. Οι Saul I. Gass και Arjang A. Assad (2005) περιγράφουν την πορεία αυτού του κλάδου και τα διάφορα θέματα που κλήθηκε να αντιμετωπίσει.

Με την πάροδο του χρόνου η επιχειρησιακή έρευνα (Operations Research), με βάση τον αγγλικό όρο, κατάφερε να αντιμετωπίσει διάφορα προβλήματα που ταλάνιζαν τους επιστήμονες, δημιουργώντας ένα νέο φάσμα δραστηριοτήτων και εφαρμογών. Από πολεμικά ζητήματα, τα οποία αναφέρθηκαν προηγουμένως, το πρόβλημα του πλανόδιου πωλητή και προβλήματα μη γραμμικού προγραμματισμού. Εργαλεία της ,επίσης, θεωρούνται τα νευρωνικά δίκτυα, η θεωρία παιγνίων και ο δυναμικός προγραμματισμός. Γίνεται χρήση της σε θέματα μεταφοράς, προγραμματισμού και ελέγχου αποθεμάτων. Τέλος παρατηρείται ανάμειξη της σε ποικίλους τομείς, όπως αυτοί της ψυχολογίας, κοινωνιολογίας καθώς και στον τομέα των οικονομικών.

2.2 Επίδραση αβεβαιότητας της ζήτησης και της παράδοσης ποσότητας παραγγελίας

Εφόσον η ζήτηση ενός προϊόντος είναι δεδομένη, ο προγραμματισμός της παραγγελίας καθίσταται εύκολος. Οι πωλητές γνωρίζουν ακριβώς την ποσότητα που θα χρειαστούν και οι προμηθευτές ενημερώνονται έγκαιρα για την παραγγελία, που θα αποστείλουν. Τι γίνεται όμως στην περίπτωση που υπάρχει αβεβαιότητα και ως προς τη ζήτηση και ως προς την παράδοση της παραγγελίας;

Το παραπάνω ερώτημα αποτελεί και το θέμα της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Ούτε η ζήτηση των προϊόντων είναι γνωστή, αλλά ούτε και η ποσότητα που παραδίδει ο κύριος προμηθευτής. Θεωρείται γνωστό ότι η ζήτηση είναι τυχαία μεταβλητή και το σύστημα χαρακτηρίζεται στοχαστικό. Στόχος της εργασίας είναι να βρεθεί η βέλτιστη ποσότητα κράτησης προϊόντων από έναν εφεδρικό προμηθευτή, ο οποίος ίσως να χρειαστεί να καλύψει την επιπλέον ζήτηση. Η επίδραση της αβεβαιότητας είναι ευδιάκριτη στο γεγονός ότι εάν η ζήτηση καλυφθεί μερικώς, αυτό συνεπάγεται χαμένες πωλήσεις και μικρότερο κέρδος για την επιχείρηση. Από την άλλη, εάν η παραγγελία προς τους προμηθευτές υπερβεί τη ζήτηση, οι εναπομείναντες μονάδες προϊόντων έχουν επίσης κάποιο οικονομικό αντίκτυπο. Ο συνδυασμός αυτών των 2 παραγόντων αβεβαιότητας έχει απασχολήσει τα τελευταία χρόνια την επιστημονική και επιχειρηματική κοινότητα, αφού δεν ήταν λίγες οι φορές, που η αβεβαιότητα οδήγησε στην μείωση της κερδοφορίας.

Ένα παράδειγμα όπου η αβέβαιη ζήτηση εγκυμονεί κινδύνους είναι το ακόλουθο. Η εταιρία HP χρησιμοποιώντας ως αποκλειστικό προμηθευτή για τη μηχανή του LaserJet εκτυπωτή της την Canon, προκειμένου να κρατήσει χαμηλά τα κόστη αναγκάζεται να παραγγείλει τα εξαρτήματα 6 μήνες πριν αρχίσει η κατασκευή του. Εφόσον, τοποθετηθεί η παραγγελία δεν υπάρχει η δυνατότητα αλλαγής της ποσότητας, ασχέτως με την τελική ζήτηση. Η συμφωνία αυτή σε συνδυασμό με την αβεβαιότητα είναι πιθανό να προκαλέσουν σοβαρές ζημιές (Lee 2004).

Σύμφωνα με τους Korczak και Lee (1993) η HP είχε αντιμετωπίσει και στο παρελθόν προβλήματα σχετικά με την αβέβαιη ζήτηση. Τα προϊόντα τις διατίθενται σε πολλές χώρες και λόγω διαφορετικών προδιαγραφών, ενεργειακών απαιτήσεων και γλώσσας απαιτούν αλλαγές. Συνεπώς, εξαιτίας της άγνωστης ζήτησης η εταιρία αντιμετώπισε το πρόβλημα είτε της έλλειψης αποθεμάτων είτε της ύπαρξης προϊόντων σε απόθεμα.

Συμπερασματικά, οι Hendricks και Singhal (2005) σε μία δεκαετή έρευνα σε πλήθος 827 περιπτώσεων, όπου η αβεβαιότητα επηρέασε την ομαλή λειτουργία των επιχειρήσεων, κατέληξαν στο συμπέρασμα οι εταιρίες είχαν μειωμένη απόδοση στην τιμή της μετοχής τους σε σχέση με την βιομηχανία στην οποία ανήκουν. Η περίοδος αυτή κράτησε για 3 χρόνια και φανερώνεται η οικονομική επίδραση της τυχαιότητας και ο λόγος, που απαιτεί μία ολοκληρωμένη προσέγγιση του ζητήματος.

3.Μαθηματικό μοντέλο για το μοντέλο 1

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η μαθηματική επίλυση του προβλήματος εύρεσης της βέλτιστης τιμής των παραμέτρων. Εμπεριέχεται η συλλογιστική διαδικασία, που ακολουθήθηκε και οι εξισώσεις που καταστρώθηκαν ώστε να υπολογιστούν τα αποτελέσματα. Οι εξισώσεις αυτές, χρησιμοποιήθηκαν στο λογισμικό MATLAB και είναι ευδιάκριτες στο τέλος της διπλωματικής εργασίας.

3.1. Παρουσίαση του προβλήματος με αναξιόπιστο προμηθευτή και εφεδρικό για άγνωστη ζήτηση

Αρχικά θα οριστούν οι όροι του συστήματος, που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των εξισώσεων.

Q : Συμβολίζει τις μονάδες προϊόντος που ανατέθηκαν για παραγγελία στον κύριο προμηθευτή

M : Συμβολίζει τις μονάδες προϊόντος που κρατήθηκαν από τον εφεδρικό προμηθευτή

w_m : Συμβολίζει το κόστος ανά μονάδα προϊόντος που παραδόθηκε από τον κύριο προμηθευτή

w_b : Συμβολίζει το κόστος ανά μονάδα προϊόντος που παραδόθηκε από τον εφεδρικό προμηθευτή

w_r : Συμβολίζει την τιμή αγοράς μονάδας προϊόντος για απεριόριστη ποσότητα από τον εφεδρικό προμηθευτή

s : Η τιμή πώλησης μονάδας προϊόντος προς τους καταναλωτές

e : Το κόστος κράτησης κάθε μονάδας προϊόντος από τον εφεδρικό προμηθευτή

h : Η τιμή πώλησης κάθε επιστρεφόμενης μονάδας

x : Φανερώνει τη ζήτηση των προϊόντων η οποία είναι μία άγνωστη συνεχείς τυχαία μεταβλητή που ακολουθεί κανονική κατανομή.

f : Ο όρος f αποτελεί τη συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας της ζήτησης

g : Αποτελεί την πυκνότητα πιθανότητας της δυναμικότητας του προμηθευτή

Το υπάρχον πρόβλημα χωρίζεται σε δύο μοντέλα, που παρουσιάζουν διαφορές ως προς το πότε γίνεται γνωστή η ζήτηση.

Στο μοντέλο 1, αφού γίνει η παραγγελία των προϊόντων Q στον κύριο και M στον εφεδρικό προμηθευτή και η παραλαβή των S μονάδων από τον κύριο, χρειάζεται να ληφθεί μία απόφαση. Αυτή με τη σειρά της αφορά την αγορά ποσότητας από τον εφεδρικό σε τιμή w_b και στη συνέχεια, αφού γίνει γνωστή η ζήτηση, εάν προκύψει έλλειψη προϊόντων αγοράζονται σε τιμή w_p ή πουλάει σε τιμή h το περίσσευμα αν η ζήτηση είναι μικρότερη από το απόθεμα.

Ο στόχος είναι να προσδιοριστούν οι βέλτιστες τιμές των παραμέτρων Q και M ώστε, να μεγιστοποιηθεί το αναμενόμενο κέρδος του πωλητή. Το αναμενόμενο κέρδος είναι μία εξίσωση με μεταβλητές τους όρους Q, M και συμβολίζεται ως $\Pi(Q, M)$. Αρχικά, χρειάζεται να γίνει ο υπολογισμός των αναμενόμενων εσόδων. Τα αναμενόμενα έσοδα είναι μία συνάρτηση $L(Q, M)$. Προκειμένου να προσδιοριστεί, απαιτείται μία αναφορά στα δεδομένα και στα ζητούμενα του προβλήματος. Το αρχικό απόθεμα είναι S, λόγω της αβεβαιότητας στην παραδιδόμενη ποσότητα και αγοράζεται όσο χρειάζεται έως M σε τιμή w_b , ώστε το τελικό να ισούται με

$$I = F^{-1}((w_p - w_b) / (w_p - h))$$

Με αυτήν την προϋπόθεση οι αγορές προϊόντος από τον εφεδρικό προμηθευτή διαμορφώνονται ως εξής:

- Εάν $S + M < I$, αγοράζει ποσότητα M από τον εφεδρικό, δηλαδή το μέγιστο δυνατό, και το απόθεμα γίνεται $S + M$.
- Εάν $S < I$ και $S + M > I$, αγοράζει ποσότητα $I - S$ και το απόθεμα γίνεται I,
- Εάν $S > I$, το απόθεμα παραμένει S, αφού δεν πραγματοποιεί κάποια αγορά.

Επομένως, για συνολικό απόθεμα z, η συνάρτηση $L(z)$ που φανερώνει τα μέσα αναμενόμενα έσοδα είναι η ακόλουθη :

$$L(z) = \int_0^z h * (z - x) * f(x) * dx + \int_z^\infty -w_p * (x - z) * f(x) * dx$$

Ακολουθεί ο προσδιορισμός του μέσου αναμενόμενου κέρδους. Σαν συνάρτηση ορίζεται εάν αφαιρεθούν τα μέσα αναμενόμενα έξοδα από τα μέσα αναμενόμενα έσοδα. Προκύπτουν 3 περιπτώσεις αναλόγως με την ποσότητα προϊόντος που αγοράζεται από τον εφεδρικό προμηθευτή.

1. Εάν $Q + M \leq I$:

$$\begin{aligned} \Pi(Q, M) = & s * E(x) - e * M - w_m * \left[\int_0^Q y * g(y) * dy + \int_Q^\infty Q * g(y) * dy \right] \\ & - w_b * M + \int_0^Q L(y + M) * g(y) * dy + \int_Q^\infty L(Q + M) * g(y) * dy, \end{aligned}$$

όπου ο όρος $s^*E(x) - e^*M - wm^*[\int_0^Q y * g(y) * dy + \int_Q^\infty Q * g(y) * dy]$ τίθεται ίσος με $A(Q,M)$.

2. Εάν $Q+M>I$ και $Q\leq I$:

$$\Pi(Q,M) = A + \int_0^{I-M} [-wb * M + L(y + M)] * g(y) * dy + \int_{I-M}^Q [-wb * (I - y) + L(I)] * g(y) * dy + \int_Q^\infty [-wb * (I - Q) + L(I)] * g(y) * dy$$

3. Εάν $Q>I$:

$$\Pi(Q,M) = A + \int_0^{I-M} [-wb * M + L(y + M)] * g(y) * dy + \int_{I-M}^I [-wb * (I - y) + L(I)] * g(y) * dy + \int_I^Q L(y) * g(y) * dy + \int_Q^\infty L(Q) * g(y) * dy$$

4. Μαθηματικό μοντέλο για το μοντέλο 2

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζεται επίσης η μαθηματική επίλυση του προβλήματος εύρεσης της βέλτιστης τιμής των παραμέτρων. Εμπεριέχεται η συλλογιστική διαδικασία, που ακολουθήθηκε και οι εξισώσεις που καταστρώθηκαν ώστε να υπολογιστούν τα αποτελέσματα. Οι εξισώσεις αυτές, χρησιμοποιήθηκαν στο λογισμικό MATLAB και είναι ευδιάκριτες στο τέλος της διπλωματικής εργασίας

4.1. Παρουσίαση του προβλήματος του δευτέρου μοντέλου με αναξιόπιστο κύριο προμηθευτή και εφεδρικό για άγνωστη ζήτηση

Οι μεταβλητές του μοντέλου 2 είναι ίδιες με αυτές του μοντέλου 1, όπως ορίστηκαν στο κεφάλαιο 3.1. Η μόνη διαφορά είναι ότι υπεισέρχεται και η μεταβλητή p . Η μεταβλητή αυτή ορίζεται ως εξής:

p : φανερώνει το κόστος χαμένης πώλησης ανά μονάδα προϊόντος.

Στο μοντέλο 2, έχοντας αρχικό απόθεμα S , πρέπει να αποφασιστεί πόσες μονάδες προϊόντος θα αγοραστούν σε τιμή w_b (μέγιστη ποσότητα M) και σε τιμή w_r . Η αγορά προϊόντων σε τιμή w_r , γίνεται πριν γίνει γνωστή η ζήτηση. Το πρόβλημα αυτό αποτελεί επέκταση του προβλήματος του εφημεριδοπώλη με 2 προμηθευτές. Αγοράζεται αρχικά από τον φθηνότερο προμηθευτή ποσότητα προϊόντος έτσι ώστε να φτάσει σε τελικό απόθεμα $I_b = F^{-1}(p + s - w_b)/(p + s - h)$. Εάν το απόθεμα είναι μικρότερο από $I_p = F^{-1}(p + s - w_r)/(p + s - h)$, αγοράζεται όση ποσότητα χρειάζεται ώστε να φτάσει στην επιθυμητή τιμή I_p .

Οι αγορές προϊόντων από τους 2 προμηθευτές διαμορφώνονται ως εξής:

- Εάν $S + M < I_p$, αγοράζεται ποσότητα M σε τιμή w_b και ποσότητα $I_p - S - M$ σε τιμή w_r , με τελικό απόθεμα I_p .
- Εάν $I_p < S + M < I_b$, αγοράζεται ποσότητα M σε τιμή w_b με τελικό απόθεμα $S + M$.
- Εάν $S < I_b$ & $S + M > I_b$, αγοράζεται ποσότητα $I_b - S$ σε τιμή w_b με τελικό απόθεμα I_b .
- Εάν $S > I_b$, δεν αγοράζεται τίποτα και το απόθεμα παραμένει S .

Ο στόχος είναι να προσδιοριστούν οι βέλτιστες τιμές των παραμέτρων Q και M ώστε, να μεγιστοποιηθεί το αναμενόμενο κέρδος του πωλητή. Το αναμενόμενο κέρδος είναι μία εξίσωση με μεταβλητές τους όρους Q, M και συμβολίζεται ως $\Pi(Q, M)$. Αρχικά,

χρειάζεται να γίνει ο υπολογισμός των αναμενόμενων εσόδων. Τα αναμενόμενα έσοδα είναι μία συνάρτηση $L(Q,M)$.

Για συνολικό απόθεμα z , η συνάρτηση $L(z)$ που φανερώνει τα μέσα αναμενόμενα έσοδα είναι η ακόλουθη:

$$L(z) = \int_0^z s * x + h * (z - x) * f(x) * dx + \int_z^\infty s * z - p * (x - z) * f(x) * dx$$

Στη συνέχεια προσδιορίζεται το μέσο αναμενόμενο κέρδος. Σαν συνάρτηση ορίζεται εάν αφαιρεθούν τα μέσα αναμενόμενα έξοδα από τα μέσα αναμενόμενα έσοδα.

1) Εάν $Q+M \leq I_p$:

$$\begin{aligned} \Pi(Q,M) = & -e * M - w_m * [\int_0^Q y * g(y) * dy + \int_Q^\infty Q * g(y) * dy] - w_b * M + \\ & \int_0^Q [-wp * (I_p - y - M) + L(I_p)] * g(y) * dy + \int_Q^\infty [-wp * (I_p - Q - \\ & M) + L(I_p)] * g(y) * dy, \end{aligned}$$

$$\text{Όπου } A(Q,M) = -e * M - w_m * [\int_0^Q y * g(y) * dy + \int_Q^\infty Q * g(y) * dy]$$

2) Εάν $I_p < Q+M \leq I_b$ & $M < I_p$:

$$\begin{aligned} \Pi(Q,M) = & A(Q,M) - w_b * M + \int_0^{I_p-M} [-wp * (I_p - y - M) + L(I_p)] * g(y) * \\ & dy + \int_{I_p-M}^Q L(y + M) * g(y) * dy + \int_Q^\infty L(Q + M) * g(y) * dy \end{aligned}$$

3) Εάν $M \geq I_p$ & $Q+M \leq I_b$:

$$\Pi(Q,M) = A(Q,M) - w_b * M + \int_0^Q L(y + M) * g(y) * dy + \int_Q^\infty L(Q + M) * g(y) * dy$$

4) Εάν $M < I_p$, $Q < I_b$ & $Q+M > I_b$:

$$\begin{aligned} \Pi(Q,M) = & A(Q,M) + \int_0^{I_p-M} [-w_b * M - wp * (I_p - y - M) + L(I_p)] * \\ & g(y) * dy + \int_{I_p-M}^{I_b-M} [-w_b * M + L(y + M)] * g(y) * dy + \int_{I_b-M}^Q [-w_b * \\ & (I_b - y) + L(I_b)] * g(y) * dy + \int_Q^\infty [-w_b * (I_b - Q) + L(I_b)] * g(y) * dy \end{aligned}$$

5) Εάν $M > I_p$, $Q < I_b$ & $Q+M > I_b$:

$$\begin{aligned} \Pi(Q,M) = & A(Q,M) + \int_0^{I_b-M} [-w_b * M + L(y + M)] * g(y) * dy \\ & + \int_{I_b-M}^Q [-w_b * (I_b - y) + L(I_b)] * g(y) * dy + \int_Q^\infty [-w_b * (I_b - Q) + \\ & L(I_b)] * g(y) * dy \end{aligned}$$

6) Εάν $M < I_p$ & $Q > I_b$:

$$\begin{aligned}\Pi(Q,M) = & A(Q,M) + \int_0^{Ip-M} [-wb * M - wp * (Ip - y - M) + L(Ip)] * \\ & g(y) * dy + \int_{Ip-M}^{Ib-M} [-wb * M + L(y + M)] * g(y) * dy + \int_{Ib-M}^{Ib} [-wb * \\ & (Ib - y) + L(Ib)] * g(y) * dy + \int_{Ib}^Q L(y) * g(y) * dy + \int_Q^\infty L(Q) * g(y) * dy\end{aligned}$$

7) Eáv M>Ip & Q>Ib:

$$\begin{aligned}\Pi(Q,M) = & A(Q,M) + \int_0^{Ib-M} [-wb * M + L(y + M)] * g(y) * dy \\ & + \int_{Ib-M}^{Ib} [-wb * (Ib - y) + L(Ib)] * g(y) * dy + \int_{Ib}^Q L(y) * g(y) * dy \\ & + \int_Q^\infty L(Q) * g(y) * dy\end{aligned}$$

5.Ανάλυση παραδειγμάτων και αποτελεσμάτων για το μοντέλο 1.

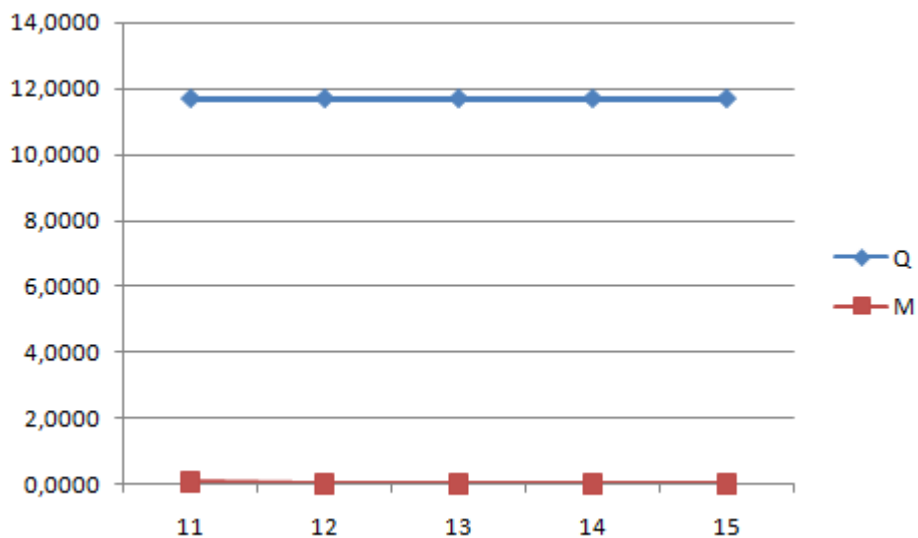
Στο παρόν κεφάλαιο αποτυπώνονται τα αποτελέσματα της επίλυσης των μοντέλων, τα οποία εξήχθησαν μέσω κώδικα που γράφτηκε στο Matlab. Ο κώδικας αυτός παρουσιάζεται στο τέλος της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Οι όροι και οι παράμετροι του συστήματος ορίστηκαν στο κεφάλαιο 3. Η κάθε μία από αυτές παίζει σπουδαίο ρόλο στην τελική απόφαση παραγγελίας και γι αυτό μελετάται η επίδραση τους. Επομένως οι βέλτιστες ποσότητες παραγγελίας (Q,M) από τον κύριο και εφεδρικό προμηθευτή, θα υπολογιστούν ξεχωριστά για κάθε μεταβολή της τιμής των παραμέτρων.

5.1. Μεταβολή των Q,M,Ptotal για διάφορες τιμές του w_b

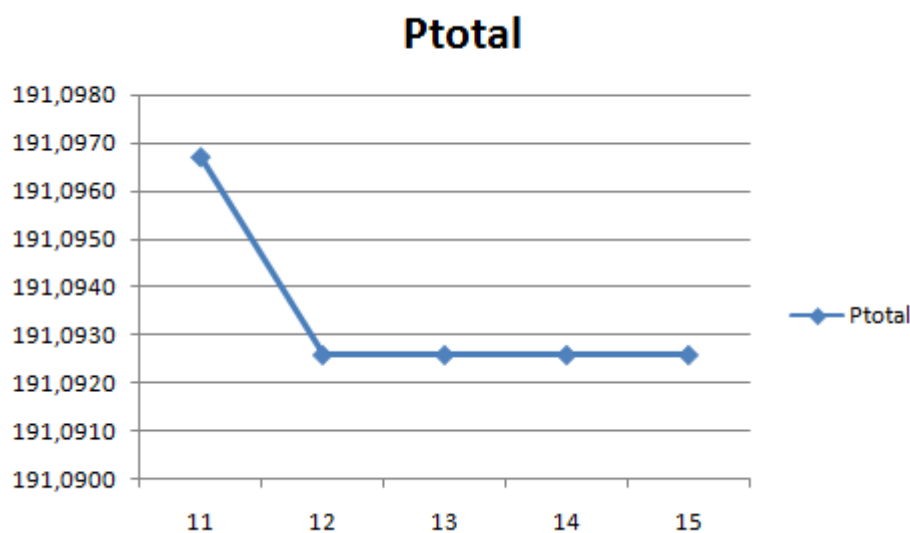
Ο πρώτος υπολογισμός πραγματοποιείται για μεταβολές μόνο στην τιμή του κόστους εξασφαλισμένης ποσότητας από τον εφεδρικό προμηθευτή. Οι υπόλοιπες παράμετροι παραμένουν σταθεροί. Η τιμή πώλησης s προς τους καταναλωτές ορίζεται ίση με 30. Η τιμή αγοράς από τον κύριο προμηθευτή $w_m = 10$, η τιμή αγοράς από τον εφεδρικό w_b παίρνει τιμές από 11-15 και η τιμή αγοράς απεριόριστης ποσότητας $w_p = 18$. Όσον αφορά την τιμή πώλησης ανά επιστρεφόμενη μονάδα $h = 4$. Το κόστος εξασφαλισμένης ποσότητας $e = 2$. Η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας της ζήτησης $f(x)$ λαμβάνει μέση τιμή = 10 και τυπική απόκλιση = 2, ενώ η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας $g(y)$ λαμβάνει μέση τιμή = 10 και τυπική απόκλιση = 1. Προκύπτουν τα παρακάτω αποτελέσματα.

Wb	11	12	13	14	15
Q	11.6828	11.6828	11.6828	11.6828	11.6828
M	0.0728	0	0	0	0
Ptotal	191.0967	191.0926	191.0926	191.0926	191.0926

Η ποσότητα παραγγελίας προς τον κύριο προμηθευτή M μηδενίζεται $M=0$ για τιμή αγοράς $w_b = 11.135$. Επομένως, εάν οι υπόλοιπες παράμετροι πάρουν τις δοθείσες τιμές η χρήση του εφεδρικού συμφέρει μέχρι την τιμή 11.135.



Σχήμα 1 : Διάγραμμα Q,M-Wb για τιμές Wb από 11 έως 15 και τις αντίστοιχες τιμές Q,M.



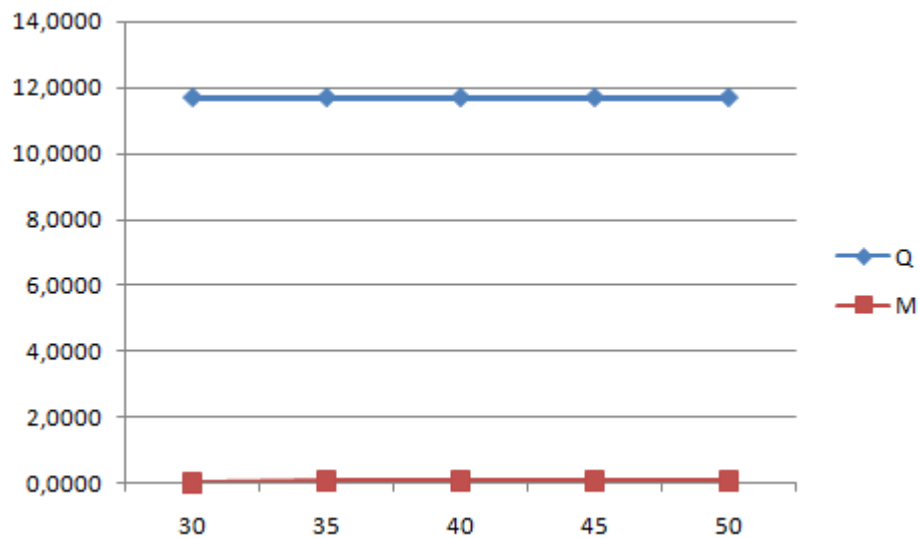
Σχήμα 2 :Διάγραμμα Ptotal-Wb για τιμές Wb από 11 έως 15 και τις αντίστοιχες τιμές Ptotal.

Παρατηρείται ότι για τις δοθείσες τιμές αγοράς από τον εφεδρικό προμηθευτή η ποσότητα παραγγελίας στον κύριο προμηθευτή παραμένει σταθερή, ενώ στον εφεδρικό λαμβάνει τιμή 0 εκτός από την πρώτη επανάληψη. Σε αυτήν λαμβάνει οριακά επίσης την τιμή 0. Το κέρδος παρουσιάζει μία ανεπαίσθητη μείωση μερικών δέκατων του ευρώ. Συμπερασματικά, η παραγγελία προϊόντων από τον εφεδρικό προμηθευτή κρίνεται ως ασύμφορη.

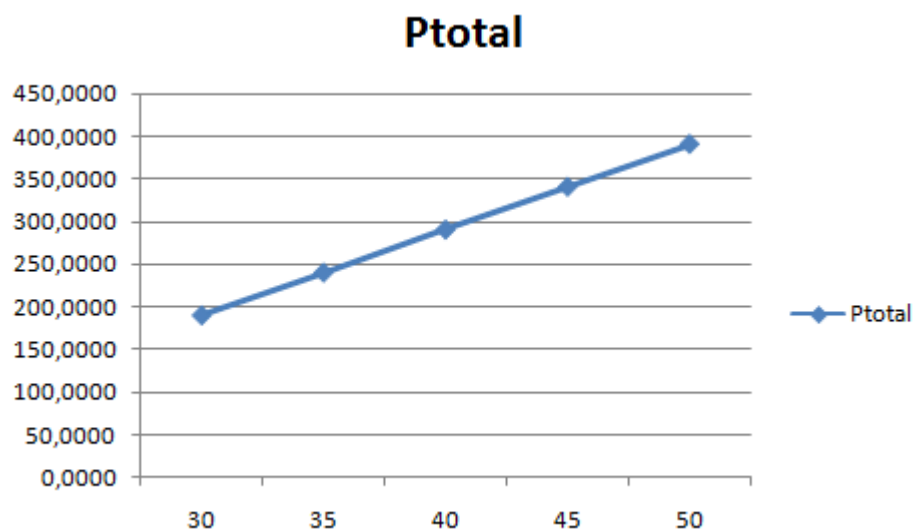
5.2. Μεταβολή των Q,M,Ptotal για διάφορες τιμές του s

Η τιμή πώλησης προς τους καταναλωτές λαμβάνει τιμές 30,35,40,45 και 50 , ενώ οι υπόλοιπες παράμετροι παραμένουν σταθερές, όπως ορίστηκαν προηγουμένως.

S	30	35	40	45	50
Q	11.6828	11.6828	11.6828	11.6828	11.6828
M	0.0728	0.0728	0.0728	0.0728	0.0728
Ptotal	191.0967	241.0967	291.0967	341.0967	391.0967



Σχήμα 3 :Διάγραμμα Q,M-s για τιμές s (30,35,40,45,50) και τις αντίστοιχες τιμές Q,M.



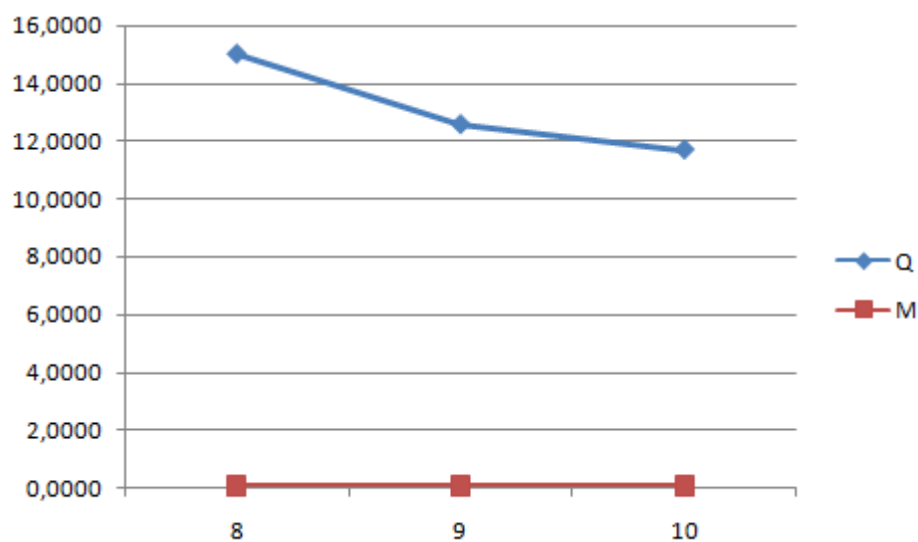
Σχήμα 4 :Διάγραμμα Ptotal-s για τιμές s (30,35,40,45,50) και τις αντίστοιχες τιμές Ptotal.

Επομένως είναι ευδιάκριτο ότι για αυξανόμενη τιμή πώλησης προς τους καταναλωτές, οι ποσότητες παραγγελίας προς τον κύριο και τον εφεδρικό προμηθευτή παραμένουν σταθερές. Το κέρδος συνεχώς αυξάνεται λόγω της αύξησης στην τιμή πώλησης.

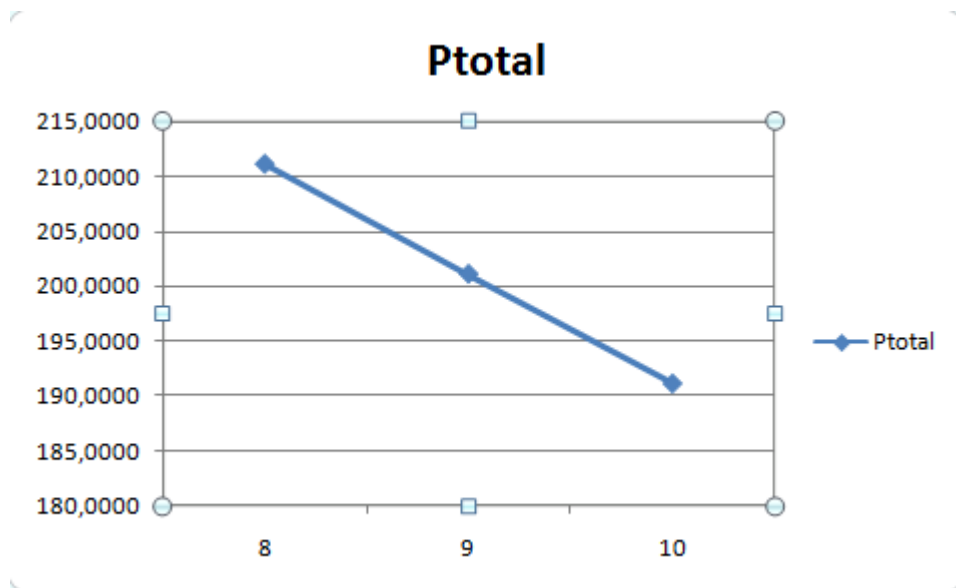
5.3. Μεταβολή των Q,M,Ptotal για διάφορες τιμές του w_m

Σε αυτή την υποπερίπτωση η μόνη παράμετρος που αλλάζει είναι η τιμή αγοράς από τον κύριο προμηθευτή. Λαμβάνει τιμές από 8 έως 10. Το μικρό εύρος τιμών οφείλεται στον περιορισμό που προκύπτει από το τελικό απόθεμα.

W_m	8	9	10
Q	15.0020	12.5624	11.6828
M	0.0728	0.0728	0.0728
Ptotal	211.0883	201.0886	191.0967



Σχήμα 5 :Διάγραμμα Q,M- w_m για τιμές w_m (8,9,10) και τις αντίστοιχες τιμές Q,M.



Σχήμα 6 :Διάγραμμα Ptotal-wm για τιμές wm (8,9,10) και τις αντίστοιχες τιμές Ptotal.

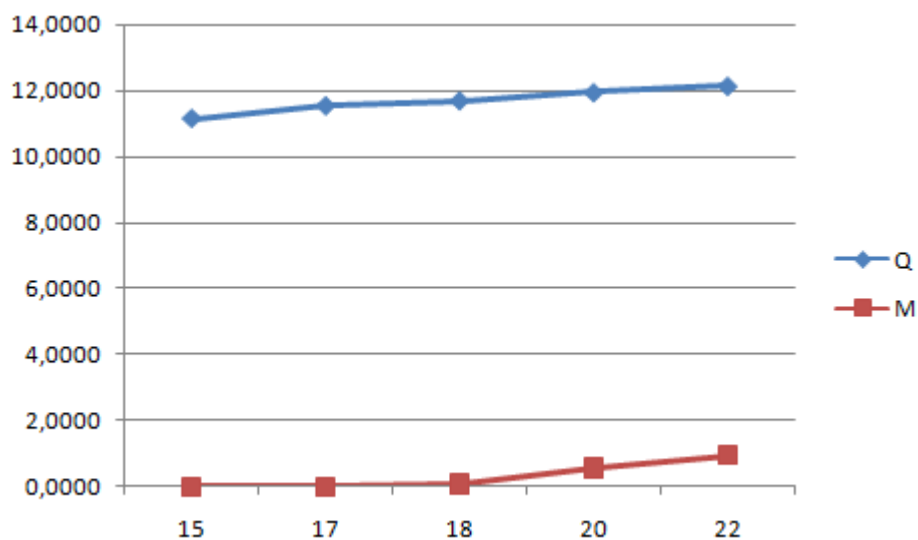
Συμπερασματικά είναι εμφανές ότι για αυξανόμενη τιμή αγοράς από τον κύριο προμηθευτή, η ποσότητα αγοράς προς αυτόν μειώνεται, η ποσότητα αγοράς από τον εφεδρικό παραμένει σταθερή, ενώ το συνολικό κέρδος μειώνεται λόγω της μείωσης των προϊόντων προς πώληση.

5.4. Μεταβολή των Q,M,Ptotal για διάφορες τιμές του wp

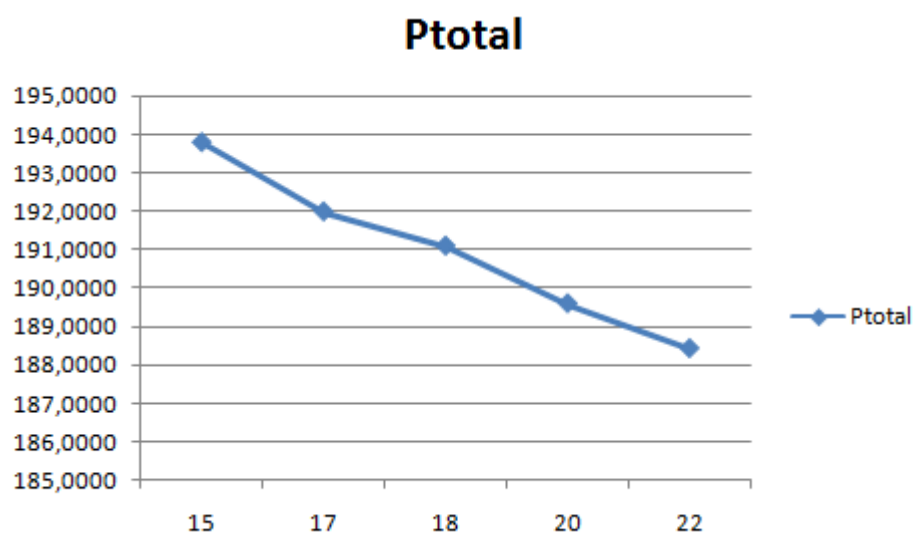
Σε αυτήν την περίπτωση το κόστος αγοράς μονάδας προϊόντος λαμβάνει τιμές μεταξύ 15 και 22, ενώ οι υπόλοιπες παράμετροι παραμένουν σταθερές.

Wp	15	17	18	20	22
Q	11.1315	11.5244	11.6828	11.9344	12.1347
M	0	0	0.0728	0.5633	0.9266
Ptotal	193.7887	191.9882	191.0967	189.5986	188.4287

Παρατηρείται ότι ο εφεδρικός προμηθευτής είναι απαραίτητος μεταξύ των τιμών απεριόριστης ποσότητας αγοράς 17 και 18. Εάν γίνουν ακριβείς υπολογισμοί προκύπτει ότι από **wp= 17.757** και μετά γίνεται χρήση του εφεδρικού.



Σχήμα 7: Διάγραμμα Q,M-wp για τιμές wp (15,17,18,20,22) και τις αντίστοιχες τιμές Q,M.



Σχήμα 8: Διάγραμμα Ptotal-wp για τιμές wp (15,17,18,20,22) και τις αντίστοιχες τιμές Ptotal.

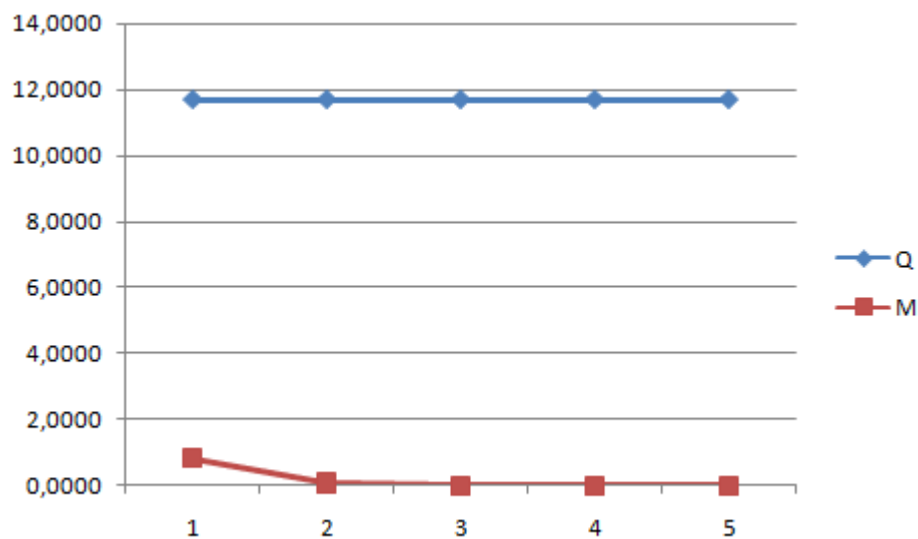
Συμπερασματικά, όσο η τιμή αγοράς απεριόριστης ποσότητας προϊόντος αυξάνεται, αυξάνονται και οι παραγγελίες προς τον κύριο και εφεδρικό προμηθευτή. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας της μεγαλύτερης ανάγκης για δημιουργία αποθέματος. Επομένως, το συνολικό κέρδος ακολουθεί αντίθετη πορεία και μειώνεται.

5.5. Μεταβολή των Q,M,Ptotal για διάφορες τιμές του e

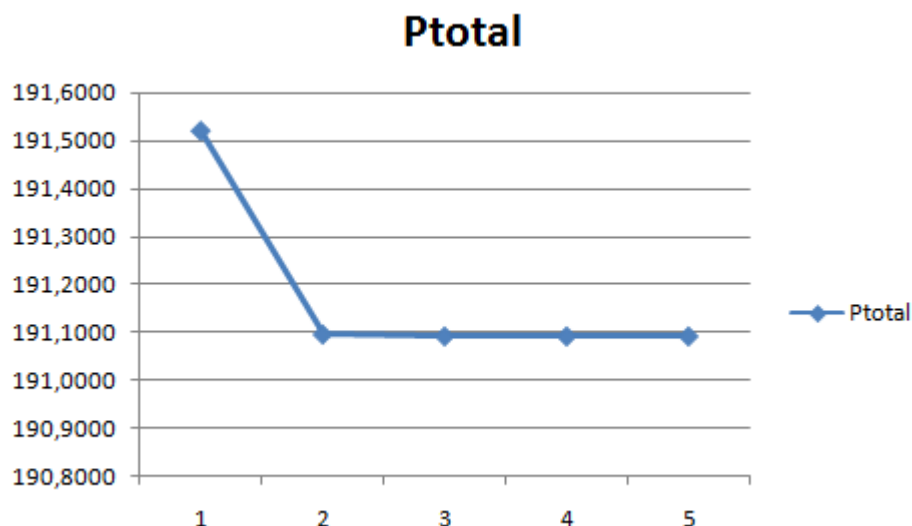
Το κόστος αποθήκευσης αυξάνεται από 1 έως 5 και καταγράφεται η μεταβολή στα Q,M,Ptotal με όλες τις υπόλοιπες παραμέτρους να λαμβάνουν τις τιμές που ορίστηκαν στην αρχή.

E	1	2	3	4	5
Q	11.6828	11.6828	11.6828	11.6828	11.6828
M	0.8102	0.0728	0	0	0
Ptotal	191.5190	191.0967	191.0926	191.0926	191.0926

Το σημείο έως όπου ο εφεδρικός προμηθευτής κρίνεται απαραίτητος και γίνεται παραγγελία προς αυτόν προκύπτει για κόστος αποθήκευσης $e = 2.113$. Από εκεί και έπειτα η χρήση του είναι ασύμφορη.



Σχήμα 9 :Διάγραμμα Q,M-e για τιμές e (1,2,3,4,5) και τις αντίστοιχες τιμές Q,M.



Σχήμα 10 :Διάγραμμα Ptotal-e για τιμές e (1,2,3,4,5) και τις αντίστοιχες τιμές Ptotal.

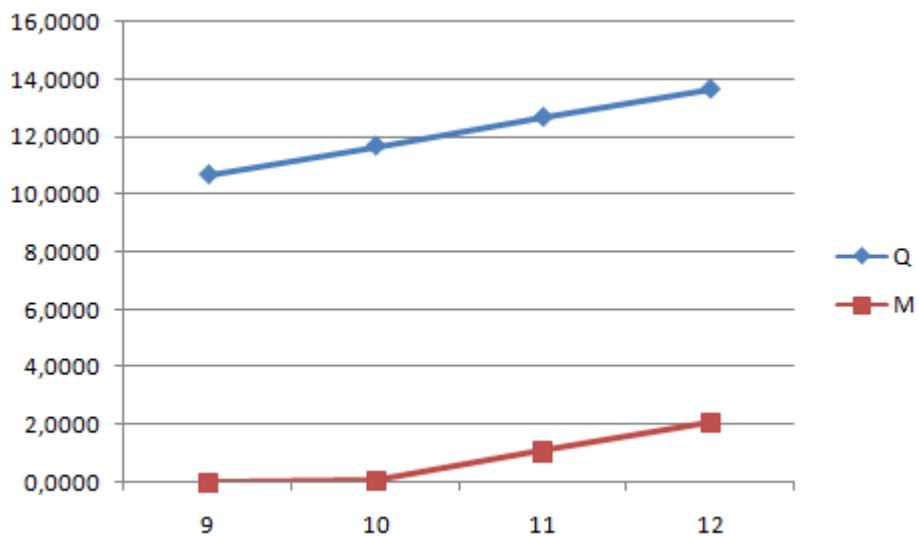
Η παραγγελία προς τον κύριο προμηθευτή παραμένει πάντα σταθερή. Η παραγγελία προς τον εφεδρικό λαμβάνει αρχικά μία μέγιστη τιμή και φτάνει στο 0 όσο προχωράνε οι επαναλήψεις. Αυτό συμβαίνει διότι ,για μεγάλο κόστος αποθήκευσης, αυξάνεται το συνολικό κόστος. Επομένως και το συνολικό κέρδος παρουσιάζει μία μικρή πτώση.

5.6. Μεταβολή των Q,M,Ptotal για διάφορες τιμές της μέσης τιμής ζήτησης

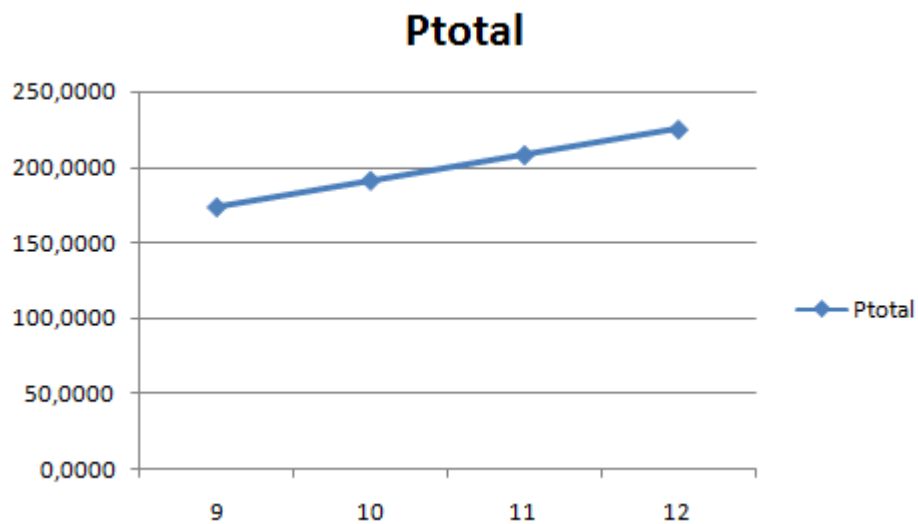
Ερευνάται πως η μεταβολή της ζήτησης (από 8 έως 12), που αρχικά είχε την τιμή 10, προκαλεί μεταβολή στην τιμή των Q,M,Ptotal.

M	9	10	11	12
Q	10.6827	11.6828	12.6825	13.6615
M	0	0.0728	1.0728	2.0728
Ptotal	173.2897	191.0967	208.1364	225.1398

Σύμφωνα με τις τιμές που έλαβαν οι παράμετροι στο κεφάλαιο 4.1.1. προκύπτει ότι για μέση τιμή ζήτησης $\mu=9.927$ η παραγγελία στον εφεδρικό προμηθευτή παίρνει οριακά την τιμή M=0. Επομένως για $\mu>9.927$ κρίνεται αναγκαία η χρήση του.



Σχήμα 11 :Διάγραμμα Q,M-μ για τιμές μ (9,10,11,12) και τις αντίστοιχες τιμές Q,M.



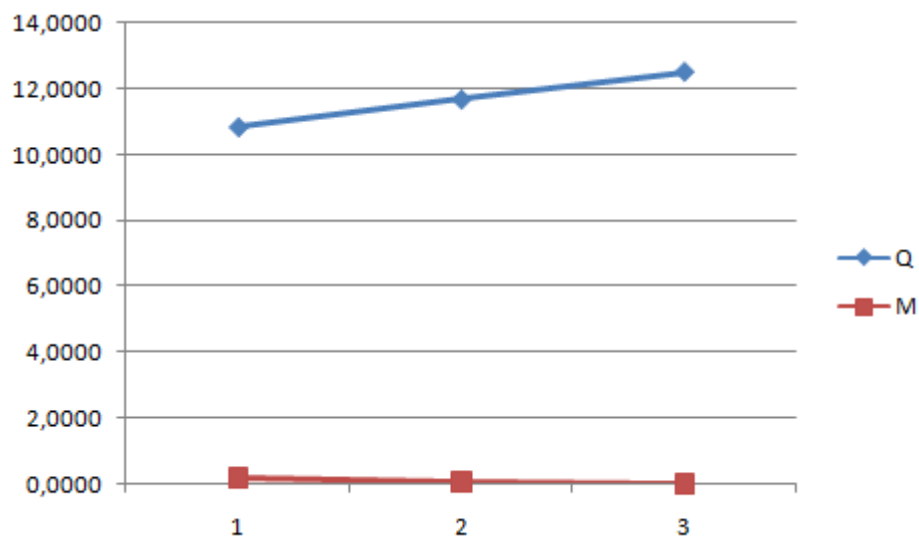
Σχήμα 12 :Διάγραμμα Ptotal-μ για τιμές μ (9,10,11,12) και τις αντίστοιχες τιμές Ptotal.

Συμπερασματικά όσο η μέση τιμή της ζήτησης αυξάνεται, αυξάνονται και τα προϊόντα προς παραγγελία στον κύριο και εφεδρικό προμηθευτή. Αντίστοιχα, αυξάνεται και το κέρδος, αφού οι πωλήσεις μεγαλώνουν.

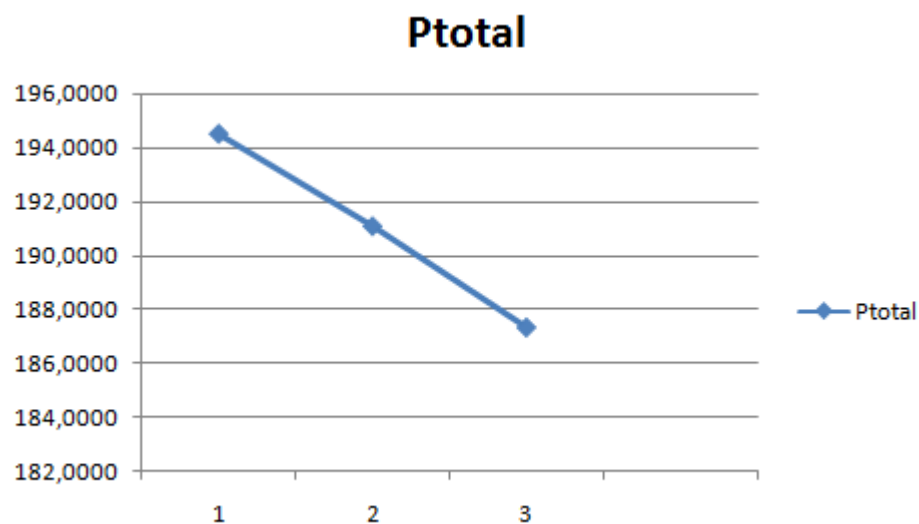
5.7. Μεταβολή των Q,M,Ptotal για διάφορες τιμές της τυπικής απόκλισης σ

Η τυπική απόκλιση λαμβάνει τιμές 1-3 και καταγράφεται η μεταβολή στις παραμέτρους Q,M,Ptotal.

Σ	1	2	3
Q	10.8413	11.6828	12.5205
M	0.2142	0.0728	0.0190
Ptotal	194.5081	191.0967	187.3552



Σχήμα 13 :Διάγραμμα Q,M- σ για τιμές σ (1,2,3) και τις αντίστοιχες τιμές Q,M.



Σχήμα 14 :Διάγραμμα Ptotal- σ για τιμές σ (1,2,3) και τις αντίστοιχες τιμές Ptotal.

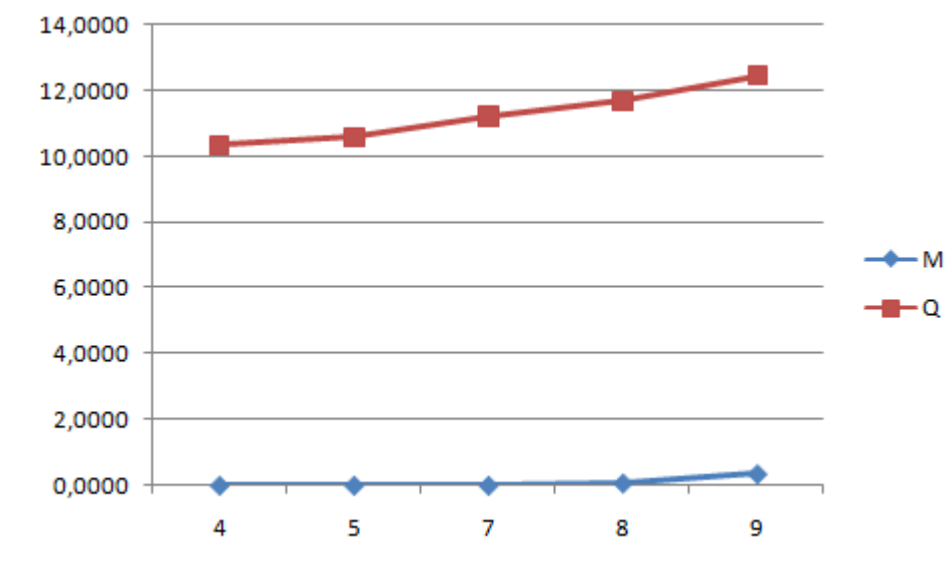
Επομένως, παρατηρείται ότι η παραγγελία προς τον κύριο προμηθευτή αυξάνεται, ενώ προς τον εφεδρικό μειώνεται. Το αναμενόμενο κέρδος συνεχώς μειώνεται εξαιτίας της αβεβαιότητας για ζήτηση προϊόντων.

5.8. Μεταβολή των Q,M,Ptotal για διάφορες τιμές του h

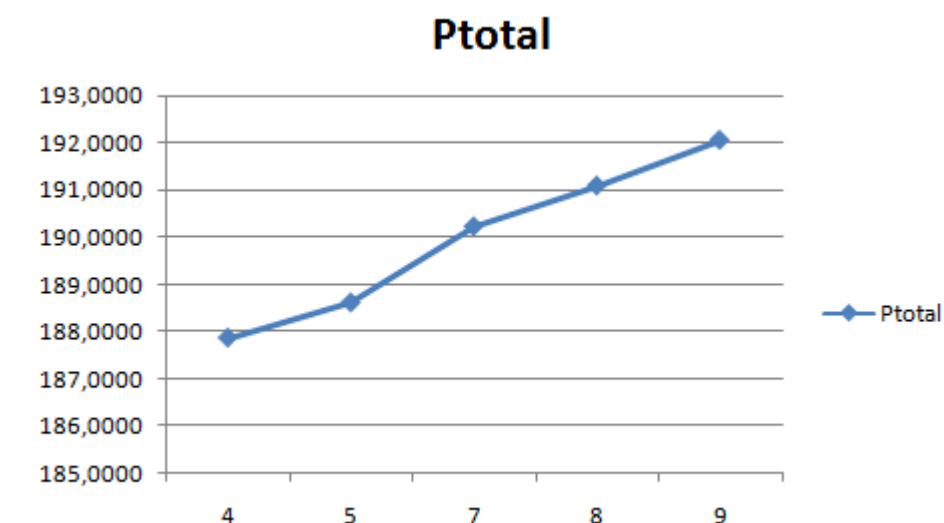
Η παράμετρος που μεταβάλλεται είναι η τιμή πώλησης επιστρεφόμενης μονάδας, η οποία παίρνει τις τιμές 4,5,7,8,9.

H	4	5	7	8	9
Q	10.3598	10.5865	11.2088	11.6828	12.4404
M	0	0	0	0.0728	0.3534
Ptotal	187.8576	188.6069	190.2294	191.0967	192.0697

Σύμφωνα με τον κώδικα στο λογισμικό Matlab, η χρήση του εφεδρικού προμηθευτή κρίνεται απαραίτητη για τιμές $h \geq 7.699$.



Σχήμα 15 :Διάγραμμα Q,M-h για τιμές h (4,5,7,8,9) και τις αντίστοιχες τιμές Q,M.



Σχήμα 16 :Διάγραμμα $P_{total}-w_m$ για τιμές w_m (4,5,7,8,9) και τις αντίστοιχες τιμές P_{total} .

Συμπερασματικά, η αύξηση στην τιμή πώλησης των προϊόντων που επιστρέφονται συνεπάγεται και αύξηση στο αναμενόμενο κέρδος. Επίσης, αφού το ρίσκο είναι μικρότερο αυξάνονται και οι ποσότητες παραγγελίας προς τους 2 προμηθευτές, όπως φανερώνει και το διάγραμμα.

6.Ανάλυση παραδειγμάτων και αποτελεσμάτων για το μοντέλο 2.

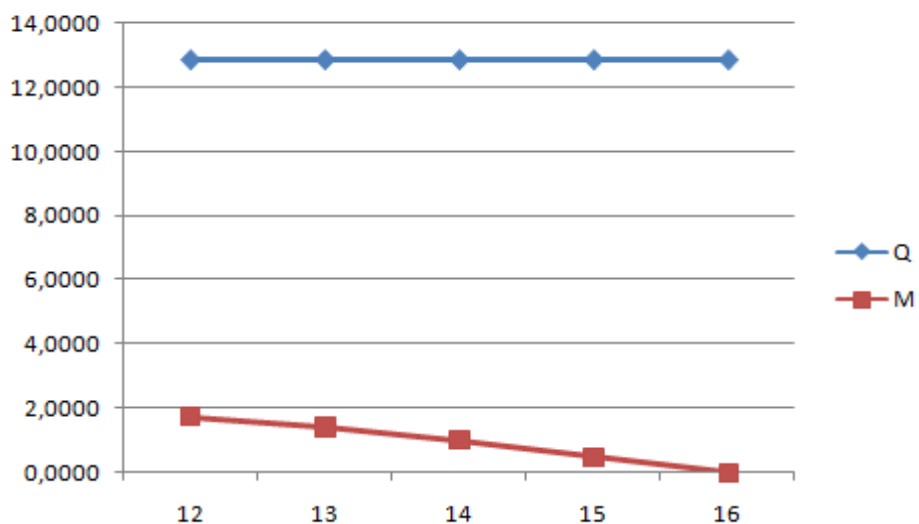
Στο παρόν κεφάλαιο όπως και στο κεφάλαιο 4 αποτυπώνονται τα αποτελέσματα της επίλυσης των μοντέλων, τα οποία εξήχθησαν μέσω κώδικα που γράφτηκε στο Matlab. Ο κώδικας αυτός παρουσιάζεται στο τέλος της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Οι όροι και οι παράμετροι του συστήματος ορίστηκαν στο κεφάλαιο 3. Η κάθε μία από αυτές παίζει σπουδαίο ρόλο στην τελική απόφαση παραγγελίας και για αυτό μελετάται η επίδραση τους. Επομένως οι βέλτιστες ποσότητες παραγγελίας (Q,M) από τον κύριο και εφεδρικό προμηθευτή, θα υπολογιστούν ξεχωριστά για κάθε μεταβολή της τιμής των παραμέτρων.

6.1. Μεταβολή των Q,M,Ptotal για διάφορες τιμές του w_b

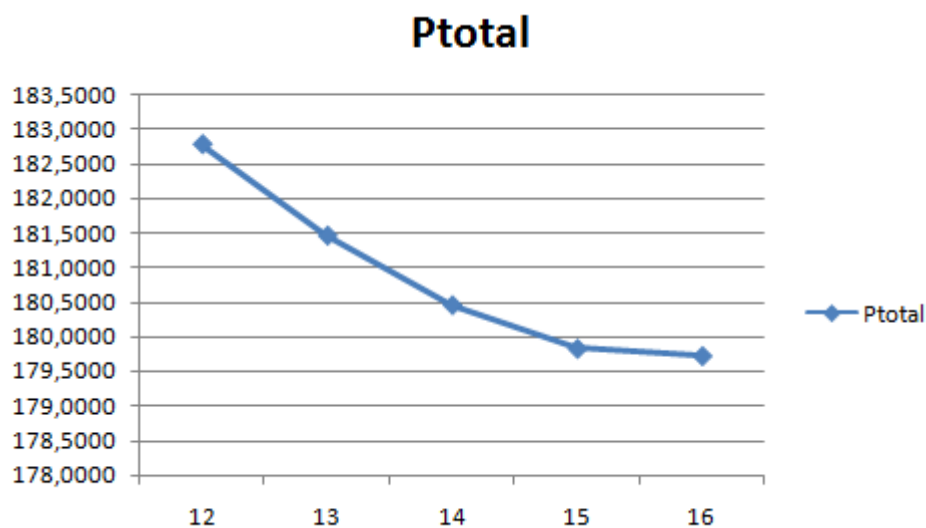
Ο πρώτος υπολογισμός πραγματοποιείται για μεταβολές μόνο στην τιμή του κόστους εξασφαλισμένης ποσότητας από τον εφεδρικό προμηθευτή. Οι υπόλοιπες παράμετροι παραμένουν σταθεροί. Η τιμή πώλησης s προς τους καταναλωτές ορίζεται ίση με 30. Η τιμή αγοράς από τον κύριο προμηθευτή $w_m = 10$, η τιμή αγοράς από τον εφεδρικό w_b παίρνει τιμές από 12-16 και η τιμή αγοράς απεριόριστης ποσότητας $w_p = 18$. Όσον αφορά την τιμή πώλησης ανά επιστρεφόμενη μονάδα $h = 8$. Εδώ υπεισέρχεται και το κόστος χαμένων πωλήσεων ανά μονάδα προϊόντος $p = 4$. Το κόστος εξασφαλισμένης ποσότητας $e = 2$. Η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας της ζήτησης $f(x)$ λαμβάνει μέση τιμή = 10 και τυπική απόκλιση = 2, ενώ η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας $g(y)$ λαμβάνει μέση τιμή = 10 και τυπική απόκλιση = 1. Προκύπτουν τα παρακάτω αποτελέσματα.

w_b	12	13	14	15	16
Q	12.8629	12.8629	12.8629	12.8629	12.8629
M	1.7228	1.3974	1.0125	0.4623	0
Ptotal	182.7752	181.4587	180.4567	179.828	179.7222

Η ποσότητα παραγγελίας προς τον κύριο προμηθευτή M μηδενίζεται για τιμή αγοράς $w_b = 15.497$. Μετά από τη συγκεκριμένη τιμή η χρήση του είναι ασύμφορη.



Σχήμα 17 :Διάγραμμα Q,M-Wb για τιμές Wb από 12 έως 16 και τις αντίστοιχες τιμές Q,M.



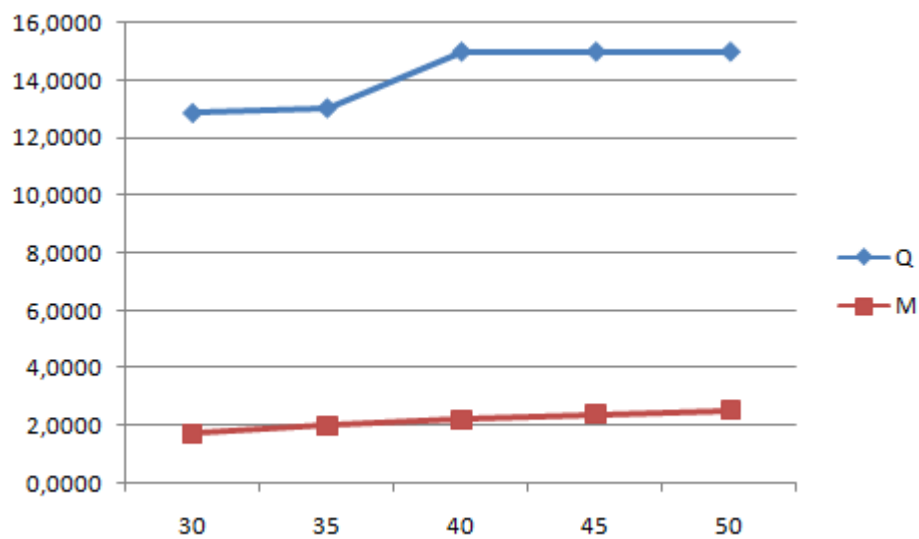
Σχήμα 18 :Διάγραμμα Ptotal-Wb για τιμές Wb από 12 έως 16 και τις αντίστοιχες τιμές Ptotal.

Επομένως, για αυξανόμενη τιμή προϊόντος από τον εφεδρικό η παραγγελία που γίνεται προς αυτόν μειώνεται, ενώ το ύψος παραγγελίας προς τον κύριο προμηθευτή παραμένει σταθερό. Παρατηρείται ότι όσο αυξάνεται η τιμή αγοράς μονάδας προϊόντος από τον εφεδρικό προμηθευτή το συνολικό κέρδος μειώνεται, αφού το συνολικό εμπόρευμα μειώνεται.

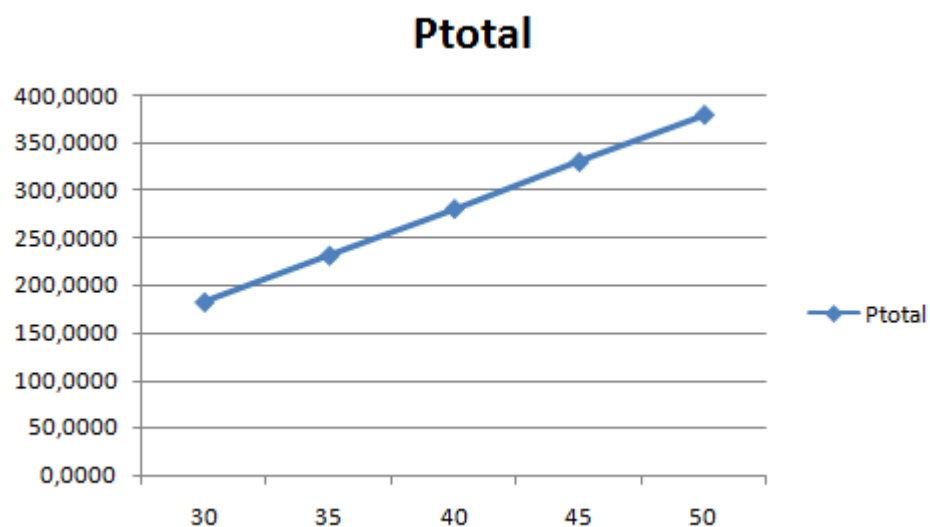
6.2. Μεταβολή των Q,M,Ptotal για διάφορες τιμές του s

Η τιμή πώλησης προς τους καταναλωτές λαμβάνει τιμές 30,35,40,45 και 50 , ενώ οι υπόλοιπες παράμετροι παραμένουν σταθερές, όπως ορίστηκαν προηγουμένως.

S	30	35	40	45	50
Q	12.8629	13.0359	15.002	15.002	15.002
M	1.7228	1.9936	2.2082	2.385	2.5348
Ptotal	182.7752	231.5321	280.5242	329.68	378.9556



Σχήμα 19 :Διάγραμμα Q,M-S για τιμές s (30,35,40,45,50) και τις αντίστοιχες τιμές Q,M.



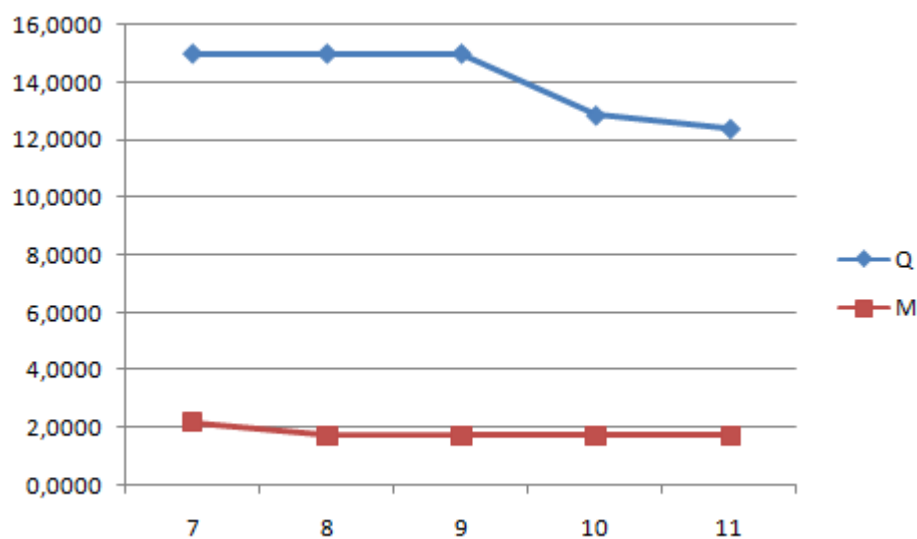
Σχήμα 20 :Διάγραμμα P_{total} -S για τιμές s (30,35,40,45,5) και τις αντίστοιχες τιμές P_{total} .

Παρατηρείται ότι όσο αυξάνεται η τιμή πώλησης μονάδας προϊόντος αυξάνεται και η ποσότητα παραγγελίας τόσο προς τον κύριο (μέχρι μία συγκεκριμένη τιμή) όσο και προς τον εφεδρικό προμηθευτή. Η αύξηση της τιμής πώλησης συνεπάγεται και αύξηση στο συνολικό κέρδος.

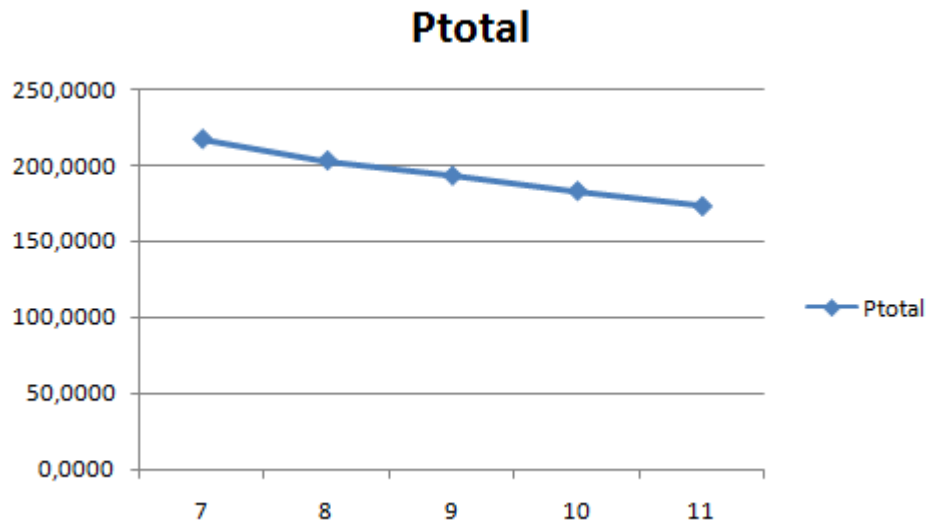
6.3. Μεταβολή των Q,M, P_{total} για διάφορες τιμές του w_m

Με μεταβαλλόμενη τιμή του κόστους αγοράς μονάδας προϊόντος από τον κύριο προμηθευτή και τιμές των άλλων παραμέτρων όπως ορίστηκαν στο υποκεφάλαιο 5.1.1. ,καταγράφεται η μεταβολή στις παραμέτρους Q,M και P_{total} .

W_m	7	8	9	10	11
Q	15.002	15.002	15.002	12.8629	12.3963
M	2.1681	1.7228	1.7228	1.7228	1.7228
P_{total}	216.7831	202.7749	192.7749	182.7752	172.7767



Σχήμα 21 :Διάγραμμα Q,M- W_m για τιμές W_m (7,8,9,10,11) και τις αντίστοιχες Q,M.



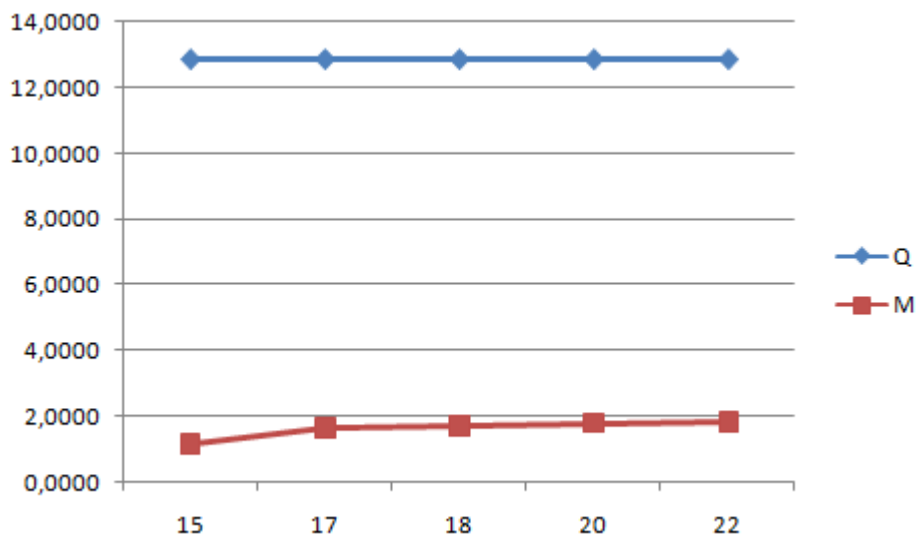
Σχήμα 22 :Διάγραμμα Ptotal-Wm για τιμές Wm (7,8,9,10,11) και τις αντίστοιχες Ptotal.

Συμπερασματικά όσο η τιμή αγοράς μονάδας προϊόντος από τον κύριο προμηθευτή αυξάνεται η ποσότητα παραγγελίας προς αυτόν μειώνεται, ενώ η ποσότητα παραγγελίας προς τον εφεδρικό μειώνεται μέχρι μία σταθερή τιμή. Το συνολικό κέρδος μειώνεται λόγω της αύξησης της τιμής Wm και της μείωσης των προϊόντων προς πώληση.

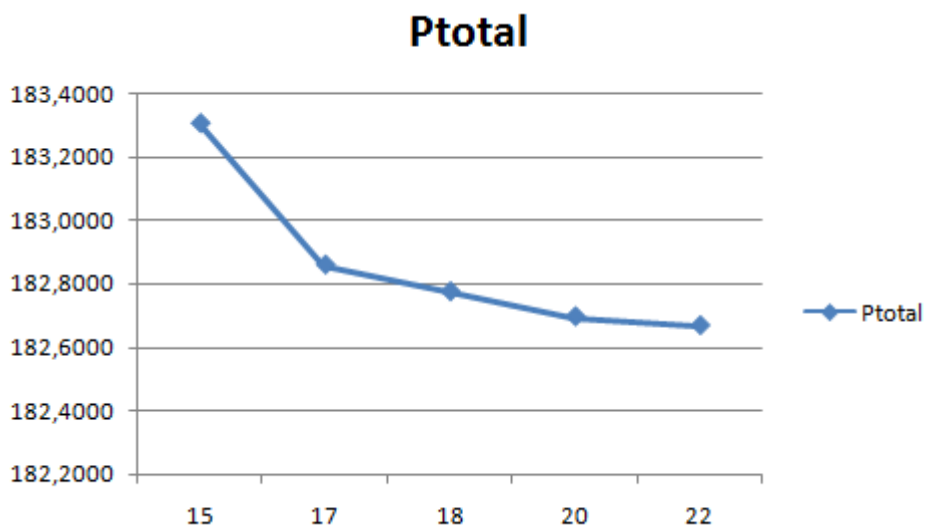
6.4. Μεταβολή των Q,M,Ptotal για διάφορες τιμές του wp

Η μόνη παράμετρος που μεταβάλλεται είναι η τιμή αγοράς απεριόριστης ποσότητας από τον εφεδρικό προμηθευτή, που λαμβάνει τις τιμές 15,17,18,20 και 22.

Wp	15	17	18	20	22
Q	12.8629	12.8629	12.8629	12.8629	12.8629
M	1.1702	1.6387	1.7228	1.8037	1.8345
Ptotal	183.3076	182.8599	182.7752	182.6959	182.6678



Σχήμα 23 :Διάγραμμα Q,M-Wp για τιμές Wp (15,17,18,20,22) και τις αντίστοιχες Q,M.



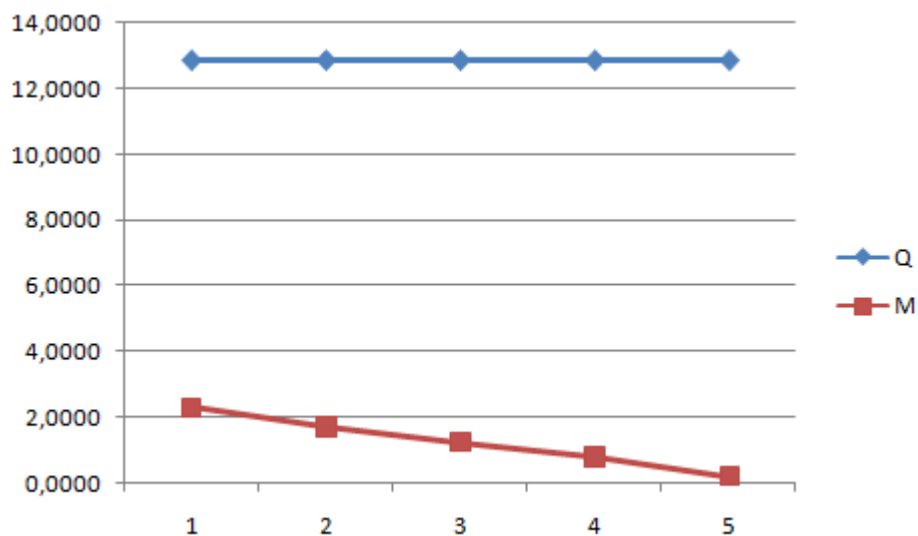
Σχήμα 24 :Διάγραμμα Ptotal-Wp για τιμές Wp (15,17,18,20,22) και τις αντίστοιχες Ptotal.

Παρατηρείται ότι όσο η τιμή αγοράς μονάδας απεριόριστης ποσότητας από τον εφεδρικό προμηθευτή αυξάνεται η ποσότητα αγοράς από τον κύριο προμηθευτή παραμένει σταθερή . Όσον αφορά την ποσότητα παραγγελίας από τον εφεδρικό, αυξάνεται, ενώ αντίθετη πορεία ακολουθεί το συνολικό κέρδος που παρουσιάζει μία μικρή πτώση.

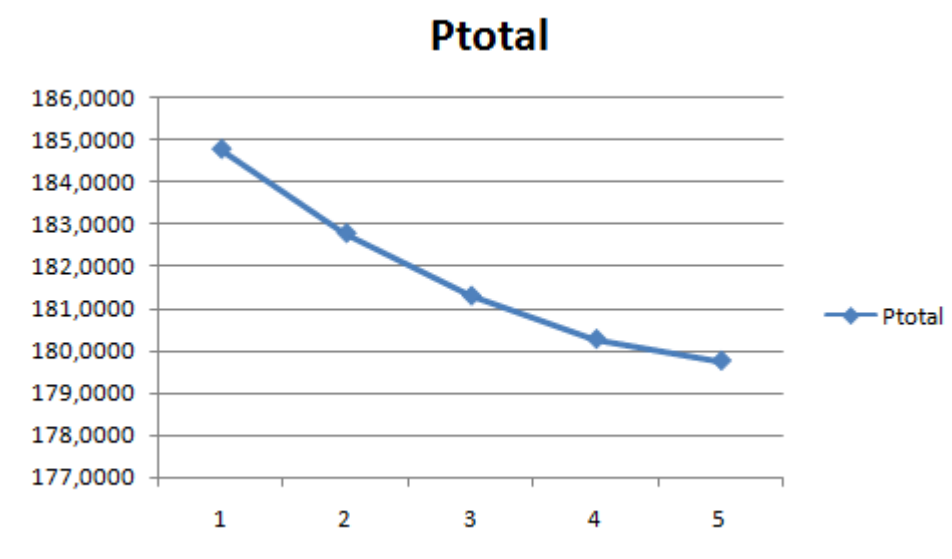
6.5. Μεταβολή των Q,M,Ptotal για διάφορες τιμές του e

Το κόστος αποθήκευσης αυξάνεται από 1 έως 5 και καταγράφεται η μεταβολή στις τιμές Q,M,Ptotal με όλες τις υπόλοιπες παραμέτρους να λαμβάνουν τις τιμές που ορίστηκαν στην αρχή.

E	1	2	3	4	5
Q	12.8629	12.8629	12.8629	12.8629	12.8629
M	2.3059	1.1702	1.2548	0.7875	0.2074
Ptotal	184.7716	182.7752	181.2900	180.2654	179.7503



Σχήμα 25 :Διάγραμμα Q,M-e για τιμές e (1,2,3,4,5) και τις αντίστοιχες Q,M.



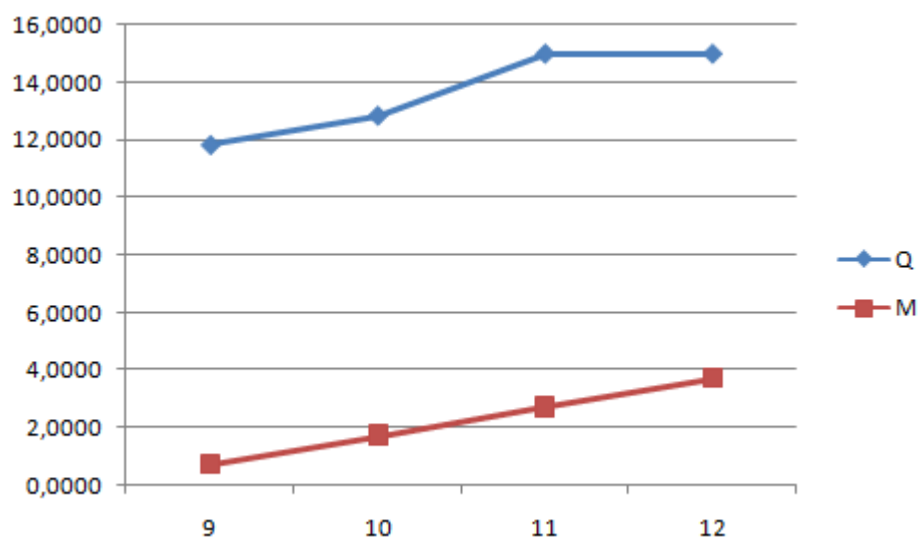
Σχήμα 26 :Διάγραμμα Ptotal-e για τιμές e (1,2,3,4,5) και τις αντίστοιχες Ptotal.

Επομένως, για αυξανόμενες τιμές του κόστους αποθήκευσης η παραγγελία προς τον κύριο προμηθευτή παραμένει σταθερή. Λόγω αυτής της αύξησης η παραγγελία προς τον εφεδρικό προμηθευτή συνεχώς μειώνεται, όπως και το συνολικό κέρδος.

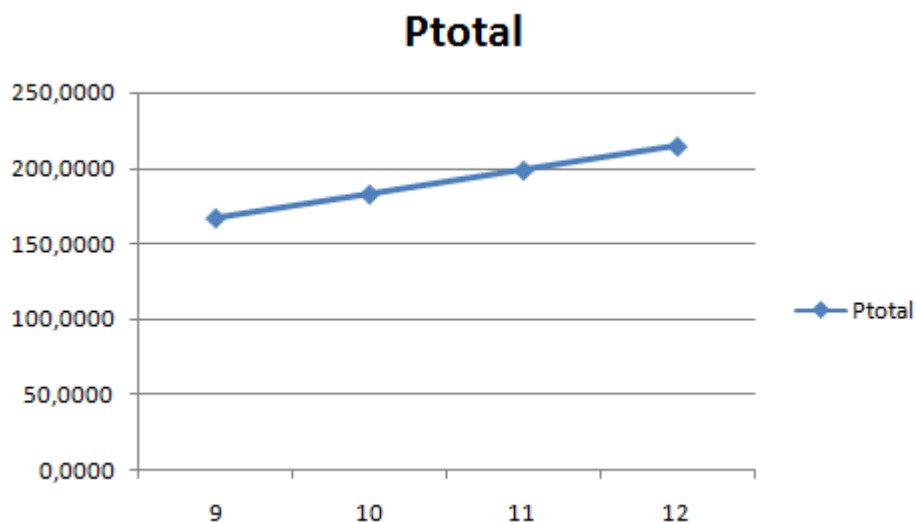
6.6. Μεταβολή των Q,M,Ptotal για διάφορες τιμές της μέσης τιμής ζήτησης

Η μέση τιμή της ζήτησης παίρνει τιμές από 8 έως 12. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η επίδραση στις τιμές Q,M και Ptotal.

M	9	10	11	12
Q	11.8516	12.8629	15.002	15.002
M	0.7228	1.7228	2.7228	3.7228
Ptotal	166.7031	182.7752	198.7805	214.7797



Σχήμα 27 :Διάγραμμα Q,M-μ για τιμές μ (9,10,11,12) και τις αντίστοιχες Q,M.



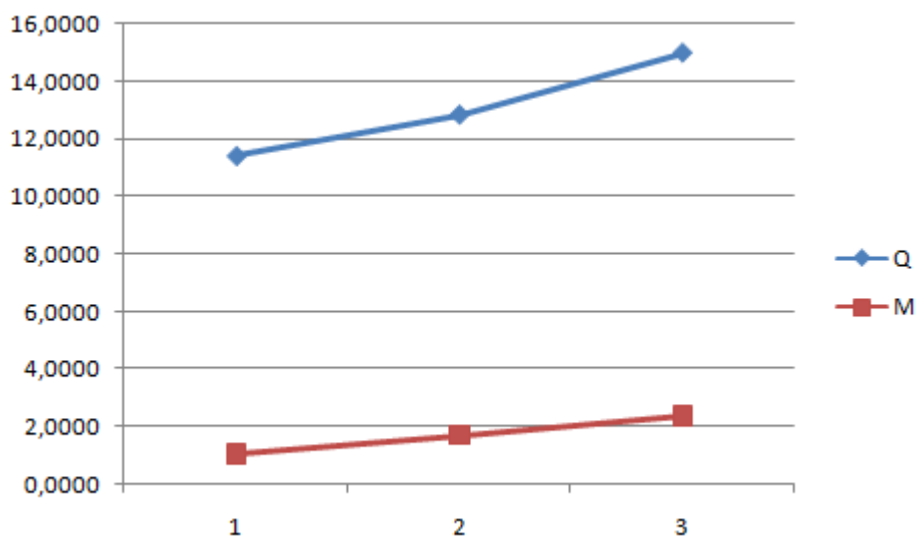
Σχήμα 28 :Διάγραμμα P_{total} -μ για τιμές μ (9,10,11,12) και τις αντίστοιχες P_{total} .

Επομένως παρατηρείται ότι όσο η μέση τιμή της ζήτησης αυξάνεται, αυξάνεται η ποσότητα παραγγελίας προς το κύριο και εφεδρικό προμηθευτή. Αυτό έχει ως επακόλουθο και την αύξηση του συνολικού κέρδους λόγω αυξημένων πωλήσεων.

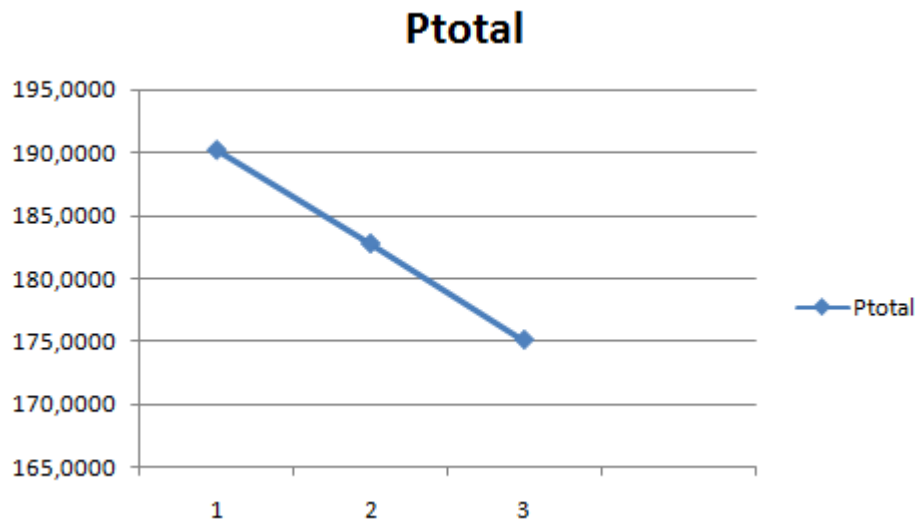
6.7. Μεταβολή των Q, M, P_{total} για διάφορες τιμές της τυπικής απόκλισης

Η παράμετρος που αλλάζει είναι η τυπική απόκλιση σ , που παίρνει τιμές 1,2 και 3.

Σ	1	2	3
Q	11.4257	12.8629	15.002
M	1.0681	1.7228	2.3928
P_{total}	190.2269	182.7752	175.1078



Σχήμα 29 :Διάγραμμα Q,M-σ για τιμές σ (1,2,3) και τις αντίστοιχες Q,M.



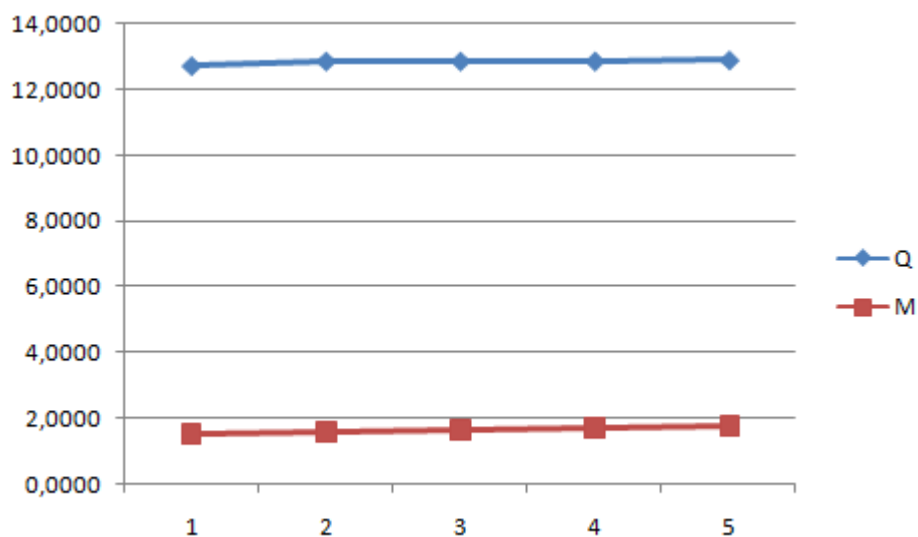
Σχήμα 30 :Διάγραμμα Ptotal-σ για τιμές σ (1,2,3) και τις αντίστοιχες Ptotal.

Συμπερασματικά όσο η τυπική απόκλιση αυξάνεται από την τιμή 1 έως 3 η ποσότητα παραγγελίας προς τον κύριο προμηθευτή αυξάνεται μέχρι μία συγκεκριμένη τιμή. Η παραγγελία προς τον εφεδρικό συνεχώς αυξάνεται, ενώ το συνολικό κέρδος λόγω της αβεβαιότητας μειώνεται.

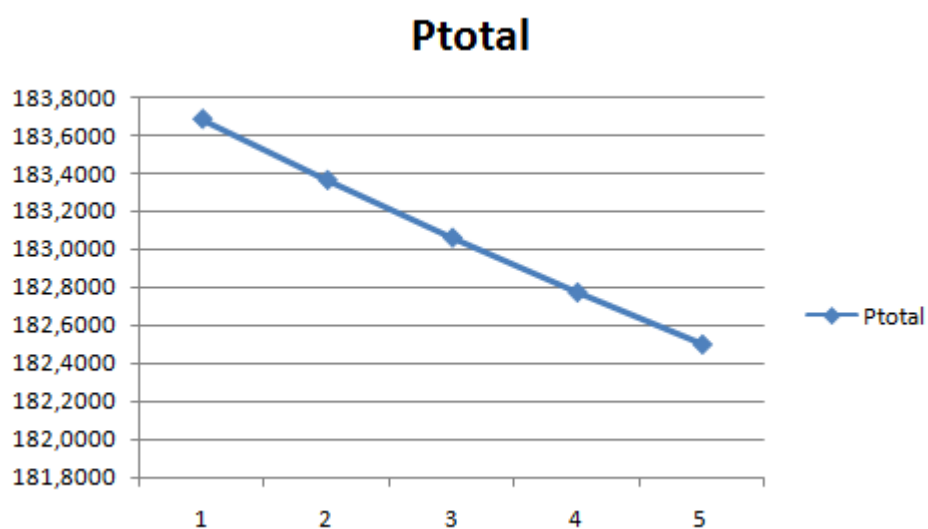
6.8. Μεταβολή των Q,M,Ptotal για διάφορες τιμές του p

Καταγράφεται πως η μεταβολή στο κόστος χαμένων πωλήσεων ανά μονάδα προϊόντος (από 1 έως 5) επηρεάζει την ποσότητα παραγγελίας στον κύριο και εφεδρικό προμηθευτή, καθώς και το συνολικό κέρδος.

P	1	2	3	4	5
Q	12.7186	12.8629	12.8629	12.8629	12.895
M	1.5200	1.5918	1.6593	1.7228	1.7827
Ptotal	183.6818	183.3628	183.0612	182.7752	182.5034



Σχήμα 31 :Διάγραμμα Q,M-p για τιμές p (1,2,3,4,5) και τις αντίστοιχες Q,M.



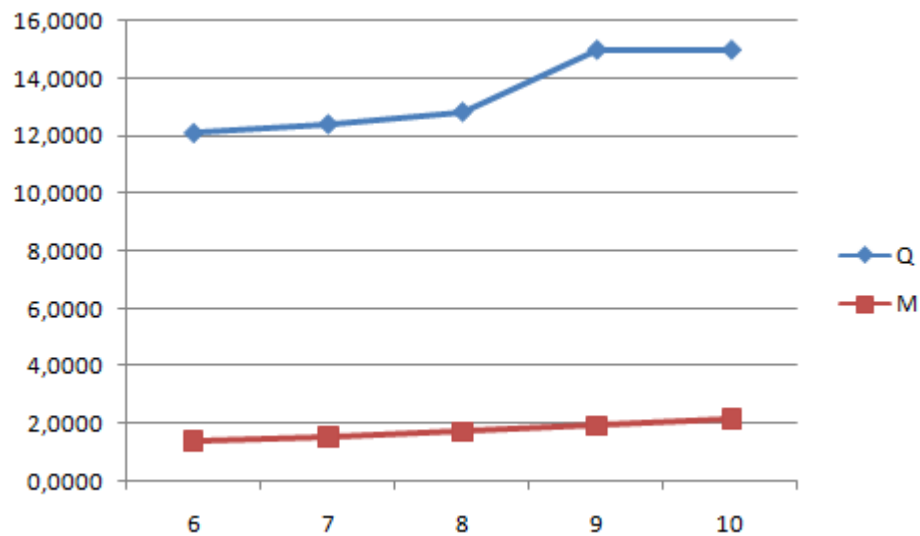
Σχήμα 32 :Διάγραμμα Ptotal-p για τιμές p (1,2,3,4,5) και τις αντίστοιχες Ptotal.

Παρατηρείται ότι για αυξανόμενη τιμή του κόστους χαμένων πωλήσεων ανά μονάδα προϊόντος η ποσότητα παραγωγής αυξάνεται. Η ποσότητα που παραγγέλλεται στον εφεδρικό συνεχώς αυξάνεται, ενώ το συνολικό κέρδος ακολουθεί αντίστροφη πορεία και συνεχώς μειώνεται .

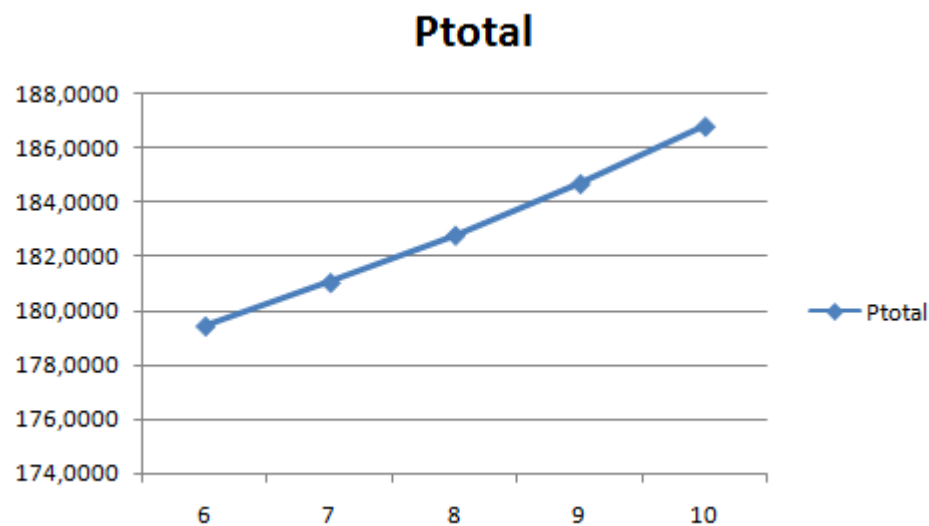
6.9. Μεταβολή των Q,M,Ptotal για διάφορες τιμές του h

Η μεταβαλλόμενη παράμετρος είναι η τιμή πώλησης επιστρεφόμενης μονάδας, η οποία λαμβάνει τις τιμές 6,7,8 και 9.

H	6	7	8	9
Q	12.1348	12.4408	12.8629	15.0020
M	1.3982	1.5499	1.7228	1.9244
Ptotal	179.4353	181.0387	182.7752	184.6751



Σχήμα 33 :Διάγραμμα Q,M-h για τιμές h (6,7,8,9) και τις αντίστοιχες Q,M.



Σχήμα 34 :Διάγραμμα Ptotal-h για τιμές h (6,7,8,9) και τις αντίστοιχες Ptotal.

Επομένως για τιμές πώλησης ανά επιστρεφόμενη μονάδα προϊόντος 6,7,8 και 9 η ποσότητα παραγγελίας προς τον κύριο και εφεδρικό προμηθευτή, όπως και το συνολικό κέρδος αυξάνονται.

7.Σύνοψη

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετήθηκε μία επέκταση του προβλήματος του εφημεριδοπώλη. Χαρακτηριστικό αυτής αποτέλεσε η αβεβαιότητα στην παραδιδόμενη ποσότητα από τον κύριο προμηθευτή και η χρήση ενός εφεδρικού, ο οποίος θα κάλυπτε την επιπλέον ζήτηση που πιθανόν να προέκυπτε. Αρχικά, στο πρόβλημα έγινε ανάλυση των όρων που εμπλέκονται. Στη συνέχεια, παρουσιάστηκε το μαθηματικό μοντέλο, το οποίο εμπεριέχεται και στον κώδικα Matlab. Εκεί, πραγματοποιήθηκαν όλοι οι υπολογισμοί τα αποτελέσματα των οποίων παρουσιάζονται εκτενώς στα κεφάλαια 5 και 6. Γίνεται φανερό, πως η μεταβολή των παραμέτρων των μοντέλων επηρεάζει τις ποσότητες παραγγελίας και κράτησης προς τον εφεδρικό προμηθευτή, καθώς και την παραγγελία προς τον κύριο. Αυτά έχουν ως συνέπεια και τη μεταβολή στο αναμενόμενο κέρδος. Κάθε παράμετρος προκαλεί διαφορετική συμπεριφορά στα μοντέλα, η οποία καταγράφεται σε πίνακες και διαγράμματα.

Βιβλιογραφία



Sahin E (2004). A qualitative and quantitative analysis of the impact of Auto ID technology on the performance of supply chains. Ph.D Dissertation, Ecole Centrale Paris, France, General Introduction, 1-9.

Henig M and Gerchak Y (1990). The structure of periodic review policies in the presence of variable yield. Operations Research Society of America, Operations Research ,38(4), 634–643.

Inderfurth K (2004). Analytical solution for a single-period production-inventory problem with uniformly distributed yield and demand. Central European Journal of Operations Research 12, 117–127.

Sorosh Saghafian and Mark Van Oyen, 2012. The value of flexible backup suppliers and disruption risk information: newsvendor analysis with recourse. IIE Transactions, Taylor and Francis Journals,44(10), 834-867.

Saul I. Gass and Arjang A. Assad (2005). An annotated timeline of operations research: An informal history. University of Maryland, USA, 174(1), 45-79.

Hau L. Lee (2004). The triple – A supply chain. Harvard Business Review, October (2004),82(10), 102-112.

K. Hendricks and V. Singhal(2005). An empirical analysis of the effect of supply chain disruptions on long-run stock price performance and equity risk of the firm. Productions and Operations Management,14(1), 35-52.

L.Kopczak and H. Lee (1994). Hewlett-Packard's deskjet supply chain. Teaching Case (A) and (B), Stanford University, Stanford, California, 42-63.

H. A. Scarf,(1958). A Min-Max Solution of an Inventory Problem. Studies in the Mathematical Theory of Inventory and Production, Stanford University Press, California, 201-209.

Παράρτημα-κώδικες

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται οι κώδικες σε λογισμικό MATLAB , που χρησιμοποιήθηκαν για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων των 2 μοντέλων.

Αρχικά για το μοντέλο 1.

```
% Montelo 1

% Parametroi

s = 30;
wm = 10;
wb = 11;
wp = 18;
e = 2;
h = 8;
mesh = 10;
si = 2;
mesh_timh = 10;
diak = 1;

f = @ (x) normpdf (x,mesh,si);
F = @ (x) normcdf (x,mesh,si);
g = @ (y) normpdf (y,mesh_timh,diak);
G = @ (y) normcdf (y,mesh_timh,diak);

I = norminv((wp-wb)./(wp-h),mesh,si)

K = norminv((wp-wm)./(wp-h),mesh,si)

% Αναμενόμενα Έσοδα

L = @ (z) quadv(@ (x) (+h.*(z-x)).*f(x),0,z) + quadv(@ (x) (-
wp.*(x-z)).*f(x),z,mesh+4*si);

% kerdos

% Για Q+M<I

A = @ (Q,M) s*mesh - e*M - wm.*(quadv(@ (y) y.*g(y),0,Q)) -
(wm.*Q).*(1-G(Q));

ena = @ (Q,M) A(Q,M) - wb*M + quadv (@ (y) L(y+M).*g(y),0,Q) +
(L(Q+M)).*(1-G(Q));

% Για I-M<Q<I
```



```

dyo = @(Q,M) A(Q,M) + quadv(@(y) L(y+M).*g(y),0,I-M) - (wb.*M).*(G(I-M)-G(0)) + quadv(@(y) (wb.*y).*g(y),I-M,Q) - (wb.*I).*(G(Q)-G(I-M)) + (L(I)).*(G(Q)-G(I-M)) + (-wb.*(I-Q)+L(I)).*(1-G(Q));

% Για Q>I

tria = @(Q,M) A(Q,M) + quadv(@(y) L(y+M).*g(y),0,I-M) - (wb.*M).*(G(I-M)-G(0)) + quadv(@(y) (wb.*y).*g(y),I-M,I) - (wb.*I).*(G(I)-G(I-M)) + L(I).*(G(I)-G(I-M)) + quadv(@(y) L(y).*g(y),I,Q) + L(Q).*(1-G(Q));

Ptotal = @(Q,M) ena(Q,M).*(Q+M<I) + dyo(Q,M).*((Q>=I-M) & (Q<I)) + tria(Q,M).*(Q>=I);

patternsearch(@(v) -Ptotal(v(1),v(2)),[0,0],[[],[],[],[],[0,0],[K,I])

```

Για το μοντέλο 2.

```

% Montelo 2

% Parametroi

s = 30;
wm = 10;
wb = 12;
wp = 18;
e = 2;
h = 8;
p=4;
mesh =10;
si = 2;
mesh_timh = 10;
diak = 1;

f = @(x) normpdf(x,mesh,si);
F = @(x) normcdf(x,mesh,si);
g = @(y) normpdf(y,mesh_timh,diak);
G = @(y) normcdf(y,mesh_timh,diak);

Ib = norminv((p+s-wb)./(p+s-h),mesh,si)

Ip = norminv((p+s-wp)./(p+s-h),mesh,si)

% Αναμενόμενα Έσοδα

L = @(z) quadv(@(x) (s.*x+h.*(z-x)).*f(x),0,z) + quadv(@(x) (s.*z-p.*(x-z)).*f(x),z,mesh+4*si);

% Kerdos

A = @(Q,M) -e*M -wm.*(quadv(@(y) y.*g(y),0,Q)) - (wm.*Q).*(1-G(Q));

% Για Q+M<=Ip

```

```

ena = @(Q,M) A(Q,M)-wb.*M + quadv(@(y) wp.*y.*g(y),0,Q) + (-wp.*Ip
+wp.*M + L(Ip)).*(G(Q)-G(0)) + (wp.*Q + wp.*M + L(Ip)-wp.*Ip).*(1-
G(Q));

% Gia Ip<Q+M<=Ib & M<Ip

dyo = @(Q,M) A(Q,M)-wb.*M+quadv(@(y) wp.*y.*g(y),0,Ip-M)+(-wp.*Ip
+wp.*M + L(Ip)).*(G(Ip-M)-G(0))+quadv(@(y) L(y+M).*g(y),Ip-M,Q)
+L(Q+M).*(1-G(Q));

% Gia M>=Ip & Q+M<=Ib

tria = @(Q,M) A(Q,M) - wb.*M + quadv(@(y) L(y+M).*g(y),0,Q) +
L(Q+M).*(1-G(Q));

% Gia M<Ip, Q<Ib & Q+M>Ib

tessera = @(Q,M) A(Q,M)+ quadv(@(y) wp.*y.*g(y),0,Ip-M) + (-wb.*M-
wp.*Ip+wp.*M+L(Ip)).*(G(Ip-M)-G(0)) - (wb.*M).*(G(Ib-M)-G(Ip-M))
+quadv(@(y) L(y+M).*g(y),Ip-M,Ib-M) + (-wb.*Ib+L(Ib)).*(G(Q)-G(Ib-M))
+quadv(@(y) wb.*y.*g(y),Ib-M,Q) + (-wb.*Ib+wb.*Q+L(Ib)).*(1-G(Q));

% Gia M>Ip, Q<Ib & Q+M>Ib

pente = @(Q,M) A(Q,M) + (-wb.*M).*(G(Ib-M)-G(0)) +quadv(@(y)
L(y+M).*g(y),0,Ib-M) + (-wb.*Ib+L(Ib)).*(G(Q)-G(Ib-M)) +quadv(@(y)
wb.*y.*g(y),Ib-M,Q) + (-wb.*Ib+wb.*Q+L(Ib)).*(1-G(Q));

% Gia M<Ip & Q>Ib

exi = @(Q,M) A(Q,M) +quadv(@(y) wp.*y.*g(y),0,Ip-M) + (-wb.*M-
wp.*Ip+wp.*M+L(Ip)).*(G(Ip-M)-G(0)) - (wb.*M).*(G(Ib-M)-G(Ip-M))
+quadv(@(y) L(y+M).*g(y),Ip-M,Ib-M) + (-wb.*Ib+L(Ib)).*(G(Ib)-G(Ib-
M))+quadv(@(y) wb.*y.*g(y),Ib-M,Ib) +quadv(@(y) L(y).*g(y),Ib,Q)
+L(Q).*(1-G(Q));

% Gia M>Ip & Q>Ib

efta = @(Q,M) A(Q,M) + (-wb.*M).*(G(Ib-M)-G(0)) +quadv(@(y)
L(y+M).*g(y),0,Ib-M)+ (-wb.*Ib+L(Ib)).*(G(Ib)-G(Ib-M))+quadv(@(y)
wb.*y.*g(y),Ib-M,Ib)+quadv(@(y) L(y).*g(y),Ib,Q) +L(Q).*(1-G(Q));

Ptotal = @(Q,M) ena(Q,M).*(Q+M<=Ip) + dyo(Q,M).*(Ip<Q+M & Q+M<=Ib &
M<Ip) +tria(Q,M).*(M>=Ip & Q+M<=Ib) +tessera(Q,M).*( M<Ip & Q<Ib &
Q+M>Ib) +pente(Q,M).*( M>Ip & Q<Ib & Q+M>Ib) + exi(Q,M).*( M<Ip &
Q>Ib) +efta(Q,M).*(M>Ip & Q>Ib);

patternsearch(@(v) -
Ptotal(v(1),v(2)), [0,0], [], [], [], [], [0,0], [mesh+4*si,Ib])

```