ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΩΝ ΥΠΟ ΤΗΝ ΥΠΑΡΞΗ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ ΖΗΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΔΙΔΟΜΕΝΗΣ ΠΟΣΟΤΗΤΑΣ

ΚΑΣΙΔΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΠΑΝΑΓΙΩΤΟΠΟΥΛΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ

Επιβλέπων Καθηγητής : Δρ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΠΑΝΤΕΛΗΣ

2017

Μέλη Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής

Πρώτος Εξεταστής (Επιβλέπων)	Δρ. Δημήτριος Παντελής Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Δεύτερος Εξεταστής	Δρ. Γεώργιος Λυμπερόπουλος Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Τρίτος Εξεταστής	Δρ. Γεώργιος Σαχαρίδης Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των

απαιτήσεων για την απόκτηση του

Διπλώματος Μηχανολόγου Μηχανικού

Ευχαριστίες

Αρχικώς θέλουμε να ευχαριστήσουμε τον επιβλέποντα καθηγητή Δρ. Δημήτρη Παντελή, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση του καθ’ όλη την διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας. Ακόμη και τα άλλα 2 μέλη της επιτροπής εξέτασης της διπλωματικής, Καθηγητές Δρ. Γιώργο Λυμπερόπουλο και Δρ. Γιώργο Σαχαρίδη. Επιπλέον νιώθουμε την ανάγκη να ευχαριστήσουμε τις οικογένειας μας αλλά και ειδικότερα τους γονείς μας για την συμπαράσταση τους κατά την προσπάθεια ολοκλήρωσης της διπλωματικής εργασίας. Επιπλέον επιθυμούμε να εκφράσουμε ευχαριστίες στα φιλικά μας πρόσωπα Αλκμήνη και Γεράσιμο για τις συμβουλές τους. Τέλος ευχαριστώ την Κίρκη για την υπομονή την συμπαράσταση της ιδιαίτερα κατά τους τελευταίους μήνες της εργασίας.

Περίληψη

Στα πλαίσια της ανά χείρας διπλωματικής εργασίας, οι εξισώσεις που διέπουν την εύρεση της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας και το αναμενόμενο κέρδος, υπό την ύπαρξη αβεβαιότητας στην παραδιδόμενη ποσότητα και την ζήτηση, μετασχηματίζονται σε μορφή κώδικα στο πρόγραμμα MATLAB. Στην συνέχεια εξετάζονται δυο διαφορετικά μοντέλα:

Το πρώτο αφορά την ύπαρξη ενός μόνο προμηθευτή. Υπό την αβεβαιότητα ζήτησης και ποσότητας παραδιδόμενης παραγγελίας και με μεταβολή των παραμέτρων, μελετάται η συμπεριφορά της τιμής της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας καθώς και του αναμενόμενου κέρδους. Για κάθε παράμετρο εξάγονται συμπεράσματα ξεχωριστά μέσα από πίνακες και διαγράμματα.

Το δεύτερο μοντέλο αφορά την ύπαρξη περισσοτέρων του ενός προμηθευτών. Ξανά υπό την αβεβαιότητα ζήτησης και παραδιδόμενης ποσότητας παραγγελίας εκτελούνται επαναλήψεις του κώδικα με σκοπό την ανάλυση της συμπεριφοράς της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας αλλά και του αναμενόμενου κέρδους. Συμπεράσματα εξάγονται και για τα δύο αυτά στοιχεία ξανά μέσα από διαγράμματα και πίνακες με τις τιμές που αντλήθηκαν από τις εκτελέσεις του κώδικα.

Στην συνέχεια παρουσιάζονται συγκεντρωτικά συμπεράσματα στα οποία καταλήγουμε μέσα από την μελέτη των δυο μοντέλων συνδυαστικά αλλά και από την διαδικασία εκτέλεσης του κώδικα πολλαπλές φορές. Πραγματοποιείται μια ανάλυση βάση αποτελεσμάτων αλλά και εκτιμήσεων.

Στο τέλος της εργασίας και σε μορφή παραρτήματος παρουσιάζονται οι κώδικες που δημιουργήθηκαν στο πρόγραμμα MATLAB ώστε να καταστεί δυνατή η διεκπεραίωση της παρούσης εργασίας.

Summary

In the context of this diploma thesis, the equations governing the optimal order quantity and expected value are converted into code form in the MATLAB program. Two different models are then examined. The first concerns the presence of a single supplier. Under the uncertainty of demand and quantity of delivered order and the change of parameters, the behavior of the price of the optimal order quantity as well as the expected value are studied. For each parameter, conclusions are drawn separately in tables and diagrams.

The second model concerns the presence of more than one supplier. Same as before, under the uncertainty of demand and order quantity delivered, code repetitions are performed to analyze the behavior of the optimum order quantity and the expected value. Conclusions are drawn for both of these data through diagrams and tables with the values derived from the implementation of the code.

Afterwards, from the study of the two combinatorial models but also from the code implementation process that was performed multiple times, conclusive conclusions are drawn. An analysis of results and estimations is made.

At the end of this diploma thesis in the form of appendix, the codes created in the MATLAB program to allow completion of this study are presented.

Πίνακας Περιεχομένων

Κεφάλαιο 1

1.1 **Εισαγωγή**

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει σκοπό να εξετάσει την συμπεριφορά της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας ενός προϊόντος μιας επιχείρησης/εταιρείας με στόχο την μεγιστοποίηση των κερδών της, λαμβάνοντας υπόψιν την ύπαρξη αβεβαιότητας τόσο όσον αφορά την παραδιδόμενη ποσότητα όσο και την ζήτηση.

Η πρόβλεψη της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για μια οποιαδήποτε επιχείρηση έτσι ώστε να μεγιστοποιήσει τα κέρδη της. Λανθασμένες εκτιμήσεις ή μη εξέταση αυτής της παραμέτρου μπορούν να οδηγήσουν σε ζημιές ακόμη κι αν οι πωλήσεις βρίσκονται σε ικανοποιητικό ή και υψηλό επίπεδο. Για τον λόγο αυτό κρίνεται αναγκαίο για έναν μηχανικό που βρίσκεται στο τομέα της παραγωγής να είναι σε θέση να αντιμετωπίσει αυτό το κομμάτι.

Όπως θα φανεί αναλυτικά παρακάτω η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας αποτελεί συνάρτηση πολλών παραγόντων. Το ύψος της ζήτησης, η τιμή πώλησης ενός προϊόντος, η τιμή αγοράς, το κόστος αποθήκευσης, το κόστος κάθε χαμένης πώλησης (διαφυγόντα κέρδη), η τιμή πώλησης κάθε μονάδας που επιστρέφεται, το κόστος κάθε παραγγελίας αλλά και το κόστος ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας. Όλα αυτά αποτελούν παραμέτρους που επηρεάζουν περισσότερο ή λιγότερο σημαντικά το ύψος της βέλτιστης παραγγελίας. Ακόμη όλα αυτά μετατρέπονται εν τέλει σε μια μαθηματική παράμετρο στις εξισώσεις που αποτελούν το πρόβλημα.

Η αναλυτική επίλυση των εξισώσεων που διέπουν μια αλυσίδα τροφοδοσίας απαιτεί ιδιαίτερα μεγάλο χρονικό διάστημα και κόπο. Σε κάποιες δε περιπτώσεις καθίσταντο σχεδόν αδύνατο να λυθούν με το χέρι συγκεκριμένες εξισώσεις. Για τον λόγο αυτό έχει γίνει χρήση του προγράμματος MATLAB με την βοήθεια του οποίου είναι δυνατό οι υπολογισμοί να γίνουν σε σημαντικά μικρότερο χρονικό διάστημα αλλά και να εξετασθούν ποικίλες παραλλαγές και παράμετροι.

Στα πλαίσια της εργασίας εξετάζονται περισσότερα του ενός μοντέλα. Το αρχικό (βασικό) μοντέλο είναι αυτό με την ύπαρξη ενός προμηθευτή. Στη συνέχεια θα εξετασθεί και η περίπτωση της ύπαρξης περισσοτέρων προμηθευτών.

Στα πλαίσια της συγκεκριμένης εργασίας δεν θα δοθεί βάρος τόσο σε συγκεκριμένες τιμές των επιμέρους παραμέτρων που αναφέρθηκαν προηγουμένως όσο κυρίως στην γενική μεθοδολογία βάση της οποίας στη συνέχεια καθίσταντο σχετικά εύκολο να μελετηθεί περιπτωσιολογικά πλέον η κάθε ξεχωριστή περίπτωση.

1.2 **Το Πρόβλημα του Εφημεριδοπώλη**

Το **πρόβλημα του εφημεριδοπώλη** ή μοντέλο του εφημεριδοπώλη (**newsvendor model** στην διεθνή βιβλιογραφία) αποτελεί ένα μαθηματικό μοντέλο που στόχο έχει να βελτιστοποιήσει τις αποφάσεις για το ύψος της επιθυμητής παροχής προϊόντων προς πώληση. Συνήθως συναντάται κάτω από την ύπαρξη σταθερών τιμών για τις διάφορες παραμέτρους και διέπεται από αβεβαιότητα στη ζήτηση ενός προϊόντος.

Η ονομασία έχει προέλθει από μια εκλαΐκευση χρησιμοποιώντας ως απλοποιημένο παράδειγμα [1] έναν εφημεριδοπώλη που καλείται να αποφασίσει πόσα αντίτυπα καθημερινών εφημερίδων θα παραγγείλει, την στιγμή που η ζήτηση είναι αβέβαιο σε ποιο ύψος θα φτάσει αλλά και γνωρίζοντας πως στο τέλος της μέρας οι απούλητες εφημερίδες δεν μπορούν πλέον να αποτελέσουν προϊόν προς πώληση εκ νέου.

Το μαθηματικό μοντέλο του συγκεκριμένου προβλήματος κάνει την πρώτη εμφάνιση του το 1888 όπου ο Ιρλανδός οικονομολόγος Φράνσις Ισίντρο Έτζγουορθ χρησιμοποίησε το Θεώρημα Κεντρικού Ορίου προκειμένου να καθορίσει τα βέλτιστα αποθέματα μετρητών ώστε να ικανοποιήσει τις τυχαίες αναλήψεις από πελάτες των τραπεζών. Η πρώτη αναφορά που χρησιμοποιεί τον όρο «εφημεριδοπώλης» εμφανίζεται το 1951 σε βιβλίο των Τζορτζ Κίμπολ και Φίλιπ Μορς.

Η ζήτηση που παρουσιάζει αβεβαιότητα κρίνεται σκόπιμο να προσεγγιστεί με κάποια κατανομή. Οι συνηθέστερες κατανομές που χρησιμοποιούνται είναι η κανονική κατανομή, η ομοιόμορφη κατανομή και η λογαριθμική κατανομή. Στα πλαίσια αυτής της εργασίας έχει επιλεγεί η χρήση της ομοιόμορφης κατανομής ως η κατανομή την οποία ακολουθεί η ζήτηση.

Στην πραγματικότητα μια μικρή επιχείρηση πρέπει να συλλέξει στοιχεία για την ζήτηση ενός προϊόντος της σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Είτε ανά ημέρα, είτε ανά εβδομάδα/μήνα/έτος. Από τα στοιχεία αυτά στη συνέχεια να φτάσει σε συμπεράσματα που θα την βοηθήσουν να προσεγγίσει όσο το δυνατόν ακριβέστερα την συμπεριφορά της ζήτησης. Τελειοποίηση αυτής της διαδικασίας δεν είναι ποτέ δυνατό να υπάρξει σε απόλυτο βαθμό. Το ποσοστό προσέγγισης ωστόσο είναι αυτό που καθορίζει σε μεγάλο βαθμό εν τέλει την επιτυχία και κατ’ επέκταση τα κέρδη μιας επιχειρηματικής δραστηριότητας.

Μια πρώτη σκέψη ενός ανθρώπου να είναι «και γιατί να μην παραγγείλει η επιχείρηση αριθμό προϊόντων κατά πολύ μεγαλύτερο της ενδεχόμενης ζήτησης ώστε να μπορεί να την καλύψει σε κάθε περίπτωση;». Η απάντηση είναι απλή. Σε περίπτωση που αυτό συμβεί τα απούλητα προϊόντα στο τέλος της χρονικής περιόδου θα έχουν αποφέρει ζημιές στην επιχείρηση. Φυσικά το ρίσκο ενός αριθμού αδιάθετων προϊόντων δύναται να αποτελεί σε κάποιες περιπτώσεις την βέλτιστη επιλογή. Αυτό όμως αποτελεί και το αντικείμενο μελέτης πάνω στο πρόβλημα του εφημεριδοπώλη.

Η φύση του προβλήματος εξ ορισμού περιέχει την έννοια του ρίσκου. Σε κάθε περίπτωση ακόμη και με την εφαρμογή των μοντέλων και με την προσπάθεια για την καλύτερη δυνατή προσέγγιση πάντα θα υπάρχουν υποθέσεις και αβεβαιότητας που θα κρύβονται στις εξισώσεις που διέπουν το πρόβλημα. Εξάλλου κάθε επιχειρηματική δραστηριότητα ενέχει ρίσκο.

1.3 Γιατί είναι σημαντική η εξέταση της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας.

Είναι κοινώς αποδεκτό ότι οι νόμοι και η φύση της αγοράς στην σύγχρονη εποχή έχουν παρουσιάσει μια σημαντική μεταβολή αλλά και μετάλλαξη σε σχέση με περασμένους αιώνες. Η επιχειρηματική δραστηριότητα η οποία εκτελούνταν σε όλα της τα στάδια από τον ίδιο άνθρωπο ή την ίδια ομάδα ατόμων τείνει να εκλείψει. Είναι όλο και πιο σπάνιο η παραγωγή, μεταποίηση, διαφήμιση, πώληση ενός προϊόντος να λαμβάνει χώρα από τον ίδιο οργανισμό.

Η μορφή της οικονομίας τώρα πια περιλαμβάνει πολύπλοκες σχέσεις μεταξύ προμηθευτών και πωλητών. Οι σχέσεις αυτές εκφράζονται τόσο σε επίπεδο μάρκετινγκ όσο και σε οικονομικό επίπεδο και διέπονται συχνά από αβεβαιότητες, αστάθμητους παράγοντες, λάθη, συμφωνίες που δεν τηρούνται. Όλα αυτά αποτελούν πεδίο μελέτης για κάθε επιχείρηση πώλησης. Είναι ο κρίσιμος παράγοντας που θέτει τις αρχικές βάσεις για την επιτυχία ή μη μιας επιχειρηματικής δραστηριότητας πολύ πριν φτάσει στο στάδιο επαφής με τους πελάτες της και την προσπάθεια αύξησης των αγοραστών της.

Ο αριθμός προϊόντων που πρέπει να προμηθευτή ένας πωλητής παίζει καθοριστικό ρόλο στην προσπάθεια του για μεγιστοποίηση των κερδών αλλά και ελαχιστοποίηση του κόστους. Ο συνδυασμός αυτών των δύο παραμέτρων είναι ο επιθυμητός σε κάθε ιδιωτική επιχειρηματική δραστηριότητα με μοναδική εξαίρεση κάποιες κοινωφελείς δραστηριότητες που ωστόσο δεν αποτελούν αντικείμενο μελέτης της παρούσας εργασίας.

Η κάθε παραγγελία προϊόντων που πραγματοποιεί μια επιχείρηση περιλαμβάνει συγκεκριμένα κόστη. Ανάλογα με τον αριθμό των προϊόντων που παραγγέλθηκαν αλλά και αναλόγως τον αριθμό που τελικώς παραδόθηκε υπάρχει ένας κόστος. Επιπλέον κάθε προϊόν που θα παραμείνει απούλητο στο τέλος μιας περιόδου αποτελεί ένα κόστος. Επιπλέον κάθε ανικανοποίητη ζήτηση, παρότι ίσως δεν γίνεται κατανοητό αμέσως, περιλαμβάνει κι αυτή ένας κόστος. Πολλές φορές αυτό αναφέρεται ως διαφυγόν κέρδος. Από την άλλη ο καθορισμός της τιμής πώλησης ενός προϊόντος βρίσκεται στον αντίποδα και προσπαθεί να υπερκεράσει τα πάσης φύσεως κόστη με τελικό στόχο την κερδοφορία.

Βάση των παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι η ποσότητα παραγγελίας δεν μπορεί να αποφασίζεται απερίσκεπτα χωρίς να έχει προηγηθεί κάποιας μορφής μελέτη και ανάλυση. Κάτι τέτοιο αν συνέβαινε πιθανότατα θα οδηγούσε σε μείωση των κερδών ή ακόμη και ζημίες ανεξαρτήτως μάλιστα ενδεχόμενης καλής πορείας των πωλήσεων.

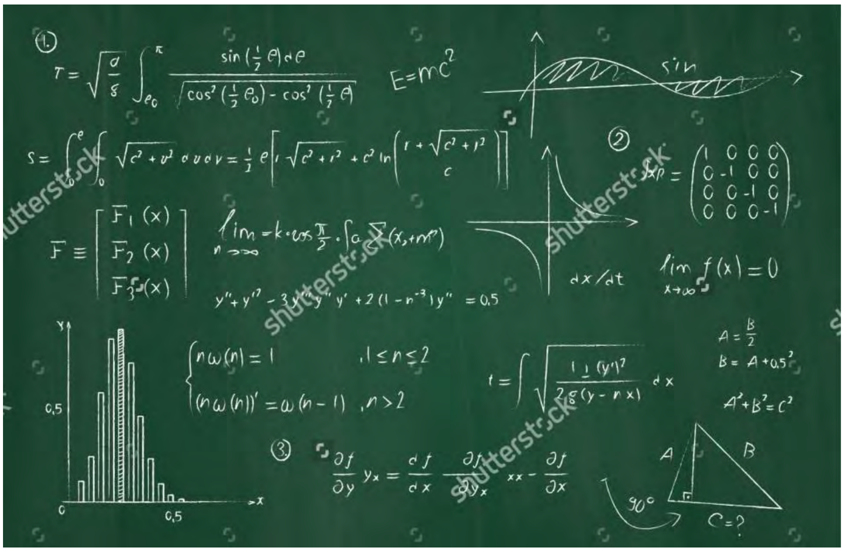
Για τους λόγους αυτούς κρίνεται απαραίτητη η προσπάθεια βελτιστοποίησης των αποφάσεων σχετικά με την ποσότητα παραγγελίας.

1.4 Μαθηματική Μοντελοποίηση

Όλα όσα αναφέρθηκαν προηγουμένως σε θεωρητική βάση είναι δύσκολο να υπολογισθούν σε αυτή τη μορφή. Για τον λόγο αυτό γίνεται η μαθηματική μοντελοποίηση τους και η συμπύκνωση τους σε μια σειρά εξισώσεων. Η κάθε παράμετρος κόστους αλλά και κέρδους λαμβάνει την μορφή μιας μεταβλητής. Η ενδεχόμενη ζήτηση ενός προϊόντος προσεγγίζεται με την βοήθεια στατιστικών κατανομών. Εν τέλει όλα καταλήγουν σε λίγες εξισώσεις η επίλυση των οποίων δίνει τις επιθυμητές απαντήσεις.

Παρόλα αυτά ακόμα και με την μετατροπή σε μαθηματικές εξισώσεις υπάρχουν και σημαντικές δυσκολίες στην αναλυτική τους επίλυση αλλά και είναι και ιδιαιτέρως χρονοβόρα η επίλυση τους. Αυτό δημιουργεί πρόβλημα στην εκτέλεση των υπολογισμών πολλές φορές ώστε να γίνεται κάθε φορά μικρή τροποποίηση παραμέτρων και να εξετάζονται οι μεταβολές που αυτό έχει επιφέρει.

Βάση αυτών αποτελεί χρήσιμο εργαλείο το πρόγραμμα MATLAB με το οποίο αφού ένα πρόβλημα γραφεί καταλλήλως στη συνέχεια είναι αρκετά εύκολο να γίνονται αλλαγές σε παραμέτρους και να παίρνουμε μέσα σε λίγα λεπτά τα νέα αποτελέσματα με σκοπό την σύγκριση τους με τα προηγούμενα.



1.5 **Προγραμματισμός σε MATLAB**

Κίνητρο της διεκπεραίωσης της παρούσης εργασίας υπήρξε η προσπάθεια για μετατροπή του προβλήματος μελέτης της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας σε πρόγραμμα όπου πλέον πολύ πιο απλοποιημένα θα μπορούν να γίνουν δοκιμές για πλήθος τιμών των διαφόρων παραμέτρων. Για να γίνει αυτό επιλέχθηκε το πρόγραμμα του MATLAB, το οποίο εξάλλου είναι ευρέως διαδομένο σε μηχανικούς.

Δημιουργήθηκαν δύο διαφορετικοί κώδικες, ένας που αφορά το πρώτο μοντέλο με την ύπαρξη ενός προμηθευτή και ένας που αφορά το δεύτερο μοντέλο με την ύπαρξη περισσοτέρων του ενός προμηθευτή. Τα 2 μοντέλα περιέχουν αμφότερα το κύριο σώμα του κώδικα αλλά και από μια διαδικασία (function) που κρίθηκε σκόπιμο να δημιουργηθεί. Με την διαδικασία του «fitting» [2] προσεγγίζεται σε κάθε εκτέλεση του κώδικα η καμπύλη των αποτελεσμάτων. Επιπλέον μετά από κάθε εκτέλεση μας επιστρέφεται ως τιμή και το ποσοστό ακρίβειας του fitting ώστε να γνωρίζουμε σε τι βαθμό έχει γίνει προσέγγιση των αποτελεσμάτων και να μπορούμε να προβλέψουμε τυχόν σημαντικές αποκλίσεις.

Στην function του κάθε κώδικα έχει χρησιμοποιηθεί προσομοίωση Monte Carlo [3]. Μια Monte Carlo μέθοδος (ή πείραμα/προσομοίωση Monte Carlo) είναι μια στοχαστική διαδικασία όπου με χρήση τυχαίων αριθμών και τη στατιστική προσπαθούμε να λύσουμε ένα πρόβλημα. Σε ένα πείραμα Monte Carlo χρησιμοποιείται προσομοίωση με μια γεννήτρια τυχαίων αριθμών. Το όνομα Monte Carlo προέρχεται από την ομώνυμη πόλη του Μονακό όπου εκεί υπάρχει ένα διάσημο καζίνο. Η μέθοδος Monte Carlo παρουσιάστηκε το 1949 με την δημοσίευση των N. Metropolis και S. Ulam "Η μέθοδος Monte Carlo" στο περιοδικό Journal of the American Statistics Association. Η ιδέα αυτή ήταν γνωστή και νωρίτερα όπου κάποια προβλήματα στατιστικής λυνόντουσαν με τυχαία δειγματοληψία.

Η προσομοίωση Monte Carlo που χρησιμοποιήσαμε είναι 10.000 βημάτων. Έγινε δοκιμή και με αύξηση σε 100.000 βήματα όπου ωστόσο ο χρόνος εκτέλεσης του κώδικα αυξήθηκε δραματικά.

Γενικές πληροφορίες για τον προγραμματισμό σε MATLAB αντλήθηκαν από το βιβλίο του Chapman [4] αλλά και από του Attaway [5].

Αξίζει επιπλέον να σημειωθεί πως για την εκτέλεση του κώδικα σε ηλεκτρονικό υπολογιστή αυτό που διαδραματίζει τον σημαντικότερο ρόλο είναι ο επεξεργαστής του υπολογιστή. Εν προκειμένω χρησιμοποιήθηκε αρχικά ένας επεξεργαστής i3 3220 τρίτης γενιάς και στην συνέχεια ένας επεξεργαστής επίσης τρίτης γενιάς i5 3470. Η αλλαγή αυτή μείωσε κατά ένα ποσοστό τον χρόνο εκτέλεσης του κώδικα.

Είναι βέβαιο ότι επεξεργαστές έκτης ή έβδομης γενιάς που βρίσκονται αυτή την στιγμή στο εμπόριο θα μείωναν σημαντικά τον χρόνο κάθε επανάληψης του κώδικα.

1.6 Βιβλιογραφικές αναφορές

Η βελτιστοποίηση της πολιτικής παραγγελιών στο πρόβλημα του εφημεριδοπώλη έχει αποτελέσει στο παρελθόν αντικείμενο μελέτης και έρευνας από πανεπιστήμια σε ολόκληρο τον κόσμο. Άλλωστε το αντικείμενο τους δεν περιορίζεται μόνο σε ένα επιχειρηματικό πλάνο με την στενή, αυστηρή έννοια. Αποτελεί ευρύτερο πεδίο. Αστάθμητοι παράγοντες επηρεάζουν την διαδικασία τροφοδοσίας μιας επιχείρησης, ενός οργανισμού, ακόμη και μιας ολόκληρης χώρας. Για παράδειγμα όπως αναφέρεται στην εργασία των Guo, S., L. Zhao, and X. Xu [6] προβλήματα τροφοδοσίας ήταν αυτά που καθήλωσαν το 2010 τις Γερμανικές αεροπορικές λόγω της ηφαιστειακής στάχτης στην Ισλανδία, προκαλώντας στην γερμανική οικονομία απώλειες τις τάξης του 1 δισεκατομμυρίου ευρώ την ημέρα. Ανάλογα αποτελέσματα είχε το τσουνάμι στην Ιαπωνία το 2011. Με αυτά τα παραδείγματα η συγκεκριμένη εργασία θέλει να τονίσει το ρίσκο που υπάρχει πάντοτε σε μια διαδικασία τροφοδοσίας από, εκτός των άλλων, αστάθμητους παράγοντες.

Η αβεβαιότητα στην παράδοση των ποσοτήτων που έχουν παραγγελθεί αποτελεί συνηθισμένο φαινόμενο στον τομέα των επιχειρήσεων κατασκευών, μεταποίησης αλλά και παροχής υπηρεσιών όπως αναφέρει η εργασία των Yang, S., J. Yang, και L. Abdel-Malek [7]. Ακόμη στην ίδια εργασία γίνεται αναφορά στην παγκοσμιοποίηση της οικονομίας ως έναν ακόμη λόγο να μελετηθούν και να αναλυθούν μοντέλα που περιλαμβάνουν αβεβαιότητα στη ζήτηση.

Μοντέλο που παρουσιάζει αβεβαιότητα τόσο στο ποσοστό της ποσότητας που παραδίδεται τελικώς, όσο και στην ζήτηση παρουσιάζει επίσης ο Tomlin, B. [8] ενώ προχωρά σε μια σχηματική αναπαράσταση μιας αλυσίδας τροφοδοσίας με σχήματα που αναπαριστούν τους προμηθευτές και τα προϊόντα.

Στο ρίσκο που νομοτελειακά υπάρχει σε μια επιχειρηματική δραστηριότητα που περιλαμβάνει τροφοδοσία προϊόντων, υλικών ή υπηρεσιών αναφέρονται οι Sayın, F., F. Karaesmen, και S. Özekici στην εργασία τους [9].

Η μαθηματικοποιήση του μοντέλου έχει αποτελέσει επίσης έναν σημαντικό παράγοντα έρευνας. Στην έκφραση εξισώσεων για την εύρεση της βέλτιστης λύσης όταν η ζήτηση ακολουθεί διαφορετικές κατανομές (κανονική, ομοιόμορφη, λογαριθμική) εστιάζει ο Miguel F. de Lascurain [10].

Στην εργασία των Minghui Xu και Ye Lu [11] το 2013 γίνεται διερεύνηση δύο περιπτώσεων. Μιας κατά την οποία μια επιχείρηση πληρώνει ολόκληρη την παραγγελία που πραγματοποιεί και μιας κατά την οποία η επιχείρηση πληρώνει μόνο την ποσότητα που τελικώς της παραδίδεται.

Κεφάλαιο 2

2.1 Μοντέλο με έναν προμηθευτή

Το παρόν μοντέλο αποτελεί το βασικό και υποθέτει την ύπαρξη ενός μόνο προμηθευτή ενώ επίσης θεωρεί την ύπαρξη αβεβαιότητας στην παραδιδόμενη ποσότητα και την ζήτηση. Περιλαμβάνει τις παρακάτω παραμέτρους:

Q : ύψος παραγγελίας

S : Παραδιδόμενη ποσότητα

D : Ζήτηση

c0 : Κόστος ανά μονάδα παραγγελίας

cD : Κόστος ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας

r : Τιμή πώλησης ανά μονάδα

p : Κόστος ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης

h : Τιμή πώλησης ανά επιστρεφόμενη μονάδα

Το επιθυμητό εδώ είναι **η μεγιστοποίηση του κέρδους**. Με βάση αυτό ψάχνουμε την βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας Q*.

Όσον αφορά την παραδιδόμενη ποσότητα S ισχύει S≤Q. Δηλαδή η ποσότητα που μας παραδίδεται στην πραγματικότητα αναμένεται να είναι είτε μικρότερη είτε στην ιδανική περίπτωση ίση με την ποσότητα παραγγελίας.

Η παραδιδόμενη ποσότητα S αποτελεί τυχαία μεταβλητή που ακολουθεί ομοιόμορφη κατανομή με μέγιστη τιμή την τιμή της ποσότητας παραγγελίας Q.

Η συνάρτηση του αναμενόμενου κέρδους είναι η εξής [12] :

$$\Pi(Q)= -c0*Q+E[-cD*S+r*\min\{D,S\}+h* (S-D)^{+}-p*(D-S)^{-}]$$

Με βάση την επίλυση της παραπάνω εξίσωσης θα γίνει η εύρεση του Q*.

Για κάθε Q το Π(Q) υπολογίζεται με προσομοίωση παίρνοντας τυχαίες τιμές των S και D και μετά γίνεται fitting της καμπύλης για να βρεθεί το μέγιστο.

Για τον σκοπό αυτό θα γίνει χρήση του MATLAB. Ο κώδικας για το συγκεκριμένο μοντέλο βρίσκεται στο παράρτημα της παρούσας εργασίας.

2.2 **Το βασικό παράδειγμα**

Για την εκτέλεση επαναλήψεων του κώδικα μας και την άντληση αποτελεσμάτων με αλλαγή των παραμέτρων κρίθηκε απαραίτητο να πάρουμε ως σημείο αναφοράς κάποιες τιμές για τις παραμέτρους μας. Είναι οι βασικές τιμές που επιλέξαμε βάση αναφορών στην βιβλιογραφία, λογικών περιορισμών αλλά και γηγενών περιορισμών που θέτει το αρχικό μας πρόβλημα προς μελέτη.

Έχοντας πέντε παραμέτρους στις οποίες καλούμαστε εμείς να δώσουμε τιμές. Με αυτό τον τρόπο θα προχωρήσουμε στην μείωση ή αύξηση τους ώστε να μελετήσουμε πως συμπεριφέρεται το αναμενόμενο κέρδος και η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας.

Ως βασικές τιμές ή τιμές αναφοράς έχουμε επιλέξει τις παρακάτω:

Τιμή πώλησης r: 10 μονάδες

Τιμή πώλησης ανά επιστρεφόμενη μονάδα h: 3 μονάδες

Κόστος ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας cD: 3.5 μονάδες

Κόστος ανά μονάδα παραγγελίας c0: 0.2 μονάδες

Κόστος ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης p: 2 μονάδες

Εξ αρχής γνωρίζουμε τον περιορισμό $h<cD<r$ που σημαίνει πως η τιμή πώλησης ανά επιστρεφόμενη μονάδα δεν μπορεί να υπερβαίνει την τιμή του κόστους ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας και αυτή με την σειρά της δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερη από την τιμή πώλησης.

Κατά την μελέτη για τον τρόπο επηρεασμού της μεταβολής κάθε παραμέτρου στην μεταβολή του αναμενόμενου κέρδους και της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας προχωράμε σε αλλαγή της τιμής της εκάστοτε παραμέτρου που εξετάζουμε κρατώντας τις τιμές των υπόλοιπων παραμέτρων σταθερές.

Έτσι χρησιμοποιώντας λογικούς περιορισμούς καταλήγουμε στο να εξετάζουμε κάθε παράμετρο μέσα σε ένα πλαίσιο τιμών όπως παρουσιάζονται παρακάτω :

Τιμή πώλησης r: 7,5 μονάδες έως 12 μονάδες

Τιμή πώλησης ανά επιστρεφόμενη μονάδα h: 2,5 μονάδες έως 3,5 μονάδες

Κόστος ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας cD: 3 μονάδες έως 7 μονάδες

Κόστος ανά μονάδα παραγγελίας c0: 0 μονάδες έως 1 μονάδα

Κόστος ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης p: 1,5 μονάδες

Όσον αφορά την ζήτηση θεωρήθηκε πως ακολουθεί την ομοιόμορφη κατανομή ως περισσότερο αντιπροσωπευτική μιας πραγματικής κατάστασης. Είναι φανερό πως ενδεχομένως αστάθμητοι παράγοντας και έκτακτα γεγονότα μπορούν να επηρεάσουν σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο την ζήτηση. Στα πλαίσια ωστόσο της παρούσης εργασίας δεν θα αποτελέσει κάτι τέτοιο αντικείμενο μελέτης.

Το ύψος της ζήτησης μπορεί να διαφέρει ανάλογα με την φύση της επιχείρησης ή των προϊόντων προς πώληση. Για τις ανάγκες εκπόνησης της συγκεκριμένης εργασίας κρίθηκε αναγκαίο να τεθεί ένα άνω όριο ζήτησης σαν τιμή στην ομοιόμορφη κατανομή που αυτή ακολουθεί. Επιλέχθηκε η ζήτηση να φτάνει μέχρι τον αριθμό 1000. Αυτή αποτελεί μια ενδεικτική τιμή η οποία θα μπορούσε να αναπροσαρμοστεί τόσο προς τα κάτω όσο και προς τα πάνω δίνοντας κατ’ αναλογία τα ίδια αποτελέσματα και συμπεράσματα.

2.3 **Μεταβολή κόστους ανά μονάδα παραγγελίας**

Στο μοντέλο με την ύπαρξη ενός προμηθευτή γίνεται μελέτη της μεταβολής της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας αλλά και του αναμενόμενου κέρδους σε συνάρτηση με την μεταβολή του κόστους ανά μονάδα παραγγελίας. Αρχικά έχει επιλεγεί σαν βασική τιμή το 0,2 ως κόστος ανά μονάδα παραγγελίας. Αυτό ενώ η τιμή πώλησης έχει επιλεγεί 10. Είναι δηλαδή στο 2% της τιμής πώλησης το κόστος ανά μονάδα παραγγελίας.

Κρατώντας τις υπόλοιπες παραμέτρους σταθερές και αλλάζοντας τιμές μόνο στο κόστος ανά μονάδα παραγγελίας μελετούμε τον τρόπο με τον οποίο αλλάζουν οι τιμές της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας αλλά και του αναμενόμενου κέρδους.

Οι δοκιμές που έγιναν περιλαμβάνουν τιμές από το 0 έως 1 για το κόστος ανά μονάδα παραγγελίας ή αλλιώς από μηδενικό κόστος μέχρι κόστος που φτάνει το 10% της τιμής πώλησης που έχουμε ορίσει.

Μετά από εκτέλεση του κώδικα για τις διαφορετικές τιμές του κόστους ανά μονάδα παραγγελίας αντλήθηκαν τα παρακάτω αποτελέσματα όσον αφορά την βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας και το αναμενόμενο κέρδος :

c0	**Pi**	**Q***
0	1586,9	979,92
0,1	1488,2	944,89
0,2	1396,6	918,05
0,3	1306,1	888,49
0,4	1221,7	858,23
0,5	1134,3	824,81
0,6	1054,1	792,48
0,7	975,66	765,87
0,8	900,13	736,39
0,9	828,9	705,27
1	759,22	677,48

Πίνακας 2.1 Αποτελέσματα Pi και Q για διάφορες τιμές του c0*

Ο πίνακας παρουσιάζει στην πρώτη στήλη τις τιμές που δίνουμε στο κόστος ανά μονάδα παραγγελίας. Από 0 δηλαδή όταν έχουμε μηδενικό κόστος έως και 1, δηλαδή όταν το κόστος γίνεται μέγιστο στο πλαίσιο των τιμών που έχουμε επιλέξει. Στην δεύτερη στήλη οι τιμές που λαμβάνει το αναμενόμενο κέρδος και τέλος στην τρίτη στήλη οι τιμές της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας.

Με κόκκινο χρώμα έχει σημειωθεί η βασική τιμή που έχουμε επιλέξει το 0,2 ή αλλιώς το 2% της τιμής πώλησης.

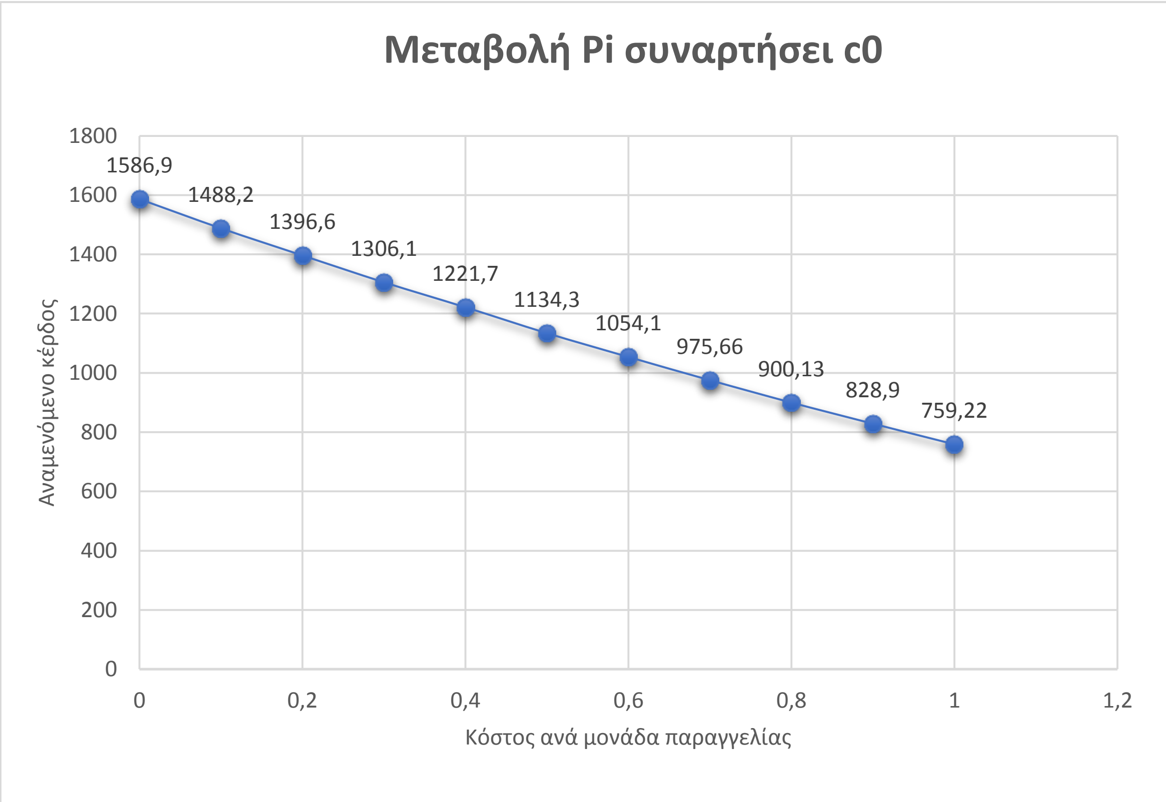
Κατά την εκτέλεση του κώδικα στο MATLAB και σε κάθε αποτέλεσμα μας επιστρεφόταν ως αποτέλεσμα και η τιμή της ακρίβειας που είχαμε. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η ακρίβεια για κάθε επανάληψη.

c0	ακρίβεια
0	99,93%
0,1	99,95%
0,2	99,93%
0,3	99,92%
0,4	99,92%
0,5	99,90%
0,6	99,87%
0,7	99,86%
0,8	99,83%
0,9	99,79%
1	99,73%

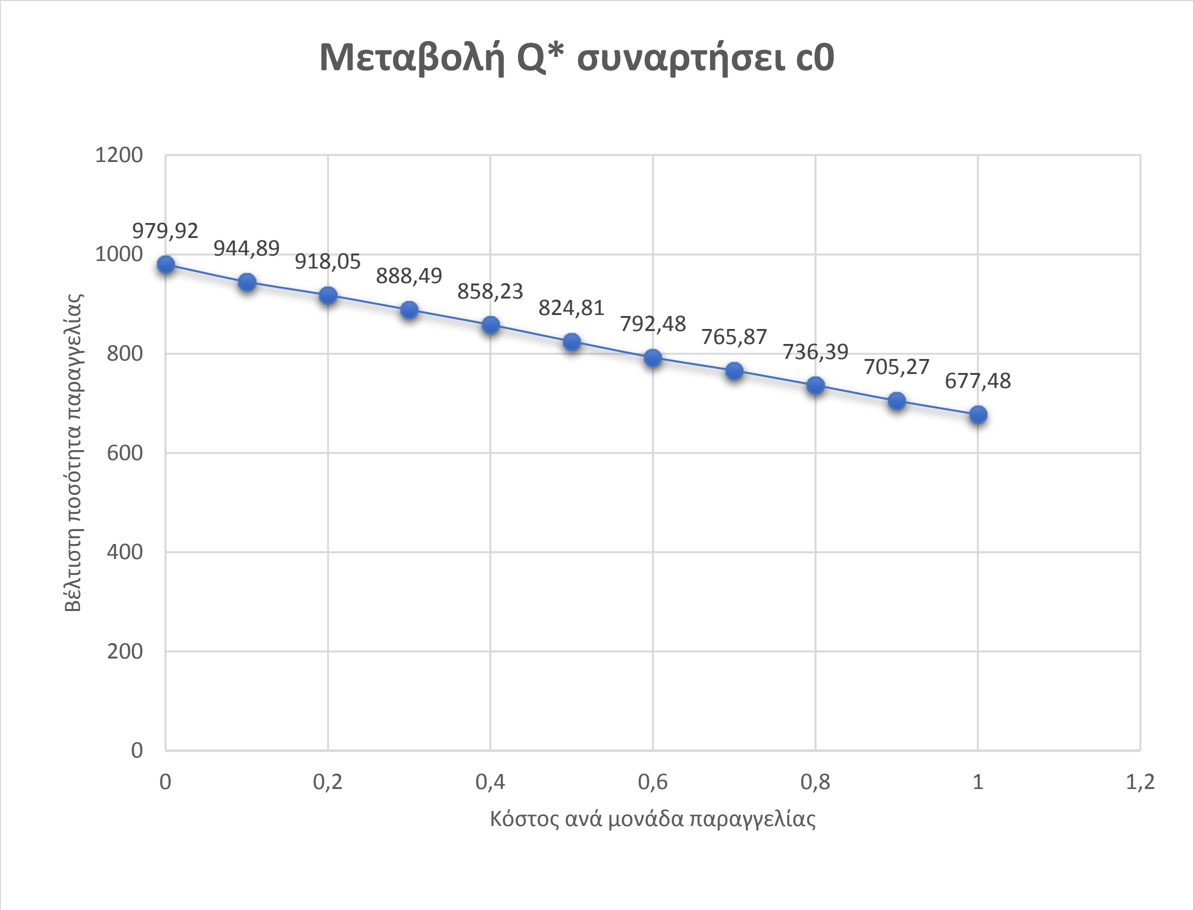
Πίνακας 2.2 Ακρίβεια αποτελεσμάτων για κάθε εκτέλεση του κώδικα.

Με χαμηλότερη τιμή ακρίβειας 99,79% και υψηλότερο 99,95% γίνεται αντιληπτό ότι υπήρξε πολύ μεγάλη ακρίβεια αποτελεσμάτων που μας επιτρέπει να θεωρήσουμε ότι οι τιμές που παίρνουμε από την εκτέλεση του κώδικα είναι ακριβή και η ελάχιστη απόκλιση τους από την αναλυτική λύση μπορεί να μην ληφθεί υπόψιν χωρίς να υπάρχει ρίσκο να φτάσουμε σε λανθασμένα συμπεράσματα.

Τα αποτελέσματα σε μορφή διαγραμμάτων όπου παρουσιάζεται στον έναν άξονα το αναμενόμενο κέρδος και η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας αντίστοιχα και στον άλλο άξονα το κόστος ανά μονάδα παραγγελίας.

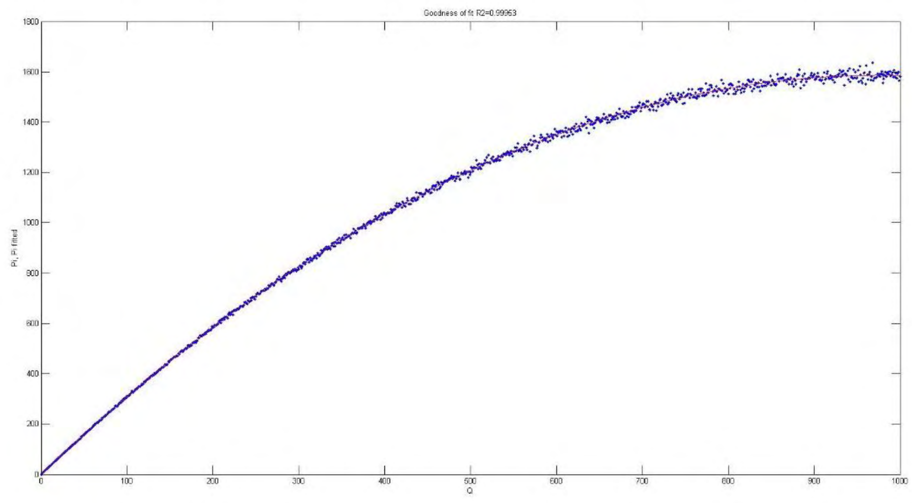


Διάγραμμα 2.1 Μεταβολή Pi συναρτήσει του c0

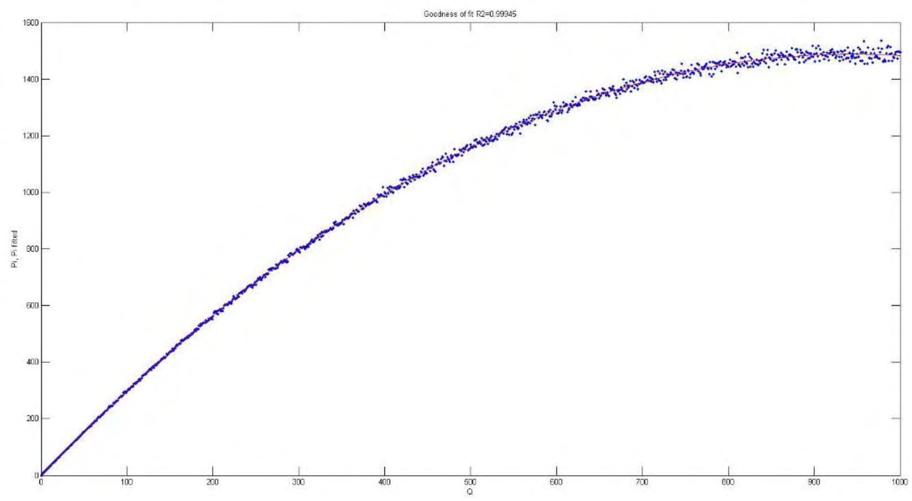


Διάγραμμα 2.2 Μεταβολή Q συναρτήσει του c0*

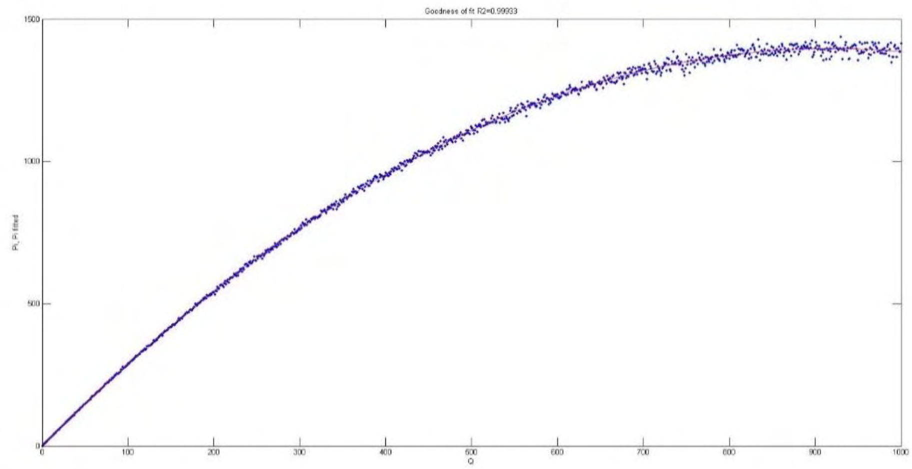
Τα παρακάτω γραφήματα παρήχθησαν από το πρόγραμμα MATLAB κατά την διάρκεια εκτέλεσης των αλγορίθμων και παρουσιάζουν την διαδικασία μέσω την διαδικασίας του «fit» για την εύρεση της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας.



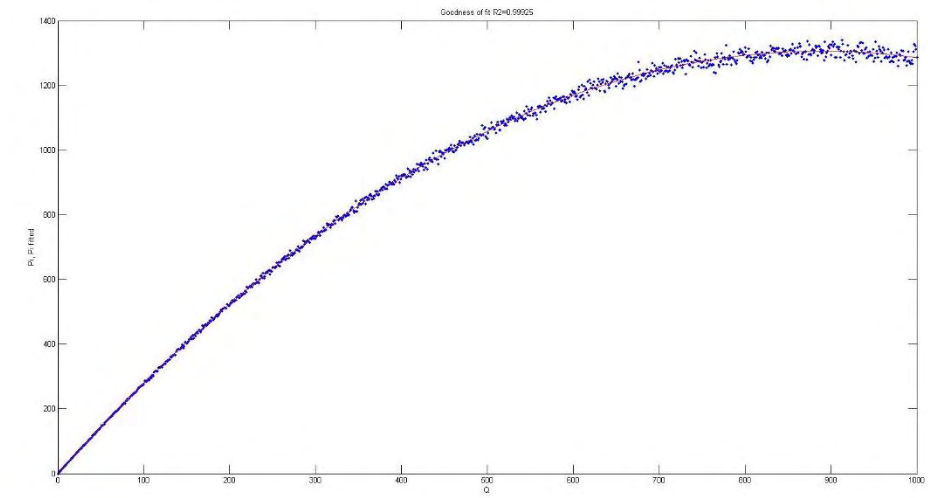
Διάγραμμα 2.3 Διαδικασία fitting για c0=0



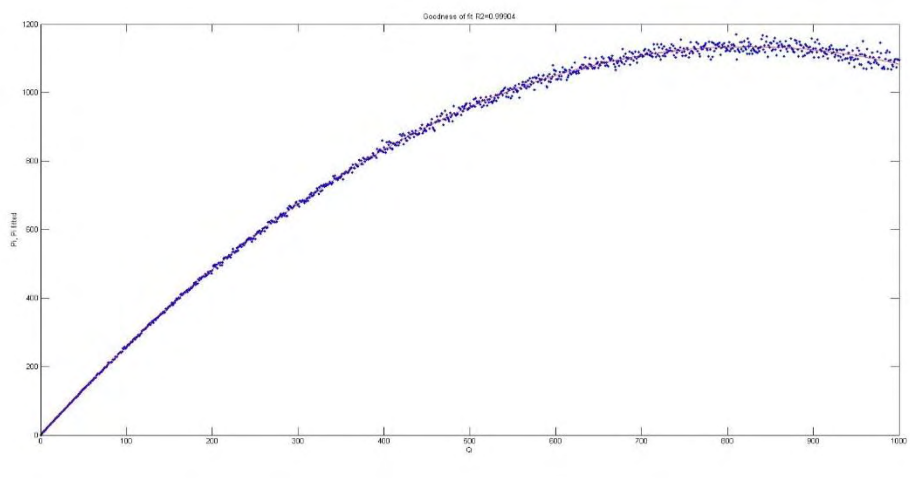
Διάγραμμα 2.4 Διαδικασία fitting για c0=0,1



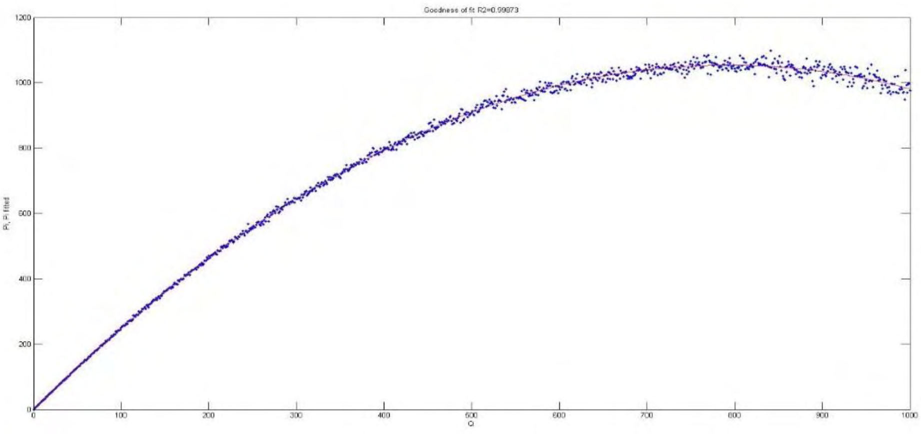
Διάγραμμα 2.5 Διαδικασία fitting για c0=0,2



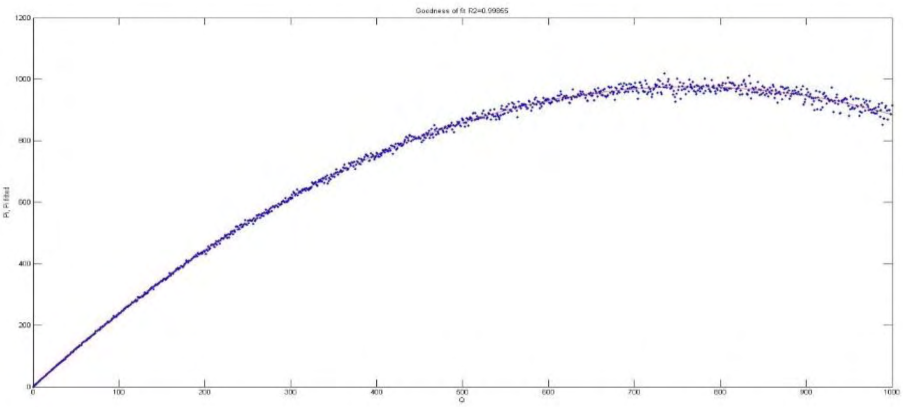
Διάγραμμα 2.6 Διαδικασία fitting για c0=0,3



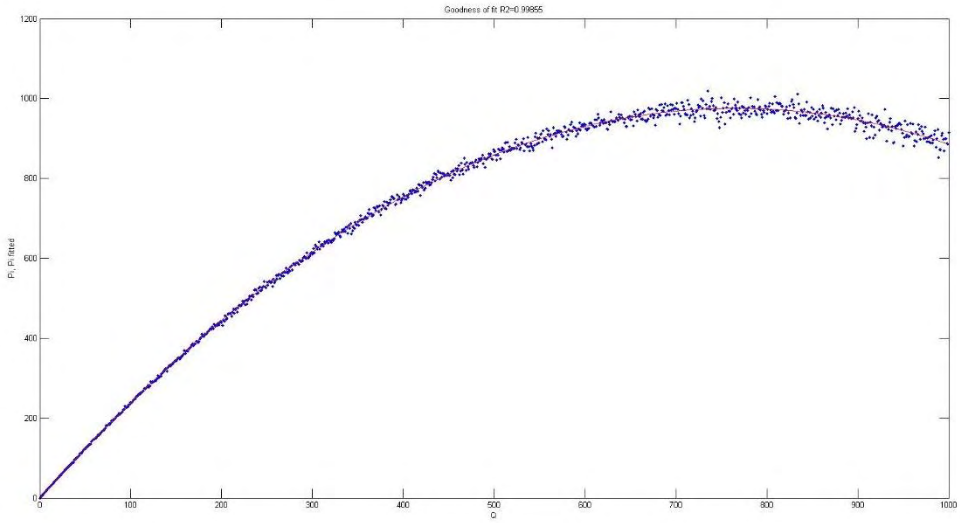
Διάγραμμα 2.7 Διαδικασία fitting για c0=0,4



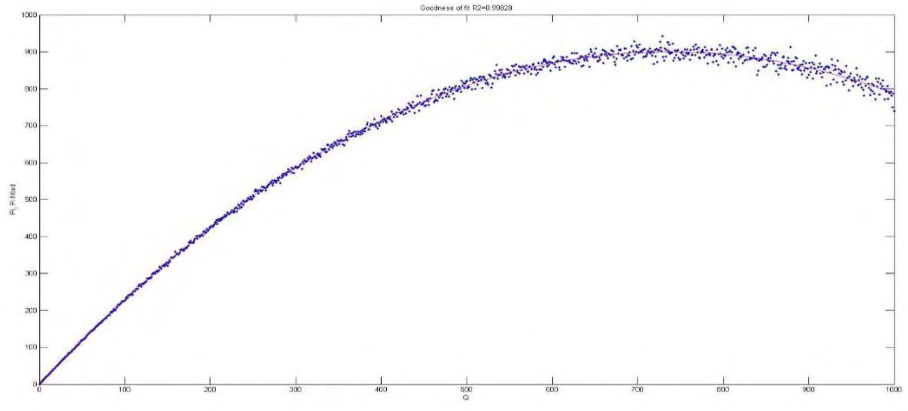
Διάγραμμα 2.8 Διαδικασία fitting για c0=0,5



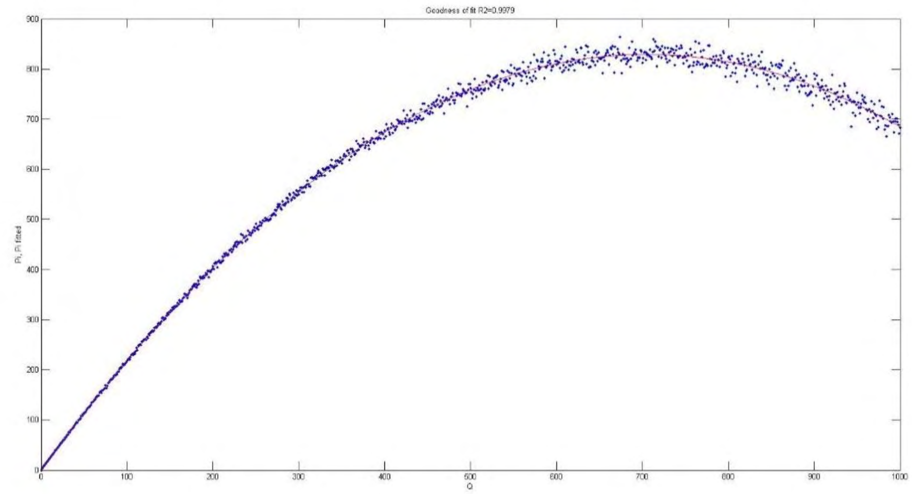
Διάγραμμα 2.9 Διαδικασία fitting για c0=0,6



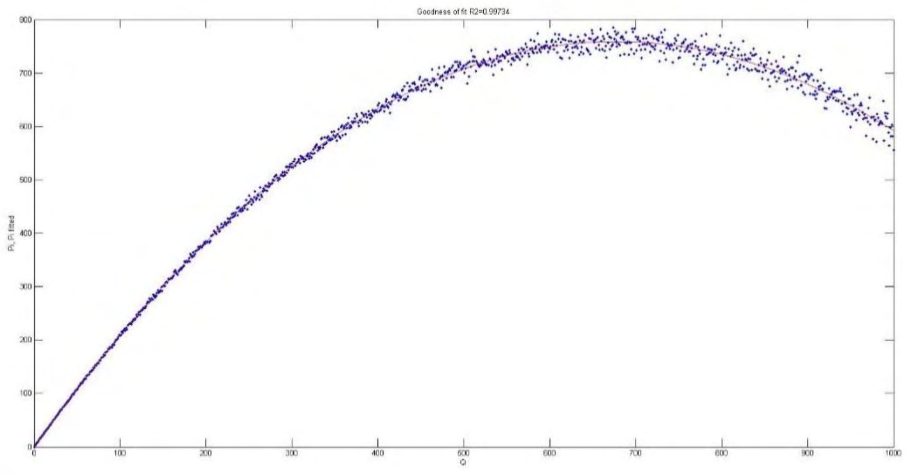
Διάγραμμα 2.10 Διαδικασία fitting για c0=0,7



Διάγραμμα 2.11 Διαδικασία fitting για c0=0,8



Διάγραμμα 2.12 Διαδικασία fitting για c0=0,9



Διάγραμμα 2.13 Διαδικασία fitting για c0=1

Παρατηρήσεις κατά την μεταβολή του κόστους ανά μονάδα παραγγελίας

Από τα γραφήματα και τους πίνακες μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα για τον τρόπο μεταβολής τόσο της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας όσο και τους αναμενόμενου κέρδους με την μεταβολή του κόστους ανά μονάδα παραγγελίας.

Γίνεται εύκολα αντιληπτό το γεγονός ότι όπως αναμενόταν, με μηδενικό κόστος ανά μονάδα παραγγελίας, το αναμενόμενο κέρδος να παίρνει την μέγιστη τιμή του ενώ και η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας, επίσης ακολουθώντας το ίδιο μοτίβο, λαμβάνει την μεγαλύτερη τιμή της. Αυτό είναι απολύτως φυσιολογικό καθώς ουσιαστικά μηδενίζεται ένα από τα κόστη κάνοντας έτσι την όλο και μεγαλύτερη παραγγελία επιθυμητή. Σε μια ιδεατή κατάσταση που δεν θα υπήρχε κανένα απολύτως κόστος αλλά ούτε και περιορισμοί στην ζήτηση τόσο η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας όσο και το κέρδος θα έτειναν στο άπειρο.

Αρχίζοντας να εισάγουμε πλέον τιμή για το κόστος ανά μονάδα παραγγελίας υπάρχει μείωση τόσο στο Q* όσο και στο Pi. Με την τιμή του c0 να γίνεται 0,1 το Pi παρουσιάζει μια μείωση της τάξης του 6,2% ενώ το Q* μειώνεται κατά 3,6%. Με τον διπλασιασμό του c0 στο 0,2 που αποτελεί και την βασική τιμή μας το Pi εμφανίζει ξανά μια μείωση περίπου 6,2% ενώ το Q* μειώνεται κατά 2.8%.

Με εκ νέου διπλασιασμό της τιμής του κόστους ανά μονάδα παραγγελίας στο 0,4 η τιμή του αναμενόμενου κέρδους μειώνεται κατά 12,5% ενώ της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας κατά 6,5%.

Γίνεται φανερό ότι κάθε αύξηση της τιμής του c0 κατά 0,1 οδηγεί το Pi σε μια μείωση που βρίσκεται οριακά πάνω από το 6% ενώ το Q* μειώνεται με τιμή γύρω στο 3%. Έτσι ο ρυθμός μείωσης του κέρδους είναι κατά απόλυτη τιμή περίπου διπλάσιος από τον ρυθμό μείωσης της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας.

Φτάνοντας στην μέγιστη τιμή που έχουμε δώσει για το κόστος ανά μονάδα παραγγελίας παρατηρούμε πως το Pi έχει πλέον μειωθεί στο 47.8% της αρχικής τιμής του δηλαδή της τιμής που είχε όταν το κόστος ανά μονάδα παραγγελίας ήταν μηδενικό. Έχει επομένως υποδιπλασιαστεί. Αντίστοιχα η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας βρίσκεται στο 69,1% της αρχικής τιμής.

Έτσι γίνεται φανερό ότι παρά την μικρή τιμή του κόστους ανά μονάδα παραγγελίας σε σχέση με την τιμή πώλησης και χωρίς να ξεπερνάει ποτέ το 10% αυτής μπορούν να υπάρξουν εξαιρετικά μεγάλες μεταβολές ιδιαίτερα στο αναμενόμενο κέρδος. Μια μεταβολή του c0 από το 5% στο 10% της τιμής πώλησης χαρακτηριστικά οδηγεί σε μια μείωση του αναμενόμενου κέρδους κατά 33%. Δηλαδή το 1/3 των κερδών που αναμένεται κάποιος να έχει μειώνονται δραματικά από μια φαινομενικά μικρή αύξηση του κόστους ανά μονάδα παραγγελίας. Αυτό αποτελεί κάτι που **πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν σε μια επιχειρηματική** ή παρόμοιας φύσης δραστηριότητα καθώς είναι φανερό πώς μπορεί να οδηγήσει σε εκτροχιασμό κάθε υπολογισμού αν περάσει σε δεύτερη μοίρα ή δεν δοθεί η πρέπουσα προσοχή.

2.4 **Μεταβολή κόστους ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας**

Εδώ γίνεται μελέτη της επίδρασης της παραμέτρου του κόστους ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας στην τιμή του αναμενόμενου κέρδους και της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας. Για βασική τιμή της έχει επιλεγεί η τιμή 3,5. Εντάσσεται όπως και το κόστος ανά μονάδα παραγγελίας στα κόστη και μάλιστα αποτελεί κατά απόλυτη τιμή το μεγαλύτερο κόστος στην συνάρτηση για την εύρεση του κέρδους και της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας. Με βασική τιμή 3,5 ανέρχεται στο 35% της τιμής πώλησης που είναι και η κύρια παράμετρος εσόδων και αυτή που παίζει τον σημαντικότερο ρόλο στην αύξηση του κέρδους.

Κατά την διενέργεια δοκιμών για την άντληση αποτελεσμάτων χρησιμοποιούμε τιμές για το κόστος ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας που αρχίζουν από το 3 ή 30% της τιμής πώλησης ως ελάχιστο και φτάνουμε μέχρι το 7 ή 70% της τιμής πώλησης ως μέγιστο.

Μετά από εκτέλεση του κώδικα στο πρόγραμμα MATLAB για το εύρος τιμών που έχουμε επιλέξει για το κόστος ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας είχαμε τα παρακάτω αποτελέσματα που παρουσιάζονται στον πίνακα :

cD	**Pi**	**Q***
3	1636,6	992,11
3,5	1396,6	918,05
4	1176,6	841,85
4,5	975,41	765,14
5	793,11	690,16
5,5	631,74	616,68
6	487,28	540,71
6,5	360,47	464,22
7	254,01	390,29

Πίνακας 2.3 Αποτελέσματα Pi και Q για διάφορες τιμές του cD*

Στην πρώτη στήλη του πίνακα βρίσκονται οι τιμές του κόστους ανά μονάδα παραγγελίας που ξεκινούν από το 3 ως ελάχιστη τιμή και αυξανόμενες κατά 0,5 φτάνουν μέχρι το 7 ως μέγιστη τιμή. Στην δεύτερη στήλη παρουσιάζονται οι τιμές του αναμενόμενου κέρδους και τέλος στην Τρίτη στήλη οι τιμές της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας.

Η τιμή, του κόστους ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας, 3,5 που αντιστοιχεί στο βασικό μας παράδειγμα έχει σημειωθεί με κόκκινο χρώμα.

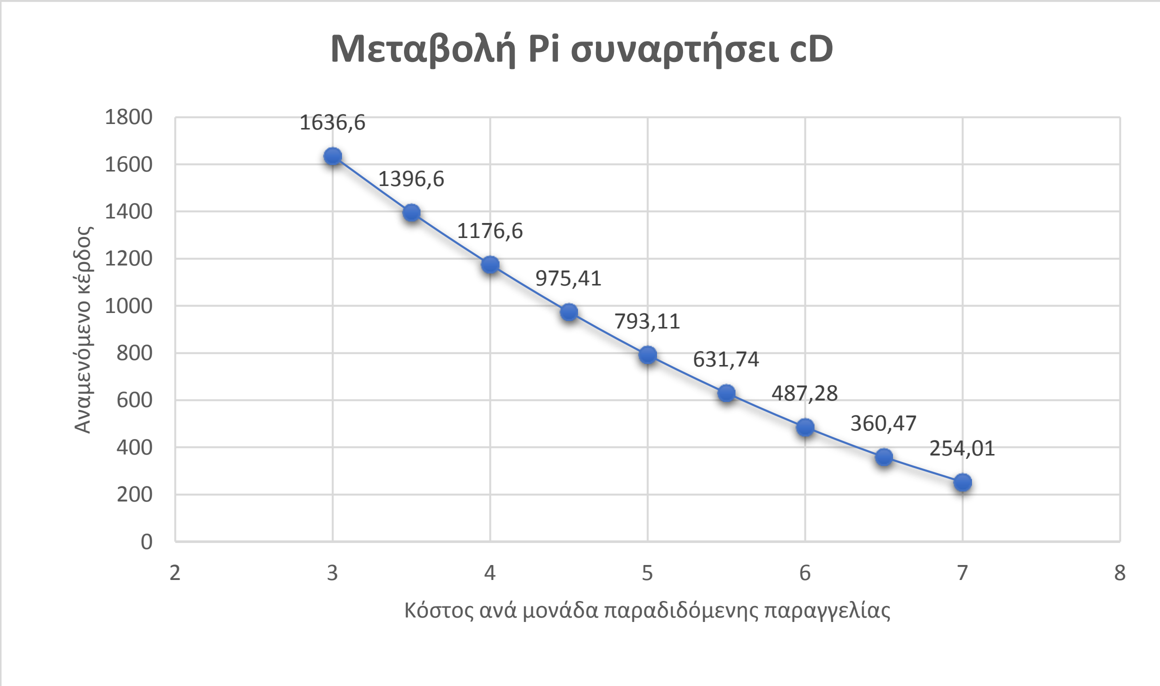
Όσον αφορά την ακρίβεια των υπολογισμών κατά την εκτέλεση του κώδικα παρουσιάζονται παρακάτω οι τιμές ακρίβειας για κάθε επανάληψη με διαφορετικές τιμές.

cD	**ακρίβεια**
3	99,95%
3,5	99,93%
4	99,91%
4,5	99,88%
5	99,80%
5,5	99,67%
6	99,41%
6,5	99,43%
7	99,66%

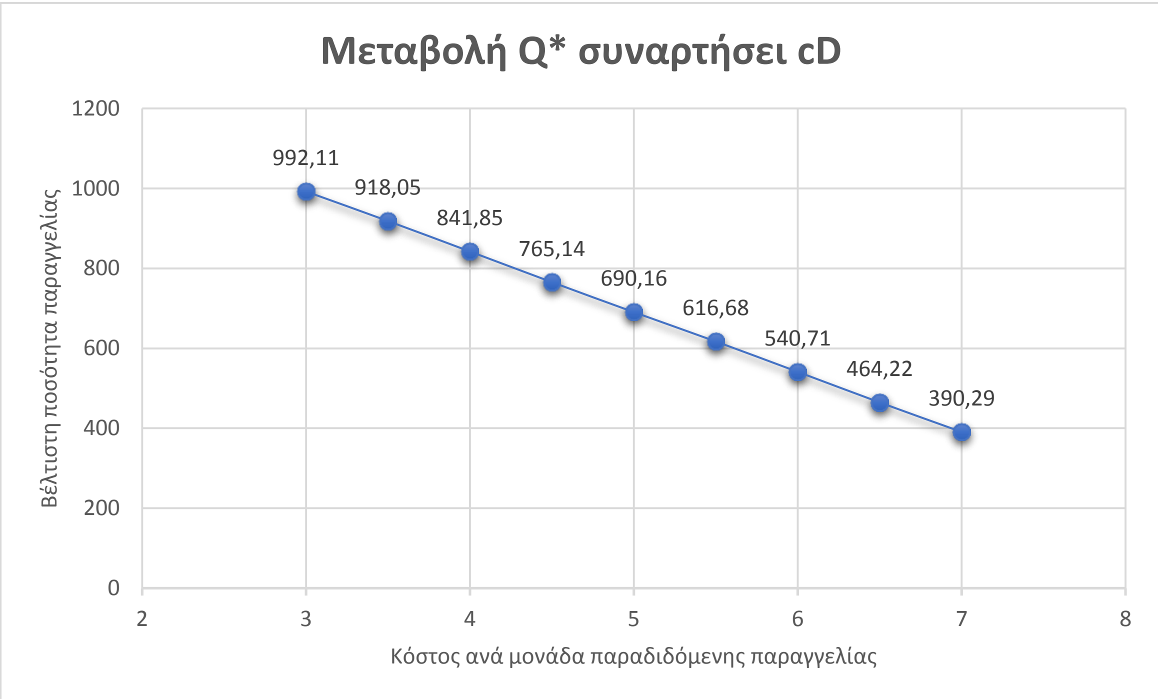
Πίνακας 2.4 Ακρίβεια αποτελεσμάτων

Η χαμηλότερη ακρίβεια έχει την τιμή 99,41% ενώ η υψηλότερη την τιμή 99,95%. Ακόμη και η ελάχιστη τιμή επομένως βρίσκεται σε αρκετά υψηλό επίπεδο ακρίβειας και μπορεί να θεωρηθεί απροβλημάτιστη όσον αφορά την εξαγωγή αποτελεσμάτων. Ο μέσος όρος ακρίβειας όλων των αποτελεσμάτων που αφορούν το κόστος ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας είναι 99,73% ποσοστό εξαιρετικά ικανοποιητικό.

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μεταβολής του αναμενόμενου κέρδους και του βέλτιστου σημείου παραγγελίας συναρτήσει των μεταβολών του κόστους ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας σε μορφή διαγραμμάτων.

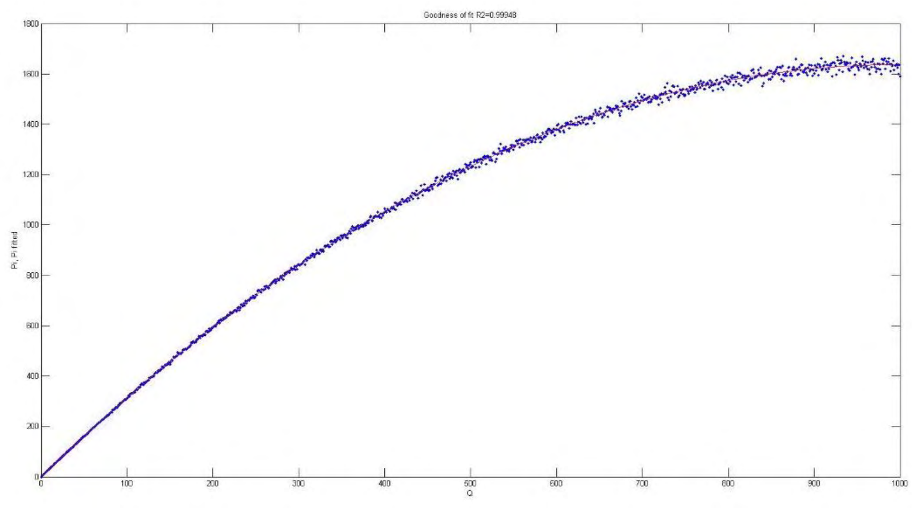


Διάγραμμα 2.14. Μεταβολή Pi συναρτήσει cD

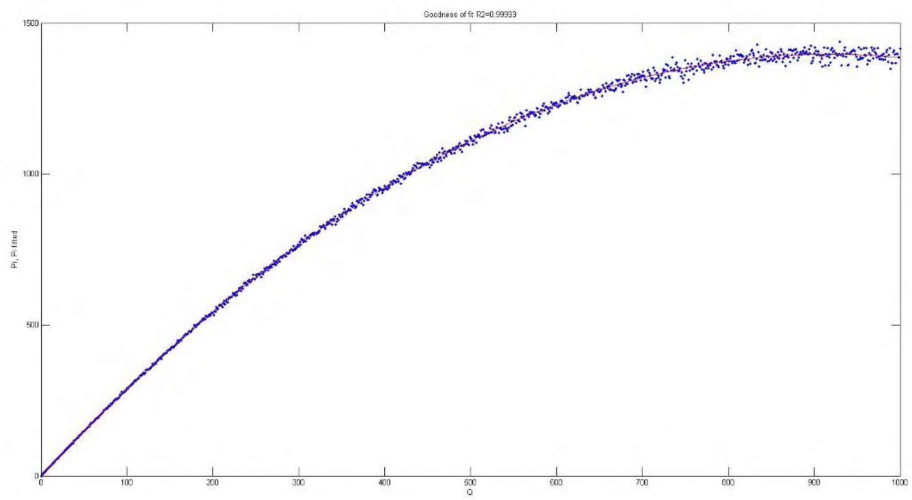


Διάγραμμα 2.15. Μεταβολή Q συναρτήσει cD*

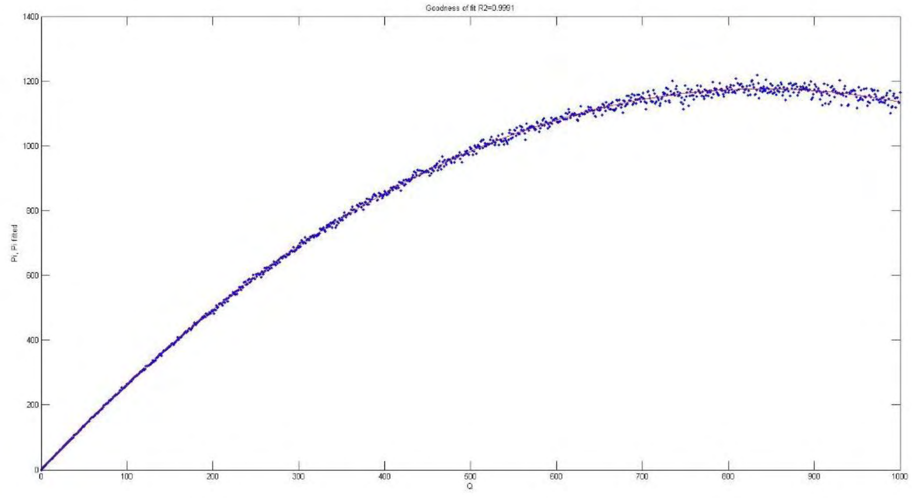
Τα παρακάτω γραφήματα παρήχθησαν από το πρόγραμμα MATLAB κατά την διάρκεια εκτέλεσης των αλγορίθμων και παρουσιάζουν την διαδικασία μέσω του «fit» για την εύρεση της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας.



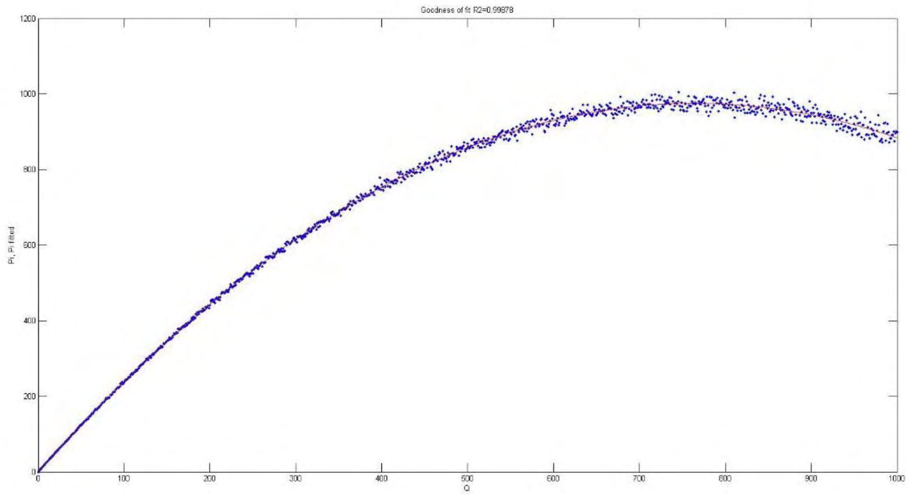
Διάγραμμα 2.15 Διαδικασία fitting για cD=3



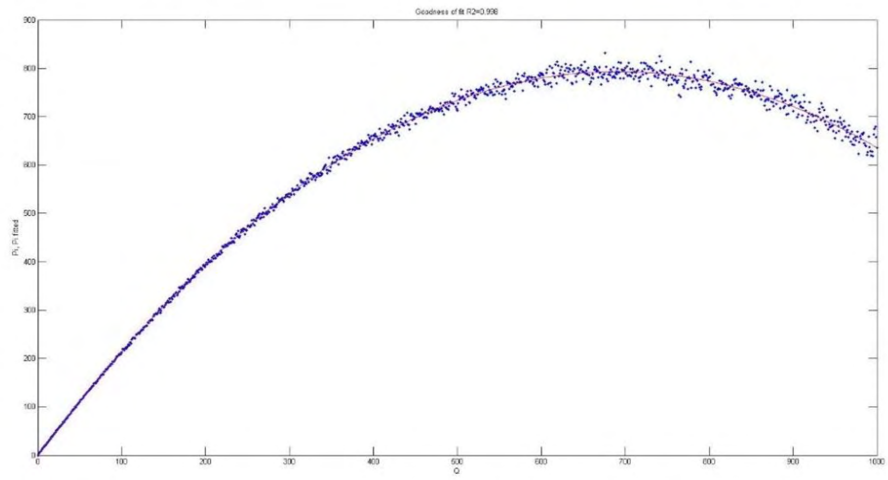
Διάγραμμα 2.16 Διαδικασία fitting για cD=3,5



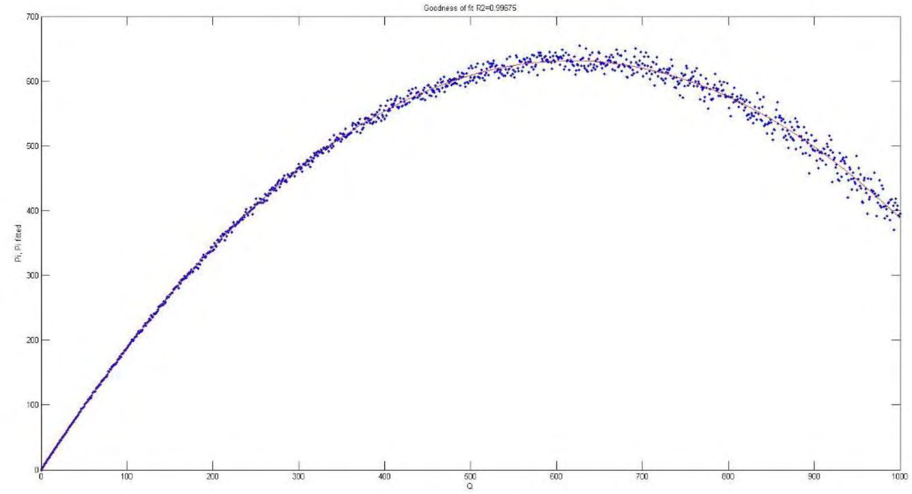
Διάγραμμα 2.17 Διαδικασία fitting για cD=4



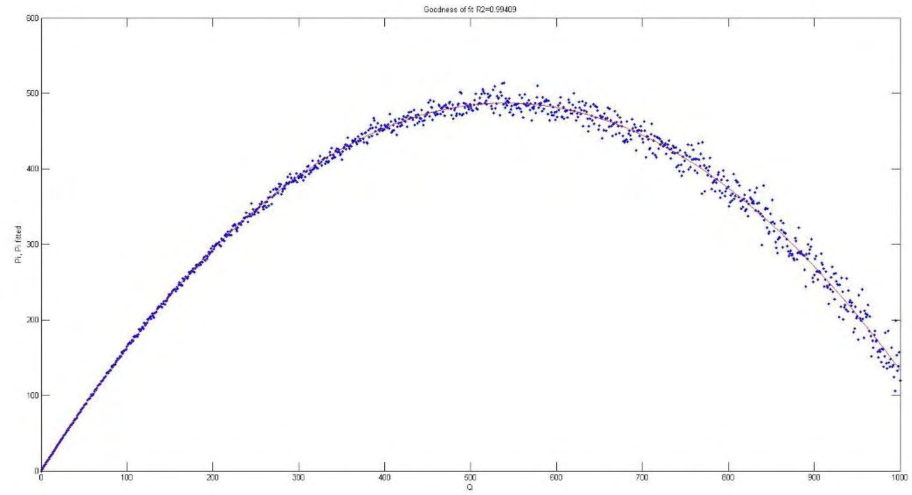
Διάγραμμα 2.18 Διαδικασία fitting για cD=4,5



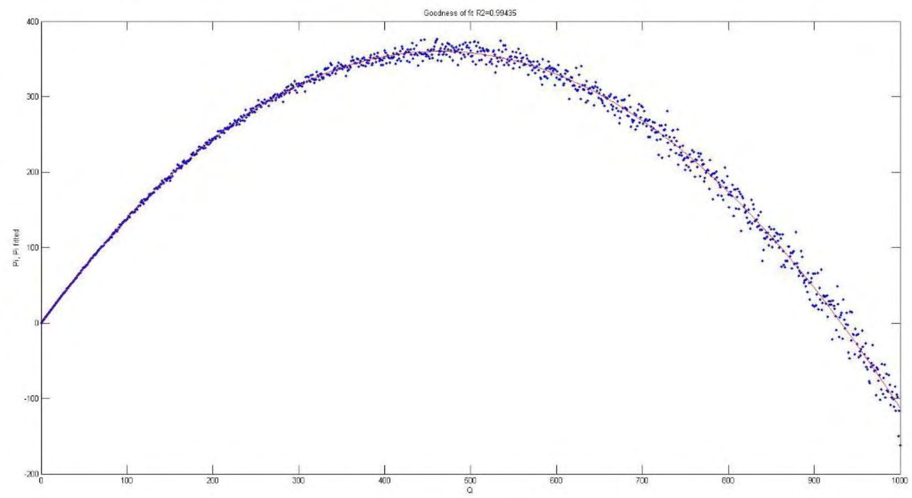
Διάγραμμα 2.19 Διαδικασία fitting για cD=5



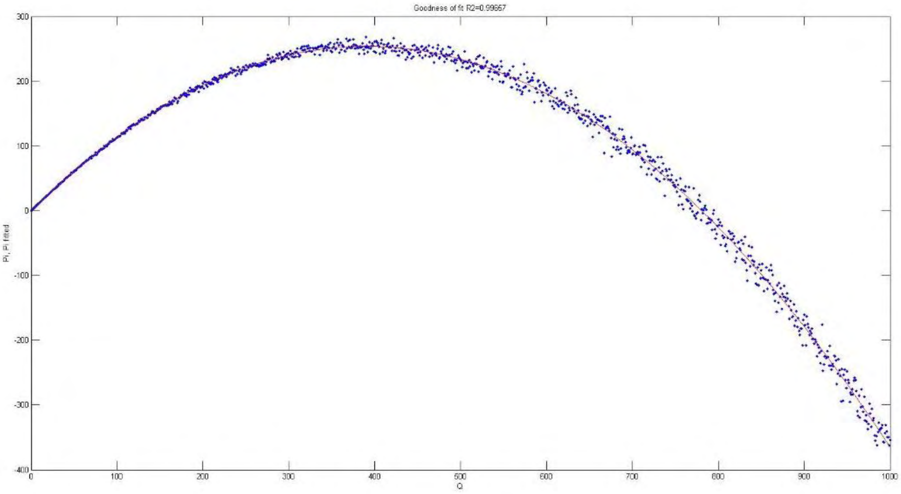
Διάγραμμα 2.20 Διαδικασία fitting για cD=5,5



Διάγραμμα 2.21 Διαδικασία fitting για cD=6



Διάγραμμα 2.22 Διαδικασία fitting για cD=6,5



Διάγραμμα 2.23 Διαδικασία fitting για cD=7

Παρατηρήσεις κατά την μεταβολή του κόστους ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας.

Κατά την διενέργεια των μετρήσεων και της εξαγωγής αποτελεσμάτων από τον κώδικα παρατηρήθηκαν συγκεκριμένα μοτίβα συμπεριφοράς της μεταβολής τόσο του αναμενόμενου κέρδους όσο και του βέλτιστου σημείου παραγγελίας σε συνάρτηση με την μεταβολή του κόστους ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας.

Το κόστος ανά μονάδα παραγγελίας εντάσσεται όπως είναι φανερό στα κόστη επομένως η μείωση του αναμένεται να αυξήσει τα κέρδη ενώ η αύξηση του να προκαλέσει μείωση στα κέρδη. Είναι κόστος που ρεαλιστικά δεν είναι δυνατό να αποφευχθεί και ο μηδενισμός του πρακτικά δεν είναι δυνατός.

Ξεκινήσαμε τις μετρήσεις μας επιλέγοντας τιμή για το κόστος ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας 3 ή αλλιώς 30% της τιμής πώλησης. Αυτή η τιμή αποτελεί την ελάχιστη κατά την διεξαγωγή των επαναλήψεων στον κώδικο μας. Από αυτή αρχίζουμε να ανεβαίνουμε κατά 0,5 μονάδες ή αλλιώς κατά 5% της τιμής πώλησης. Με τιμή 3,5 που αποτελεί και την τιμή του βασικού παραδείγματος μας παρατηρούμε μια μείωση 14,7% στο αναμενόμενο κέρδος ενώ η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας μειώνεται κατά 7,4%.

Στη συνέχεια με το cD να έχει λάβει την τιμή 4 το αναμενόμενο κέρδος Pi παρουσιάζει μια εκ νέου μείωση 15,7% ενώ η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας Q* μειώνεται κατά 8,3%.

Από εκεί και πέρα μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι κάθε αύξηση του cD κατά 0,5 μονάδες αυξάνει τον ρυθμό μείωσης του Pi αρχικά κατά περίπου 1%, στη συνέχεια περίπου στο 2% ενώ αργότερα φτάνει το 4% με την αύξηση του κόστους ανά μονάδα παραδιδόμενης ποσότητας κατά 0,5 μονάδες στις 7 να οδηγεί σε μείωση του αναμενόμενου κέρδους κοντά στο 30% από την προηγούμενη μέτρηση στις 6,5 με το cD στις 6,5 μονάδες. Ανάλογη πορεία ακολουθεί και το Q* με την μείωση του να βρίσκεται σταθερά λίγο πάνω από το μισό της μείωσης του Pi.

Χαρακτηριστικά μια αύξηση του κόστους ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας κατά 100% δηλαδή ο διπλασιασμός της από 3,5 μονάδες στις 7 μονάδες οδηγεί σε μια μείωση του αναμενόμενου κέρδους κατά 82% ενώ η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας παρουσιάζει μείωση 57,5%.

Το κόστος ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας αποτελεί τον μεγαλύτερο ποσοτικά παράγοντα κόστους και είναι ασφαλές να πούμε συμπερασματικά πως αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για τον υπολογισμό των κερδών και του ύψους της παραγγελίας που πρέπει να γίνει ώστε αυτά να μεγιστοποιηθούν. Όπως είδαμε παραπάνω οι μειώσεις του κέρδους είναι αρκετά μεγάλες καθώς το cD αυξάνεται και ο διπλασιασμός του μας οδηγεί στο να χαθούν τα 4/5 του αναμενόμενου κέρδους μας.

2.5 **Μεταβολή τιμής πώλησης**

Στο κομμάτι αυτό μελετάται η επίδραση της τιμής πώλησης r στο αναμενόμενο κέρδος και την βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας. Βασική τιμή της τιμής πώλησης έχει επιλεγεί 10 μονάδες. Η τιμή πώλησης είναι ο κύριος και αδιαμφισβήτητα σημαντικότερος παράγοντας εσόδων και η παράμετρος εκείνη επηρεάζει περισσότερο από οποιαδήποτε άλλη το αναμενόμενο κέρδος και το ύψος της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας.

Οι υπόλοιπες παράμετροι έχουν επιλεγεί, για το βασικό μας παράδειγμα, σε ένα ποσοστό της τιμή πώλησης που ξεκινάει από το 2% και φτάνει το 35%. Χαρακτηριστικά το άθροισμα και των τεσσάρων βασικών μας παραμέτρων είναι μικρότερο της τιμής πώλησης κατά απόλυτη τιμή στο βασικό μας παράδειγμα.

Κατά την εκτέλεση του κώδικα στο MATLAB αυξομειώσαμε την τιμή πώλησης με ελάχιστη τιμή τις 7,5 μονάδες και με βήμα 0,5 μονάδες φτάσαμε μέχρι την μέγιστη τιμή των 12 μονάδων.

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

r	Pi	Q*
7,5	673,47	748,98
8	811,23	788,75
8,5	953,19	829,06
9	1100	868,81
9,5	1245,9	888,57
10	1396,6	918,05
10,5	1549	938,18
11	1705,5	957,48
11,5	1864,8	986,85
12	2015,2	996,22

Πίνακας 2.5 Αποτελέσματα Pi και Q για διάφορες τιμές του r*

Οι στήλες κατά σειρά περιλαμβάνουν την τιμή πώλησης, το αναμενόμενο κέρδος και την βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας. Με κόκκινο χρώμα οι τιμές τόσο της r όσο και των Pi και Q* που αντιστοιχούν στο βασικό μας παράδειγμα.

Η ακρίβεια των υπολογισμών μέσω του προγράμματος MATLAB παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα για κάθε μια από τις τιμές του r που αντιστοιχούν και σε μια εκτέλεση του κώδικα.

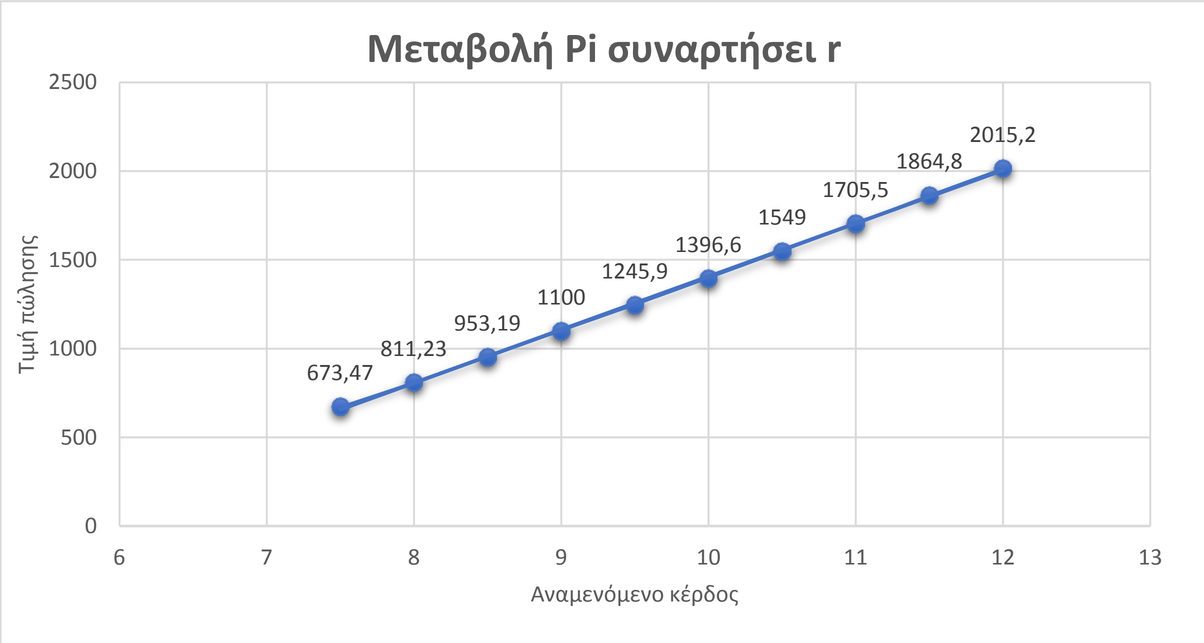
r	**ακρίβεια**
7,5	99,87%
8	99,88%
8,5	99,91%
9	99,92%
9,5	99,93%
10	99,93%
10,5	99,94%
11	99,95%
11,5	99,95%
12	99,95%

Πίνακας 2.6 Αποτελέσματα ακρίβειας

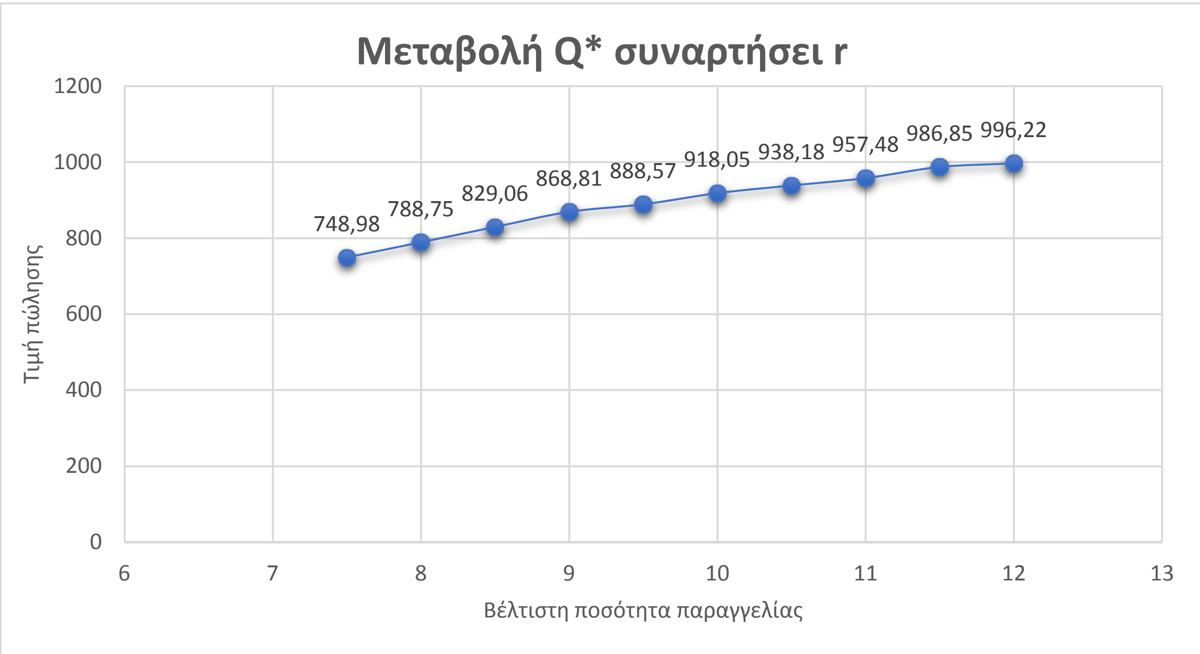
Με ελάχιστη τιμή ακρίβειας το 99,87% και μέγιστη τιμή το 99,95% μπορούμε συνολικά να κάνουμε με ασφάλεια την εκτίμηση πως τα αποτελέσματα που μας παρέχει ο κώδικας είναι απολύτως αξιόπιστα.

Η μέση ακρίβεια των 10 εκτελέσεων του κώδικα βρίσκεται στο 99,92% δηλαδή η απόκλιση από τα πραγματικά αποτελέσματα είναι μικρότερη του 0,1% καθιστώντας οποιονδήποτε προβληματισμό επ' αυτού άνευ ουσίας.

Τα αποτελέσματα σε μορφή διαγραμμάτων όπου παρουσιάζεται στον έναν άξονα το αναμενόμενο κέρδος και η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας αντίστοιχα και στον άλλο άξονα η τιμή πώλησης ανά μονάδα.

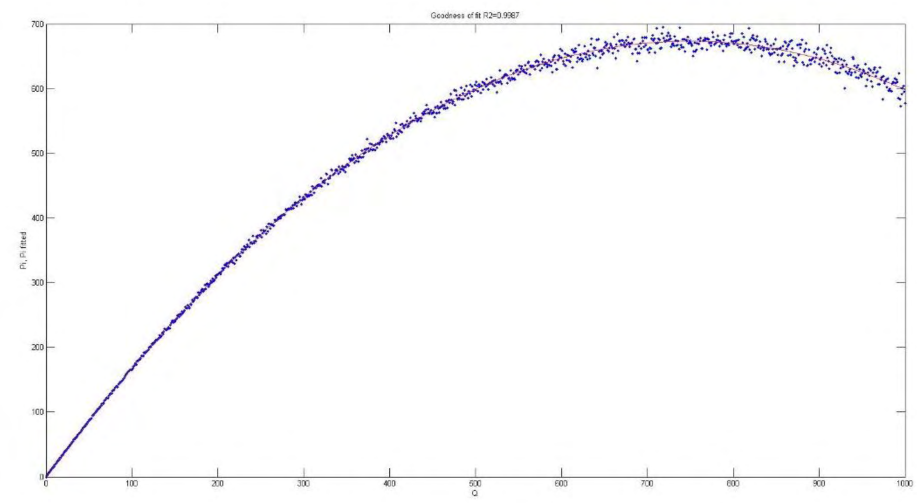


Διάγραμμα 2.24. Μεταβολή Pi συναρτήσει r

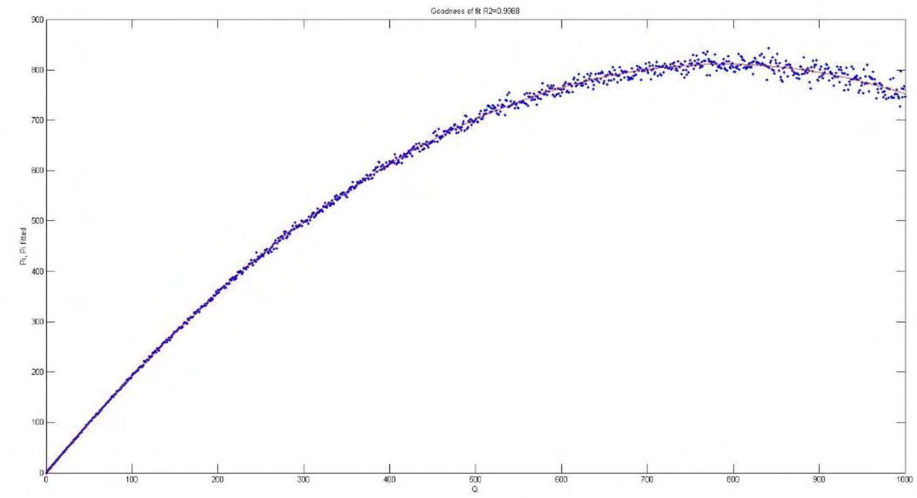


Διάγραμμα 2.25. Μεταβολή Q συναρτήσει r*

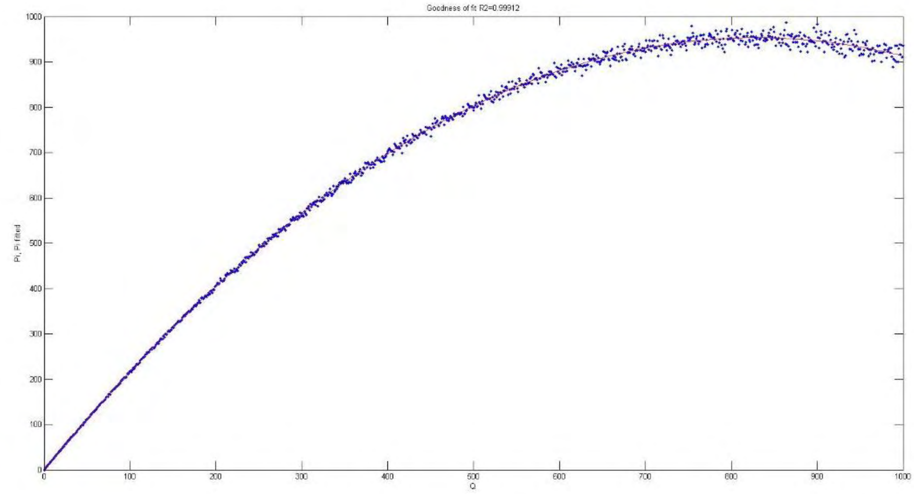
Τα παρακάτω γραφήματα παρήχθησαν από το πρόγραμμα MATLAB κατά την διάρκεια εκτέλεσης των αλγορίθμων και παρουσιάζουν την διαδικασία μέσω την διαδικασίας του «fit» για την εύρεση της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας.



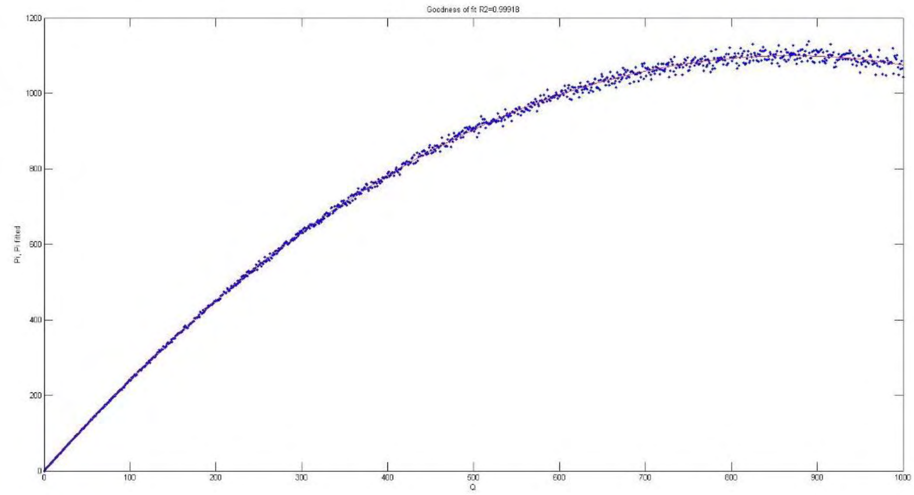
Διάγραμμα 2.26 Διαδικασία fitting για r=7,5



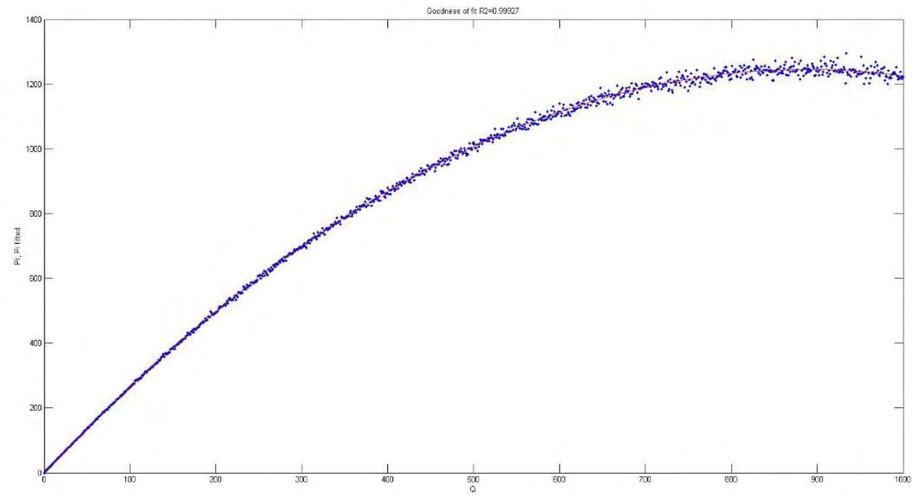
Διάγραμμα 2.27 Διαδικασία fitting για r=8



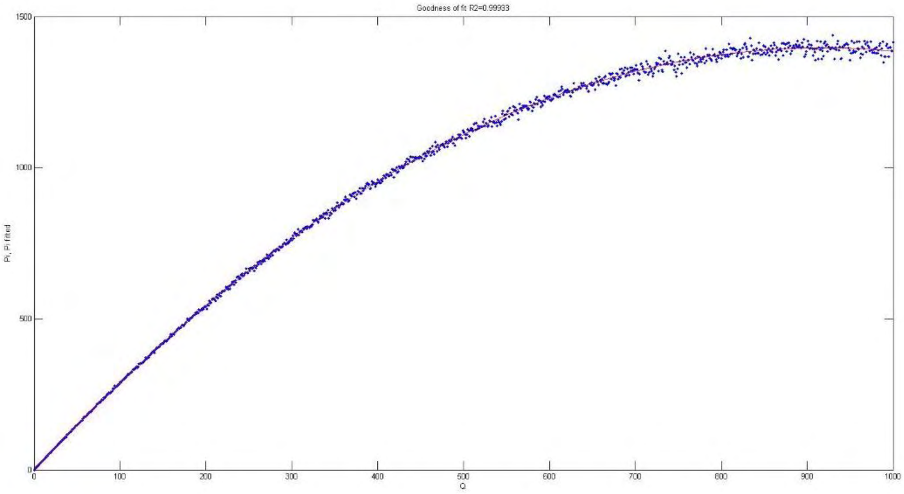
Διάγραμμα 2.28 Διαδικασία fitting για r=8,5



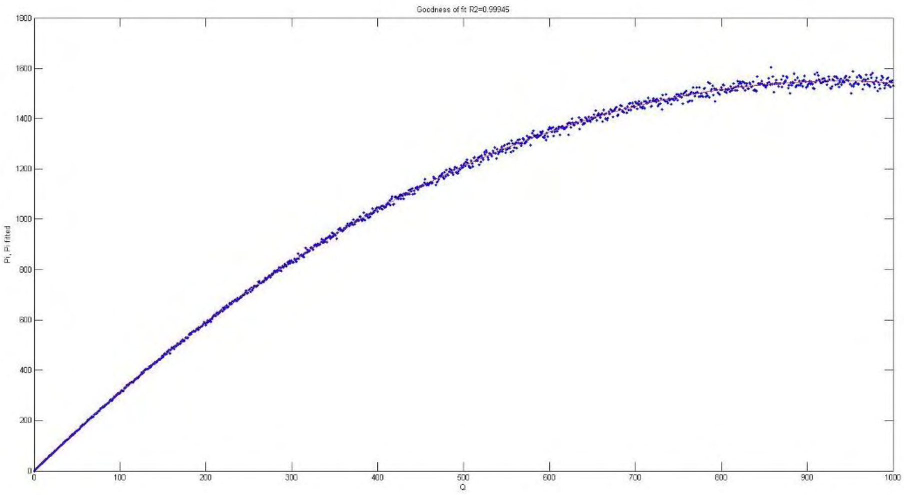
Διάγραμμα 2.29 Διαδικασία fitting για r=9



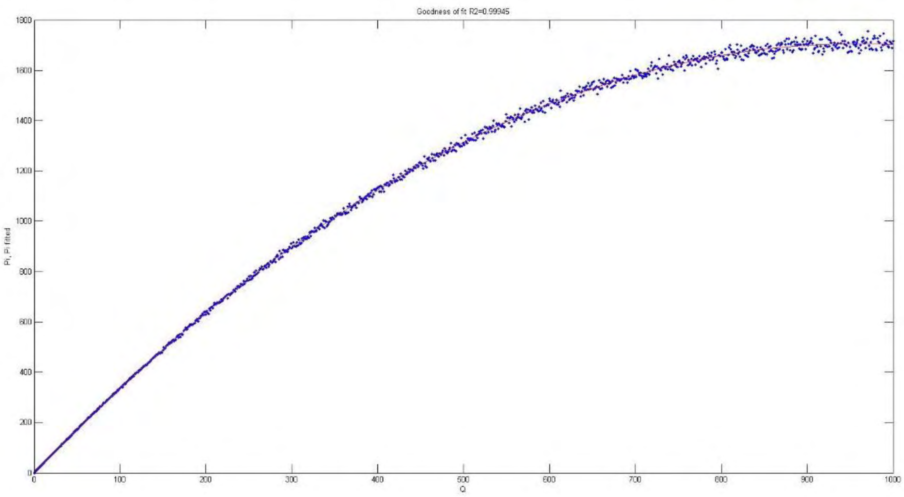
Διάγραμμα 2.30. Διαδικασία fitting για r=9,5



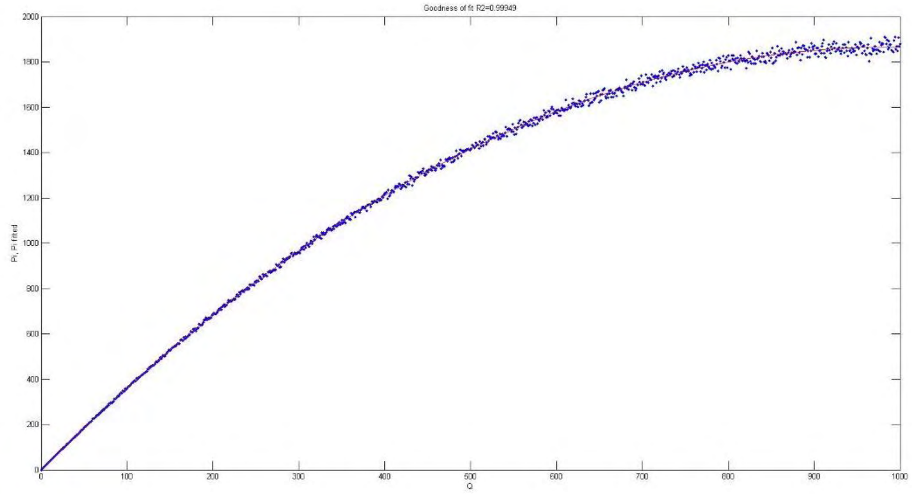
Διάγραμμα 2.31. Διαδικασία fitting για r=10



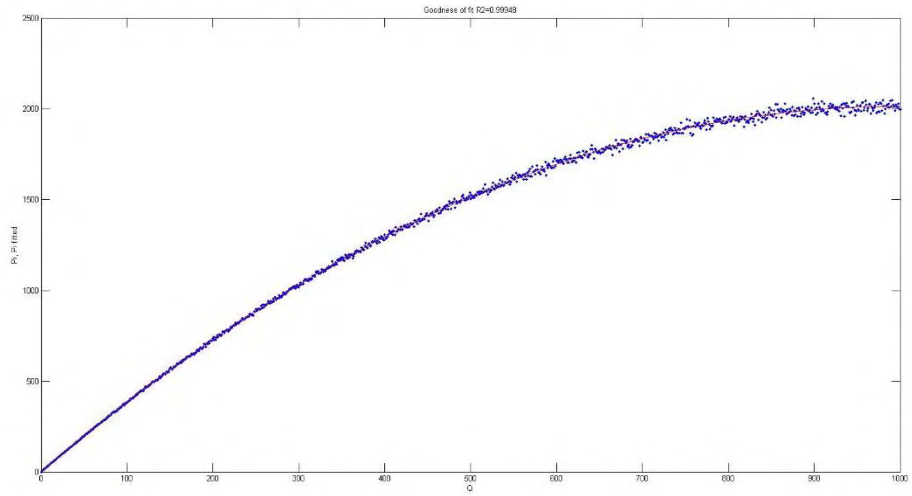
Διάγραμμα 2.32. Διαδικασία fitting για r=10,5



Διάγραμμα 2.33. Διαδικασία fitting για r=11



Διάγραμμα 2.34. Διαδικασία fitting για r=11,5



Διάγραμμα 2.35. Διαδικασία fitting για r=12

Παρατηρήσεις κατά την μεταβολή της τιμής πώλησης

Από τις εκτελέσεις του κώδικα έγινε δυνατή η κατασκευή πινάκων και διαγραμμάτων όπου έχουν συμπεριληφθεί τα αποτελέσματα ώστε να είναι εύκολα συγκρίσιμα και να γίνει δυνατή η μελέτη τους με στόχο την εξαγωγή συμπερασμάτων.

Η τιμή πώλησης, αποτελώντας τον μεγαλύτερο ποσοτικά παράγοντα εσόδων μας, αναμένουμε να έχει επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τόσο το αναμενόμενο κέρδος μας όσο και την βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας.

Ξεκινώντας την τιμή πώλησης από τις 7,5 μονάδες η τιμή του αναμενόμενου κέρδους μας βρίσκεται στις 673,47 μονάδες ενώ αντίστοιχα η τιμή της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας είναι 748,98. Με μια αύξηση κατά 0,5 μονάδες της τιμής πώλησης στις 8, δηλαδή αύξηση της τιμής πώλησης κατά 6,67%, έχουμε αύξηση του αναμενόμενου κέρδους Pi κατά 20,45% ενώ η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας αυξάνεται κατά 5,3%. Μια εκ νέου αύξηση κατά 0,5 στις 8,5 μονάδες, δηλαδή αύξηση 6,25%, οδηγεί σε αύξηση του αναμενόμενου κέρδους κατά 17,5% και της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας κατά 5,1%.

Όταν η τιμή πώλησης λαμβάνει την τιμή 10 που αποτελεί την τιμή και του βασικού μας παραδείγματος τότε το Pi βρίσκεται στην τιμή 1396,6 και το Q* έχει την τιμή 918,05. Έχουμε δηλαδή μια αύξηση του αναμενόμενου κέρδους κατά 107,3% σε σχέση με την τιμή του όταν η τιμή πώλησης είχε την ελάχιστη τιμή 7,5. Την ίδια στιγμή η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας είναι αυξημένη, σε σχέση με το παράδειγμα κατά το οποίο το r είναι ελάχιστο, κατά 22,6%. Η τιμή πώλησης r έχει αντίστοιχα αυξηθεί από το 7,5 στο 10 δηλαδή κατά 33,3%.

Μια αύξηση 20% στην τιμή πώλησης του βασικού μας παραδείγματος φτάνει το r στην τιμή 12 που αποτελεί και την μέγιστη τιμή που μελετήσαμε. Σε αυτή την περίπτωση το Pi έχει αυξηθεί αντίστοιχα κατά 44,3% ενώ το Q* κατά 8,5%.

Αναμενόμενο κέρδος και βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας αμφότερες αν συγκριθούν ως προς τις τιμές που είχαν για το ελάχιστο r 7,5 και το μέγιστο r 12 τότε δίνουν τα εξής αποτελέσματα: Αύξηση του r κατά 60% οδηγεί σε αύξηση του Pi κατά 199,2% ενώ του Q* κατά 33%.

Με κάποιες μικρές αποκλίσεις μπορούμε σαν γενικό σχόλιο να πούμε πως η αύξηση της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας βρίσκεται περίπου στο 1/3 της αύξησης του αναμενόμενου κέρδους καθώς η τιμή πώλησης αυξάνεται.

Γίνεται κατανοητό όπως και αναμέναμε πως η τιμή πώλησης αποτελεί καθοριστικό παράγοντα που επηρεάζει σημαντικά τόσο το αναμενόμενο κέρδος όσο και την βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας. Παρουσιάζει επιπλέον ενδιαφέρον καθώς αποτελεί ίσως την μοναδική παράμετρο που ο καθορισμός της τιμής της μπορεί να γίνει ελεύθερα από μια επιχείρηση. Αυτό κάνει την επιλογή της τιμής πώλησης ιδιαίτερα σημαντική απόφαση που κατά μεγάλο ποσοστό θα καθορίσει και την επιτυχία ή μη.

2.6 **Μεταβολή κόστους ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης**

Το κόστος ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης αναφέρεται στο κόστος εκείνο που έχει υπολογιστεί ότι υπάρχει για κάθε μονάδα για την οποία υπάρχει ζήτηση ώστε να αγοραστεί αλλά δεν υπάρχουν αποθέματα κι έτσι δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί η πώληση. Έτσι η ζήτηση αυτή δεν ικανοποιείται με λογικό επακόλουθο ένα ποσοστό αγοραστών να στρέφεται αλλού, πιθανόν σε ανταγωνιστές. Αυτή όλη η διαδικασία έχει κάποιο κόστος που έχουμε ονομάσει κόστος ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης και το έχουμε συμβολίσει με p.

Έχοντας ως βασική τιμή του κόστους ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης την τιμή 2 ή αλλιώς το 20% της τιμής πώλησης αυξομειώνουμε την τιμή αυτή με βήμα 0,1 ή 1% της τιμής πώλησης. Σαν ελάχιστη τιμή του κόστους ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης έχουμε την τιμή 1,5 ενώ σαν μέγιστη την τιμή 2,5.

Τα αποτελέσματα από την εκτέλεση του κώδικα στο πρόγραμμα MATLAB για κάθε μια τιμή του κόστους ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης και πώς αυτή μεταβάλει το αναμενόμενο κέρδος και την βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

p	Pi	Q*
1,5	1522,7	759,85
1,6	1487,4	800,61
1,7	1458,2	843,08
1,8	1430,9	882,06
1,9	1413,4	905,7
2	1396,6	918,05
2,1	1381,3	957,6
2,2	1355,9	999,31
2,3	1342,8	1081,5
2,4	1325,9	1127,1
2,5	1312,7	1157,1

Πίνακας 2.7 Αποτελέσματα Pi και Q για διάφορες τιμές του p*

Στην πρώτη στήλη παρουσιάζονται οι τιμές του κόστους ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης, στη δεύτερη οι τιμές του αναμενόμενου κέρδους ενώ στην τρίτη η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας. Με κόκκινο χρώμα έχουν σημειωθεί οι τιμές του βασικού μας μοντέλου.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα ποσοστά ακρίβειας που είχαμε κατά την εκτέλεση του κώδικα στο MATLAB για κάθε μια τιμή του κόστους ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης.

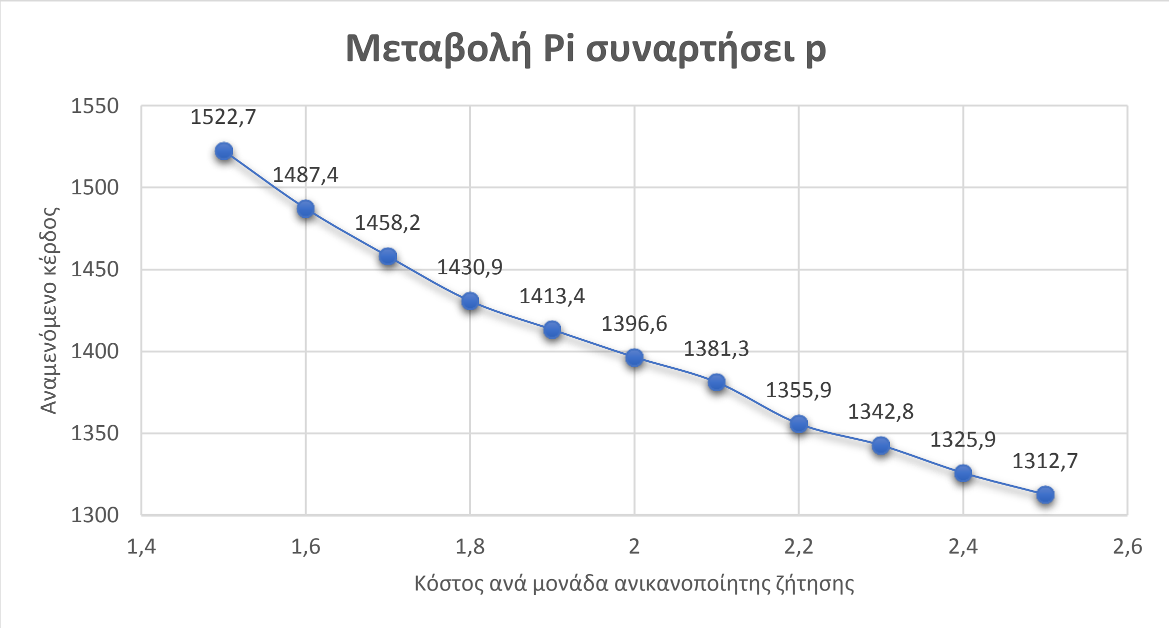
p	**ακρίβεια**
1,5	99,95%
1,6	99,94%
1,7	99,95%
1,8	99,92%
1,9	99,94%
2	99,93%
2,1	99,93%
2,2	99,93%
2,3	99,93%
2,4	99,94%
2,5	99,92%

Πίνακας 2.8 Αποτελέσματα ακρίβειας

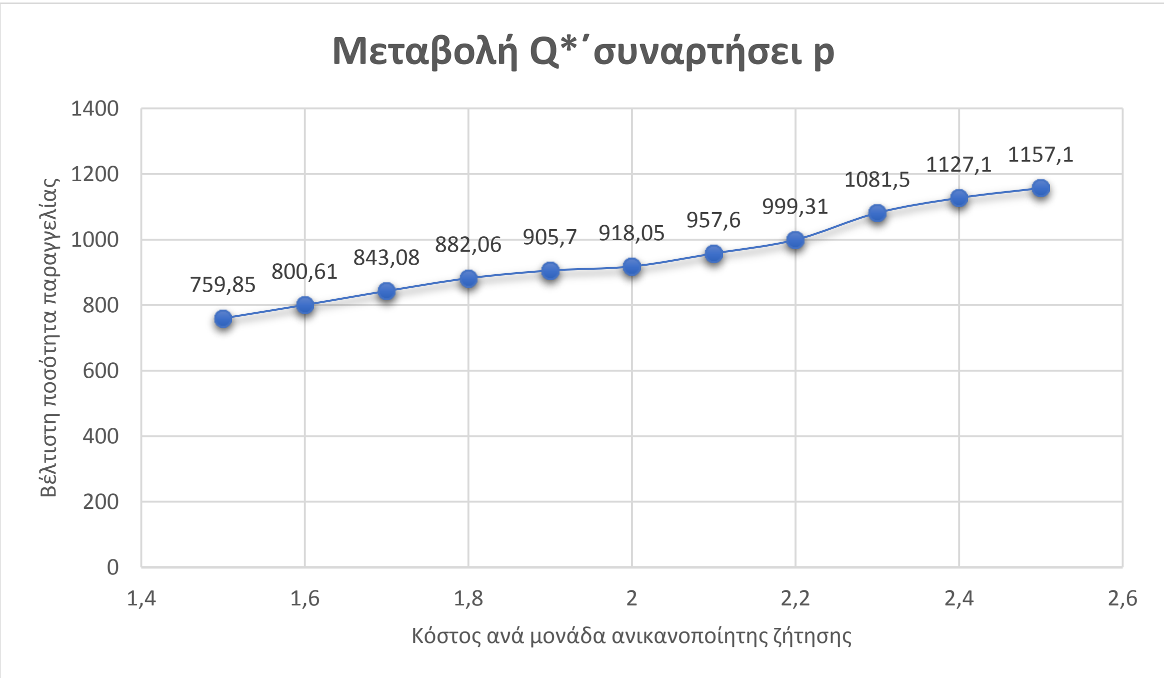
Στις 11 εκτελέσεις του κώδικα το ποσοστό ακρίβειας διακυμάνθηκε από 99,92% έως 99,95%. Επομένως ακόμα και το ελάχιστο ποσοστό ακρίβειας είναι τόσο υψηλό που μπορεί να θεωρηθεί απολύτως ικανοποιητικό ώστε να εξαχθούν συμπεράσματα. Ο μέσος όρος ακρίβειας όλων των εκτελέσεων του κώδικα για το κόστος ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης βρίσκεται 99,94%.

Μπορούμε με ασφάλεια να πούμε πως από άποψη ακρίβειας δεν κρίνεται σκόπιμο να διατηρηθεί καμία επιφύλαξη σχετικά με τα αποτελέσματα. Μπορούν να κριθούν ως απόλυτα ακριβή.

Τα αποτελέσματα σε μορφή διαγραμμάτων όπου παρουσιάζεται στον έναν άξονα το αναμενόμενο κέρδος και η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας αντίστοιχα και στον άλλο άξονα το κόστος ανά μονάδα παραγγελίας.

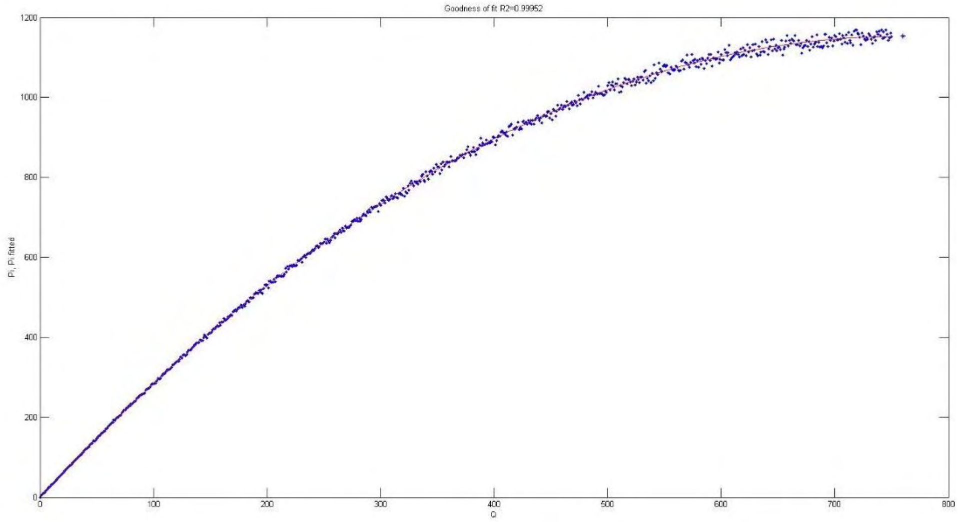


Διάγραμμα 2.36. Μεταβολή Pi συναρτήσει p

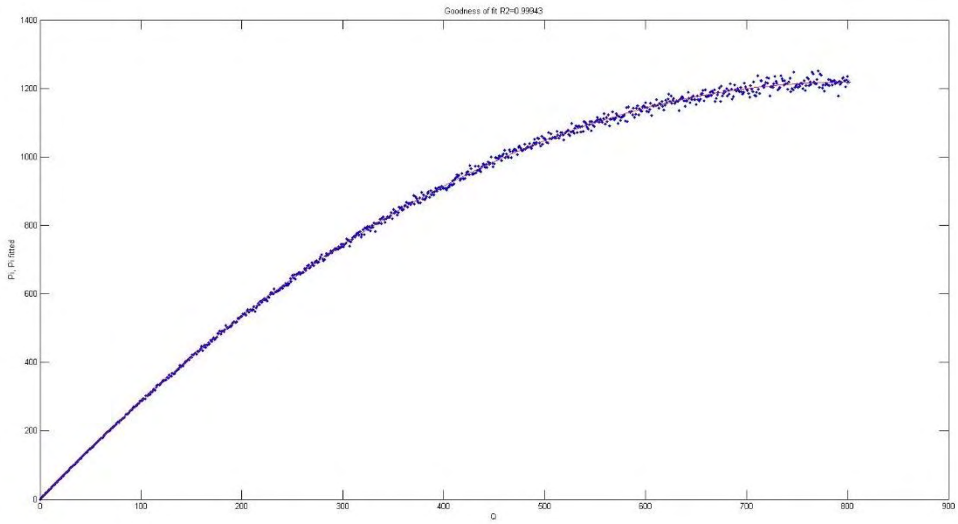


Διάγραμμα 2.37. Μεταβολή Q συναρτήσει p*

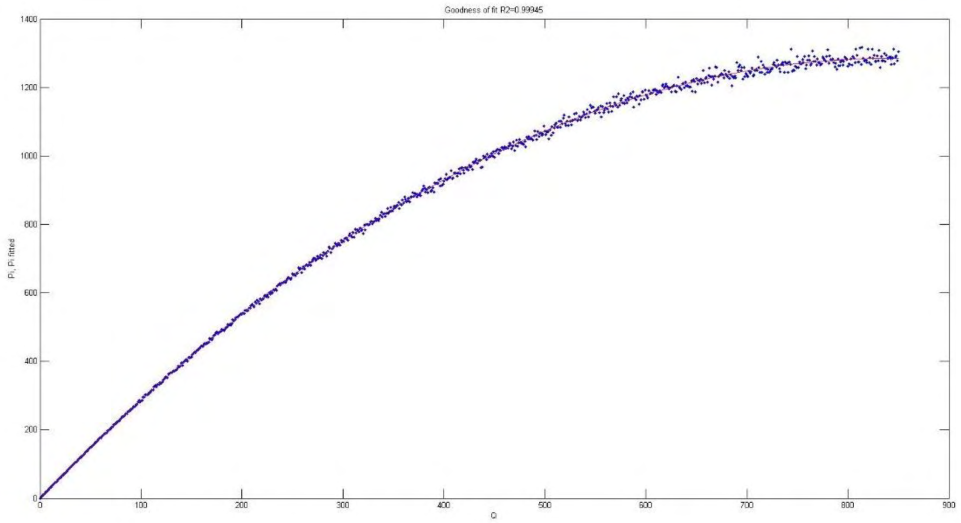
Τα παρακάτω γραφήματα παρήχθησαν από το πρόγραμμα MATLAB κατά την διάρκεια εκτέλεσης των αλγορίθμων και παρουσιάζουν την διαδικασία μέσω την διαδικασίας του «fit» για την εύρεση της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας.



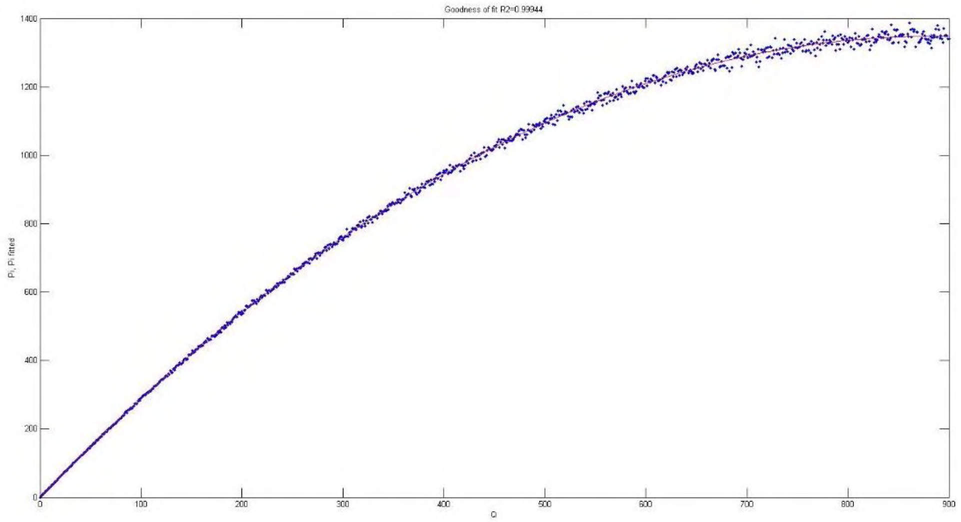
Διάγραμμα 2.38. Διαδικασία fitting για p=1,5



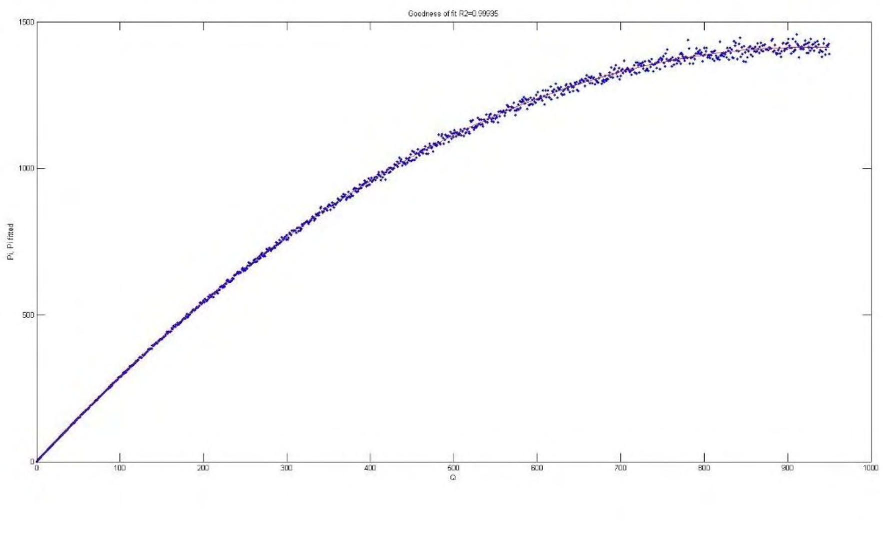
Διάγραμμα 2.39. Διαδικασία fitting για p=1,6



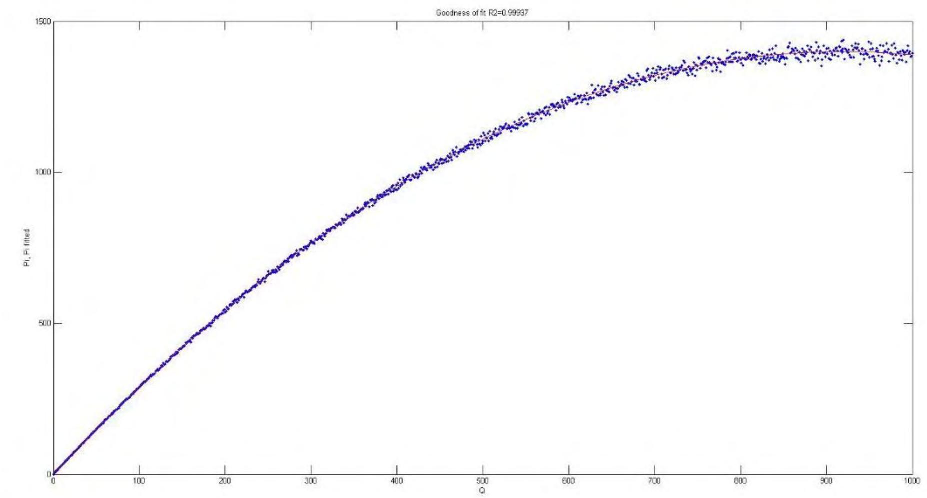
Διάγραμμα 2.40. Διαδικασία fitting για p=1,7



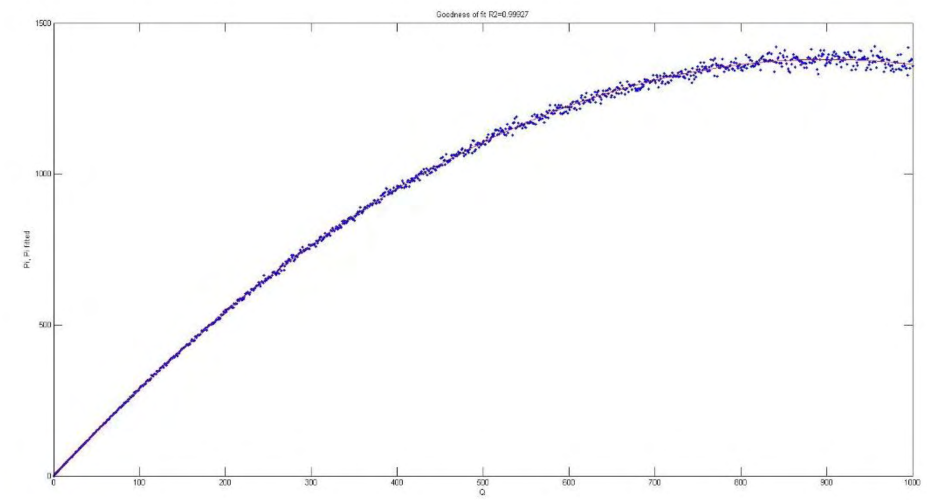
Διάγραμμα 2.41. Διαδικασία fitting για p=1,8



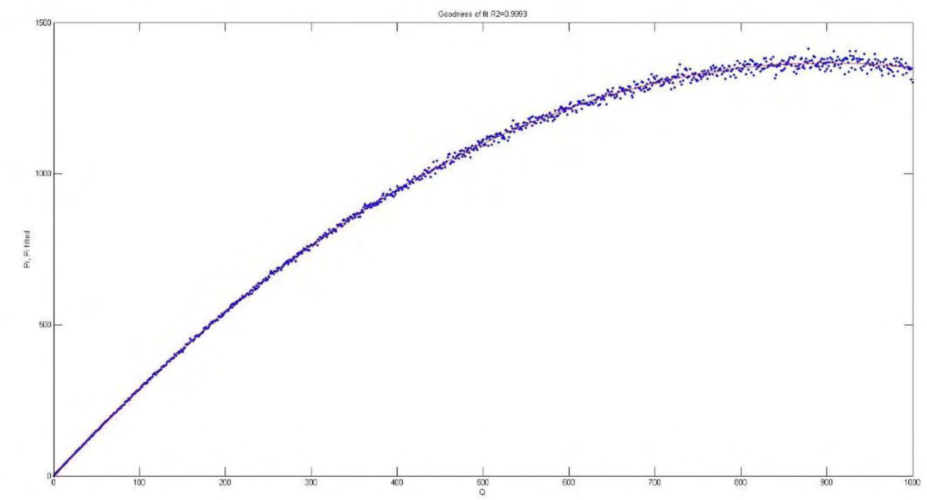
Διάγραμμα 2.42. Διαδικασία fitting για p=1,9



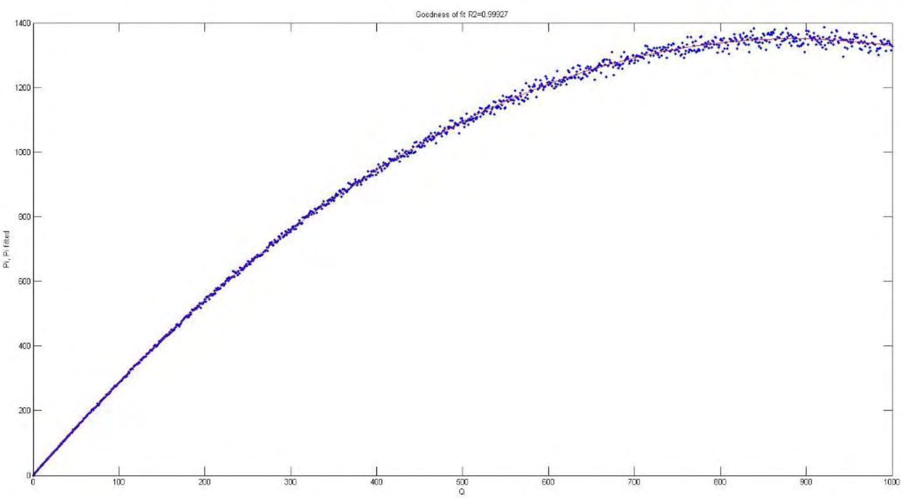
Διάγραμμα 2.43. Διαδικασία fitting για p=2



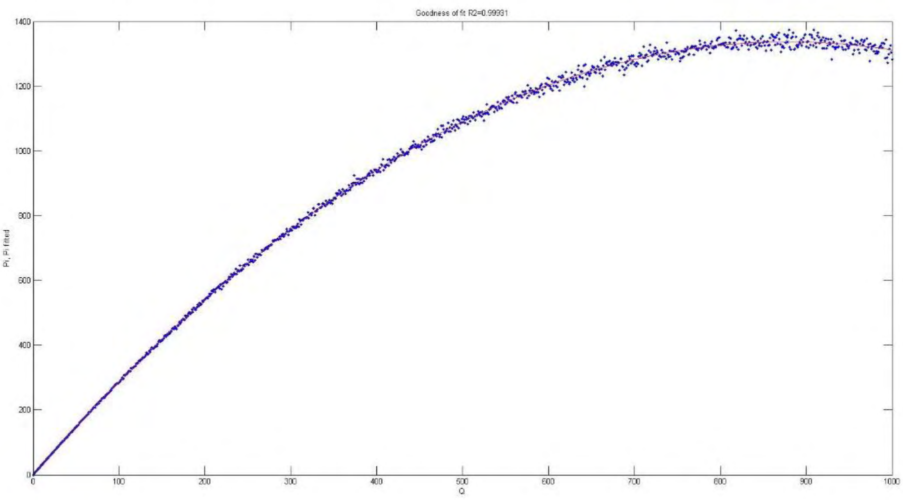
Διάγραμμα 2.44. Διαδικασία fitting για p=2,1



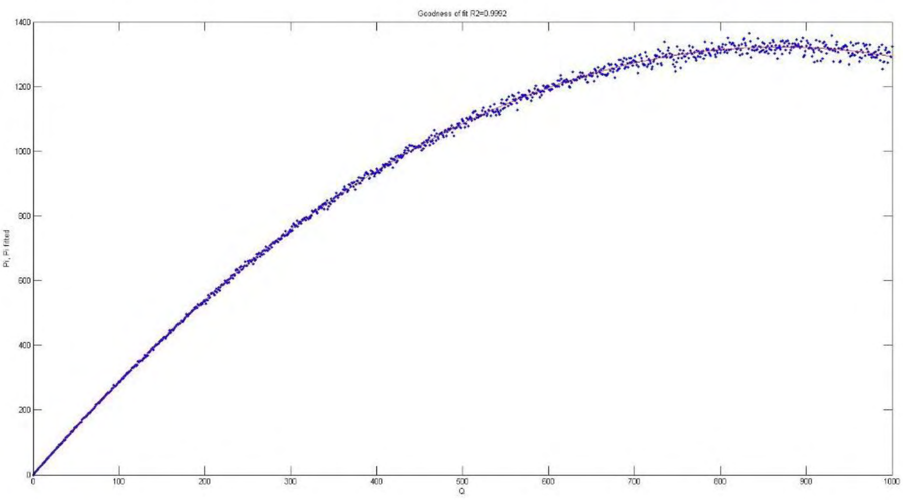
Διάγραμμα 2.45. Διαδικασία fitting για p=2,2



Διάγραμμα 2.46. Διαδικασία fitting για p=2,3



Διάγραμμα 2.47. Διαδικασία fitting για p=2,4



Διάγραμμα 2.48. Διαδικασία fitting για p=2,5

Παρατηρήσεις κατά την μεταβολή του κόστους ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης

Από τα γραφήματα, τους πίνακες και τα αριθμητικά αποτελέσματα από τις εκτελέσεις του κώδικα μπορούμε να φτάσουμε σε σημαντικά συμπεράσματα όσον αφορά την μεταβολή του αναμενόμενου κέρδους και της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας σε συνάρτηση πάντα με την μεταβολή του κόστους ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης.

Το κόστος ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης εντάσσεται όπως είναι φανερό στην ομάδα των μεταβλητών που αποτελούν τα κόστη μιας επιχειρηματικής δραστηριότητας. Ως εκ τούτου είναι φυσικό να αναμένουμε πως η αύξηση του θα επιδρά μειώνοντας το αναμενόμενο κέρδος αλλά αντίθετα αυξάνοντας την βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας.

Ξεκινώντας από την ελάχιστη τιμή 1,5 για το κόστος ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης έχουμε για το αναμενόμενο κέρδος την τιμή 1522,7 ενώ για την βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας την τιμή 759,85. Στην συνέχεια αυξάνουμε το p κατά 0,1 στις 1,6 μονάδες ή αλλιώς αύξηση 6,67%. Αυτή η αύξηση οδηγεί σε μείωση του αναμενόμενου κέρδους Pi κατά 2,3% και αντίστοιχα αύξηση της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας κατά 5,1%.

Συνεχίζοντας με αύξηση του p κατά 0,1 στις 1,7 μονάδες έχουμε μείωση του Pi κατά 2% και αύξηση του Q* κατά 5%. Φτάνοντας την τιμή του βασικού μας παραδείγματος κι ενώ το κόστος ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης έχει αυξηθεί 33.3% από την ελάχιστη τιμή του το αναμενόμενο κέρδος έχει μειωθεί κατά 8,2% ενώ η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας παρουσιάζει αύξηση κατά 17,2%.

Συνεχίζοντας με βήμα αύξησης του p τις 0,1 μονάδες φτάνουμε στην μέγιστη τιμή που έχει θέσει για το κόστος ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης δηλαδή τις 2,5 μονάδες ή αλλιώς το 25% της τιμής πώλησης. Η μέγιστη αυτή τιμή με αυξημένο το p κατά 25% από την τιμή του στο βασικό μας παράδειγμα παρουσιάζει το Pi μειωμένο κατά 6% ενώ το Q* αυξημένο κατά 20,6%.

Συγκρίνοντας τώρα και την ελάχιστη με την μέγιστη τιμή παρατηρούμε πως μια αύξηση του p κατά 66,67%, ή αλλιώς μια μετακίνηση από 15% της τιμής πώλησης στο 25% της τιμής πώλησης, συνεπάγεται μείωση του αναμενόμενου κέρδους κατά 13,8% και αντίστοιχα μείωση της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας κατά 52,3%.

Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε πως αντίθετα με τις παραμέτρους του κόστους ανά μονάδα παραγγελίας, κόστους ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας και τιμής πώλησης η παράμετρος του κόστους ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης επηρεάζει με αρκετά ηπιότερο τρόπο το αναμενόμενο κέρδος αλλά με ιδιαίτερα έντονο τρόπο την βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας. Έτσι ακόμα και μεγάλες μεταβολές της όπως αύξηση της κατά πάνω από 50% οδηγεί σε μικρή μείωση του Pi αλλά σε μεγάλες αυξήσεις του Q* κατά περισσότερο ακόμα και από 50%. Επιπλέον παρουσιάζει ενδιαφέρον πως αντίθετα με την μεταβολή άλλων παραμέτρων εδώ Pi και Q έχουν διαφορετική συμπεριφορά με το ένα να μειώνεται και το άλλο να αυξάνεται.

2.7 **Μεταβολή τιμής πώλησης ανά επιστρεφόμενη μονάδα**

Η παράμετρος της τιμής πώλησης ανά επιστρεφόμενη μονάδα που συμβολίζουμε με h αποτελεί την 2η παράμετρο εσόδων μετά την τιμή πώλησης r. Ουσιαστικά αναφέρεται σε μια ποσότητα αδιάθετων προϊόντων τα οποία είχαν παραγγελθεί αλλά λόγω μικρότερης ζήτησης δεν κατέστη δυνατό να πουληθούν. Γι αυτά τα προϊόντα υπάρχει η δυνατότητα της επιστροφής τους σε μια τιμή βέβαια προφανώς αρκετά μικρότερη της τιμής πώλησης. Επιπλέον η τιμή της είναι μικρότερη από την τιμή του κόστους ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας καθώς το αντίθετο θα δημιουργούσε το λογικό σφάλμα να παράγεται κέρδος απλά και μόνο κάνοντας παραγγελίες και στη συνέχεια με το να τις επιστρέφουμε.

Ξεκινάμε δίνοντας ελάχιστη τιμή στην μεταβλητή h 2,5 μονάδες και στην συνέχεια με βήμα αύξησης κατά 0,1 μονάδες φτάνουμε μέχρι την μέγιστη τιμή 3,5 μονάδες. Ενδιάμεσα έχουμε βρεθεί και στην τιμή των 3 μονάδων που αποτελεί και τιμή του βασικού μας παραδείγματος.

Τα αποτελέσματα από την εκτέλεση του κώδικα στο πρόγραμμα MATLAB παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

h	**Pi**	**Q***
2,5	1321,9	866,89
2,6	1337,5	877,28
2,7	1351,2	884,67
2,8	1366,5	895,44
2,9	1383,9	904,81
3	1396,6	918,05
3,1	1416,5	933,19
3,2	1428,6	937,75
3,3	1446,4	949,48
3,4	1464,9	965,03
3,5	1479,4	974,37

Πίνακας 2.9 Αποτελέσματα Pi και Q για διάφορες τιμές του h*

Στην πρώτη στήλη του πίνακα βρίσκεται η τιμή πώλησης ανά επιστρεφόμενη μονάδα, στην συνέχεια η στήλη του αναμενόμενου κέρδους και τέλος στην τελευταία στήλη η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας. Με κόκκινο έχουν σημειωθεί οι τιμές του βασικού μας παραδείγματος.

Κατά την εκτέλεση του κώδικα στο πρόγραμμα MATLAB μας επιστράφηκε ως πληροφορία και η ακρίβεια για κάθε μια τιμή πώλησης ανά επιστρεφόμενη μονάδα. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

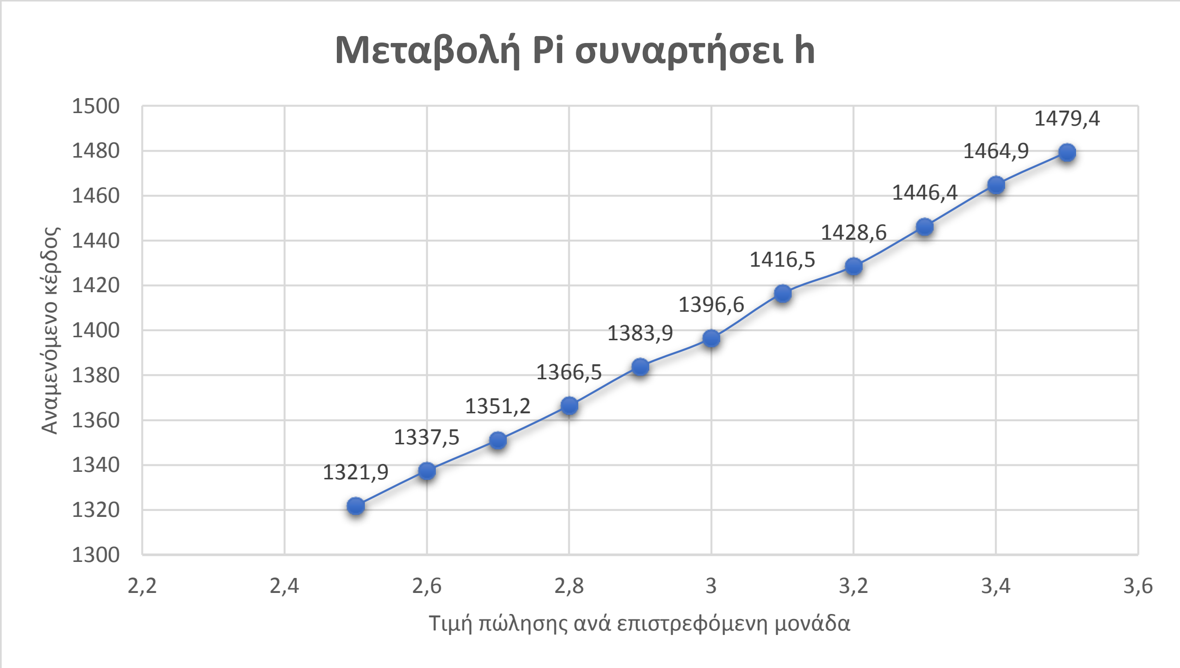
h	ακρίβεια
2,5	99,93%
2,6	99,93%
2,7	99,93%
2,8	99,94%
2,9	99,93%
3	99,93%
3,1	99,94%
3,2	99,94%
3,3	99,94%
3,4	99,95%
3,5	99,94%

Πίνακας 2.10 Αποτελέσματα ακρίβειας

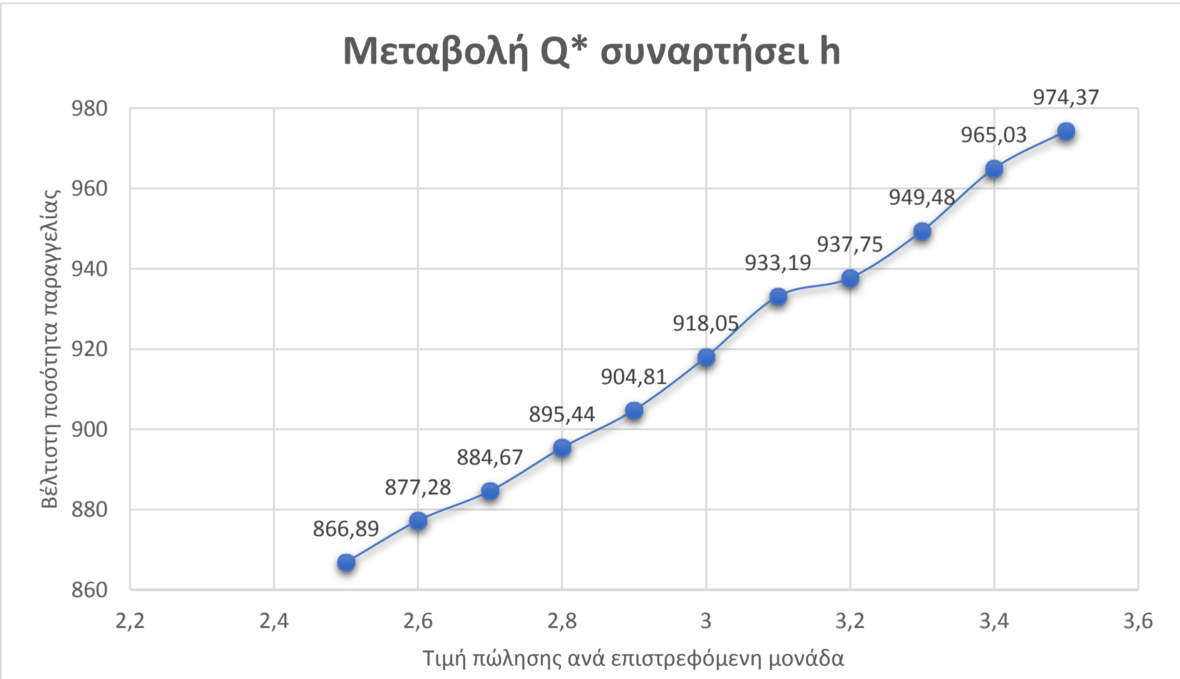
Συνολικά έχουμε 11 αποτελέσματα για 11 διαφορετικές τιμές πώλησης ανά επιστρεφόμενη μονάδα. Η ελάχιστη ακρίβεια που καταγράφηκε ήταν 99,93% ενώ η μέγιστη 99,95%. Η μέση ακρίβεια των εκτελέσεων του κώδικα είναι 99,94% ποσοστό ιδιαίτερα υψηλό και απολύτως ικανοποιητικό.

Μπορούμε να υποθέσουμε πως τα αποτελέσματα μας είναι πέραν κάθε αμφιβολίας ακριβή και δεν υπάρχει λόγος επιφυλάξεων σχετικά με την ακρίβεια του κώδικα.

Τα αποτελέσματα σε μορφή διαγραμμάτων όπου παρουσιάζεται στον έναν άξονα το αναμενόμενο κέρδος και η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας αντίστοιχα και στον άλλο άξονα το κόστος ανά μονάδα παραγγελίας.

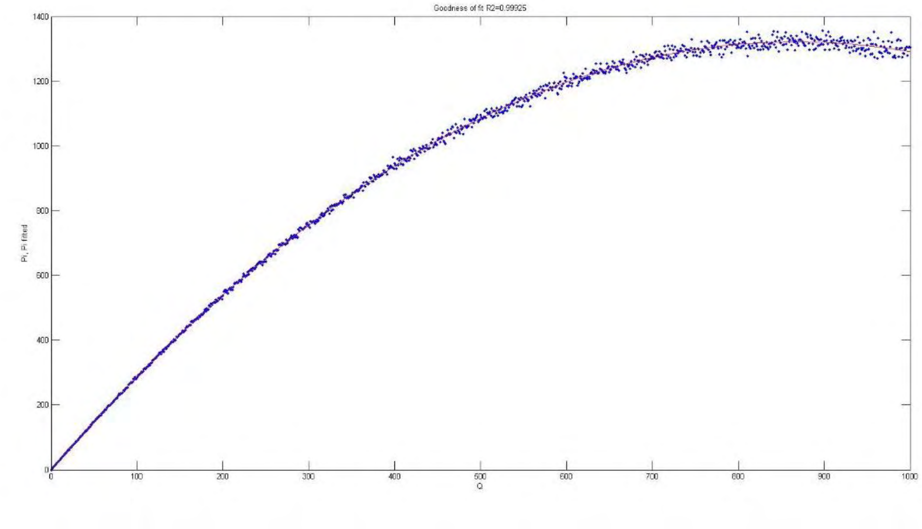


Διάγραμμα 2.49. Μεταβολή Pi συναρτήσει h

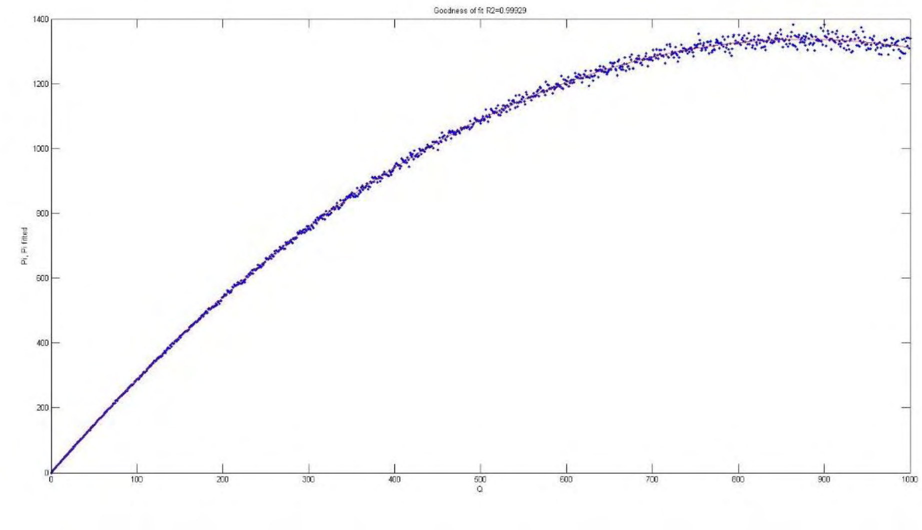


Διάγραμμα 2.50. Μεταβολή Q συναρτήσει h*

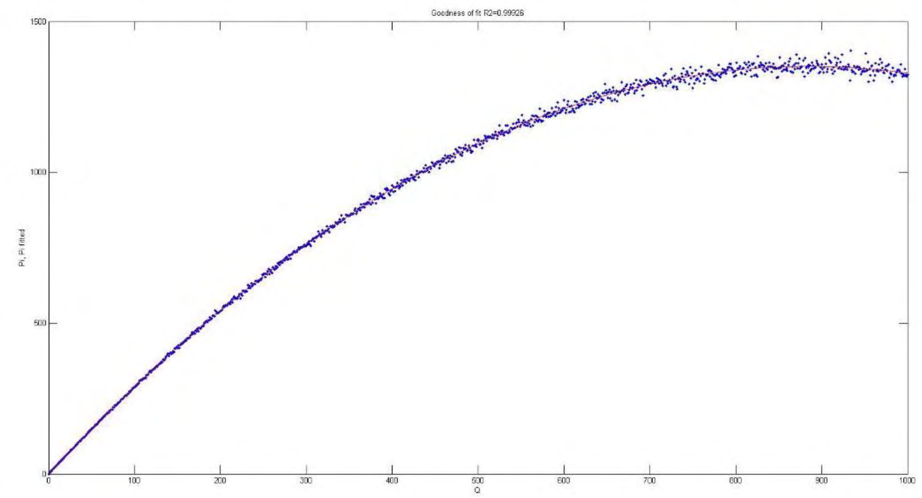
Τα παρακάτω γραφήματα παρήχθησαν από το πρόγραμμα MATLAB κατά την διάρκεια εκτέλεσης των αλγορίθμων και παρουσιάζουν την διαδικασία μέσω την διαδικασίας του «fit» για την εύρεση της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας.



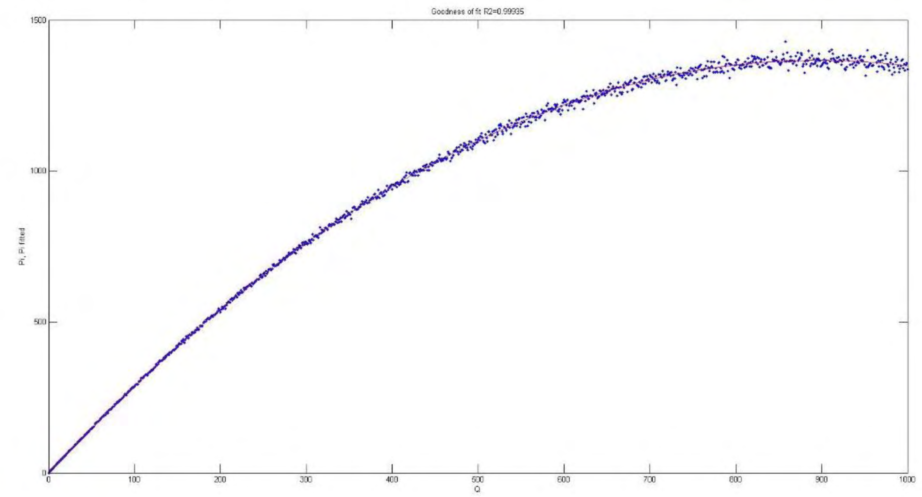
Διάγραμμα 2.51. Διαδικασία fitting για h=2,5



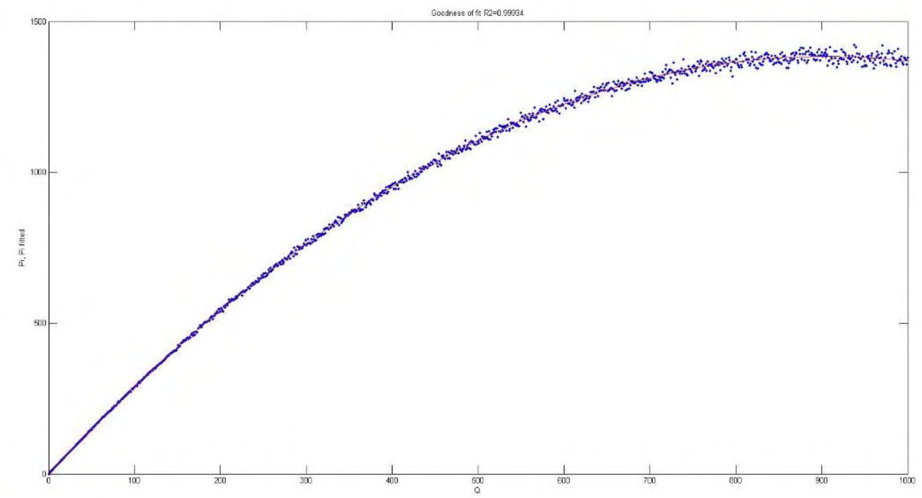
Διάγραμμα 2.52. Διαδικασία fitting για h=2,6



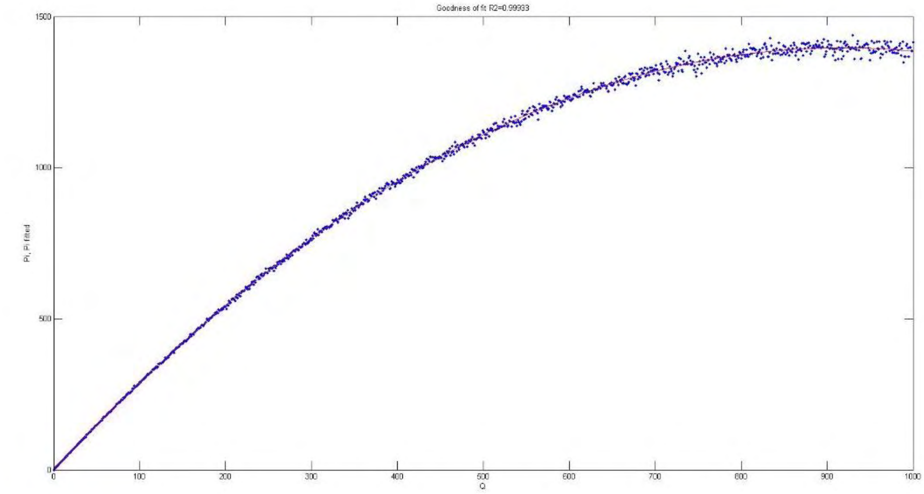
Διάγραμμα 2.53. Διαδικασία fitting για h=2,7



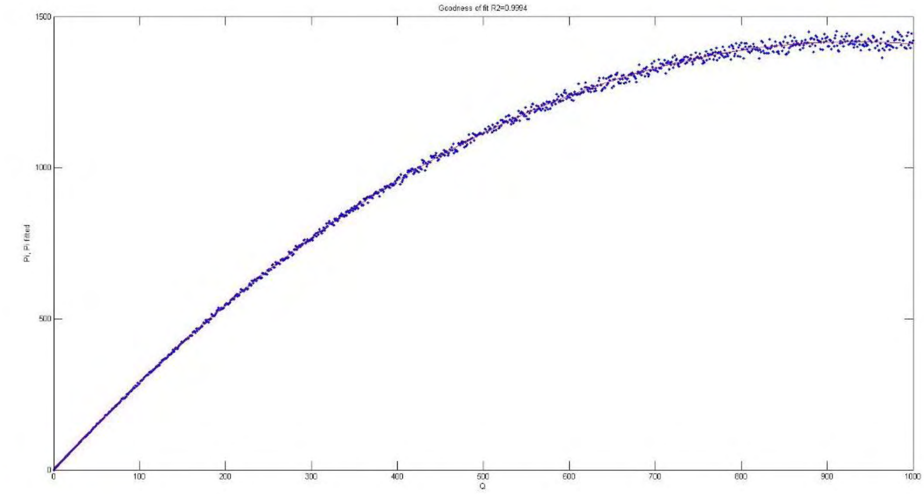
Διάγραμμα 2.54. Διαδικασία fitting για h=2,8



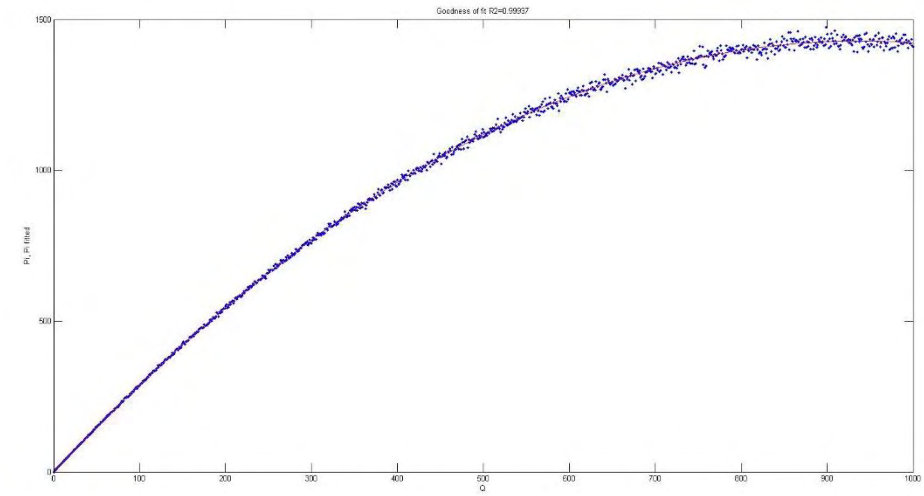
Διάγραμμα 2.55. Διαδικασία fitting για h=2,9



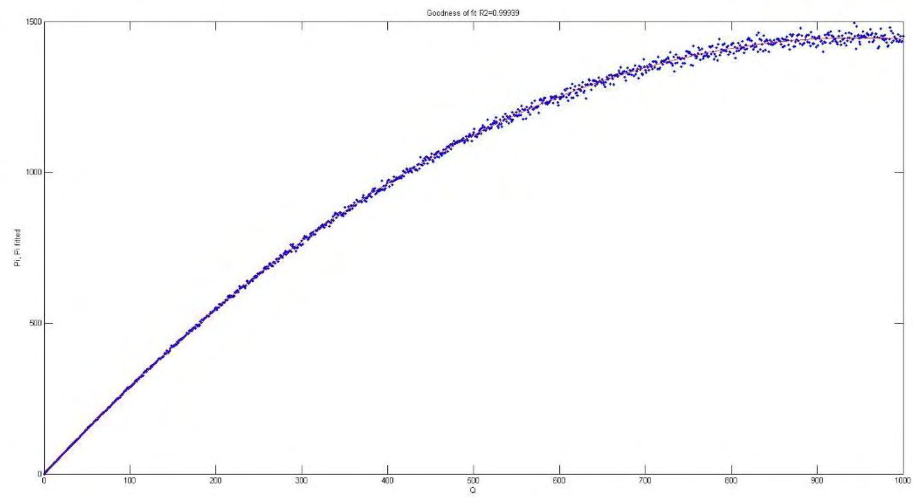
Διάγραμμα 2.56. Διαδικασία fitting για h=3



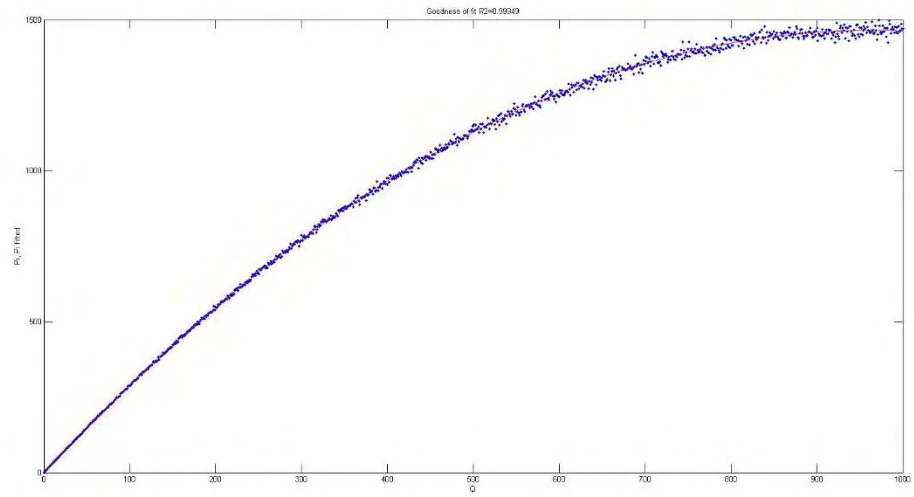
Διάγραμμα 2.57. Διαδικασία fitting για h=3,1



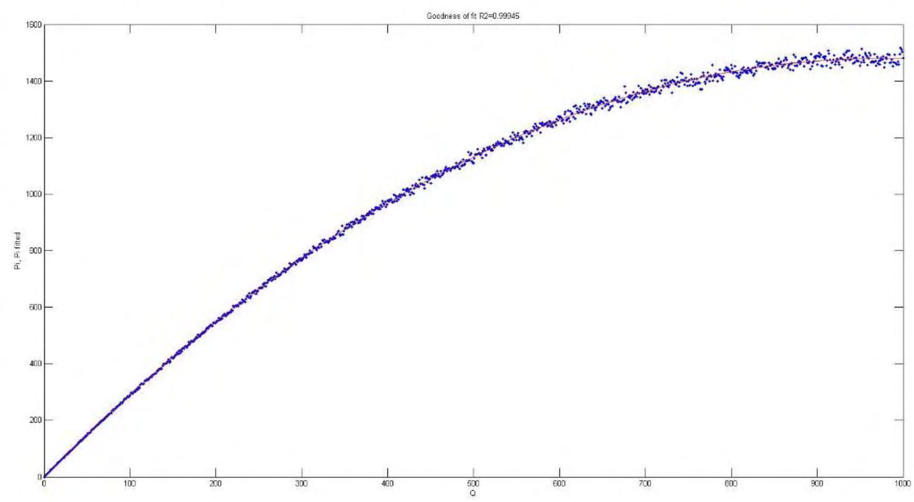
Διάγραμμα 2.58. Διαδικασία fitting για h=3,2



Διάγραμμα 2.59. Διαδικασία fitting για h=3,3



Διάγραμμα 2.60. Διαδικασία fitting για h=3,4



Διάγραμμα 2.61. Διαδικασία fitting για h=3,5

Παρατηρήσεις κατά την μεταβολή της τιμής πώλησης ανά επιστρεφόμενη μονάδα

Μέσω των αποτελεσμάτων που παρήχθησαν από την εκτέλεση του κώδικα, όσο και από την γραφική απεικόνιση τους σε μορφή διαγραμμάτων μπορούμε να προβούμε στην δημιουργία συμπερασμάτων για την μεταβολή του αναμενόμενου κέρδους και της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας καθώς η τιμή πώλησης ανά επιστρεφόμενη μονάδα αυξάνεται ή μειώνεται αντίστοιχα.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί η τιμή πώλησης ανά επιστρεφόμενη μονάδα αποτελεί παράμετρο θετική για το ισοζύγιο εσόδων-εξόδων επομένως η αύξηση της αναμένουμε να οδηγεί σε αύξηση τόσο του κέρδους όσο και της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας. Παρόλα αυτά υπάρχουν κάποιοι λογικοί περιορισμοί στην τιμή της καθώς απαιτείται να είναι σαν ποσότητα μικρότερη από το κόστος ανά παραδιδόμενη παραγγελία αλλά και από την τιμή πώλησης.

Έχοντας επιλέξει ως ελάχιστη τιμή για την τιμή πώλησης ανά επιστρεφόμενη μονάδα ή h τις 2,5 μονάδες η τιμή του αναμενόμενου κέρδους Pi είναι 1321,9 ενώ η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας λαμβάνει τιμή 866,89. Με μια πρώτη αύξηση χρησιμοποιώντας το βήμα 0,1 μονάδων που έχουμε επιλέξει το h γίνεται 2,6 έχοντας αυξηθεί κατά 4% ενώ το αναμενόμενο κέρδος αυξάνεται κατά 1,2% ενώ η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας αυξάνεται κατά 1,2% επίσης. Με μια εκ νέου αύξηση του h στις 2,7 μονάδες ή αύξηση 3,8% το Pi αυξάνεται κατά 1% και το Q* αυξάνεται κατά 0,8%.

Καθώς η τιμή πώλησης ανά επιστρεφόμενη μονάδα λαμβάνει την τιμή του βασικού μας παραδείγματος δηλαδή τιμή 3 τότε παρατηρούμε πως η αύξηση του h κατά 0,5 μονάδες ή κατά 20% από την ελάχιστη τιμή του οδηγεί σε αύξηση του Pi κατά 5,7% αλλά και αύξηση του Q* κατά 6%.

Όταν η παράμετρος h γίνεται μέγιστη δηλαδή έχει την τιμή 3,5 μονάδες, τότε είναι αυξημένη κατά 16,7% σε σχέση με το βασικό παράδειγμα ενώ το αναμενόμενο κέρδος αντίστοιχα έχει αυξηθεί κατά 5,9% και η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας έχει αυξηθεί κατά 6,1%.

Συγκρίνοντας τώρα την μέγιστη τιμή του h με την ελάχιστη τιμή του παρατηρούμε πως μια αύξηση κατά 40% της τιμής του συνεπάγεται αύξηση κατά 11,9% του Pi και αύξηση κατά 12,3% του Q*.

Συνοψίζοντας τις παρατηρήσεις και τα συμπεράσματα μας μπορούμε να αναφέρουμε πώς η τιμή πώλησης ανά μονάδα επιστρεφόμενης ποσότητας δεν επιδρά με τόση ένταση όσο η τιμή πώλησης, το κόστος ανά μονάδα παραγγελίας και το κόστος ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας αλλά ηπιότερα, με τρόπο που μπορούμε να πούμε ότι είναι παρόμοιος ή περισσότερο συγκρίσιμος με την μεταβολή που επιφέρει η παράμετρος του κόστους ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης.

Επιπλέον αποτελεί την μοναδική παράμετρο από τις 5 που έχουμε μελετήσει κατά την οποία έστω οριακά η ποσοστιαία μεταβολή του βέλτιστου σημείου παραγγελίας είναι μεγαλύτερη από την μεταβολή του αναμενόμενου κέρδους.

Κεφάλαιο 3

3.1 Μοντέλο με περισσότερους του ενός προμηθευτή

Στο παρόν μοντέλο εξετάζουμε την συμπεριφορά του βέλτιστου σημείου παραγγελίας σε συνάρτηση με τον αριθμό προμηθευτών που πλέον δεν περιορίζονται σε έναν αλλά είναι περισσότεροι. Μας ενδιαφέρει η μελέτη του συγκεκριμένου μοντέλου ώστε να εξαχθούν συμπεράσματα κατά πόσο έχει σημασία και μέχρι ποιο σημείο αξίζει μια επιχείρηση να αυξάνει τον αριθμό προμηθευτών της για το ίδιο μάλιστα προϊόν. Με την αύξηση αριθμού προμηθευτών σίγουρα γίνεται μια διασπορά του ρίσκου να υπάρξει πρόβλημα με μια ποσότητα που έχει παραγγελθεί. Έτσι ενώ μια έναν προμηθευτή μια αστοχία μπορεί να οδηγήσει σε αδυναμία παράδοσης του μεγαλύτερου ή και ολόκληρου του ποσοστού παραγγελίας όταν η ίδια παραγγελία έχει διαμοιραστεί σε περισσότερους προμηθευτές τότε ακόμη κι αν υπάρξει πρόβλημα με κάποιον αυτός θα έχει μόνο ένα ποσοστό της συνολικής παραγγελίας. Η δε πιθανότητα να υπάρξει πρόβλημα ταυτόχρονα με όλους προμηθευτές στην πράξη μηδενίζεται.

Ένα ακόμα σημείο μελέτης αποτελεί και το κατά πόσο έχει νόημα η αύξηση του αριθμού πάνω από ένα σημείου. Ναι μεν περισσότεροι προμηθευτές μειώνουν το ρίσκο μιας επιχείρησης ωστόσο δεν υπάρχει όφελος αέναα από την αύξηση τους. Θα μπορούσε κάποιος να υποθέσει πως υπάρχει συνήθως ένας αριθμός προμηθευτών πάνω από τον οποίο η όποια αύξηση του αναμενόμενου κέρδους αρχίζει να παρουσιάζει μηδενική αύξηση καθιστώντας μη αναγκαία την περαιτέρω διεύρυνση του δικτύου προμηθευτών μιας επιχείρησης.

Στο συγκεκριμένο μοντέλο η εξίσωση της συνάρτησης του κέρδους είναι:

$$\Pi(Q)= -c0*Q+(p+r+cD)*E(S)-(p+r-h)*E[(S-D)^{+}]-p*E(D)$$ [12]

Ενώ για την παραδιδόμενη ποσότητα ισχύει $S= (Q/N)* \sum U_i$ με i από 1 έως N.

Χρησιμοποιώντας τιμές για τις παραμέτρους μας τις τιμές του βασικού μας παραδείγματος από το πρώτο μοντέλο θα εξετάσουμε την διακύμανση του αναμενόμενου κέρδους και της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας κάτω από την ύπαρξη πολλών προμηθευτών. Συγκεκριμένα θα μελετηθεί η περιοχή που περιλαμβάνει από 2 έως 8 προμηθευτές.

Οι τιμές των παραμέτρων που θα χρησιμοποιηθούν:

Τιμή πώλησης r: 10

Τιμή πώλησης ανά επιστρεφόμενη μονάδα h: 3

Κόστος ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας cD: 3.5

Κόστος ανά μονάδα παραγγελίας c0: 0.2

Κόστος ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης p: 2

3.2 Επίδραση πολλών προμηθευτών στο αναμενόμενο κέρδος

Μετά από την εκτέλεση του δεύτερου κώδικα που αφορά στο μοντέλο με την ύπαρξη περισσοτέρων του ενός προμηθευτών είχαμε τα ακόλουθα αποτελέσματα για το αναμενόμενο κέρδος Pi που παρουσιάζονται με την μορφή πίνακα παρακάτω.

N	**Pi**
2	1569,6
3	1631,5
4	1664,1
5	1683,7
6	1697,5
7	1707,5
8	1714,9

Πίνακας 3.1 Αποτελέσματα Pi για N από 2 έως 8

Στην πρώτη στήλη με N συμβολίζουμε τον αριθμό προμηθευτών ενώ στην δεύτερη στήλη το αναμενόμενο κέρδος.

Η ύπαρξη δύο προμηθευτών μας επιστρέφει ως αποτέλεσμα αναμενόμενου κέρδους την τιμή 1569,6. Η αύξηση των προμηθευτών κατά ενός ανεβάζει το αναμενόμενο κέρδος στις 1631,5 μονάδες αυξημένο κατά 3,9%. Στη συνέχεια σε περίπτωση ύπαρξης τεσσάρων προμηθευτών το αναμενόμενο κέρδος παρουσιάζει εκ νέου αύξηση στις 1664,1 μονάδες αυξημένο κατά 2% από την περίπτωση ύπαρξης τριών προμηθευτών.

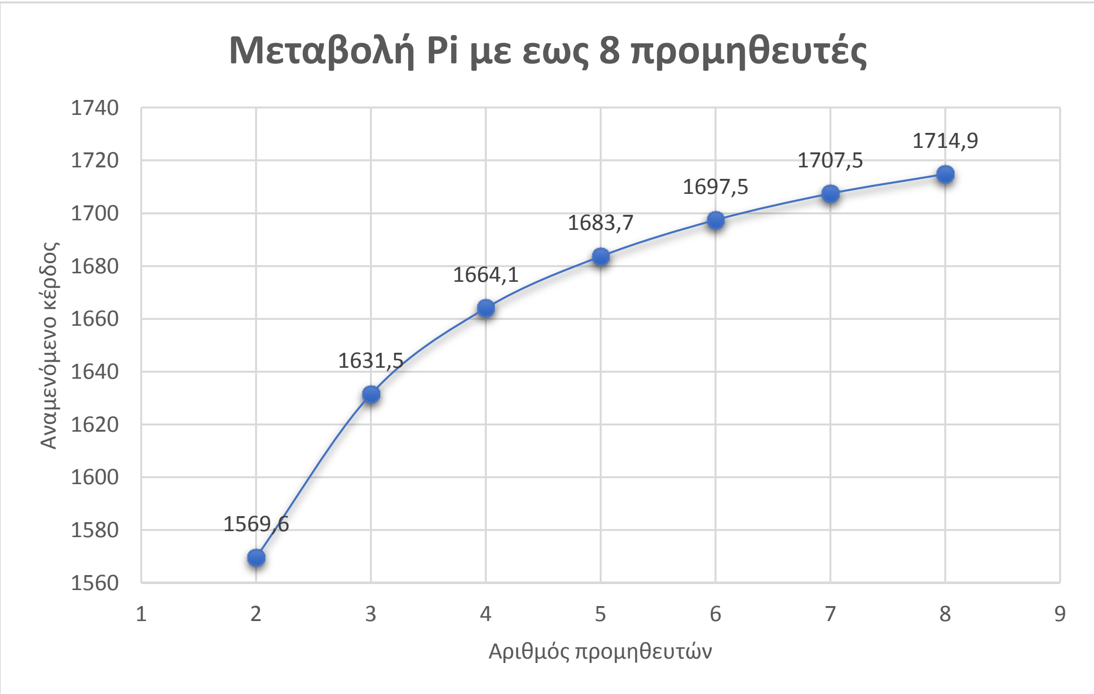
Είναι φανερό ότι υπάρχει μια σταθερή αύξηση του αναμενόμενου κέρδους όσο ο αριθμός προμηθευτών αυξάνεται. Συνεχίζοντας με πέντε προμηθευτές το αναμενόμενο κέρδος λαμβάνει την τιμή 1683,7 έχοντας αυξηθεί κατά 1,2% από την αμέσως προηγούμενη μέτρηση που είχε την ύπαρξη τεσσάρων προμηθευτών. Όταν ο αριθμός των προμηθευτών γίνεται έξι το αναμενόμενο κέρδος φτάνει την τιμή 1697,5 όντας αυξημένο κατά 0,8%. Στην περίπτωση ύπαρξης επτά προμηθευτών το αναμενόμενο κέρδος γίνεται 1707,5 έχοντας αυξηθεί κατά 0,6%. Τέλος κατά την ύπαρξη οκτώ προμηθευτών το αναμενόμενο κέρδος είναι 1714,9 έχοντας δει μια αύξηση μόλις 0,4%.

Τα ποσοστά αύξησης του αναμενόμενου κέρδους κατά την αύξηση των προμηθευτών παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

N	Ποσοστιαία αύξηση
2	
3	3,9%
4	2%
5	1,2%
6	0,8%
7	0,6%
8	0,4%

Πίνακας 3.2. Ποσοστιαία αύξηση Pi για Ν από 2 έως 8

Τα αποτελέσματα για το αναμενόμενο κέρδος που αντλήθηκαν από τις εκτελέσεις του κώδικα στο πρόγραμμα MATLAB απεικονίζονται με την μορφή γραφικής παράστασης στο παρακάτω γράφημα.



Διάγραμμα 3.1. Μεταβολή Pi με την ύπαρξη 8 προμηθευτών

3.3 Παρατηρήσεις για το αναμενόμενο κέρδος κατά την ύπαρξη πολλών προμηθευτών

Από τους πίνακες, τα γραφήματα και τα αποτελέσματα μπορούμε να φτάσουμε σε κάποια συμπεράσματα όσον αφορά την συμπεριφορά του αναμενόμενου κέρδους κατά την αύξηση του αριθμού των προμηθευτών. Βλέπουμε πως η μεγαλύτερη αύξηση του αναμενόμενου κέρδους είναι κατά την αύξηση των προμηθευτών από δύο σε τρεις. Σχεδόν η διπλάσια αύξηση απ’ ότι όταν αυξάνουμε τους προμηθευτές σε τέσσερεις από τρεις. Από εκεί και πέρα η αύξηση των προμηθευτών πάνω από τον αριθμό των πέντε οδηγεί σε αυξήσεις του αναμενόμενου κέρδους μικρότερες του 1%.

Η τάση που γίνεται εύκολα αντιληπτή και από την μελέτη της καμπύλης του διαγράμματος μας δείχνει πώς η αύξηση του αναμενόμενου κέρδους όσο ο αριθμός των προμηθευτών αυξάνεται αρχίζει να είναι όλο και λιγότερο εντυπωσιακή.

Η αύξηση σχεδόν κατά 4% στα κέρδη όταν οι προμηθευτές γίνονται τρεις αντί για δύο σίγουρα μπορεί να αποτελέσει δέλεαρ για μια επιχείρηση. Ωστόσο βλέποντας κανείς την αύξηση κατά μόλις 0,4% όταν οι προμηθευτές γίνονται οκτώ αντί για επτά συμπεραίνει πολύ δύσκολα μια επιχείρηση θα ενδιαφερόταν να μπει στην διαδικασία εύρεσης νέου προμηθευτή για μια τόσο μικρή αύξηση κερδών.

Παρότι δεν μελετήθηκε η ύπαρξη περισσοτέρων των οκτώ προμηθευτών είναι φανερό από το διάγραμμα ότι ακολουθώντας την τάση που έχει δημιουργηθεί ήδη μέχρι του αριθμού των οκτώ προμηθευτών ο ρυθμός αύξησης των κερδών θα μειωνόταν συνεχώς όσο οι προμηθευτές αυξάνονται. Μπορούμε να συμπεράνουμε ότι από κάποιο σημείο και μετά ο ρυθμός αύξησης του αναμενόμενου κέρδους θα είχε σχεδόν μηδενιστεί.

3.4 Επίδραση πολλών προμηθευτών στη βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας

Μετά από την εκτέλεση του δεύτερου κώδικα που αφορά στο μοντέλο με την ύπαρξη περισσοτέρων του ενός προμηθευτών είχαμε τα ακόλουθα αποτελέσματα για την βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας Q* που παρουσιάζονται με την μορφή πίνακα παρακάτω.

N	**Q***
2	890,78
3	869,02
4	859,05
5	853,06
6	848,98
7	846,58
8	844,09

Πίνακας 3.3 Αποτελέσματα Q για N από 2 έως 8*

Στην πρώτη στήλη με N παρουσιάζεται ο αριθμός των προμηθευτών και στην δεύτερη Q* βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας.

Κατά την ύπαρξη δυο προμηθευτών η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας έχει την τιμή 890,78. Όταν πλέον αυξάνουμε τους προμηθευτές σε τρεις η νέα τιμή της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας γίνεται 869,02. Έχει δηλαδή μειωθεί κατά 2,4%. Με την αύξηση των προμηθευτών σε τέσσερεις η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας γίνεται 859,05 έχοντας γνωρίσει μείωση κατά 1,1% από την προηγούμενη μέτρηση κατά την ύπαρξη τριών προμηθευτών.

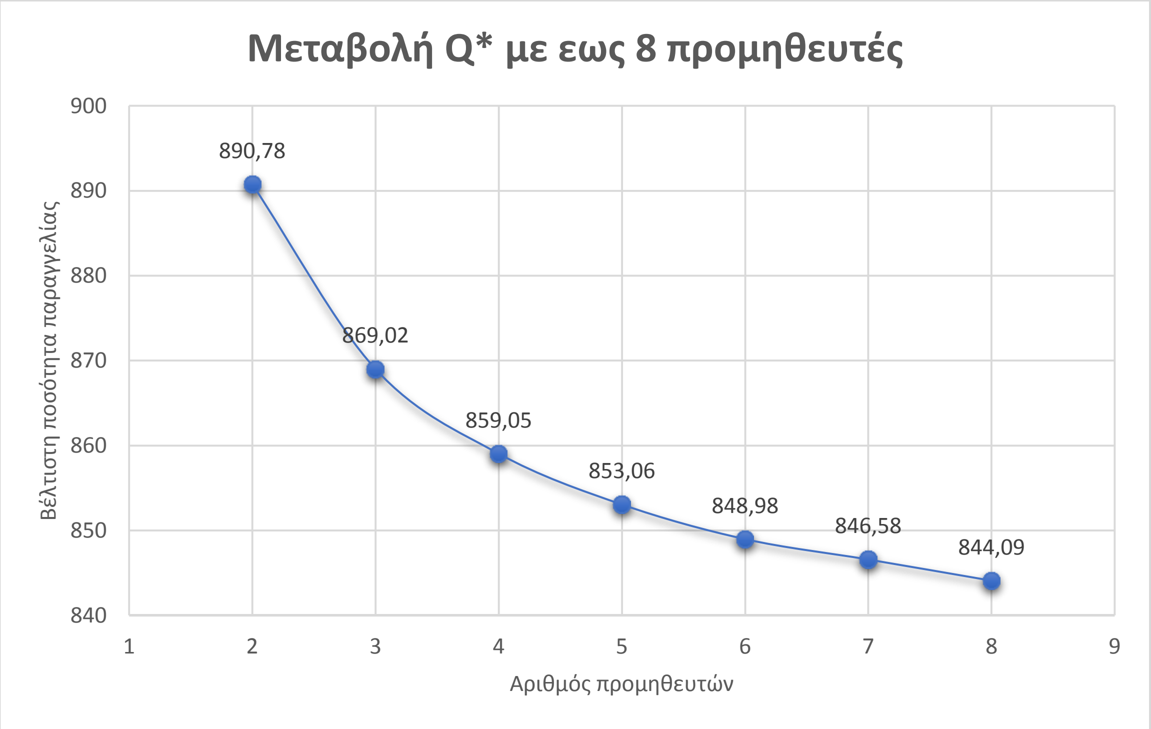
Συνεχίζοντας με την ίδια διαδικασία και κατά την αύξηση των προμηθευτών σε πέντε η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας έχει πλέον την τιμή 853,06 έχοντας μειωθεί κατά 0,7%. Στην συνέχεια με τους προμηθευτές να γίνονται έξι και την βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας να γίνεται 848,98 η μείωση είναι της τάξης του 0,5%. Με τον αριθμό των προμηθευτών να αυξάνεται στους επτά η τιμή της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας είναι 846,58 και η μείωση της είναι κατά 0,3%. Τέλος καθώς ο αριθμός των προμηθευτών λαμβάνει την μέγιστη τιμή για το παράδειγμα μας δηλαδή γίνεται οκτώ η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας γίνεται 844,09 και έχει παρουσιάσει μείωση κατά 0,3% σε σχέση με την προηγούμενη κατά την ύπαρξη επτά προμηθευτών.

Τα ποσοστά μείωσης της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας κατά την αύξηση των προμηθευτών παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

N	Ποσοστιαία μείωση
2	
3	2,4%
4	1,1%
5	0,7%
6	0,5%
7	0,3%
8	0,3%

Πίνακας 3.4 Ποσοστιαία μείωση Q για N από 2 έως 8*

Τα αποτελέσματα για την βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας που αντλήθηκαν από τις εκτελέσεις του κώδικα στο πρόγραμμα MATLAB απεικονίζονται με την μορφή γραφικής παράστασης στο παρακάτω γράφημα.



Διάγραμμα 3.2. Μεταβολή Q με την ύπαρξη 8 προμηθευτών*

Επιπλέον κατά την εκτέλεση του κώδικα στο πρόγραμμα του MATLAB και για την εύρεση της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας για κάθε περίπτωση (με 2 προμηθευτές, με 3 προμηθευτές κτλ.) δημιουργήθηκε και το διάγραμμα που θα παρουσιάσουμε παρακάτω και το οποίο είναι αρκετά κατατοπιστικό και για την εμπέδωση των στοιχείων που βρήκαμε και μέσω των πινάκων και των αριθμητικών αποτελεσμάτων.

Στο παρακάτω διάγραμμα κάθε ένα από τα 8 χρώματα αντιστοιχεί σε συγκεκριμένο αριθμό προμηθευτών. Αναλυτικότερα:

Μπλε-2 προμηθευτές

Πράσινο-3 προμηθευτές

Κόκκινο-4 προμηθευτές

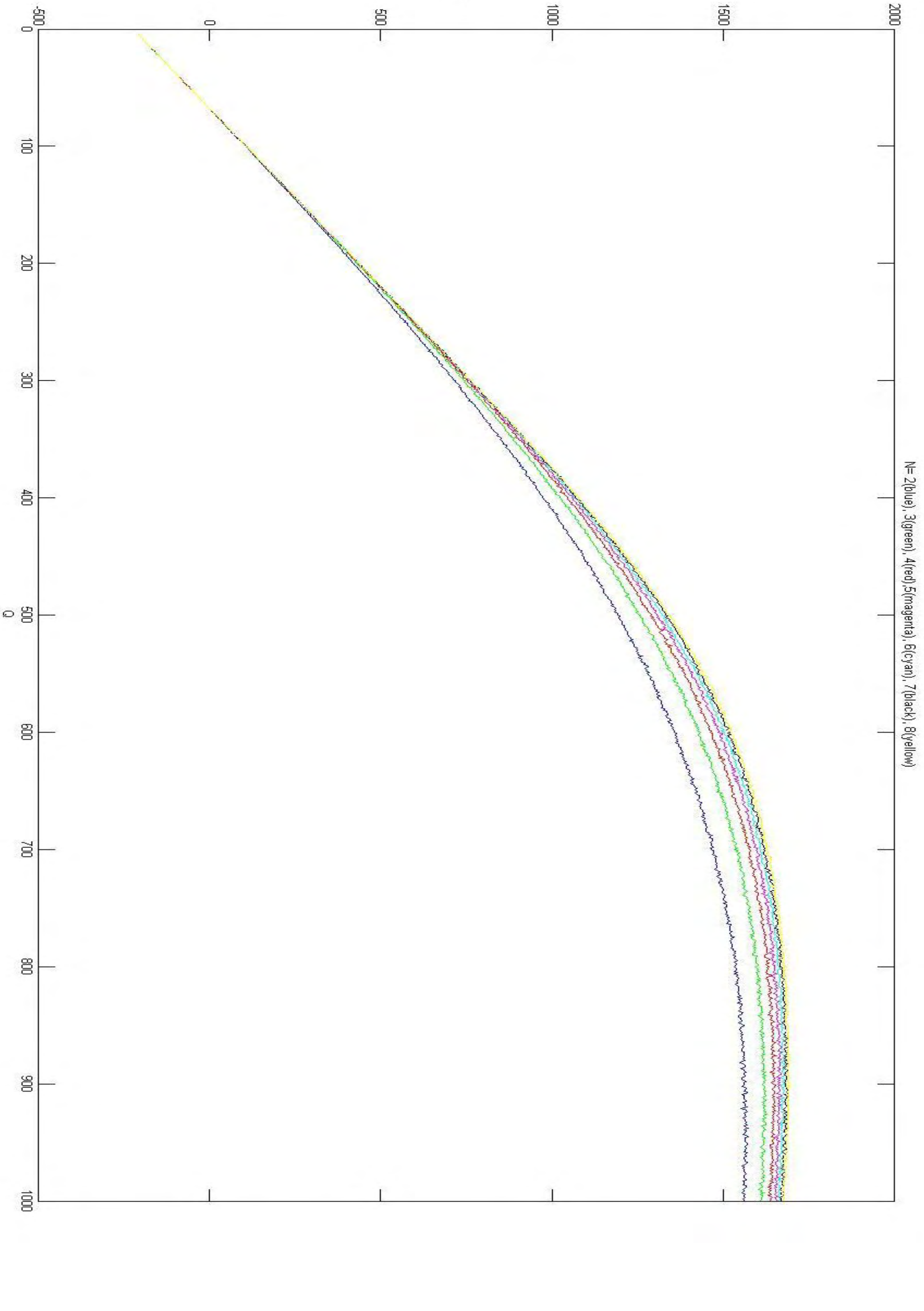
Μωβ-5 προμηθευτές

Γαλάζιο-6 προμηθευτές

Μαύρο-7 προμηθευτές

Κίτρινο-8 προμηθευτές

Όπως μπορεί κανείς να παρατηρήσει, αλλά και θα σχολιάσουμε αναλυτικότερα στην συνέχεια και στο τμήμα των συμπερασμάτων, αρχικώς οι γραμμές συμπίπτουν και είναι αδύνατο να φανούν όλες με το ανθρώπινο μάτι καθώς οι τιμές τους είναι πάρα πολύ κοντά. Ο διαχωρισμός τους λαμβάνει ουσιαστικά χώρα για Q>400 και όταν το Q φτάνει πάνω από 500 τότε μπορούμε να πούμε ότι γίνονται ορατές οι γραμμές στο σύνολο τους.



*Διάγραμμα 3.3. Ύπαρξη 8 προμηθευτών και μεταβολή του Q**

3.5 Παρατηρήσεις για τη βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας κατά την ύπαρξη πολλών προμηθευτών

Μελετώντας τους πίνακες και τα γραφήματα καταλήγουμε σε συμπεράσματα για την διακύμανση και την συμπεριφορά της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας. Καθώς οι προμηθευτές αυξάνονται η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας μειώνεται καθότι είναι φανερό πως μεγαλύτερος αριθμός προμηθευτών οδηγεί σε μεγαλύτερη πιθανότητα να παραδοθεί ολόκληρη ή μεγάλο τμήμα της ποσότητας που έχει αρχικώς παραγγελθεί.

Η καμπύλη μας δείχνει και εδώ όπως και στην περίπτωση του αναμενόμενου κέρδους της τάση. Είναι ξεκάθαρο πως **ο ρυθμός μείωσης βαίνει όλο και μειούμενος καθώς οι προμηθευτές αυξάνονται**.

Κι ενώ κατά την αύξηση από δυο σε τρεις προμηθευτές έχουμε μια μείωση κατά 2,4% της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας στη συνέχεια η μείωση πέφτει στο 1,1% για να γίνει από τους πέντε προμηθευτές και μετά μικρότερη του 1%. Ακριβώς όπως και στην περίπτωση του αναμενόμενου κέρδους γίνεται κατανοητό πως όσο προχωράμε στην αύξηση των προμηθευτών οι επιπτώσεις γίνονται όλο και πιο αμυδρά αισθητές.

Μπορούμε να εκτιμήσουμε πώς και μετά τους οκτώ προμηθευτές, που αποτελούν το όριο μέχρι το οποίο μελετήσαμε, η τάση που διαφαίνεται στο διάγραμμα θα συνεχιστεί και η καμπύλη θα αρχίσει να μοιάζει περισσότερο με ευθεία γραμμή. Είναι αναμενόμενο μετά από λίγο και καθώς συνεχίζουμε να αυξάνουμε τον αριθμό των προμηθευτών, η μείωση στη βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας να είναι πλέον περίπου μηδενική.

Κεφάλαιο 4

4.1 Συμπεράσματα

Ως σκοπός της παρούσας εργασίας είχε τεθεί εξ αρχής η δημιουργία κώδικα στο πρόγραμμα MATLAB μέσω του οποίου θα απλοποιούνταν η διαδικασία της μελέτης της συμπεριφοράς των συναρτήσεων του αναμενόμενου κέρδους και της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας και θα μπορούσε να βρίσκεται με σχετική ευκολία η τιμή αυτών για πλήθος περιπτώσεων.

Ο κώδικας κατασκευάστηκε για 2 χαρακτηριστικά μοντέλα για το πρώτο μοντέλο που αφορά την περίπτωση κατά την οποία έχουμε ως δεδομένο την ύπαρξη ενός προμηθευτή και για το δεύτερο μοντέλο το οποίο καλύπτει την περίπτωση ύπαρξης πολλών προμηθευτών. Συγκεκριμένα στην συγκεκριμένη διπλωματική εργασία εξετάσαμε μέχρι τον αριθμό των 8 προμηθευτών.

Έχοντας τους κώδικες για τα μοντέλο που θέλαμε να εξετάσουμε προχωρήσαμε σε μελέτη της συμπεριφοράς της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας αλλά και του αναμενόμενου κέρδους αλλάζοντας κάθε φορά τιμές παραμέτρων. Συγκεκριμένα και όσον αφορά το πρώτο μοντέλο εκτελέσαμε τον κώδικα μεταβάλλοντας 5 παραμέτρους και αντλώντας κάθε φορά τιμές για το αναμενόμενο κέρδος και την βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας.

Από τις 5 παραμέτρους παρατηρήσαμε πως επιδρούν οι 3 ως κόστη και οι 2 ως έσοδα. Αναλυτικότερα στην κατηγορία των εξόδων εμπίπτουν οι παράμετροι του κόστους ανά μονάδα παραγγελίας, του κόστους ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας και του κόστους ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης. Αντίθετα στα έσοδα εντάσσονται οι παράμετροι της τιμής πώλησης και της τιμής πώλησης ανά επιστρεφόμενη μονάδα.

Συμπερασματικά, μετά από μελέτη των αποτελεσμάτων μπορούμε να πούμε πως στην περίπτωση 2 παραμέτρων κατά την μεταβολή τους η μεταβολή του αναμενόμενου κέρδους κινείται σε ποσοστό κοντά στο διπλάσιο από την μεταβολή της τιμής της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας. Πρόκειται για τις παραμέτρους του κόστους ανά μονάδα παραγγελίας και του κόστους ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας. Πρόκειται για τις 2 παραμέτρους που σε συνδυασμό αποτελούν το σύνολο του κόστους με την κλασσική έννοια. Θα μπορούσαν ενδεχομένως και αναλόγως την φύση της επιχειρηματικής δραστηριότητας και των προϊόντων να θεωρηθούν και ως μια παράμετρος.

Στην περίπτωση της παραμέτρου της τιμής πώλησης ανά επιστρεφόμενη μονάδα η ποσοστιαία μεταβολή του αναμενόμενου κέρδους βρίσκεται στα ίδια περίπου επίπεδα με την ποσοστιαία μεταβολή της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας. Σε κάποιες δε περιπτώσεις οριακά παρατηρείται ακόμη και μεγαλύτερη μεταβολή της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας σε σχέση με το αναμενόμενο κέρδος. Η επίδραση αυτής της παραμέτρου, της τιμής πώλησης ανά επιστρεφόμενη μονάδα, θα μπορούσε να χαρακτηρισθεί και ως «κρυφή». Δεν είναι τόσο εύκολα αντιληπτή όπως άλλες παράμετροι ενώ κάποιες φορές ο υπολογισμός της δεν είναι εύκολος.

Διαφορετική συμπεριφορά παρουσιάζει η παράμετρος του κόστους ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης. Στην περίπτωση της καθώς η παράμετρος αυξάνεται το αναμενόμενο κέρδος μειώνεται με σχετικά μικρό ρυθμό. Ωστόσο η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας παρουσιάζει αλματώδη αύξηση παράλληλα με την αύξηση της παραμέτρου.

Ξεχωριστή κατηγορία αποτελεί η παράμετρος της τιμής πώλησης. Κατά την μελέτη της μεταβολής της παρατηρήθηκε πως ο ρυθμός μεταβολής του αναμενόμενου κέρδους είναι κατά πολύ μεγαλύτερος εκείνου της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας. Αυτό δεν πρέπει να αποτελεί έκπληξη καθώς πρόκειται για την παράμετρο με την μεγαλύτερη ποσοτικά τιμή. Κάτι που εξάλλου είναι απολύτως λογικό καθώς από την τιμή πώλησης αναμένεται να καλυφθούν όλα τα κόστη μιας επιχειρηματικής δραστηριότητας αλλά ταυτοχρόνως και να προκύψει το όποιο κέρδος.

Σε μια επιχειρηματική δραστηριότητα, όπως πιθανότατα θα διερωτηθεί κάποιος, είναι αναμενόμενο να υπάρχουν και άλλοι παράμετροι. Για παράδειγμα φόροι, άμεσοι και έμμεσοι, μεταβαλλόμενη αξία του «brand name» μιας επιχείρησης ανάλογα με την πορεία της, πιθανή μεταβολή της αξίας των μετοχών μιας επιχείρησης εισηγμένης στο χρηματιστήριο. Κάποιες από αυτές τις παραμέτρους που κυρίως αφορούν τους φόρους θα μπορούσαν να θεωρηθούν ως κομμάτι για παράδειγμα της τιμής πώλησης. Άλλες όπως αυτές που σχετίζονται με την χρηματιστηριακή αξία δεν είναι δυνατό να αναλυθούν με τις υφιστάμενες εξισώσεις οι οποίες αποτέλεσαν αντικείμενο μελέτης της παρούσας εργασίας.

Επιπλέον καθ’ όλη την διαδικασία της εκτέλεσης επαναλήψεων του κώδικα, με σκοπό την άντληση αποτελεσμάτων, το ποσοστό ακρίβειας που μας επιστράφηκε ως αποτέλεσμα βρισκόταν πάντα σε ποσοστά άνω του 99%. Η ακρίβεια αυτή αναφέρεται στον βαθμό που η διαδικασία του «fitting», η οποία χρησιμοποιήθηκε στον κώδικα, ήταν ακριβής.

Συνοψίζοντας μπορούμε να παρατηρήσουμε πως η διαδικασία της εύρεσης του βέλτιστου σημείου παραγγελίας δεν είναι κάτι εύκολο ή απλό. Η επίλυση των εξισώσεων που την διέπουν με αναλυτικό τρόπο είναι μια χρονοβόρα διαδικασία και κάποιες φορές μπορεί ακόμη και να μην είναι δυνατή. Για τον λόγο αυτό παρουσιάζει μεγάλη σημασία η δυνατότητα προγραμματισμού και η δημιουργία κώδικα σε κάποια γλώσσα, εν προκειμένω MATLAB, έτσι ώστε να καταστεί δυνατή η επεξεργασία αποτελεσμάτων και η διενέργεια συγκρίσεων με τρόπο αρκετά απλοποιημένο.

Από την ανάλυση όλων των αποτελεσμάτων γίνεται κατανοητό πως οι παράμετροι και η μεταβολή τους μπορούν να μεταβάλλουν με την σειρά τους από λίγο έως πολύ την βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας. Επιπλέον ακόμη πιο σημαντική είναι η επίδραση τους στο αναμενόμενο κέρδος. Σε μια οποιαδήποτε επιχειρηματική δραστηριότητα λοιπόν, που απαιτεί την προμήθεια πρώτων υλών ή προϊόντων, κρίνεται απαραίτητη η μελέτη των τιμών των διαφόρων παραμέτρων.

Όπως είναι λογικό στην πραγματικότητα είναι από δύσκολο έως αδύνατο να προβλεφθεί η ακριβής ζήτηση που θα υπάρξει για ένα προϊόν. Αυτός είναι ένας ακόμη λόγος που καθίσταντο αναγκαία η ανάλυση που δέχεται ως δεδομένο την αβεβαιότητα ζήτησης. Ακόμη πέραν της ζήτησης, στην πράξη υπάρχει αρκετές φορές και αβεβαιότητα στην παράδοση των προϊόντων. Λόγω διαφόρων παραγόντων αρκετές φορές δεν παραδίδεται ολόκληρη η ποσότητα που έχει παραγγελθεί. Αυτό αποτελεί ένα ακόμη γεγονός που συντελεί στο να χαρακτηρισθεί κρίσιμη μια ανάλυση και μελέτη όπως αυτή της παρούσης εργασίας.

Μια τέτοια μελέτη μπορεί να αποτελέσει χρήσιμο εργαλείο σε μια επιχείρηση αφενός για την αποφυγή δυσάρεστων καταστάσεων δηλαδή αποφυγή τυχόν οικονομικής καταστροφής σε πρώτο βαθμό και στη συνέχεια ως ένα μέσο για την προσπάθεια οικονομικής της άνθισης και μεγιστοποίησης των κερδών. Για τον σκοπό αυτό πρέπει φυσικά η εισαγωγή των αρχικών δεδομένων αλλά και η επιλογή των τιμών των παραμέτρων που άπτονται της επιλογής της επιχείρησης να γίνει με τρόπο σωστό και προσεκτικά. Λανθασμένες τιμές θα θέσουν εξ αρχής μη ακριβή τα αποτελέσματα που θα λαμβάνουμε από τον κώδικα καθιστώντας τον έτσι όχι μόνο άχρηστο αλλά και επιβλαβή.

4.2 **Προτάσεις για μελλοντική μελέτη**

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας δημιουργήθηκαν κώδικες στο πρόγραμμα MATLAB με σκοπό τον υπολογισμό της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας και του αναμενόμενου κέρδους, σε μια οποιαδήποτε επιχειρηματική δραστηριότητα. Πάνω σε αυτό έγινε μελέτη σχετικά με τον τρόπο που επηρεάζει η μεταβολή κάθε μιας από τις πέντε βασικές παραμέτρους. Επιπλέον τέθηκε ένα όριο στη μέγιστη ποσότητα ζήτησης που φτάνει τον αριθμό 1000, ενώ επιλέχθηκε η ομοιόμορφη κατανομή για την προσέγγιση της ζήτησης.

Είναι φανερό ωστόσο πως το συγκεκριμένο πεδίο είναι ευρύτατο και αφήνει περιθώρια για περαιτέρω μελέτη βάση τμημάτων, υποθέσεων, περιπτώσεων που δεν καλύφθηκαν στην παρούσα εργασία. Αρχικά σε μια μικρού μεγέθους επιχείρηση, που βρίσκεται ήδη σε λειτουργία, θα μπορούσαν να συλλεχθούν στοιχεία σχετικά με την ζήτηση ανά μέρα, μήνα ή έτος από τα οποία στοιχεία να εξαχθούν συμπεράσματα. Αντί της προσέγγισης δηλαδή με κάποια κατανομή να έχουμε πλέον πραγματικά στοιχεία έτσι ώστε η μελέτη μας να είναι ακόμη πιο ακριβής.

Επιπλέον πέρα από τις 5 βασικές παραμέτρους, που εξετάζουμε και σε αυτή την εργασία, μπορεί να γίνει εισαγωγή και άλλων που δεν περιγράφονται μεν στο μαθηματικό μοντέλο είναι ωστόσο φανερό πως υπάρχουν. Για παράδειγμα φόροι, ενδεχόμενη φθορά προϊόντων, κόστη εγγύησης προϊόντων, πιθανές επιστροφές προϊόντων από πελάτες, κόστη από απεργίες, κόστη διαφήμισης αλλά και κέρδη λόγω διαφήμισης.

Ακόμη αν δεν επιλεγεί, η όπως είπαμε παραπάνω, συλλογή πραγματικών στοιχείων για την ζήτηση, είτε γιατί αυτό δεν είναι δυνατό, είτε γιατί η επιχείρηση είναι καινούργια, τότε μπορεί η ζήτηση να προσεγγιστεί με διαφορετικές κατανομές. Παρότι στα πλαίσια της συγκεκριμένης εργασίας έχει επιλεγεί η ομοιόμορφη κατανομή, μια μελλοντική μελέτη θα μπορούσε να κάνει συγκρίσεις και μεταξύ των αποτελεσμάτων διαφορετικών κατανομών.

Παράρτημα

Κώδικας μοντέλου 1

```
clear all;close all
%τιμές παραμέτρων h<cD<r
c0=0.2; cD=7; r=10; h=3; p=2;
mQ=input('megisti timi timwn tou Q=');
maxQ=input('megisti prosferomeni posotita < Q:');
%maxQ είναι η μέγιστη ζήτηση
Q=0:1:mQ; % Q-vector
n=length(Q); %υπολογισμός μεγέθους του Q
for i=1:n,
   i
 y(i)=funQ2(Q(i),c0, cD, r, h, p,maxQ); %υπολογισμός συνάρτησης σε σχέση με Q
end
y=y'; %κάνουμε τη γραμμή στήλη
%
% μέθοδος ελαχίστων τετραγώνων
% της μορφής y = X * b
% quadratic fit δευτέρου βαθμού
f=menu('fit','2ou bathmou','3ou bathmou');
X=[Q' (Q.*Q)']; %X=[1 Q Q^2] αρχικός πίνακας
```

```
if f==2, % fit 3ου βαθμού
   X=[X ((Q.*Q).*Q)'] %X=[1 Q Q^2 Q^3]
end
      b=inv(X'*X)*(X'*y); %  λύση μεθόδου ελαχίστων τετραγώνων
%
yest=X*b; % best fit, yest=τελική εκτίμηση
%σχεδιασμός συνάρτησης βάση και αρχικών και τελικών σημείων
plot(Q',y,'.',Q',yest,'r');xlabel('Q');ylabel('Pi, Pi fitted')
%απόστασης τελικής από αρχική συνάρτηση
resid = sum((y-yest).*(y-yest)); % residual errors
%
% στατιστική ανάλυση % SST= συνολική μεταβλητότητα
SST=sum((y-mean(y)).*(y-mean(y))); % total error
R2=1-resid/SST;% goodness of fit
disp('Goodness of fit is R2=');R2 %Συντελεστής προσδιορισμού
title(['Goodness of fit R2=' num2str(R2)]) %το R2 γίνεται χαρακτήρες
s2=resid/(n-3); %S=τυπικό σφάλμα παλινδρόμησης
varb=diag(inv(X'*X))*s2; %vard= διασπορά εκτιμητών b
seb=sqrt(varb); %τυπικό σφάλμα εκτιμητών
tstat=b./seb; %στατιστική σημαντικότητα
for j=1:length(b),
   if abs(tstat(j))>1.96, %1.96=κριτική τιμή σε επίπεδο σημαντικότητας 5%
      disp(['b(' int2str(j) ') is stat.sig']);
   end
end
%
disp('Coefficients of b')
b
if f==1, % fit 2ου βαθμού
      Qstar = fzero(@(q) b(1)+2*b(2)*q,0);
```

```
    Pistar = b(1)*Qstar+b(2)*Qstar^2
else
    Qstar = fzero(@(q) b(1)+2*b(2)*q+3*b(3)*q^2,0);
    Pistar = b(1)*Qstar+b(2)*Qstar^2+b(3)*Qstar^3
end
    disp('Q*='); Qstar
    hold on
plot(Qstar,Pistar,'*')
```

```
function Pi=funQ2(Q,c0,cD,r,h,p,maxQ)
%
%
k=10000; % monte carlo steps
D=unidrnd(maxQ,k,1);
S=unidrnd(floor(Q+1),k,1)-1;
X=min(D,S);
T=(S-D).*(S>=D);
A - cD*mean(S) + r*mean(X) + h*mean(T) - p*mean(T);
Pi =-c0*Q +A;
%
```

Κώδικας μοντέλου 2

```
clear all;close all
%τιμές παραμέτρων h<cD<r
c0=0.2; cD=3.5; r=10; h=3; p=2; Nmax=3;
mQ=input('megisti timi timwn tou Q=');
maxQ=input('megisti prosferomeni posotita < Q:');
%maxQ είναι η μέγιστη ζήτηση
col = 'bgrmcky';
for N=2:Nmax,
   disp(['------------ N=' int2str(N) ' ---------------'])
Q=0:1:mQ; % Q-vector
n=length(Q); %υπολογισμός μεγέθους του Q
for i=1:n,
 y(i)=funQ3(Q(i),c0, cD, r, h, p, N,maxQ); %υπολογισμός συνάρτησης σε σχεση με Q
end
if size(y,2)>1,
y=y'; %κάνουμε τη γραμμή στήλη
end
%
% μέθοδος ελαχίστων τετραγώνων
% της μορφής y = X * b
figure(N);plot(Q',y,[col(N-1) '.']);hold on;
figure(1);plot(Q',y,col(N-1));hold on;
% quadratic fit δευτέρου βαθμού
f=menu('fit','2ou bathmou','3ou bathmou');
```

```
X=[ones(n,1) Q' (Q.*Q)']; %X=[1 Q Q^2] αρχικος πινακας
if f==2, % fit 3ou bathmou
   X=[X ((Q.*Q).*Q)'] %X=[1 Q Q^2 Q^3]
end
      b=inv(X'*X)*(X'*y); %  λύση μεθόδου ελαχίστων τετραγώνων
%
yest=X*b; % best fit, yest=τελική εκτίμηση
%σχεδιασμός συνάρτησης βάση και αρχικών και τελικών σημείων
figure(N),plot(Q',y,'o',Q',yest);xlabel('Q');ylabel('Pi, Pi fitted');hold on
%απόστασης τελικής από αρχική συνάρτηση
resid = sum((y-yest).*(y-yest)); % residual errors
%
% στατιστική ανάλυση % SST= συνολική μεταβλητότητα
SST=sum((y-mean(y)).*(y-mean(y))); % total error
R2=1-resid/SST;% goodness of fit
disp('Goodness of fit is R2=');R2 %Συντελεστής προσδιορισμού
title(['Goodness of fit R2=' num2str(R2)]) %το R2 γίνεται χαρακτήρες
s2=resid/(n-3); %S=τυπικό σφάλμα παλινδρόμησης
varb=diag(inv(X'*X))*s2; %vard= διασπορά εκτιμητών b
seb=sqrt(varb); %τυπικό σφάλμα εκτιμητών
tstat=b./seb; %στατιστική σημαντικότητα
for j=1:length(b),
   if abs(tstat(j))>1.96, %1.96=κριτική τιμή σε επίπεδο σημαντικότητας 5%
      disp(['b(' int2str(j) ') is stat.sig']);
   end
end
%
disp('Coefficients of b')
b
if f==1, % fit 2ou bathmou
```

```
    Qstar = fzero(@(q) b(2)+2*b(3)*q,0);
    Pistar = b(1)+b(2)*Qstar+b(3)*Qstar^2
else
    Qstar = fzero(@(q) b(2)+2*b(3)*q+3*b(4)*q^2,0);
    Pistar = b(1)+b(2)*Qstar+b(3)*Qstar^2+b(4)*Qstar^3
end
    Qstar
    hold on
figure(N),plot(Qstar,Pistar,'*')
end
figure(1);xlabel('Q');ylabel('Pi');title('N= 2(blue), 3(green), 4(red),5(magenta), 6(cyan),
7(black), 8(yellow)')
```

```
function Pi=funQ3(Q,c0,cD,r,h,p,N,maxQ)
%
M=100000; %Monte Carlo βήματα
  U = unifrnd(0,1,N,M); %παράγει τυχαίες τιμές από 0 έως 1: πίνακας N,M
  D = unifrnd(0,Q,M,1); % demand από 0 έως 100 συνεχής
  S=maxQ*mean(U); S=S';
%
Ts = (S-D).*(S>=D); %Ts=(S-D)+
Pi =-c0*Q +(p+r-cD)*mean(S)-(p+r-h)*mean(Ts)-p*mean(D);
%
```

Βιβλιογραφία

[1] Choi, T.M., Handbook of Newsvendor Problems: Models, Extensions and Applications. 2012: Springer New York.

[2] Hunt, B.R., et al., A Guide to MATLAB: For Beginners and Experienced Users. 2006: Cambridge University Press.

[3] Martin Haugh, Overview of Monte Carlo Simulation, Probability Review and Introduction to Matlab. 2004: Columbia University.

[4] Chapman, S.J., MATLAB Programming for Engineers. 2002: Brooks/Cole-Thomson Learning.

[5] Attaway, S., MATLAB: A Practical Introduction to Programming and Problem Solving. 2012: Butterworth-Heinemann.

[6] Guo, S., L. Zhao, and X. Xu, Impact of supply risks on procurement decisions. Annals of Operations Research, 2016. 241(1): p. 411-430.

[7] Yang, S., J. Yang, and L. Abdel-Malek, Sourcing with random yields and stochastic demand: A newsvendor approach. Computers & Operations Research, 2007. 34(12): p. 3682-3690.

[8] Tomlin, B., Disruption-management strategies for short life-cycle products. Naval Research Logistics (NRL), 2009. 56(4): p. 318-347.

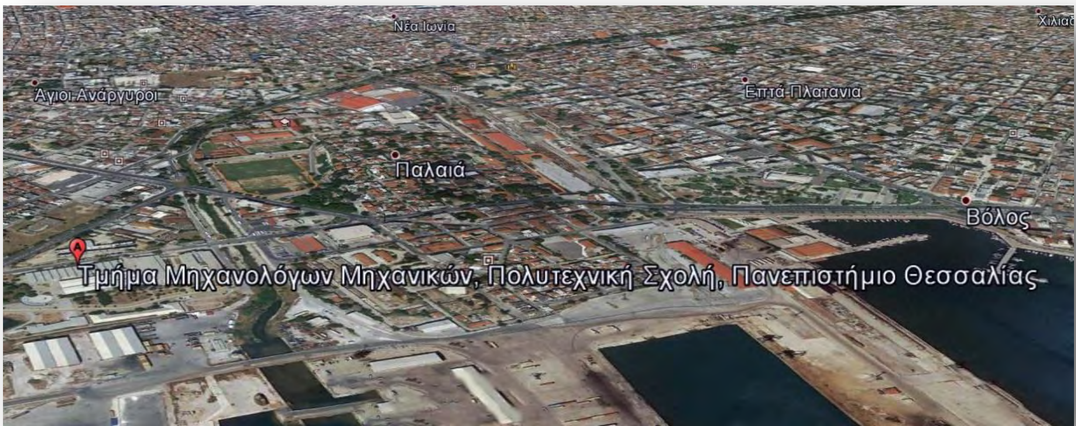
[9] Sayın, F., F. Karaesmen, and S. Özekici, Newsvendor model with random supply and financial hedging: Utility-based approach. International Journal of Production Economics, 2014. 154: p. 178-189.

[10] Miguel F. de Lascurain, Mathematical expression for the newsvendor profits, Second World Conference on POM and 15th Annual POM Conference, Cancun,Mexico, 2004

[11] Minghui Xu, Ye Lu, The effect of supply uncertainty in price-setting newsvendor models. European Journal of Operational Research, 2013. 227(3): p. 423-433.

[12] D. Pandelis, Optimal newsvendor optimal decisions in the presence of supply uncertainty, International Conference on Operations Research, Vienna, 2015


Chevden
Sekeri
Athinon
30
Santaroza
Athinon
Sekeri
Sekeri
Tompazi
Alamanas
© 2012 Microsoft Corporation Pictometry Bird's Eye © 2010 Pictometry


Νέα Ιωνία
Άγιοι Ανάργυροι
Επτά Πλατάνια
Παλαιά
Βόλος
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πολυτεχνική Σχολή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ