



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΕΦΟΔΙΑΣΜΟΥ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ

υπό

Ιωάννης Μπουγιούρης

Διπλωματική Εργασία

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

ΒΟΛΟΣ, 2022



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΕΦΟΔΙΑΣΜΟΥ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ

υπό

Ιωάννης Μπουγιούρης

Διπλωματική Εργασία

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

ΒΟΛΟΣ, 2022

© 2022 Ιωάννης Μπουγιούρης

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

Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

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

Δεύτερος Εξεταστής Δρ. Γεώργιος Κοζανίδης
 Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο
 Θεσσαλίας

Τρίτος Εξεταστής Δρ. Κωνσταντίνος Αμπουντώλας
 Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο
 Θεσσαλίας

Ευχαριστίες

Με την αποπεράτωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, η οποία πραγματοποιήθηκε στο τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών της πολυτεχνικής σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους συντελεστές που συνέβαλαν στην διεκπεραίωση της. Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου Δρ. Δημήτριο Παντελή, καθηγητή του τμήματος, για την ανάθεση του συγκεκριμένου θέματος, καθώς και την πολύτιμη και ουσιαστική καθοδήγησή του καθ' όλη την διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας. Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω και τα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής Δρ. Γεώργιο Κοζανίδη και Κωνσταντίνο Αμπουντώλα όπως και τους υπόλοιπους καθηγητές του τμήματος για τον αξιοσημείωτο αγώνα τους για την εκπαιδευτική μας κατάρτιση καθ' όλη την διάρκεια σπουδών μας. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια και τους φίλους μου, και πρωτίστως τους Αλέξανδρο Πασιούρα και Αθανάσιο Αποστόλου για την σημαντική βοήθεια τους και την στήριξή τους όλα αυτά τα χρόνια .

Περίληψη

Ένα αρκετά γνωστό πρόβλημα που εξετάζει η επιχειρησιακή έρευνα είναι το πρόβλημα του εφημεριδοπώλη (Newsvendor Problem). Το πρόβλημα αυτό, ουσιαστικά είναι ένα πρόβλημα εφοδιαστικής αλυσίδας, κατά το οποίο ένας πωλητής καλείται να παραγγείλει μια ποσότητα προϊόντος το οποίο διαθέτει πεπερασμένο χρόνο 'ζωής', στην οποία θα πρέπει να έχει πουληθεί, όπως για παράδειγμα μια εφημερίδα (εξού και το όνομα του προβλήματος). Διαφορετικά, η ποσότητα που δεν καταφέρει να πουληθεί στον χρόνο ζωής του προϊόντος, στην συνέχεια είτε θα πουληθεί είτε θα επιστραφεί στον προμηθευτή, σε μία τιμή με penalty, δηλαδή σε τιμή μικρότερη εκείνης της αγοράς του. Στόχος του πωλητή είναι να καταφέρει να επιλέξει να προμηθευτεί ποσότητα τέτοια, η οποία να του επιτρέψει να ικανοποιήσει την ζήτηση, χωρίς όμως να περισσέψει εμπόρευμα, το οποίο στην συνέχεια θα πουλήσει σε μειωμένη τιμή. Με την κατάλληλη μοντελοποίηση του προβλήματος αυτού, επιτυγχάνεται ο καλύτερος σχεδιασμός, και κατ' επέκταση η ορθότερη λήψη αποφάσεων σε επιλογή ποσοτήτων παραγγελιών. Η επίλυση των προβλημάτων αυτών οδηγεί στην βελτιστοποίηση αποφάσεων, με στόχο την επίτευξη μεγαλύτερου κέρδους, αναλόγως των κριτηρίων και των χαρακτηριστικών της περίπτωσης που εξετάζεται ενίοτε.

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η εξέταση επεκτάσεων του προβλήματος του εφημεριδοπώλη. Αρχικά εξετάζονται περιπτώσεις κατά τις οποίες ο προμηθευτής παρουσιάζει αναξιοπιστία, δηλαδή δεν δύναται να διαθέσει το σύνολο της ποσότητας που του ζητείται. Στην συνέχεια, γίνεται εξέταση διάφορων περιπτώσεων αποτίμησης κινδύνου κατά την προμήθεια και το πως αυτές επηρεάζουν τις αποφάσεις, αλλά και το κέρδος του πωλητή. Όλες οι προηγούμενες περιπτώσεις, εξετάζονται παράλληλα στις περιπτώσεις τόσο της ομοιόμορφης όσο και της κανονικής κατανομής της ζήτησης.

Abstract

One of the most well-known problems examined by Operations Research is the Newsvendor Problem. It is essentially a supply chain model in which a vendor is called to order some amount of a product with limited life cycle, e.g. a newspaper, such that the inventory of that product can be sold within that life cycle. Otherwise, the amount not sold on time will either be sold or returned to the supplier at a penalty price, i.e. a price lower than its purchase price. The vendor's aim is to order the optimal product quantity, such that it both satisfies the product's demand and there is no stock left after the selling period of that product. By appropriately modelling this problem, optimization of the order quantity is achieved. Thus, the profit is maximized based on the criteria and characteristics of each case.

This thesis aims to examine different versions of the Newsvendor problem. Firstly, the cases in which the supplier is unreliable, i.e. cannot satisfy the desired quantities, are analysed. Moreover, risk assessment of different cases during product supply, and how these affect the vendor's ordering decision and profits, will be presented. All cases investigated in this work are analysed both against uniform and normal demand distributions.

Περιεχόμενα

Κατάλογος Σχημάτων.....	9
Κατάλογος Πινάκων.....	11
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή.....	13
Κεφάλαιο 2: Θεωρία και βιβλιογραφική ανασκόπηση.....	15
2.1 Επιχειρησιακή Έρευνα.....	15
2.2 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση για το κλασικό πρόβλημα του εφημεριδοπώλη.....	17
2.3 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση για το κλασικό πρόβλημα του εφημεριδοπώλη σε αβέβαιο περιβάλλον.....	19
2.4 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση για τη χρήση κριτηρίων αποτίμησης κινδύνου στο πρόβλημα του εφημεριδοπώλη.....	22
Κεφάλαιο 3: Το πρόβλημα του εφημεριδοπώλη.....	26
3.1 Κλασικό πρόβλημα του Εφημεριδοπώλη.....	26
3.2 Πρόβλημα του εφημεριδοπώλη και η επίδραση της αβεβαιότητας στο μοντέλο.....	29
3.3 Το πρόβλημα του εφημεριδοπώλη με αποστροφή στον κίνδυνο (risk averse).....	32
3.3.1. Loss-Averse Preferences.....	32
3.3.2. Waste-Averse Preferences.....	33
3.3.3. Stockout-Averse Preferences.....	33
3.3.4. Προτίμηση προς την ελαχιστοποίηση της απογραφής των εκ των υστέρων σφαλμάτων.....	33
3.4 Το πρόβλημα του εφημεριδοπώλη με διάφορα κριτήρια.....	34
Κεφάλαιο 4: Αποτελέσματα μοντέλου.....	39
4.1 Πρόβλημα του εφημεριδοπώλη με αναξιόπιστο προμηθευτή – ομοιόμορφη κατανομή.....	39
4.2 Πρόβλημα του εφημεριδοπώλη με αναξιόπιστο προμηθευτή– Κανονική κατανομή.....	50
4.3 Πρόβλημα εφημεριδοπώλη με αναξιόπιστο προμηθευτή – Ομοιόμορφη κατανομή.....	61
4.4 Πρόβλημα εφημεριδοπώλη με αναξιόπιστο προμηθευτή – Κανονική κατανομή.....	78
4.5 Πρόβλημα εφημεριδοπώλη με διάφορα κριτήρια αποτίμησης κινδύνου.....	101
Κεφάλαιο 5: Συμπεράσματα.....	112
5.1 Σύγκριση γραφημάτων του προβλήματος του εφημεριδοπώλη με αναξιόπιστο προμηθευτή..	113
5.2 Σύγκριση γραφημάτων προβλήματος του εφημεριδοπώλη με διάφορα κριτήρια αποτίμησης κινδύνου.....	116
5.2.1 Συγκριτικός Πίνακας αποτελεσμάτων προβλήματος του εφημεριδοπώλη με διάφορα κριτήρια αποτίμησης κινδύνου.....	118
5.2.2 Συγκριτικό Γράφημα.....	118
Βιβλιογραφικές Αναφορές.....	119
Παράρτημα.....	122

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1.1: Γραφική απεικόνιση μιας εφοδιαστικής αλυσίδας	16
Σχήμα 3.1: Μεταβολή του αναμενόμενου κέρδους σε συνάρτηση με την ποσότητα παραγγελίας	27
Σχήμα 3.2: Επίδραση της σταθεράς λ στην συνάρτηση ωφελιμότητας όταν ο προμηθευτής έχει κέρδος	31
Σχήμα A1: Utility function προς την τιμή πώλησης προϊόντος (p)	40
Σχήμα A2: Optimal order προς την τιμή πώλησης προϊόντος (p)	41
Σχήμα A3: Utility function προς την τιμή κόστους προϊόντος (c)	42
Σχήμα A4: Optimal order προς την τιμή κόστους προϊόντος (c)	43
Σχήμα A5: Utility function προς την τιμή πώλησης με penalty προϊόντος (s)	44
Σχήμα A6: Optimal order προς την τιμή πώλησης με penalty προϊόντος (s)	45
Σχήμα A7: Utility function προς την μέση τιμή της ζήτησης του προϊόντος (μ)	46
Σχήμα A8: Optimal order προς την μέση τιμή της ζήτησης του προϊόντος (μ)	47
Σχήμα A9: Utility function προς την διασπορά της ζήτησης του προϊόντος (σ)	48
Σχήμα A10: Optimal order προς την διασπορά της ζήτησης του προϊόντος (σ)	49
Σχήμα B1: Utility function προς την τιμή πώλησης προϊόντος (p)	51
Σχήμα B2: Optimal order προς την τιμή πώλησης προϊόντος (p)	52
Σχήμα B3: Utility function προς την τιμή κόστους προϊόντος (c)	53
Σχήμα B4: Optimal order προς την τιμή κόστους προϊόντος (c)	54
Σχήμα B5: Utility function προς την τιμή πώλησης με penalty προϊόντος (s)	55
Σχήμα B6: Optimal order προς την τιμή πώλησης με penalty προϊόντος (s)	56
Σχήμα B7: Utility function προς την μέση τιμή της ζήτησης του προϊόντος (μ)	57
Σχήμα B8: Optimal order προς την μέση τιμή της ζήτησης του προϊόντος (μ)	58
Σχήμα B9: Utility function προς την διασπορά της ζήτησης του προϊόντος (σ)	59
Σχήμα B10: Optimal order προς την διασπορά της ζήτησης του προϊόντος (σ)	60
Σχήμα C1: Utility function προς την τιμή πώλησης προϊόντος (p)	62
Σχήμα C2: Optimal order προς την τιμή πώλησης προϊόντος (p)	63
Σχήμα C3: Utility function προς την τιμή κόστους προϊόντος (c)	64
Σχήμα C4: Optimal order προς την τιμή κόστους προϊόντος (c)	65
Σχήμα C5: Utility function προς την τιμή πώλησης με penalty προϊόντος (s)	66
Σχήμα C6: Optimal order προς την τιμή πώλησης με penalty προϊόντος (s)	67
Σχήμα C7: Utility function προς την σταθερά λάμδα (λ)	68
Σχήμα C8: Optimal order προς την σταθερά λάμδα (λ)	69
Σχήμα C9: Utility function προς την μέση τιμή της ζήτησης του προϊόντος (μ)	70
Σχήμα C10: Optimal order προς την μέση τιμή της ζήτησης του προϊόντος (μ)	71
Σχήμα C11: Utility function προς την διασπορά της ζήτησης του προϊόντος (σ)	72
Σχήμα C12: Optimal order προς την διασπορά της ζήτησης του προϊόντος (σ)	73
Σχήμα C13: Utility function προς την μέση τιμή της αναξιοπιστίας του προμηθευτή ($\mu\alpha$)	74

Σχήμα C14: Optimal order προς την μέση τιμή της αναξιοπιστίας του προμηθευτή (μ).....	75
Σχήμα C15: Utility function προς την διασπορά της αναξιοπιστίας του προμηθευτή (σ).....	76
Σχήμα C16: Optimal order προς την διασπορά της της αναξιοπιστίας του προμηθευτή (σ).....	77
Σχήμα D1: Utility function προς την τιμή πώλησης προϊόντος (p).....	79
Σχήμα D2: Optimal order προς την τιμή πώλησης προϊόντος (p).....	80
Σχήμα D3: Utility function προς την τιμή κόστους προϊόντος (c).....	81
Σχήμα D4: Optimal order προς την τιμή κόστους προϊόντος (c).....	82
Σχήμα D5: Utility function προς την τιμή πώλησης με penalty προϊόντος (s).....	83
Σχήμα D6: Optimal order προς την τιμή πώλησης με penalty προϊόντος (s).....	84
Σχήμα D7: Utility function προς την σταθερά λάμδα (λ).....	85
Σχήμα D8: Optimal order προς την σταθερά λάμδα (λ).....	86
Σχήμα D9: Utility function προς την σταθερά λάμδα (λ).....	87
Σχήμα D10: Optimal order προς την σταθερά λάμδα (λ).....	88
Σχήμα D11: Utility function προς την σταθερά λάμδα (λ).....	89
Σχήμα D12: Optimal order προς την σταθερά λάμδα (λ).....	90
Σχήμα D13: Utility function προς την σταθερά λάμδα (λ).....	91
Σχήμα D14: Optimal order προς την σταθερά λάμδα (λ).....	92
Σχήμα D15: Utility function προς την μέση τιμή της ζήτησης του προϊόντος (μ).....	93
Σχήμα D16: Optimal order προς την μέση τιμή της ζήτησης του προϊόντος (μ).....	94
Σχήμα D17: Utility function προς την διασπορά της ζήτησης του προϊόντος (σ).....	95
Σχήμα D18: Optimal order προς την διασπορά της ζήτησης του προϊόντος (σ).....	96
Σχήμα D19: Utility function προς την μέση τιμή της αναξιοπιστίας του προμηθευτή (μ).....	97
Σχήμα D20: Optimal order προς την μέση τιμή της αναξιοπιστίας του προμηθευτή (μ).....	98
Σχήμα D21: Utility function προς την διασπορά της αναξιοπιστίας του προμηθευτή (σ).....	99
Σχήμα D22: Optimal order προς την διασπορά της της αναξιοπιστίας του προμηθευτή (σ).....	100
Σχήμα E1: Κέρδος- Ποσότητα παραγγελίας για loss-averse	101
Σχήμα E2: Κέρδος- Ποσότητα παραγγελίας για loss-averse	102
Σχήμα E3: Κέρδος- Ποσότητα παραγγελίας για Waste-averse	103
Σχήμα E4: Κέρδος- Ποσότητα παραγγελίας για Waste-averse	104
Σχήμα E5: Κέρδος- Ποσότητα παραγγελίας για Stockout-averse	105
Σχήμα E6: Κέρδος- Ποσότητα παραγγελίας για Stockout -averse	106
Σχήμα E7: Κέρδος- Ποσότητα παραγγελίας για Ελαχιστοποίηση της απογραφής των εκ των υστέρων σφαλμάτων.....	107
Σχήμα E8: Κέρδος- Ποσότητα παραγγελίας για Ελαχιστοποίηση της απογραφής των εκ των υστέρων σφαλμάτων.....	108
Σχήμα E9: Κέρδος- Ποσότητα παραγγελίας για Ελαχιστοποίηση της απογραφής των εκ των υστέρων σφαλμάτων.....	109
Σχήμα E10: Κέρδος- Ποσότητα παραγγελίας για Ελαχιστοποίηση της απογραφής των εκ των υστέρων σφαλμάτων.....	110
Σχήμα 5.1 Συγκριτικό Γράφημα.....	119

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας A1: Utility function προς την τιμή πώλησης προϊόντος (p)	40
Πίνακας A2: Optimal order προς την τιμή πώλησης προϊόντος (p)	41
Πίνακας A3: Utility function προς την τιμή κόστους προϊόντος (c)	42
Πίνακας A4: Optimal order προς την τιμή κόστους προϊόντος (c)	43
Πίνακας A5: Utility function προς την τιμή πώλησης με penalty προϊόντος (s)	44
Πίνακας A6: Optimal order προς την τιμή πώλησης με penalty προϊόντος (s)	45
Πίνακας A7: Utility function προς την μέση τιμή της ζήτησης του προϊόντος (μ)	46
Πίνακας A8: Optimal order προς την μέση τιμή της ζήτησης του προϊόντος (μ)	47
Πίνακας A9: Utility function προς την διασπορά της ζήτησης του προϊόντος (σ)	48
Πίνακας A10: Optimal order προς την διασπορά της ζήτησης του προϊόντος (σ)	49
Πίνακας B1: Utility function προς την τιμή πώλησης προϊόντος (p)	51
Πίνακας B2: Optimal order προς την τιμή πώλησης προϊόντος (p)	52
Πίνακας B3: Utility function προς την τιμή κόστους προϊόντος (c)	53
Πίνακας B4: Optimal order προς την τιμή κόστους προϊόντος (c)	54
Πίνακας B5: Utility function προς την τιμή πώλησης με penalty προϊόντος (s)	55
Πίνακας B6: Optimal order προς την τιμή πώλησης με penalty προϊόντος (s)	56
Πίνακας B7: Utility function προς την μέση τιμή της ζήτησης του προϊόντος (μ)	57
Πίνακας B8: Optimal order προς την μέση τιμή της ζήτησης του προϊόντος (μ)	58
Πίνακας B9: Utility function προς την διασπορά της ζήτησης του προϊόντος (σ)	59
Πίνακας B10: Optimal order προς την διασπορά της ζήτησης του προϊόντος (σ)	60
Πίνακας C1: Utility function προς την τιμή πώλησης προϊόντος (p)	62
Πίνακας C2: Optimal order προς την τιμή πώλησης προϊόντος (p)	63
Πίνακας C3: Utility function προς την τιμή κόστους προϊόντος (c)	64
Πίνακας C4: Optimal order προς την τιμή κόστους προϊόντος (c)	65
Πίνακας C5: Utility function προς την τιμή πώλησης με penalty προϊόντος (s)	66
Πίνακας C6: Optimal order προς την τιμή πώλησης με penalty προϊόντος (s)	67
Πίνακας C7: Utility function προς την σταθερά λάμδα (λ)	68
Πίνακας C8: Optimal order προς την σταθερά λάμδα (λ)	69
Πίνακας C9: Utility function προς την μέση τιμή της ζήτησης του προϊόντος (μ)	70
Πίνακας C10: Optimal order προς την μέση τιμή της ζήτησης του προϊόντος (μ)	71
Πίνακας C11: Utility function προς την διασπορά της ζήτησης του προϊόντος (σ)	72
Πίνακας C12: Optimal order προς την διασπορά της ζήτησης του προϊόντος (σ)	73
Πίνακας C13: Utility function προς την μέση τιμή της αναξιοπιστίας του προμηθευτή ($\mu\alpha$)	74
Πίνακας C14: Optimal order προς την μέση τιμή της αναξιοπιστίας του προμηθευτή ($\mu\alpha$)	75
Πίνακας C15: Utility function προς την διασπορά της αναξιοπιστίας του προμηθευτή ($\sigma\alpha$)	76
Πίνακας C16: Optimal order προς την διασπορά της της αναξιοπιστίας του προμηθευτή ($\sigma\alpha$)	77
Πίνακας D1: Utility function προς την τιμή πώλησης προϊόντος (p)	79

Πίνακας D2: Optimal order προς την τιμή πώλησης προϊόντος (p)	80
Πίνακας D3: Utility function προς την τιμή κόστους προϊόντος (c)	81
Πίνακας D4: Optimal order προς την τιμή κόστους προϊόντος (c)	82
Πίνακας D5: Utility function προς την τιμή πώλησης με penalty προϊόντος (s)	83
Πίνακας D6: Optimal order προς την τιμή πώλησης με penalty προϊόντος (s)	84
Πίνακας D7: Utility function προς την σταθερά λάμδα (λ)	85
Πίνακας D8: Optimal order προς την σταθερά λάμδα (λ)	86
Πίνακας D9: Utility function προς την σταθερά λάμδα (λ)	87
Πίνακας D10: Optimal order προς την σταθερά λάμδα (λ)	88
Πίνακας D11: Utility function προς την σταθερά λάμδα (λ)	89
Πίνακας D12: Optimal order προς την σταθερά λάμδα (λ)	90
Πίνακας D13: Utility function προς την σταθερά λάμδα (λ)	91
Πίνακας D14: Optimal order προς την σταθερά λάμδα (λ)	92
Πίνακας D15: Utility function προς την μέση τιμή της ζήτησης του προϊόντος (μ)	93
Πίνακας D16: Optimal order προς την μέση τιμή της ζήτησης του προϊόντος (μ)	94
Πίνακας D17: Utility function προς την διασπορά της ζήτησης του προϊόντος (σ)	95
Πίνακας D18: Optimal order προς την διασπορά της ζήτησης του προϊόντος (σ)	96
Πίνακας D19: Utility function προς την μέση τιμή της αναξιοπιστίας του προμηθευτή ($\mu\alpha$)	97
Πίνακας D20: Optimal order προς την μέση τιμή της αναξιοπιστίας του προμηθευτή ($\mu\alpha$)	98
Πίνακας D21: Utility function προς την διασπορά της αναξιοπιστίας του προμηθευτή ($\sigma\alpha$)	99
Πίνακας D22: Optimal order προς την διασπορά της αναξιοπιστίας του προμηθευτή ($\sigma\alpha$)	100
Πίνακας E1: Κέρδος- Ποσότητα παραγγελίας για loss-averse	101
Πίνακας E2: Κέρδος- Ποσότητα παραγγελίας για loss-averse	102
Πίνακας E3: Κέρδος- Ποσότητα παραγγελίας για Waste-averse	103
Πίνακας E4: Κέρδος- Ποσότητα παραγγελίας για Waste-averse	104
Πίνακας E5: Κέρδος- Ποσότητα παραγγελίας για Stockout-averse	105
Πίνακας E6: Κέρδος- Ποσότητα παραγγελίας για Stockout -averse	106
Πίνακας E7: Κέρδος- Ποσότητα παραγγελίας για Ελαχιστοποίηση της απογραφής των εκ των υστέρων σφαλμάτων	107
Πίνακας E8: Κέρδος- Ποσότητα παραγγελίας για Ελαχιστοποίηση της απογραφής των εκ των υστέρων σφαλμάτων	108
Πίνακας E9: Κέρδος- Ποσότητα παραγγελίας για Ελαχιστοποίηση της απογραφής των εκ των υστέρων σφαλμάτων	109
Πίνακας E10: Κέρδος- Ποσότητα παραγγελίας για Ελαχιστοποίηση της απογραφής των εκ των υστέρων σφαλμάτων	110
Πίνακας 5.1 Συγκριτικός Πίνακας αποτελεσμάτων προβλήματος του εφημεριδοπώλη με διάφορα κριτήρια αποτίμησης κινδύνου	119

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό παρατίθενται οι πληροφορίες που αφορούν το σκοπό της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Παρουσιάζεται η δομή της εργασίας στην οποία δίνονται πληροφορίες για τα επιμέρους κεφάλαια που απαρτίζουν την διπλωματική. Αναλύεται το θεωρητικό υπόβαθρο πάνω στο οποίο στηρίχτηκε η εργασία και πραγματοποιείται βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετικά με το πρόβλημα του εφημεριδοπώλη. Ως προς το τεχνικό κομμάτι της εργασίας, παρουσιάζεται το υπολογιστικό πακέτο που χρησιμοποιήθηκε, τα αποτελέσματα που εξήχθησαν για το μοντέλο που χρησιμοποιήσαμε βάση αυτού του πακέτου, καθώς και τα συμπεράσματα στα οποία καταλήξαμε.

1.1 Κίνητρο και Υπόβαθρο

Κίνητρο για την εκπόνηση της εργασίας, αποτέλεσε η μελέτη σε βάθος ενός κλάδου της επιστήμης της επιχειρησιακής έρευνας, και συγκεκριμένα προβλημάτων που μπορεί να προκύψουν κατά τον εφοδιασμό μιας επιχείρησης, με τη χρήση κριτηρίων αποτίμησης κινδύνου ή και αναξιοπιστίας του προμηθευτή. Το γεγονός ότι τέτοιου τύπου προβλήματα εμφανίζονται τόσο σε μεγάλες επιχειρήσεις, όπως για παράδειγμα προμήθεια προϊόντων προς πώληση, όσο και στην καθημερινότητα, όπως για παράδειγμα η προμήθεια προϊόντων σε super market, αποτέλεσαν το ερέθισμα για την επιλογή του συγκεκριμένου θέματος.

Η επιχειρησιακή έρευνα καθώς και η θεωρία εφοδιαστικής αλυσίδας έχουν στόχο την καλύτερη λειτουργία επιχειρήσεων και διαφόρων συστημάτων. Για τη μελέτη του συγκεκριμένου κλάδου, έχουν αναπτυχθεί προγραμματιστικά και μαθηματικά μοντέλα, βασισμένα στη θεωρία της επιχειρησιακής έρευνας, τα οποία στοχεύουν στη βελτιστοποίηση της λήψης αποφάσεων. Στην παρούσα εργασία, εφαρμόστηκαν μοντέλα για την επίτευξη μεγιστοποίησης κερδών ή ελαχιστοποίησης των ζημιών που προκύπτουν κατά των εφοδιασμό μιας επιχείρησης. Εξετάστηκε η επιρροή της πολιτικής που εφαρμόζει η επιχείρηση, η αβεβαιότητα της ζήτησης καθώς και από την αξιοπιστία ή μη, στην ποσότητα διάθεσης του προϊόντος από τον προμηθευτή. Κοινός παρονομαστής όλων των διαφορετικών περιπτώσεων και προσεγγίσεων που θα αναλυθούν αποτελεί η βιωσιμότητα της επιχείρησης της εκάστοτε περίπτωσης.

1.2 Δομή Εργασίας

Περληηπτικά η εργασία απαρτίζεται από:

- Την Ενότητα 1, η οποία αποτελεί μια εισαγωγή για τον αναγνώστη στα θέματα τα οποία μελετήθηκαν, η μεθοδολογίες και κάποια συμπεράσματα
- Την Ενότητα 2, στην οποία αναπτύσσεται το θεωρητικό υπόβαθρο στο οποίο βασίζεται η εργασία. Αναλύονται θεμελιώδεις έννοιες της επιχειρησιακής έρευνας και της εφοδιαστικής αλυσίδας. Γίνεται, επιπλέον, βιβλιογραφική ανασκόπηση, στην οποία περιγράφονται δημοσιεύσεις σχετικές με το θέμα που προσεγγίστηκε στην παρούσα ερευνητική εργασία
- Την Ενότητα 3, στην οποία διατυπώνεται το πρόβλημα του εφημεριδοπώλη, στην κλασική του μορφή, σε αβέβαιο περιβάλλον και με αποστροφή ρίσκου. Εδώ αναλύονται και μέθοδοι προσέγγισης του προβλήματος, οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για την έρευνα
- Την Ενότητα 4, στην οποία αποτυπώνονται διαγράμματα που προέκυψαν από την παραμετρική εκτέλεση κώδικα που αναπτύχθηκε για την προσέγγιση διάφορων περιπτώσεων του προβλήματος
- Την Ενότητα 5, στην οποία διατυπώνονται συμπεράσματα που εξήχθησαν μέσω της έρευνας και συγκρίνονται με την σχετική βιβλιογραφία. Από την εργασία προέκυψαν πολύ ενδιαφέροντα ερωτήματα, τα οποία αναφέρονται στο τελευταίο τμήμα του κεφαλαίου και πιθανώς να μελετηθούν μελλοντικά
- Το Παράρτημα, στο οποίο επισυνάπτονται οι κώδικες που αναπτύχθηκαν για την εκπόνηση της εργασίας

Κεφάλαιο 2: Θεωρία και βιβλιογραφική ανασκόπηση

2.1 Επιχειρησιακή Έρευνα

Η ανάγκη για την ανάπτυξη της επιστήμης της επιχειρησιακής έρευνας παρουσιάστηκε τις τελευταίες δεκαετίες, όπου έγιναν και οι πρώτες προσπάθειες για μια επιστημονική προσέγγιση στη διοίκηση των οργανισμών. Η επιστήμη της επιχειρησιακής έρευνας πραγματεύεται την εφαρμογή μεθόδων λήψης αποφάσεων, οι οποίες είναι επιστημονικά θεμελιωμένες και στοχεύουν στην αποτελεσματικότερη αξιοποίηση των υπαρχόντων οικονομικών πόρων, στον τομέα της τεχνολογίας, σε κεφαλαιακό εξοπλισμό καθώς και σε ανθρώπινο δυναμικό.

Το πεδίο μελέτης της επιχειρησιακής έρευνας έγκειται στην επίλυση προβλημάτων που έχουν σχέση με τον τρόπο διοίκησης και συντονισμού των λειτουργιών ή δραστηριοτήτων μέσα σε ένα οργανισμό. Η εφαρμογή της επιχειρησιακής έρευνας αρχίζει αναγνωρίζοντας και διατυπώνοντας το εκάστοτε πρόβλημα, το οποίο εν συνεχεία εκφράζεται μέσω κάποιου μαθηματικού μοντέλου. Το μοντέλο θα πρέπει να αποτελεί μια ικανοποιητικά ακριβή απεικόνιση των βασικών χαρακτηριστικών του προς μελέτη προβλήματος. Η αξιοπιστία του μοντέλου πιστοποιείται συγκρίνοντας αποτελέσματα που προκύπτουν με την υπάρχουσα βιβλιογραφία. Αν τα αποτελέσματα είναι έγκυρα, το μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μελέτη νέων πεδίων.

Η επιχειρησιακή έρευνα έχει εισχωρήσει έντονα στην διοίκηση των οργανισμών, καθώς μέσω των διάφορων εφαρμογών της, παρέχεται η δυνατότητα βελτιστοποίησης της λειτουργίας τους. Αξίζει να αναφερθούν τα πιο βασικά πεδία της επιχειρησιακής έρευνας και εφαρμογές τους. Ο γραμμικός προγραμματισμός χρησιμοποιείται σε προβλήματα κατανομής προσωπικού επιχειρήσεων, μεταφοράς και διανομής προϊόντων όπως και σε χαρτοφυλάκια επενδύσεων. Ο δυναμικός προγραμματισμός χρησιμοποιείται σε προβλήματα προγραμματισμού δαπανών διαφήμισης και σχεδίασης παραγωγής. Η θεωρία ουρών εφαρμόζεται σε προβλήματα κυκλοφορίας και σχεδίασης λειτουργίας υπηρεσιών. Άλλες τεχνικές που εφαρμόζονται αποτελεσματικά είναι η θεωρία αποθεμάτων, η θεωρία παιγνίων καθώς και η προσομοίωση, οι οποίες δίνουν λύσεις σε σύνθετα προβλήματα.

Η διοίκηση μιας επιχείρησης επιδιώκει την λήψη βέλτιστων αποφάσεων στα προβλήματα που προκύπτουν. Πολλά είναι τα κριτήρια που έχουν δημιουργηθεί για τον σκοπό αυτό, τόσο για ντετερμινιστικά, όσο και για στοχαστικά προβλήματα, εξαρτώμενα από πλήθος μεταβλητών. Η λήψη

μιας απόφασης έχει διευκολυνθεί σε μεγάλο βαθμό, διότι εκτός από την εμπειρία, συχνά μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατάλληλο μοντέλο που περιγράφει ικανοποιητικά την κατάσταση.

Εφοδιαστική Αλυσίδα

Ως Εφοδιαστική Αλυσίδα ορίζεται το σύνολο των δραστηριοτήτων που απαιτούνται για την μεταφορά ενός προϊόντος από το σημείο παραγωγής στο σημείο παράδοσης. Αρχίζει από την αναζήτηση πρώτων υλών, την επεξεργασία τους και καταλήγει στη μεταφορά τους προς τον τελικό καταναλωτή. Η εφοδιαστική αλυσίδα έχει ως σκοπό να μειώσει το λειτουργικό κόστος της μεταφοράς των προϊόντων καθώς και να αυξήσει την ικανοποίηση του πελάτη.

Η εφοδιαστική αλυσίδα, είναι το στοιχείο εκείνο, το οποίο αντιμετωπίζει την επιχείρηση ως μια αλυσίδα από συνδεδεμένα μεταξύ τους τμήματα και παρέχει μια πλήρη εικόνα της επιχείρησης. Οι επιχειρήσεις αυτές μπορεί να είναι προμηθευτές πρώτων υλών, παραγωγοί, μεταφορείς, λιανέμποροι, χονδρέμποροι και πελάτες. Η δομή μιας εφοδιαστικής αλυσίδας καθορίζεται από τον ρόλο και τις λειτουργίες κάθε επιχείρησης. Υπάρχουν επιχειρήσεις που αποτελούνται απ' όλα τα παραπάνω στάδια, και άλλες οι οποίες λόγω στρατηγικής απόφασης, παραλείπουν κάποια απ' αυτά (Φωλίνας, 2006)



Σχήμα 1.1: Γραφική απεικόνιση μια εφοδιαστικής αλυσίδας. Πηγή: kerdos.gr – ΕΥ.¹

1

<http://www.kerdos.gr/%CE%B5%CF%80%CE%B9%CF%87%CE%B5%CE%B9%CF%81%CE%AE%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82/183398-ey-%CF%80%CF%81%CF%8C%CE%BA%CE%BB%CE%B7%CF%83%CE%B7-%CE%B3%CE%B9%CE%B1-%CF%84%CE%B9%CF%82-%CE%B5%CF%80%CE%B9%CF%87%CE%B5%CE%B9%CF%81%CE%AE%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82-%CE%B7-%CE%B5%CF%86%CE%BF%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE-%CE%B1%CE%BB%CF%85%CF%83%CE%AF%CE%B4%CE%B1>

Logistics

Η διοίκηση της εφοδιαστικής αλυσίδας (Logistics), απεικονίζει το σχέδιο ροής των προϊόντων και των πληροφοριών μέσα σε μια επιχείρηση. Επίσης εξασφαλίζει την ομαλή λειτουργία και την αποτελεσματικότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας έχει ως βασικό αντικείμενο την αποτελεσματικότερη συνεργασία όλων των τμημάτων για την παραγωγή ενός προϊόντος, όπως είναι οι προμήθειες των πρώτων υλών, η αποθήκευσή τους καθώς και η μεταφορά και αποστολή τους στον τελικό παραλήπτη. Ο σημαντικότερος στόχος της διοίκησης της εφοδιαστικής αλυσίδας, είναι το επίπεδο εξυπηρέτησης των πελατών να είναι υψηλό, χρησιμοποιώντας το χαμηλότερο δυνατό κόστος. Η επίτευξη των παραπάνω στόχων θα οδηγήσει στην κερδοφορία της επιχείρησης η οποία θα πρέπει να έχει συνεχώς τη δυνατότητα ευελιξίας και γρήγορης προσαρμογής σε μια ανταγωνιστική και παγκοσμιοποιημένη αγορά.

2.2 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση για το κλασικό πρόβλημα του εφημεριδοπώλη

Το πρόβλημα του εφημεριδοπώλη διατυπώθηκε αρχικά από τον Within το 1955 και στην συνέχεια επεκτάθηκε και εξελίχθηκε στον τομέα των στοχαστικών προτύπων που ασχολείται με προβλήματα διαχείρισης αποθέματος (single period inventory problems). Ο Within ήταν ο πρώτος που εισήγαγε την έννοια της μεγιστοποίησης των κερδών, γεγονός πρωτοπόρο για μια εποχή που το αντικείμενο μελέτης ήταν η μείωση του αρχικού κόστους. Διατύπωσε ένα μοντέλο κατά το οποίο η τιμή πώλησης και η ποσότητα αποθεμάτων καθορίζονται ταυτόχρονα. Στην συνέχεια προσάρμοσε το μοντέλο του ώστε να συμπεριλάβει μια κατανομή πιθανότητας για την ζήτηση ως συνάρτηση της τιμής πώλησης, καθιστώντας την τιμή του προϊόντος ως μεταβλητή απόφασης.

Στην συνέχεια, ο Lau το 1980 σε δημοσίευσή του ανέλυσε το πρόβλημα με την χρήση δύο διαφορετικών στοχαστικών εξισώσεων. Στην πρώτη περίπτωση, επικεντρώθηκε στην μεγιστοποίηση της συνάρτησης χρησιμότητας του αναμενόμενου κέρδους (expected-profit-maximization). Ουσιαστικά, υπέθεσε ότι η περίπτωση όπου ο επενδυτής είναι ουδέτερος ως προς τον κίνδυνο τότε η μεγιστοποίηση της αναμενόμενης συνάρτησης χρησιμότητας συνεπάγεται την μεγιστοποίηση του αναμενόμενου κέρδους. Με βάση αυτήν την υπόθεση, συνέχισε αναπτύσσοντας μια σειρά από τύπους και μοτίβα τα οποία θα

μπορούσαν να είναι εξαιρετικά χρήσιμα σε πληθώρα μοντέλων διοίκησης (management models). Η δεύτερη στοχαστική προσέγγιση, αφορά την μεγιστοποίηση της πιθανότητας να επιτευχθεί ένα συγκεκριμένο ποσό κέρδους. Η ανάλυση ανέδειξε ενδιαφέροντα αποτελέσματα που καθορίζουν την βέλτιστη ποσότητα της παραγγελίας μέσω της προσέγγισης αυτής.

Το 1995 οι Eeckhaudt, Gollier και Schlesinger υπέθεσαν ότι ο εφημεριδοπώλης που εφαρμόζει συντηρητική πολιτική επιτρέπεται να παραγγείλει σε δεύτερο χρόνο επιπλέον ποσότητα, η οποία ωστόσο θα έχει μεγαλύτερο κόστος αγοράς από τη αρχική παραγγελία, αλλά ταυτόχρονα μικρότερη από την τιμή πώλησης της ποσότητας αυτής. Ένα από τα συμπεράσματα της δημοσίευσης αυτής ήταν, ότι η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας σε περιπτώσεις συντηρητικής πολιτικής ρίσκου είναι μικρότερη από εκείνη της πολιτικής ουδέτερου ρίσκου.

Το 2000, οι Schweitzer και Cachon περιέγραψαν μια σειρά από στρατηγικές που αφορούν τις επιλογές παραγγελίας των εφημεριδοπωλών. Αρχικά, έθεσαν την προοπτική να υπάρχουν διαφορετικές προτιμήσεις ως προς την μεγιστοποίηση του κέρδους, γεγονός που επηρεάζει την βέλτιστη ποσότητα της παραγγελίας. Επίσης, πραγματοποίησαν την υπόθεση ότι η κατανομή της ζήτησης είναι γνωστή και δεν μεταβάλλεται. Αυτό μπορεί να θεωρηθεί με σχετικά μεγάλη ακρίβεια, αφού το απέδειξαν σε δημοσίευση τους οι Fisher και Raman (1996) σε έρευνα που έγινε σε εταιρίες ένδυσης, όπου σε μικρές μεταβολές στις νέες κυκλοφορίες τους δεν παρατηρήθηκε μεταβολή στην ζήτηση των προϊόντων τους. Τέλος, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι προϊόντα με μεγαλύτερο κέρδος έχουν μικρότερη ποσότητα παραγγελίας από εκείνα με μικρότερο κέρδος.

Το 2006 οι Keren και Pliskin εξέτασαν το μοντέλο του εφημεριδοπώλη με τυχαία ομοιόμορφη κατανομή και ταυτόχρονη συντηρητική πολιτική ως προς το ρίσκο. Απέδειξαν ότι όσο πιο κοίλη είναι η συνάρτηση χρησιμότητας τόσο μικρότερη θα είναι η βέλτιστη ποσότητα της παραγγελίας. Ωστόσο, αυτή η θεωρία, είχε διατυπωθεί αρχικά από τον Pratt (1964).

Το 2011 οι Qin et al., πραγματοποίησαν μια εκτεταμένη βιβλιογραφική ανασκόπηση, ενώ ταυτόχρονα έθεσαν ενδιαφέρουσες πτυχές του προβλήματος του εφημεριδοπώλη προς μελλοντική διερεύνηση. Έγινε αναφορά στην περίπτωση κατά την οποία η ζήτηση συνδέεται ή όχι με την τιμή πώλησης, την στρατηγική marketing καθώς και το μέγεθος του αποθέματος ενός προϊόντος (stock). Ανέλυσαν διάφορες στρατηγικές τιμολόγησης των προϊόντων καθώς και το προφίλ ρίσκου του αγοραστή καθώς και το πως

αυτό επηρεάζει τις αποφάσεις του ενίοτε. Το κλασικό πρόβλημα του εφημεριδοπώλη με κατάλληλες διαμορφώσεις μπορεί να μετατραπεί σε πρόβλημα αβέβαιου περιβάλλοντος, όπως θα αναλυθεί στην συνέχεια.

2.3 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση για το κλασικό πρόβλημα του εφημεριδοπώλη σε αβέβαιο περιβάλλον

Στις πιο σύγχρονες δημοσιεύσεις, γίνεται εκτεταμένη μελέτη στην αβεβαιότητα του περιβάλλοντος στο οποίο βρίσκεται το μοντέλο που μελετάται. Η αβεβαιότητα εισάγεται προκειμένου τα μοντέλα να γίνουν πιο ρεαλιστικά και να μειώνεται σε μεγάλο βαθμό η πιθανότητα εμφάνισης αναπάντεχων γεγονότων τα οποία ενδέχεται να επιφέρουν σημαντικές επιπτώσεις και μεταβολές στα αποτελέσματα. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται καλύτερη μελέτη και κατανόηση του προβλήματος καθώς και την εξαγωγή πιο ασφαλή αποτελεσμάτων.

Ως αξιοπιστία μιας εφοδιαστικής αλυσίδας ορίζεται η πιθανότητα το μοντέλο που μελετάται να ανταπεξέλθει στο τελικό του στόχο, χωρίς να επηρεαστεί από πιθανές αλλαγές στο περιβάλλον του. Στόχος της αξιοπιστίας είναι να ικανοποιηθεί η ζήτηση καθώς και να παραδοθούν όλα τα προϊόντα στους πελάτες στην κατάσταση τους καθώς και στους χρόνους τους. Το μέγεθος της αξιοπιστίας απεικονίζεται στον βαθμό ικανοποίησης της ζήτησης. Η αξιοπιστία μπορεί να οριστεί και ως αλυσιδωτή παράμετρος, αφού όταν ο προμηθευτής είναι αναξιόπιστος ως προς τον αγοραστή, τότε κλονίζεται και η εμπιστοσύνη του πελάτη ως προς τον αγοραστή.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία η αβεβαιότητα αναπτύσσεται σε δύο σκέλη. Αρχικά ως προς την ζήτηση ενός προϊόντος ενώ στην συνέχεια και ως προς την διαθεσιμότητα του προϊόντος αυτού από τον προμηθευτή.

Στο κλασικό πρόβλημα του εφημεριδοπώλη η ζήτηση θεωρείται σταθερή και γνωστή κατά το πέρασμα του χρόνου. Σε αρκετές πιο ρεαλιστικές περιπτώσεις όμως ενδέχεται η ζήτηση να ακολουθεί κάποια εμπειρική μη τυποποιημένη κατανομή, ή ακόμα και κάποια ειδική κατανομή. Στο κεφάλαιο 4 της εργασίας αυτής θα αναλυθούν οι περιπτώσεις η ζήτηση να ακολουθεί τόσο κανονική όσο και ομοιόμορφη κατανομή της ζήτησης. Έτσι το σύστημα πλέον που αναλύεται μπορεί να θεωρηθεί στοχαστικό.

Μια ακόμα παραδοχή που γίνεται στο κλασικό πρόβλημα του εφημεριδοπώλη πέρα από αυτή της ζήτησης είναι η ποσότητα που έχει παραγγελθεί ότι παραδίδεται στο σύνολό της από τον προμηθευτή. Για μια πληθώρα λόγων, όπως δυσμενείς καιρικές συνθήκες, παράδοση ελλαττωματικών προϊόντων, φθορές κατά την διάρκεια της μεταφοράς ή πρόβλημα στην παραγωγή του προϊόντος, ενδέχεται η διαθεσιμότητα του προϊόντος να μην είναι αντίστοιχη της ποσότητας που ο αγοραστής επιθυμεί να προμηθευτεί. Σε τέτοιες περιπτώσεις τίθεται θέμα αναξιοπιστίας του προμηθευτή.

Τέτοιου είδους μοντέλα προβλημάτων ξεκίνησαν να ερευνούν το 1996 οι Dobrila Petrovic, Radivoj Petrovic και Mirko Vujosevic δημοσιεύοντας μια έρευνα που αφορά το πρόβλημα του εφημεριδοπώλη σε αβέβαιο περιβάλλον. Η αβεβαιότητα εξετάστηκε τόσο στην κατανομή της ζήτησης όσο και στην τιμή επιστροφής των προϊόντων με penalty. Η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας στο πρόβλημα ορισμένης χρονικής περιόδου (fixed time period problem), έγινε ελαχιστοποιώντας το ολικό κόστος αγοράς.

Το 1998, οι Hiroaki Ishii και Tutomu Konno, ερεύνησαν την αβεβαιότητα στο κόστος εξάντλησης αποθέματος (shortage cost) αποκλειστικά στο κλασικό πρόβλημα του εφημεριδοπώλη, υπολογίζοντας τα κόστη εξάντλησης αποθέματος. Με τον τρόπο αυτό η αβεβαιότητα μεταφέρεται μέσα στην συνάρτηση κέρδους, την οποία στην συνέχεια προσπάθησαν να μεγιστοποιήσουν ενώ ταυτόχρονα την συνέκριναν με την αντίστοιχη του κλασικού προβλήματος χωρίς αβέβαιο περιβάλλον.

Αντίστοιχα, σε μια άλλη ερευνητική εργασία, οι Kysang Kwon et al. (2014), προσπάθησαν να επεκτείνουν ένα βασικό υπόδειγμα επίλυσης του προβλήματος του εφημεριδοπώλη, ενσωματώνοντας την παράμετρο της διαχείρισης των αποθεμάτων όταν η συνάρτηση κατανομής της ζήτησης δεν είναι γνωστή. Με βάση αυτό το εκτεταμένο μοντέλο, οι ερευνητές θεωρούν ότι μπορούν να εξαγάγουν και να παρουσιάσουν τις πραγματικά βέλτιστες πολιτικές, καθιστώντας το υπόδειγμά τους ιδιαίτερα αποδοτικό.

Επιπρόσθετα, οι Rubio-Herrero and Baykal-Gürsoy (2018) παρουσίασαν μια ανάλυση μέσης διακύμανσης του προβλήματος του εφημεριδοπώλη στο οποίο η τιμή καθορίζεται από τη ζήτηση. Ο κύριος στόχος αυτής της έρευνας είναι να χρησιμοποιήσει μια μέση διακύμανση για την επίλυση

οποιασδήποτε περίπτωσης ευαίσθητης στον κίνδυνο και την εύρεση συνθηκών υπό τις οποίες η ανομοιομορφία ή αλλιώς η κατοχή ενός μοναδικού τρόπου (unimodality) προβλήματος είναι εγγυημένη. Η κύρια συμβολή της παρούσας εργασίας είναι ότι, αξιολογώντας την ανομοιομορφία του προβλήματος για οποιαδήποτε πιθανό κίνδυνο προκύψει, μπορούν να επεκταθούν τα προηγούμενα δημοσιευμένα αποτελέσματα που βρέθηκαν για την προσέγγιση της λύσης σε περιπτώσεις ουδέτερου κινδύνου και μέτριας ευαισθησίας στον κίνδυνο.

Αντίστοιχα, πρέπει να αναφερθεί ότι ο Chang μαζί με άλλους το 2021 μέσα από τη μελέτη τους, εξέτασαν την υιοθέτηση της τεχνολογίας blockchain για το μοντέλο Newsvendor. Στόχος της παρούσας μελέτης είναι να αναλύσει τον τρόπο με τον οποίο η υιοθέτηση BCT επηρεάζει τη βέλτιστη παραγγελία, τις αποφάσεις των πωλητών και ως αποτέλεσμα οδηγεί και στο αντίστοιχο βέλτιστο κέρδος. Είναι σημαντικό ότι διερευνούμε τη βέλτιστη υιοθέτηση της τεχνολογίας για βελτιστοποίηση του κέρδους λαμβάνοντας υπόψη το κόστος της.

Ορόσημο στο πρόβλημα news vendor model, αποτελεί η εξαιρετική ερευνητική εργασία των Parachristos and Pandelis το 2022. Πιο συγκεκριμένα, οι εν λόγω ερευνητές παρουσίασαν μία μελέτη στην οποία εξέτασαν το Newsvendor model στα οποία ο κύριος προμηθευτής έχει παραγωγή που υπόκειται σε τυχαία χωρητικότητα. Στο παρόν πρόβλημα, προκειμένου να ελεγχθεί ο κίνδυνος της έλλειψης προμηθειών, ο έμπορος λιανικής συνάπτει συμβάσεις με έναν αξιόπιστο εφεδρικό προμηθευτή για δέσμευση χωρητικότητας εκ των προτέρων, αποκτώντας με αυτόν τον τρόπο την επιλογή να το χρησιμοποιήσει μετά την παράδοση προμηθειών από τον κύριο προμηθευτή και είτε πριν είτε μετά την υλοποίηση της ζήτησης. Και για τις δύο παραπάνω περιπτώσεις προσδιορίστηκαν οι συνθήκες υπό τις οποίες η χρήση του εφεδρικού προμηθευτή ήταν επωφελής και προσδιορίστηκαν οι βέλτιστες ποσότητες παραγγελιών και κρατήσεων. Επιπλέον, εξετάστηκαν το πώς αυτές οι βέλτιστες ποσότητες προμήθειας επηρεάζονται από διάφορες παραμέτρους του μοντέλου.

2.4 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση για τη χρήση κριτηρίων αποτίμησης κινδύνου στο πρόβλημα του εφημεριδοπώλη

Αρχικά, θα πρέπει να αναφέρουμε ότι υπάρχουν κάποιες σημαντικές προσπάθειες από τη διεθνή βιβλιογραφία για αξιοποίηση της χρήσης κριτηρίων αποτίμησης κινδύνου για τη μελέτη του προβλήματος του εφημεριδοπώλη. Πιο αναλυτικά, οι Eeckhoudt et al. (1995) διερεύνησαν τις επιδράσεις του κινδύνου και της αποστροφής του κινδύνου στο πρόβλημα της απογραφής μιας περιόδου στο πρόβλημα του εφημεριδοπώλη. Οι επιδράσεις των αλλαγών στις διάφορες παραμέτρους τιμής και κόστους, καθορίζονται και σχετίζονται με την αποστροφή κινδύνου του εφημεριδοπώλη.

Το 2006, οι Keren και Pliskin παρουσίασαν τις συνθήκες πρώτης τάξης (first order conditions) για τη βελτιστοποίηση του προβλήματος του εφημεριδοπώλη, μεγιστοποιώντας την αναμενόμενη συνάρτηση χρησιμότητας με ταυτόχρονη αποστροφή στον κίνδυνο. Οι συνθήκες αυτές, χρησιμοποιήθηκαν στην επίλυση μιας ειδικής περίπτωσης, στην οποία η συνάρτηση χρησιμότητας είναι μια αύξουσα διαφορίσιμη συνάρτηση, κατά την οποία η τυχαία ζήτηση κατανέμεται ομοιόμορφα.

Την ίδια χρονιά, οι Mostard and Teunter (2006), παρουσίασαν το πρόβλημα εφημεριδοπώλη στο οποίο πραγματοποιούνται επιστροφές προϊόντων με δυνατότητα μεταπώλησης. Μια μεμονωμένη παραγγελία υποβάλλεται πριν από την έναρξη της περιόδου πώλησης. Τα αγορασμένα προϊόντα μπορούν να επιστραφούν από τον πελάτη με πλήρη επιστροφή χρημάτων εντός συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος. Τα επιστρεφόμενα προϊόντα μπορούν να επαναπωληθούν, υπό την προϋπόθεση ότι έχουν επιστραφεί πριν από το τέλος της σεζόν και επιπλέον δεν έχουν υποστεί ζημιά. Τα προϊόντα που απομένουν στο τέλος της σεζόν μένουν ως απόθεμα. Στην παρούσα μελέτη εξήχθη μια απλή εξίσωση κλειστής μορφής που καθορίζει τη βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας δεδομένης της κατανομής της ζήτησης, της πιθανότητας επιστροφής ενός πωλούμενου προϊόντος και όλων των σχετικών εσόδων και κόστους. Επίσης, παρουσιάστηκαν πραγματικά δεδομένα που προέκυψαν από ένα μεγάλο κατάστημα λιανικής πώλησης διαδικτύου.

Παράλληλα, ο Tomlin (2006) μελέτησε ένα περιβάλλον στο οποίο μια επιχείρηση μπορεί να προμηθευτεί ένα προϊόν από δύο προμηθευτές. Ο πρώτος προμηθευτής όπου ενδέχεται να είναι

αναξιόπιστος και ένας δεύτερος εφεδρικός ο οποίος είναι αξιόπιστος αλλά ταυτόχρονα πιο ακριβός. Οι προμηθευτές έχουν περιορισμένη διαθεσιμότητα προϊόντος, ωστόσο ο αξιόπιστος προμηθευτής μπορεί να διαθέτει μεγαλύτερο απόθεμα. Με βάση τον εν λόγω ερευνητή, στην ειδική περίπτωση που ο αξιόπιστος προμηθευτής δεν έχει ευελιξία στο απόθεμα και ο αναξιόπιστος προμηθευτής έχει άπειρη χωρητικότητα, μια ουδέτερη ως προς τον κίνδυνο επιχείρηση θα επιδιώξει μια ενιαία στρατηγική: μετριασμός με τη διεξαγωγή αποθεμάτων, μετριασμός με απλή προμήθεια από τον αξιόπιστο προμηθευτή ή παθητική αποδοχή. Διαπιστώθηκε ότι το ποσοστό χρόνου λειτουργίας ενός προμηθευτή και η φύση των διακοπών (συχνές αλλά σύντομες, έναντι σπάνιων αλλά μακρών) είναι βασικοί καθοριστικοί παράγοντες της βέλτιστης στρατηγικής. Για ένα δεδομένο ποσοστό χρόνου λειτουργίας, ο μετριασμός ευνοείται ολοένα και περισσότερο έναντι του μετριασμού των αποθεμάτων, καθώς οι διακοπές γίνονται λιγότερο συχνές αλλά και μεγαλύτερες. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι μια μικτή στρατηγική μετριασμού μπορεί να είναι βέλτιστη εάν ο αναξιόπιστος προμηθευτής έχει περιορισμένη χωρητικότητα ή εάν η επιχείρηση αποστρέφεται τον κίνδυνο.

Οι Wu et al. (2009) μελέτησαν το μοντέλο του εφημεριδοπώλη που αποστρέφεται στον κίνδυνο με μια συνάρτηση μέσης διακύμανσης. Η ανάλυση μέσης διακύμανσης συναρτήσεων είναι η διαδικασία στάθμισης του κινδύνου, εκφρασμένου ως διακύμανση, έναντι της αναμενόμενης απόδοσης. Είναι αρκετά σύνηθες η χρήση τους από επενδυτές για την λήψη αποφάσεων καθώς τους δίνεται η δυνατότητα να σταθμίζουν το μέγεθος του κινδύνου που είναι διατεθειμένοι να αναλάβουν με στόχο μεγαλύτερες αποδόσεις κερδών. Μέσω της παρούσας μελέτης, εξήχθη το συμπέρασμα ότι το κόστος του αποθέματος έχει σημαντικό αντίκτυπο στις αποφάσεις ως προς τον αριθμό της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας. Η δημοσίευση αυτή, παρουσιάζει αναλυτικά την περίπτωση όπου η ζήτηση ακολουθεί την κατανομή ισχύος (power distribution).

Την ίδια χρονιά, οι ίδιοι (δηλαδή οι Wang et al. (2009)), μοντελοποίησαν τη συμπεριφορά λήψης αποφάσεων ενός εφημεριδοπώλη που αποστρέφεται στον κίνδυνο με ορισμένες κατηγορίες συναρτήσεων χρησιμότητας (utility function) εντός του πλαισίου της αναμενόμενης θεωρίας χρησιμότητας (Expected Utility Theory). Υπό σχετικά γενικές συνθήκες του EUT, προκύπτει ότι ένας εφημεριδοπώλης που αποστρέφεται στον κίνδυνο θα παραγγείλει λιγότερη ποσότητα.

Όμοια, ο Giri το 2011, εξέτασε ένα μοντέλο αποθέματος (μίας περιόδου) κατά το οποίο ένα προϊόν ο λιανοπωλητής μπορεί να το προμηθευτεί από δύο διαφορετικούς προμηθευτές. Ο κύριος προμηθευτής είναι φθηνότερος αλλά αναξιόπιστος, ενώ ο δεύτερος είναι απολύτως αξιόπιστος αλλά ταυτόχρονα πιο ακριβός από τον πρώτο. Η διαθεσιμότητα του αξιόπιστου προμηθευτή είναι σταθερή και ο λιανοπωλητής δεν μπορεί να παραγγείλει περισσότερο από την ποσότητα που έχει δεσμευτεί εκ των προτέρων. Μελετάται το πρόβλημα, στο πλαίσιο ενός λιανοπωλητή που αποστρέφεται τον κίνδυνο και πρέπει να προσδιορίσει τη βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας από τον κύριο προμηθευτή καθώς και τη βέλτιστη δεσμευμένη ποσότητα από τον δεύτερο προμηθευτή. Μέσω αριθμητικών πειραμάτων οι στρατηγικές διπλής προμήθειας που προέκυψαν διαφέρουν από αυτές που λαμβάνονται στην ανάλυση ουδέτερου κινδύνου. Επίσης, στο πλαίσιο της εν λόγω έρευνας, εξετάστηκε η ευαισθησία ορισμένων παραμέτρων του μοντέλου στις βέλτιστες αποφάσεις.

Οι Wu et al. (2014), μελέτησαν το πρόβλημα του εφημεριδοπώλη έχοντας ανταγωνισμό τόσο της τιμής πώλησης όσο και της ποσότητας που διατίθεται προς πώληση (price & quantity competition). Σύμφωνα με το κριτήριο Conditional Value-at-Risk (CVaR), ορίστηκαν οι βέλτιστες αποφάσεις για την ποσότητα και την τιμολόγηση τόσο σε επίπεδο ανταγωνισμού ποσότητας όσο και σε επίπεδο τιμών. Για τον ποσοτικό ανταγωνισμό, λαμβάνουμε υπόψη δύο κανόνες διαχωρισμού της ζήτησης, την αναλογική κατανομή ζήτησης και την ανακατανομή της ζήτησης. Αν και ο ανταγωνισμός οδηγεί πάντα σε πλεόνασμα αποθεμάτων, είναι ενδιαφέρον ότι δεν οδηγεί απαραίτητα σε απώλεια κέρδους σε ορισμένα ανταγωνιστικά περιβάλλοντα, όπως η ανακατανομή της ζήτησης, αποφεύγοντας/μειώνοντας το πλεόνασμα που προκύπτει από τον ανταγωνισμό υπό το κριτήριο του ουδέτερου κινδύνου. Για τον ανταγωνισμό τιμών, λήφθηκε υπόψη τόσο η προσθετική (additive) όσο και η πολλαπλασιαστική (multiplicative) ζήτηση. Στο πλαίσιο αυτό διαπιστώνεται ότι η ποσότητα παραγγελίας, η τιμή πώλησης και το αναμενόμενο κέρδος μειώνονται στον βαθμό αποστροφής κινδύνου. Επιπλέον, τόσο η υψηλή ευαισθησία στις τιμές όσο και η ένταση του ανταγωνισμού αναγκάζουν τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων να μειώσουν τις τιμές τους. Ωστόσο, η υψηλή ευαισθησία στις τιμές μειώνει πάντα την ποσότητα παραγγελίας, ενώ ο ανταγωνισμός μπορεί να έχει το αντίθετο αποτέλεσμα.

Οι Shu et al. (2015) διερεύνησαν μια αποτελεσματική στρατηγική προμήθειας/αποθέματος για έναν λιανοπωλητή που αποστρέφεται τον κίνδυνο και ο οποίος αντιμετωπίζει αναξιόπιστη προσφορά και στοχαστική ζήτηση. Χρησιμοποιώντας μια αυξανόμενη και κοίλη συνάρτηση χρησιμότητας για την περιγραφή της αποστροφής κινδύνου, κατασκευάζουμε ένα βασικό μοντέλο του εφημεριδοπώλη (μονής

περιόδου) και την επέκτασή του σε πολλές περιόδους. Και τα δύο μοντέλα διαπιστώθηκε ότι έχουν μοναδικές λύσεις, καθώς η βελτιστοποιημένη αναμενόμενη χρησιμότητα είναι αυστηρά κοίλη στο αρχικό επίπεδο αποθέματος. Ως αποτέλεσμα, υπάρχει μια μοναδική βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας για τον αποτελεσματικό έλεγχο του κινδύνου προσφοράς. Για το μοντέλο μιας περιόδου, η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας προκύπτει στην αναλυτική της μορφή. Στη συνέχεια παρουσιάστηκε με αριθμητική ανάλυση ότι η τιμή της βελτιστοποιημένης αναμενόμενης χρησιμότητας είναι συνάρτηση του αρχικού επιπέδου αποθέματος, όταν ο έμπορος λιανικής είναι απρόθυμος για τον κίνδυνο, και γίνεται λιγότερο ευαίσθητος στο αρχικό επίπεδο αποθέματος όταν μειώνεται ο βαθμός αποστροφής κινδύνου. Αυτό το εύρημα υποδηλώνει ότι η τήρηση αποθεμάτων έχει σημασία μόνο όταν ο έμπορος λιανικής προσπαθεί να απέχει από τον κίνδυνο (risk averse). Για το μοντέλο πολλαπλών περιόδων, προτείνεται μια διαδικασία λύσης που χρησιμοποιεί αντίστροφη επαγωγή, καθώς η άμεση επέκταση της λύσης μιας περιόδου είναι αδύνατη. Πραγματοποιούμε επίσης ανάλυση ευαισθησίας της ζήτησης και της προσφοράς με στόχο να δώσουμε κάποιες διαχειριστικές προτάσεις για τον έλεγχο του κινδύνου ζήτησης και την επιλογή προμηθευτή.

Κεφάλαιο 3: Το πρόβλημα του εφημεριδοπώλη

3.1 Κλασικό πρόβλημα του Εφημεριδοπώλη

Το πρόβλημα του εφημεριδοπώλη είναι ένα κλασικό πρόβλημα της εφοδιαστικής αλυσίδας κατά το οποίο ένας πωλητής διαθέτει ένα προϊόν προς πώληση για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα με κάποια στοχαστική ζήτηση. Βρίσκει εφαρμογή σε πλήθος τομέων όπως ο ξενοδοχειακός, ο αεροπορικός, της ένδυσης, των τροφίμων και ούτω καθεξής. Ο πωλητής, λοιπόν, παραγγέλλει από προμηθευτή μια ποσότητα προϊόντος Q , μοναδιαίου κόστους c και το διαθέτει για πώληση με μοναδιαίο κόστος $p > c$. Στις περιπτώσεις όπου η ζήτηση D είναι στοχαστική, διακρίνονται τρία ενδεχόμενα:

1. $Q < D$, όπου ο πωλητής έχει διαφεύγοντα κέρδη, καθώς αφ' ενός υπάρχει ανικανοποίητη ζήτηση και αφ' ετέρου χάνεται η καλή πίστη των πελατών. Το κόστος αυτό ορίζεται ως B σε €/τμχ.
2. $Q > D$, όπου ο πωλητής έχει αυξημένα κόστη, αφ' ενός διότι χρησιμοποιεί μεγαλύτερο αποθηκευτικό χώρο για τα περισσευούμενα προϊόντα και αφ' ετέρου διότι θα πρέπει είτε να απορρίψει περισσευούμενα προϊόντα, είτε να τα επιστρέψει στον παραγωγό σε μια τιμή $s < c < p$. Προφανώς $s < c$, διότι ο πωλητής θα επιστρέψει το προϊόν σε τιμή χαμηλότερη από την τιμή που το αγόρασε.
3. $Q = D$, όπου ο πωλητής έχει το μέγιστο κέρδος

Στόχος του εφημεριδοπώλη είναι να προβλέψει ποια θα είναι εκείνη η ποσότητα παραγγελίας Q^* που θα δώσει το μέγιστο κέρδος. Γίνεται αντιληπτό ότι αναμενόμενο κέρδος π θα είναι μια συνάρτηση που θα εξαρτάται από όλες τις μεταβλητές που αναφέρθηκαν. Συγκεκριμένα, ο πωλητής θα αγοράζει μια ποσότητα Q με κόστος $c \cdot Q$, θα πουλάει μια ποσότητα $\min(Q, D)$ με κέρδος $p \cdot \min(Q, D)$ και θα επιστρέφει μια ποσότητα $\max(Q - D, 0)$ με κέρδος $s \cdot \max(Q - D, 0)$. Τέλος, αν υπάρχει ανικανοποίητη ζήτηση μεγέθους $\max(D - Q, 0)$, θα υπάρξει επιπλέον κόστος απώλειας καλής πίστης $B \cdot \max(D - Q, 0)$. Επομένως,

$$\pi(Q, D) = p \cdot \min(Q, D) + s \cdot \max(Q - D, 0) - c \cdot Q - B \cdot \max(D - Q, 0)$$

Η συνάρτηση αυτή είναι δίκλαδη, όπως παρατηρείται:

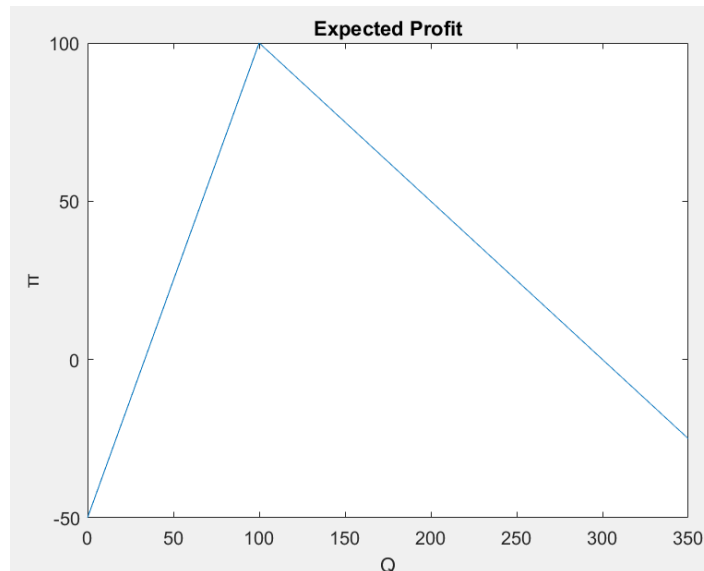
$$\pi(Q, D) = \begin{cases} p \cdot \min(Q, D) + s \cdot \max(Q - D, 0) - c \cdot Q - B \cdot \max(D - Q, 0), & Q < D \\ p \cdot \min(Q, D) + s \cdot \max(Q - D, 0) - c \cdot Q - B \cdot \max(D - Q, 0), & Q \geq D \end{cases} \Rightarrow$$

$$\pi(Q, D) = \begin{cases} p \cdot Q + s \cdot 0 - c \cdot Q - B \cdot (D - Q), & Q < D \\ p \cdot D + s \cdot (Q - D) - c \cdot Q - B \cdot 0, & Q \geq D \end{cases} \Rightarrow$$

$$\pi(Q, D) = \begin{cases} (p - c + B) \cdot Q - B \cdot D, & Q < D \\ (p - s) \cdot D - (c - s) \cdot Q, & Q \geq D \end{cases} \quad (3.1)$$

Παρατίθεται εν συνεχεία ένα παράδειγμα για οπτικοποίηση της συνάρτησης αναμενόμενου κέρδους. Έστω ότι $p = 2c = 4s = 4B = 2 \text{ €}/\text{τμχ}$ και ότι η ζήτηση μέχρι τέλος της περιόδου $D = 100 \text{ τμχ}$. Η συνάρτηση κέρδους για αυτή την περίπτωση είναι

$$\pi(Q, D) = \pi(Q, 100) = \begin{cases} 1.5Q - 50, & Q < 100 \\ 150 - \frac{Q}{2}, & Q \geq 100 \end{cases}$$



Σχήμα 3.1: Μεταβολή του αναμενόμενου κέρδους σε συνάρτηση με την ποσότητα παραγγελίας

Όπως ήταν αναμενόμενο, η συνάρτηση κέρδους μεγιστοποιείται όταν $Q=D$. Όταν $Q < D$, καθώς ο πωλητής παραγγέλνει μεγαλύτερο αριθμό προϊόντων, τόσο αυξάνεται το κέρδος, διότι καλύπτεται μεγαλύτερο ποσοστό της ζήτησης και ελαττώνονται τα διαφεύγοντα κέρδη. Ωστόσο, όταν καλυφθεί η ζήτηση, για $Q > D$, τα επιπλέον προϊόντα δημιουργούν ζημιά και μπορούν να οδηγήσουν την συνάρτηση κέρδους να αποκτήσει εκ νέου αρνητικές τιμές.

Σημειώνεται ότι ο εφημεριδοπώλης δεν γνωρίζει εκ των προτέρων την ζήτηση, ώστε το μέγεθος της παραγγελίας να είναι $Q=D$ και να μπορεί να υπολογίσει το κέρδος π . Σύμφωνα με τους Qin et al. Ο πωλητής μπορεί να επιλέξει ανάμεσα διάφορες πολιτικές για την επιλογή μεγέθους παραγγελίας.

Παραδείγματος χάρη χρησιμοποιείται πολιτική μηδενικού ρίσκου, όπου ελαχιστοποιούνται οι χαμένες πωλήσεις με παραγγελία μεγάλου σχετικά πλήθους προϊόντων, η πολιτική μηδενικών επιστροφών, όπου ελαχιστοποιούνται οι επιστροφές στον παραγωγό με παραγγελία σχετικά μικρού πλήθους προϊόντων, η πολιτική ουδετερότητας ως προς το ρίσκο, όπου ο πωλητής δεν έχει προτίμηση προς κάποια κατεύθυνση και ούτω καθεξής.

Αποδεικνύεται ότι η πολιτική της ουδετερότητας ως προς το ρίσκο αποδίδει το μέγιστο κέρδος π . Το μέσο αναμενόμενο κέρδος για στοχαστική ζήτηση D υπολογίζεται ως:

$$E(\pi(Q, D)) = \int_0^{\infty} \pi(Q) f(D) dD \Rightarrow$$

$$E(\pi(Q, D)) = \int_0^Q [(p - s) \cdot D - (c - s) \cdot Q] f(D) dD + \int_Q^{\infty} [(p - c + B) \cdot Q - B \cdot D] f(D) dD \quad (3.2)$$

Εδώ εισάγεται η μέση τιμή της ζήτησης, η οποία ορίζεται ως

$$\mu = \int_0^{\infty} x f(x) dx \quad (3.3)$$

Μετά από υπολογισμούς, προκύπτει ότι

$$E(\pi(Q, D)) = (p - s)\mu - (c - s)Q - (p - s + B)ES(Q) \quad (3.4)$$

Όπου

$$ES(Q) = \int_Q^{\infty} (D - Q) f(D) dD \quad (3.5)$$

Εισάγονται δυο νέες παράμετροι, το μοναδιαίο κόστος πλεονάσματος $c_o = c - s$ και το μοναδιαίο κόστος ελλείματος $c_u = p - c + B$. Υπολογίζονται η πρώτη και η δεύτερη παράγωγος του μέσου αναμενόμενου κέρδους:

$$\frac{dE(\pi(Q, D))}{dQ} = c_o F(Q) - c_u [1 - F(Q)] \quad (3.6)$$

$$\frac{d^2 E(\pi(Q, D))}{d^2 Q} = (c_o + c_u) f(Q) \geq 0 \quad (3.7)$$

Όπου

$$F(Q) = \int_0^Q f(x)dx \quad (3.8)$$

Παρατηρείται ότι η δεύτερη παράγωγος είναι μη αρνητική, επομένως εκεί που μηδενίζεται η πρώτη παράγωγος, θα υπάρχει μέγιστο, το οποίο θα αντιστοιχεί στην βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας Q^* .

Επομένως,

$$\begin{aligned} c_o F(Q^*) - c_u [1 - F(Q^*)] &= 0 \Rightarrow \\ F(Q^*) &= \frac{c_u}{c_o + c_u} \Rightarrow \\ Q^* &= F^{-1}\left(\frac{c_u}{c_o + c_u}\right) \end{aligned} \quad (3.9)$$

Το προσδοκώμενο μέσο κέρδος για μέγεθος παραγγελίας Q^* είναι

$$E(\pi(Q^*, D)) = (p - s)\mu - (p - s + B) \int_{Q^*}^{\infty} Df(D)dD \quad (3.10)$$

3.2 Πρόβλημα του εφημεριδοπώλη και η επίδραση της αβεβαιότητας στο μοντέλο

Η ικανοποίηση της ζήτησης ενός προϊόντος είναι αρκετά πολύπλοκη διαδικασία, διότι στην πραγματικότητα υπάρχει ο παράγοντας της αβεβαιότητας. Ένας παράγοντας αβεβαιότητας είναι η ζήτηση από τους καταναλωτές, η οποία δεν είναι γνωστή εκ των προτέρων. Ο πωλητής θα πρέπει να προβλέψει την ζήτηση στην αρχή της περιόδου, βασιζόμενος στην εμπειρία του ή σε κάποιο μαθηματικό μοντέλο. Το μαθηματικό μοντέλο μπορεί να προκύψει μετά από εκτενή δειγματοληψία, καταγράφοντας την ζήτηση για μεγάλο αριθμό περιόδων. Η κατανομή της ζήτησης μπορεί να συγκαταλέγεται σε διάφορους τύπους, όπως η κανονική κατανομή, η ομοιόμορφη κατανομή, κάποια εμπειρική κατανομή και ούτω καθεξής.

Ένας άλλος παράγοντας που προσδίδει αβεβαιότητα στο μοντέλο είναι η αναξιοπιστία του προμηθευτή, ο οποίος για διάφορους λόγους ενδέχεται να μην ικανοποιήσει την παραγγελία του πωλητή.

Διακρίνονται οι περιπτώσεις

- της μη παράδοσης, η οποία ονομάζεται και All or Nothing, επειδή υπάρχουν δυο ενδεχόμενα: να παραδοθεί το σύνολο της παραγγελίας q_i με πιθανότητα π_i ή κανένα προϊόν με πιθανότητα $(1 -$

π_i). Εδώ εισάγεται η μεταβλητή Bernoulli R_i που έχει τιμή 1 αν πραγματοποιηθεί η παραγγελία ή 0 στην περίπτωση αποτυχίας. Η ποσότητα προϊόντων που θα φτάσουν στην εταιρεία θα είναι $R_i q_i$.

- της καθυστερημένης παράδοσης, όπου μπορεί να φτάσουν στην εταιρεία το σύνολο ή μέρος των προϊόντων που έχει παραγγείλει, εκπρόθεσμα.
- της παράδοσης μόνο ενός μέρους της παραγγελίας. Τα προϊόντα που θα παραδώσει ο προμηθευτής θα ανήκουν σε μια κατανομή (κανονική, ομοιόμορφη, κτλ.). Εδώ ορίζεται η μ_α που ονομάζεται μέση τιμή της αναξιοπιστίας και η σ_α που ονομάζεται διασπορά της αναξιοπιστίας. Αυτή η περίπτωση διερευνήθηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία.

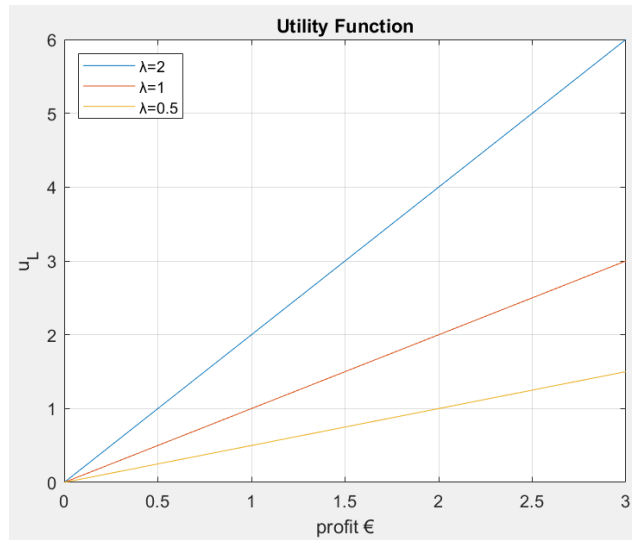
Η αβεβαιότητα μπορεί να επηρεάσει την απόφαση για το μέγεθος της παραγγελίας, διότι στο μοντέλο υπεισέρχεται ο παράγοντας του ρίσκου. Το ρίσκο μπορεί να φέρει ευκαιρίες, αλλά και κινδύνους όσον αφορά το κέρδος. Για παράδειγμα, μπορεί ο πωλητής να θεωρήσει ότι η ζήτηση θα είναι αυξημένη και να παραγγείλει μεγάλο αριθμό προϊόντων. Με αυτό τον τρόπο ρισκάρει, προσδοκώντας μεγαλύτερα κέρδη, με τον κίνδυνο να μείνουν απούλητα προϊόντα ή να υπάρξει πρόβλημα λόγω αναξιόπιστου προμηθευτή. Σε αντίθετη περίπτωση, μπορεί ο πωλητής να θεωρήσει ότι η ζήτηση θα είναι μειωμένη και γι' αυτό να μην ρισκάρει μια μεγάλη παραγγελία, θυσιάζοντας το ενδεχόμενο περισσότερων κερδών.

Μια μέθοδος για την έκφραση του βαθμού στον οποίο είναι διατεθειμένος να ρισκάρει ο πωλητής είναι η συνάρτηση ωφελιμότητας (Utility Function) u_L . Σε αυτή την εργασία η συνάρτηση είναι δίκλαδη, ώστε να προσομοιώσει κάποια επιλεγμένη πολιτική για το ενδεχόμενο του κέρδους (profit) και το ενδεχόμενο της ζημιάς (loss). Επιπλέον, επιλέγεται να διέρχεται από την αρχή των αξόνων:

$$u_L(x) = \begin{cases} \lambda_1 x, & x \geq 0 \\ \lambda_2 x, & x < 0 \end{cases} \quad (3.11)$$

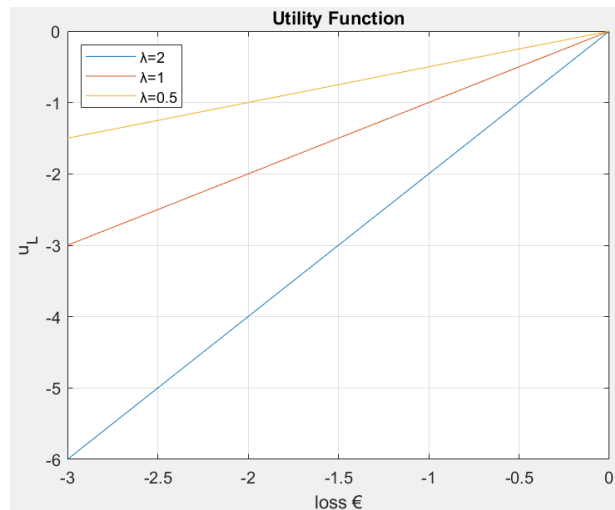
Όπου x το κέρδος/ζημιά στο τέλος της περιόδου.

Δημιουργείται το παρακάτω διάγραμμα για την επεξήγηση του ρόλου του λ στην περίπτωση του κέρδους $x \geq 0$:



Σχήμα 3.2: Επίδραση της σταθεράς λ στην συνάρτηση ωφελιμότητας όταν ο προμηθευτής έχει κέρδος

Διαπιστώνεται ότι καθώς αυξάνεται το λ , για σταθερό κέρδος η συνάρτηση ωφελιμότητας έχει υψηλότερη τιμή, δηλαδή ο πωλητής είναι πιο ικανοποιημένος.



Σχήμα 3.3: Επίδραση της σταθεράς λ στην συνάρτηση ωφελιμότητας όταν ο προμηθευτής έχει ζημιά

Αντίστοιχα, καθώς αυξάνεται το λ , ο πωλητής είναι πιο δυσαρεστημένος από ενδεχόμενη ζημιά.

Διακρίνονται, λοιπόν, οι περιπτώσεις:

- $0 < \lambda < 1$, όπου ορίζεται η πολιτική risk seeking, δηλαδή ο πωλητής είναι πρόθυμος να ρισκάρει για να αποκτήσει μεγάλα κέρδη, με ενδεχόμενο ζημιάς
- $\lambda = 1$, όπου ορίζεται η πολιτική του risk neutrality, δηλαδή ο πωλητής είναι αδιάφορος ως προς το ρίσκο
- $\lambda > 1$, όπου ορίζεται η πολιτική του risk averse, δηλαδή ο πωλητής αποφεύγει να ρισκάρει για να αποφύγει το ενδεχόμενο ζημιάς

3.3 Το πρόβλημα του εφημεριδοπώλη με αποστροφή στον κίνδυνο (risk averse)

Ως επέκταση του κλασικού προβλήματος του εφημεριδοπώλη, έχει προταθεί από τη διεθνή βιβλιογραφία η συμπερίληψη στο συγκεκριμένο πρόβλημα της αποστροφής προς τον κίνδυνο. Σε ένα αβέβαιο περιβάλλον ο εφημεριδοπώλης αποστρέφεται τον κίνδυνο, δηλαδή καλείται να πάρει αποφάσεις με την προσπάθεια ελαχιστοποίησης του κινδύνου.

Υπάρχουν διάφορες περιπτώσεις αποστροφής στον κίνδυνο. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν οι περιπτώσεις

- μη επιθυμίας διάσωσης πλεονάζοντος αποθέματος
- αποστροφής απώλειας πιθανών πωλήσεων
- προσπάθειας ελαχιστοποίησης απώλειας μεταξύ της παραγγελίας

Στην παρούσα διπλωματική ερευνήθηκαν οι πιο διαδεδομένες επεκτάσεις του προβλήματος εφημεριδοπώλη, με αποστροφή στον κίνδυνο.

3.3.1. Loss-Averse Preferences

Θεωρείται τώρα η συνάρτηση ωφελιμότητας u_L και η αναμενόμενη συνάρτηση ωφελιμότητας E:

$$u_L(w) = \begin{cases} w, & w \geq w_0 \\ \lambda w, & w < w_0 \end{cases} \quad (3.12)$$

Όπου ως w_0 ορίζεται ένα αρχικό κεφάλαιο που διαθέτει ο εφημεριδοπώλης και $\lambda > 1$. Αυτό το μοντέλο περιγράφει έναν πωλητή ουδέτερο ως προς το ρίσκο για $w \geq w_0$ και με αποστροφή στο ρίσκο για $w < w_0$, όπου w_0 ορίζεται το αρχικό κεφάλαιο της επένδυσης του εφημεριδοπώλη.

$$E(u_L(q, D, w_0)) = w_0 + E(\pi(q, D)) + (\lambda - 1) \int_0^{\overline{d(q)}} f(x)\pi(q, x)dx \quad (3.13)$$

όπου $\overline{d(q)}$ είναι η ποσότητα η οποία ισορροπεί τα έσοδα και τα έξοδα του επιχειρηματία, δηλαδή είναι η τιμή για την οποία έχουμε :

$$\pi(q, \overline{d(q)}) = 0 \Leftrightarrow (p - s) \min(q, \overline{d(q)}) - (c - s)q = 0 \quad (3.14)$$

Αν έχουμε $q < \overline{d(q)}$ τότε $\pi(q, \overline{d(q)}) = (p - c)q \neq 0$. Άρα υποχρεωτικά θα πρέπει να ισχύει ότι $\overline{d(q)} \leq q$. Τότε όμως

$$(p - s) \overline{d(q)} - (c - s)q = 0 \Leftrightarrow \overline{d(q)} = \frac{(c - s)q}{p - s} \quad (3.15)$$

3.3.2. Waste-Averse Preferences

Εδώ ο επενδυτής δεν επιθυμεί να διασώσει το πλεονάζων απόθεμα, οπότε επιφέρει ποινή $t > 0$ για κάθε χρηματική μονάδα του πλεονάζοντος αποθέματος. Σε αυτή την περίπτωση, η μέση συνάρτηση χρησιμότητας θα είναι:

$$E(u_t(q, D, w_0)) = w_0 + E(u_n(\pi(q, D))) - t \int_0^q f(x)(q - x)dx \quad (3.16)$$

Ας υποθεθεί ότι q_t είναι η ποσότητα που μεγιστοποιεί την ανωτέρω συνάρτηση, u_t η συνάρτηση ωφελιμότητας για waste-averse πολιτική και u_n η συνάρτηση ωφελιμότητας για risk-neutral πολιτική.

Τότε ισχύει η ανισότητα $q_t < q_n$ όπου υπενθυμίζουμε ότι q_n είναι η ποσότητα που μεγιστοποιεί τη συνάρτηση $E(u_n(\pi(q, D)))$.

3.3.3. Stockout-Averse Preferences

Σε αυτή την περίπτωση, ο επενδυτής απεχθάνεται να χάνει πιθανές πωλήσεις (stockout-averse preferences), καθώς αυτό μπορεί να είναι κάτι που ενοχλεί τους πελάτες ή να δημιουργεί απώλεια θέσης στην αγορά εργασίας με την έννοια ότι οι πελάτες μπορεί να μην τον επιλέξουν ξανά στο μέλλον. Έστω $u_m(q, D, w_0)$ η stockout-averse συνάρτηση χρησιμότητας. Τότε:

$$E(u_m(q, D, w_0)) = w_0 + E(u_n(\pi(q, D))) - a \int_q^{+\infty} f(x)(x - q)dx \quad (3.17)$$

Σε αυτή την περίπτωση αν συμβολίζουμε με q_m την ποσότητα που μεγιστοποιεί τη συνάρτηση $E(u_m(q, D, w_0))$ τότε θα ισχύει $q_m > q_n$ όπου q_n η ποσότητα που μεγιστοποιεί τη συνάρτηση $E(u_n(\pi(q, D)))$.

3.3.4. Προτίμηση προς την ελαχιστοποίηση της απογραφής των εκ των υστέρων σφαλμάτων

Εδώ αυτός που λαμβάνει τις αποφάσεις ενδιαφέρεται επί της ουσίας να ελαχιστοποιήσει την απώλεια που υπάρχει μεταξύ της παραγγελίας q που θα κάνει και της πραγματοποιηθείσας ζήτησης. Θεωρούμε μια συνάρτηση δ παραγωγίσιμη τέτοια ώστε $\delta'(x) > 0$ και $\delta(0) = 0$. Η μέση συνάρτηση χρησιμότητας σε αυτή την περίπτωση θα είναι:

$$E(u_e(q, D, w_0)) = w_0 + E(u_n(\pi(q, D))) - \int_0^{+\infty} f(x)\delta(|q-x|)dx \quad (3.18)$$

Παράδειγμα 1:

Ας θεωρήσουμε την κοίλη συνάρτηση $\delta(x) = \ln(1+x)$, άρα $\delta(|q-x|) = \ln(1+|q-x|)$

Τότε θέλουμε να βρούμε το q_e που μεγιστοποιεί τη συνάρτηση

$$E(u_e(q, D, w_0)) = w_0 + E(u_n(\pi(q, D))) - \int_0^{+\infty} f(x)\ln(1+|q-x|)dx$$

Παράδειγμα 2:

Ας θεωρήσουμε την κοίλη συνάρτηση $\delta(x) = \sqrt{x}$ άρα $\delta(|q-x|) = \sqrt{|q-x|}$

Τότε θέλουμε να βρούμε το q_e που μεγιστοποιεί τη συνάρτηση

$$E(u_e(q, D, w_0)) = w_0 + E(u_n(\pi(q, D))) - \int_0^{+\infty} f(x)\sqrt{|q-x|}dx$$

3.4 Το πρόβλημα του εφημεριδοπώλη με διάφορα κριτήρια

Κριτήριο VaR και κριτήριο CVaR

Στην ενότητα αυτή, ορίζεται το πρόβλημα του εφημεριδοπώλη με 3 παραδοχές. Αρχικά υποθέτουμε ότι η τυχαία ζήτηση και η τυχαία διαθεσιμότητα των προϊόντων είναι ανεξάρτητες. Χωρίς βλάβη της γενικότητας υποθέτουμε ότι:

$$\pi_c(Q) = (r-c)Q - (r-s)(Q-D) \quad (1)$$

Το κέρδος για την αναξιοπιστία είναι:

$$\pi_s(Q) = (r - c)\min\{Q, A\} - (r - s)(\min\{Q, A\} - D)^+ \quad (2)$$

Όπου Q η ποσότητα παραγγελίας του πωλητή και όπου A η ποσότητα διαθεσιμότητας του προϊόντος από τον προμηθευτή.

Έτσι προκύπτει ότι το αναμενόμενο κέρδος $\pi_s(Q)$ θα είναι:

$$E(\pi_s(Q)) = (r - c) \int_0^Q y dG(y) + (r - c)(1 - G(Q))Q - (r - s) \int_0^Q \int_0^y (y - x) dF(x) dG(y) - (r - s)(1 - G(Q)) \int_0^Q (Q - x) dF(x)$$

Όπου F(x) η συνάρτηση της ζήτησης και G(x) συνάρτηση του αποθέματος.

Τα μέτρα κινδύνου με τα οποία εμείς θα ασχοληθούμε είναι: Το αναμενόμενο κέρδος, το κριτήριο της μέσης τιμής-διασποράς, το κριτήριο VaR και το κριτήριο CVaR για τη μοντελοποίηση του προβλήματος του εφημεριδοπώλη. Το αναμενόμενο κέρδος όπως και το απλό πρόβλημα του εφημεριδοπώλη με ουδέτερη πολιτική ως προς το ρίσκο προκύπτει από την μεγιστοποίηση του αναμενόμενου κέρδους.

Το κριτήριο VaR υπολογίζει τη μέγιστη απώλεια κέρδους στην πλειοψηφία των περιπτώσεων (συνήθως 95% ενώ σε κάποιες περιπτώσεις φτάνει και στο 99%). Το κλασικό κριτήριο VaR μεγιστοποιεί το κάτω άκρο του μονόπλευρου διαστήματος εμπιστοσύνης (Artzner et al. (1999)). Το ξεκάθαρο μειονέκτημα του κλασικού κριτηρίου VaR είναι ότι απλά υπολογίζει το ρίσκο όχι όμως και το αναμενόμενο κέρδος. Παρότι αρκετοί διευθυντές αποθεμάτων ακολουθούν συντηρητική πολιτική ως προς το ρίσκο (risk-avers policy), παρόλα αυτά πάντα προσπαθούν να επιτύχουν μεγιστοποίηση των κερδών. Για να μπορέσει αυτό να συμβεί το κριτήριο VaR μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως σταθερά για παράδειγμα με πιθανότητα μεγαλύτερη του 95% το ρεαλιστικό κέρδος μπορεί να βρίσκεται πάνω από ένα σταθερό κατώτατο που έχει τεθεί. Οι Gan et al. (2005) επισήμαναν ότι η σταθερά VaR είναι ισοδύναμη με μια αρνητική σταθερά ρίσκου (downside risk constant), η οποία απαιτείται ώστε το χειρότερο σενάριο απωλειών να έχει μία απόσταση ασφαλείας από ένα κατώτατο κατώφλι. Το πρόβλημα απόφασης με VaR κριτήριο μοντελοποιείται ως ένα πρόβλημα μαθηματικού προγραμματισμού με τον εξής τρόπο

$$\max_{Q \geq 0} E(\pi(Q))$$

$$\text{s.t. } P(\pi(Q) \leq \pi_0) \leq \eta \quad (3)$$

όπου το π_0 είναι μια σταθερά και $\eta \in (0,1]$. Πρακτικά εδώ ζητείται η μεγιστοποίηση της μέσης τιμής του κέρδους, υπό την προϋπόθεση ότι η συνάρτηση κέρδους $\pi(Q)$ δεν θα ξεπεράσει μια υποτιθέμενη σταθερά π_0 με πιθανότητα η , την οποία επί της ουσίας την ελέγχει ο διαχειριστής του προβλήματος. Για την περίπτωση όπου $\eta = 1$, το πρόβλημα του εφημεριδοπώλη με την VaR σταθερά γίνεται ουσιαστικά ίδιο με το απλό πρόβλημα του εφημεριδοπώλη

Για την ειδική περίπτωση όπου έχουμε $\eta = 1$, το πρόβλημα του εφημεριδοπώλη με την VaR σταθερά μετατρέπεται στο απλό πρόβλημα του εφημεριδοπώλη.

Στην πράξη, ένα ελάττωμα του κριτηρίου VaR περιορισμού είναι η πολυπλοκότητα στον υπολογισμό τέτοιων προβλημάτων αφού η συνάρτηση μεγιστοποίησης ενδέχεται να είναι μη κυρτή, άρα φεύγουμε από το πλαίσιο του κυρτού προγραμματισμού, το οποίο έχει μελετηθεί διεξοδικά και λύνεται σε πολύ σύντομο χρόνο. Για να ξεπεραστεί το πρόβλημα αυτό, οι Danielsson et al. (2008) παρέθεσαν έναν αποδοτικότερο όρο συμφωνα με τον οποίο μπορούν να αντιμετωπιστούν σε σημαντικό βαθμό οι υπολογιστικές δυσκολίες που προκύπτουν. Στην συνέχεια, οι Birgin et al. (2011) ανέπτυξαν μια προσέγγιση μειωμένης αξίας παραγγελίας, για την επίλυση προβλημάτων βελτιστοποίησης με περιορισμό τύπου VaR. Τα από πάνω αποτελέσματα μπορούν να βοηθήσουν στην αναζήτηση της βέλτιστης λύσης του προβλήματος του εφημεριδοπώλη με περιορισμούς τύπου VaR .

Τώρα, το κριτήριο CVaR μεγιστοποιεί τη συνάρτηση μέσου κέρδος που πέφτει κάτω από ένα ορισμένο ποσοστημόριο (ή VaR), το οποίο ορίζεται ως το μέγιστο κέρδος σε συγκεκριμένο επίπεδο εμπιστοσύνης. Το πρόβλημα μεγιστοποίησης υπό το κριτήριο CVaR ορίζεται ως εξής:

$$CVaR_{\eta}(\pi(Q)) = \max_{\varphi \in \mathbb{R}} \left\{ q(Q, \varphi) := \varphi - \frac{1}{\eta} E \left((\varphi - \pi(Q))^+ \right) \right\} \quad (4)$$

Όπου $\eta \in (0,1]$ και προσδιορίζει τον βαθμό της συντηρητικής πολιτικής (risk-aversion). Όσο μικρότερη είναι η τιμή του η , τότε τόσο μεγαλύτερη αποστροφή ως προς τον κίνδυνο έχει ο εφημεριδοπώλης

Το CVaR είναι ένα κυρτό μέτρο κινδύνου με ελκυστικά υπολογιστικά χαρακτηριστικά και, κατά συνέπεια, χρησιμοποιείται ευρέως στους χρηματοπιστωτικούς τομείς. Περαιτέρω, το CVaR δεν εξετάζει μόνο τον καθοδικό κίνδυνο, αλλά λαμβάνει επίσης υπόψη το κέρδος, δεδομένου ότι μπορεί να ισοδυναμεί με ένα ειδικό κριτήριο μέσου κινδύνου (Choi and Andrzej (2008)). Για περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με το CVaR, παραπέμπουμε στους Rockafellar και Uryasev (2000), Rockafellar και Uryasev (2002) και στις αναφορές σε αυτά.

Για να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος του κέρδους, ο στόχος του λήπτη αποφάσεων είναι η μεγιστοποίηση της συνάρτησης του CVaR, δηλαδή

$$\max_{Q \geq 0} CVaR_{\eta}(\pi(Q))$$

Όπου για την περίπτωση όπου $\eta = 1$, το CVaR ισοδυναμεί με τη μεγιστοποίηση της συνάρτησης του μέσου κέρδους.

Ανάλυση μέσης διακύμανσης (Mean-Variance)

Η ανάλυση μέσης διακύμανσης προτάθηκε για πρώτη φορά από τον Markowitz για να μετρήσει τον κίνδυνο που συνδέεται με την απόδοση των περιουσιακών στοιχείων. Χρησιμοποιεί την παράμετρο α ($\alpha \geq 0$) για να χαρακτηρίσει την αποστροφή στην λήψη αποφάσεων ως προς τον κίνδυνο, η οποία είναι μια ποσοτική συνάρτηση μεταξύ του μέσου κέρδους και του κινδύνου τα οποία συνδέονται μέσω της διασποράς του. Η περίπτωση όπου $\alpha = 0$ δηλώνει την ειδική περίπτωση μεγιστοποίησης μόνο της συνάρτησης του μέσου κέρδους. Η αύξηση του α υποδηλώνει την μεγαλύτερη προθυμία να θυσιαστεί το μέσο κέρδος προκειμένου να αποφευχθεί ο κίνδυνος που συνδέεται με τη διασπορά του. Στο σημείο αυτό να διευκρινιστεί ότι, για οποιοδήποτε δοσμένο α , μια λύση είναι βέλτιστη γνωρίζοντας ωστόσο, ότι για την τιμή του α αυτή δεν μπορούμε να βελτιώσουμε περισσότερο το μέσο κέρδος χωρίς να αναλάβουμε μεγαλύτερο κίνδυνο ή αντίστροφα να μειώσουμε τον κίνδυνο χωρίς να μειώσουμε το μέσο κέρδος. Επίσης σύμφωνα με τον Jammernegg, στην περίπτωση της loss-averse συνάρτησης χρησιμότητας, η βέλτιστη παραγγελία είναι εν γένει πιο μικρή από το κλασικό πρόβλημα του εφημεριδοπώλη. Επίσης παραπέμπουμε στον Jammernegg, καθώς εκεί υπάρχει η βέλτιστη παραγγελία υπό το κριτήριο CVaR στην περίπτωση εκείνη κατά την οποία η ζήτηση είναι ντετερμινιστική, δηλαδή δεν διέπεται καθόλου από τυχαιότητα.

Στο πλαίσιο της μέσης τιμής-διασποράς (mean-variance), η αντικειμενική συνάρτηση του προβλήματος του πωλητή ειδήσεων δίνεται ως εξής:

$$\max_{Q \geq 0} \{E(\pi(Q)) - \alpha Var(\pi(Q))\}$$

Όπου Q είναι η ποσότητα παραγγελίας, α είναι η παράμετρος που υποδηλώνει την προσέγγιση του προβλήματος ως προς το ρίσκο, $\pi(Q)$ είναι το τυχαίο δοσμένο κέρδος από την (1), $E[\pi(Q)]$ είναι η μέση

τιμή από την συνάρτηση (2) και τέλος το $\text{Var}[\pi(Q)]$ είναι η διασπορά του τυχαίου κέρδους που δίνεται από την συνάρτηση (4) .

Η διασπορά του τυχαίου κέρδους δίνεται από την εξίσωση:

$$\text{Var}[\pi(Q)] = E[\pi(Q)^2] - (E[\pi(Q)])^2$$

Προσαρμόζοντας τις εξισώσεις (1) και (2) στην (4), η συνάρτηση διασποράς του κέρδους του εφημεριδοπώλη μπορεί να γραφτεί και ως:

$$\begin{aligned} \text{Var}[\pi(Q)] = & -(r + p - s)^2 \left(\int_0^Q F(x) dx \right)^2 \\ & + \{2Q(r - s)(r + p - s) - 2p(r + p - s)E[D]\} \int_0^Q F(x) dx \\ & - 2(r + p - s)(r - p - s) \int_0^Q xF(x) dx + p^2 \text{Var}[D], \end{aligned} \quad (4)$$

Όπου $\text{Var}[D]$ είναι η διασπορά της τυχαίας ζήτησης D .

Σημειώνεται ότι η συνάρτηση του αναμενόμενου κέρδους είναι μια κοίλη συνάρτηση του Q και ασυμπτωτικά γραμμική με κλίση $s - c < 0$.

Σημειώνουμε ότι η διασπορά μπορεί γενικά να είναι οσοδήποτε μεγάλη και επομένως η παρουσία ενός μοναδικού τοπικού ελαχίστου δεν είναι εγγυημένη. Ωστόσο, επισημαίνεται ότι αυτό μπορεί να εξασφαλιστεί υπό την υπόθεση ότι η τυχαία ζήτηση D είναι πεπερασμένη με πιθανότητα 1.

Μπορούμε να λάβουμε τη βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας εφαρμόζοντας έναν μονοδιάστατο αλγόριθμο αναζήτησης όταν δεν μπορεί να ληφθεί η λύση κλειστής μορφής. Επιπλέον, η ποσότητα παραγγελίας του εφημεριδοπώλη μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αρχική λύση για τον αλγόριθμο αναζήτησης.

Σημειώνουμε ότι η ρητή μορφή της συνάρτησης διασποράς που εκφράζεται ως (4) στην παρούσα εργασία έχει υπολογιστικά πλεονεκτήματα. Τα αποτελέσματά μας δείχνουν ότι χρειάζεται να υπολογίσουμε μόνο τις $\int_0^Q F(x) dx$ και $\int_0^Q xF(x) dx$, οι οποίες μπορούν εύκολα να προσδιοριστούν μέσω αριθμητικών μεθόδων ολοκλήρωσης ή σε κάποιες περιπτώσεις μπορούν να έχουν αναλυτική και κλειστή μορφή.

Κεφάλαιο 4: Αποτελέσματα μοντέλου

4.1 Πρόβλημα του εφημεριδοπώλη με αναξιόπιστο προμηθευτή – ομοιόμορφη κατανομή

Στο κεφάλαιο αυτό, πρόκειται να εξεταστεί η περίπτωση του προβλήματος του εφημεριδοπώλη με αναξιόπιστο προμηθευτή κατά το οποίο έχουμε κατανομή της ζήτησης, η οποία ακολουθεί ομοιόμορφη κατανομή. Στον κώδικα A του παραρτήματος, έχουμε δοθεί κάποιες αρχικές τιμές, με τις οποίες στην συνέχεια γίνονται δοκιμές, σε κάθε σταθερά ξεχωριστά, με στόχο την παρατήρηση της επίδρασης της σταθεράς αυτής στην utility function καθώς και στην βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας. Σε κάθε μεταβολή που πραγματοποιούμε, οι υπόλοιπες μεταβλητές θα παραμένουν σταθερές, προκειμένου να εξετάζεται η κάθε μεταβλητή ξεχωριστά ως προς την επιρροή της στον κώδικα, και κατ' επέκταση στην utility function και την βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας. Αυτό θα βοηθήσει στην καλύτερη κατανόηση του προβλήματος και κατ' επέκταση σε συμπεράσματα ως προς την λήψη αποφάσεων.

Για τα Γραφήματα που θα ακολουθήσουν έχουμε χρησιμοποιήσει την utility function (ή συνάρτηση ωφελιμότητας):

$$u(x) = x$$

Δοθέντος ότι ο προμηθευτής μπορεί να παραδώσει y προϊόντα χρησιμοποιούμε ως βοηθητική συνάρτηση την:

$$\begin{aligned} L_1(Q, y) &= E_X[u(Q, y)] \\ &= \int_0^Q [u(w_0 + (p - s) \cdot x + (c - s) \cdot y)] f(x) dx + u(w_0 + (p - c) \cdot y) \cdot (1 - F(y)) \\ &= \int_0^Q [w_0 + (p - s) \cdot x + (c - s) \cdot y] f(x) dx + (w_0 + (p - c) \cdot y) \cdot (1 - F(y)) \end{aligned}$$

Άρα το expected utility θα είναι:

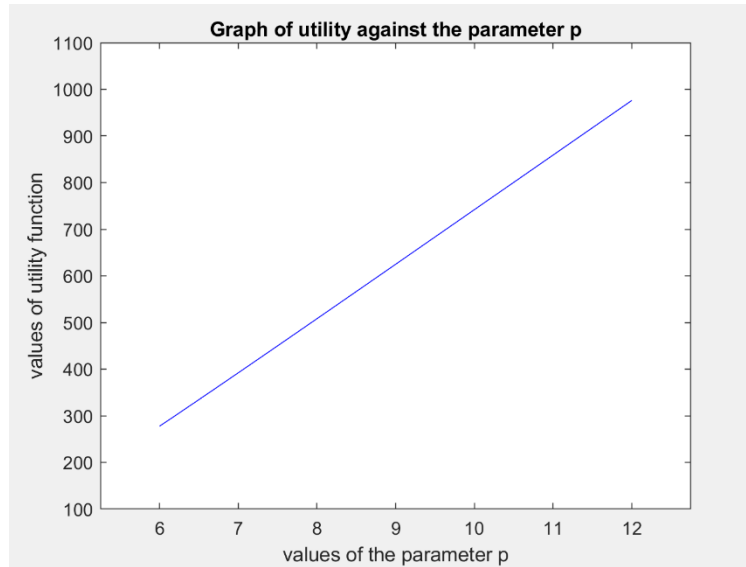
$$E(u)(Q) = \int_0^Q L_1(Q, y) g(y) dy + L_1(Q, Q) \cdot (1 - G(Q)) \quad (4.1)$$

Γραφική παράσταση τιμών παραμέτρου p ως προς την utility function.

Utility function: $u(x)=x$
Δοκιμή σταθεράς: p

Πίνακας A1:

Τιμή Πώλησης	p	6-12
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	31,75



Γράφημα A1

Το παραπάνω γράφημα προέκυψε από τον κώδικα του παραρτήματος Α στον οποίον πραγματοποιούνται δοκιμές της τιμής πώλησης του προϊόντος (p) σε ένα διάστημα μεταξύ 6 έως 12, ενώ όλες οι άλλες σταθερές παραμένουν όπως αναγράφονται στο πίνακα. Παρατηρούμε ότι η utility function είναι μια αύξουσα γραμμική συνάρτηση ως προς την παράμετρο p .

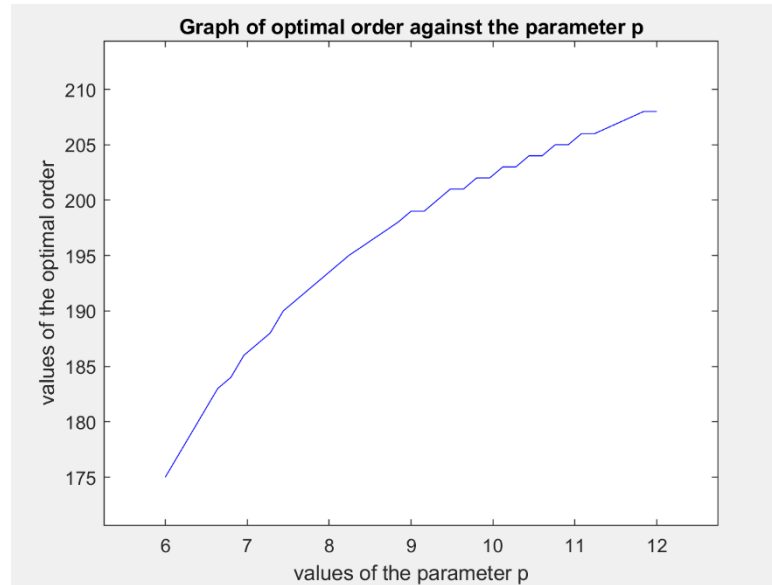
Συμπερασματικά όσο μεγαλώνει η τιμή πώλησης p , τόσο αυξάνεται γραμμικά το utility.

Γραφική παράσταση τιμών παραμέτρου p ως προς τη βέλτιστη παραγγελία.

Utility function: $u(x)=x$
Δοκιμή σταθεράς: p

Πίνακας A2:

Τιμή Πώλησης	p	6-12
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	31,75



Γράφημα A2

Σε αυτό το γράφημα εξετάζουμε την επίδραση της παραμέτρου p και το πως αυτή επηρεάζει την βέλτιστη τιμή της παραγγελίας, έχοντας διατηρήσει τον ίδιο κώδικα με πριν ως προς το διάστημα τιμών της παραμέτρου p (δηλαδή 6 έως 12), καθώς και των υπόλοιπων στοιχείων των δεδομένων όπως αυτά αναγράφονται στον παραπάνω πίνακα. Παρατηρούμε λοιπόν ότι η βέλτιστη παραγγελία παρουσιάζει αυξητική τάση της οποίας όμως ο ρυθμός μειώνεται και φαίνεται να σταθεροποιείται σε μια τιμή λίγο μικρότερη από 210.

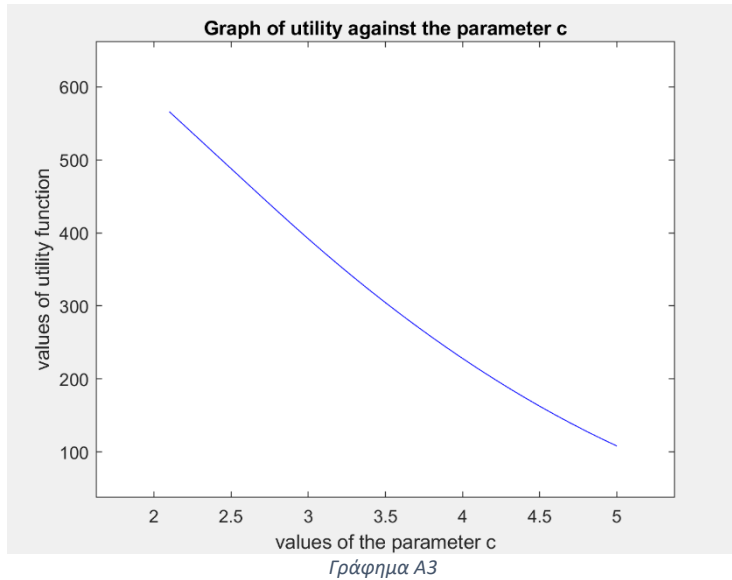
Συμπερασματικά όσο αυξάνεται η τιμή του p τόσο αυξάνεται και η τιμή της βέλτιστης παραγγελίας (ωστόσο όχι γραμμικά) έως ότου σταθεροποιηθεί σε μία τιμή η οποία παραμένει σταθερή ανεξάρτητα από την αύξηση της σταθεράς p .

Γραφική παράσταση τιμών παραμέτρου c ως προς την utility function.

Utility function: $u(x)=x$
Δοκιμή σταθεράς: c

Πίνακας A3:

Τιμή Πώλησης	ρ	7
Τιμή Αγοράς	c	2-5
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	31,75



Το παραπάνω γράφημα προέκυψε από τον κώδικα του παραρτήματος A στον οποίο πραγματοποιούνται δοκιμές της τιμής αγοράς του προϊόντος (c) σε ένα διάστημα μεταξύ 2 έως 5, ενώ όλες οι άλλες σταθερές παραμένουν όπως αναγράφονται στο πίνακα. Από το ανώτερο γράφημα παρατηρούμε ότι η utility function είναι μια φθίνουσα μη γραμμική συνάρτηση ως προς την παράμετρο ρ .

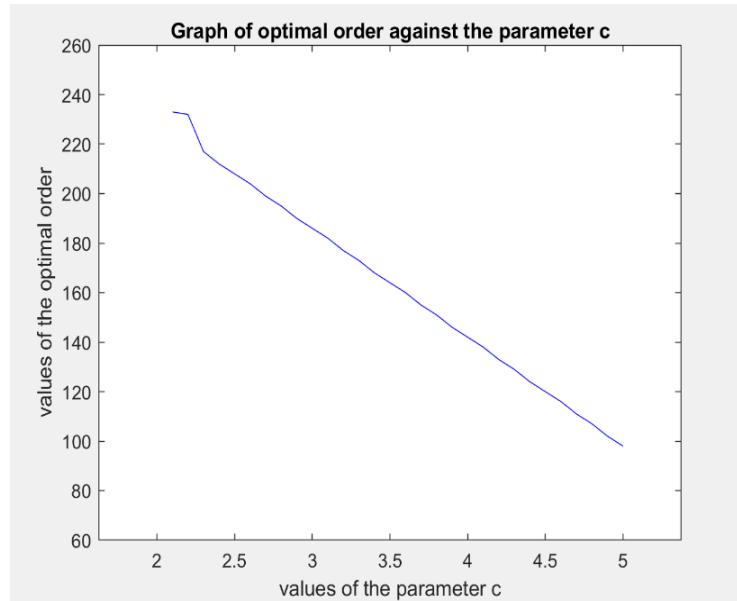
Συμπερασματικά όσο μεγαλώνει η τιμή αγοράς c (χωρίς ωστόσο να μεταφέρεται η αύξηση αυτή στην τιμή πώλησης) τόσο μειώνεται μη γραμμικά το utility.

Γραφική παράσταση τιμών παραμέτρου c ως προς τη βέλτιστη παραγγελία.

Utility function: $u(x)=x$
Δοκιμή σταθεράς: c

Πίνακας A4:

Τιμή Πώλησης	ρ	7
Τιμή Αγοράς	c	2-5
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	31,75



Γράφημα A4

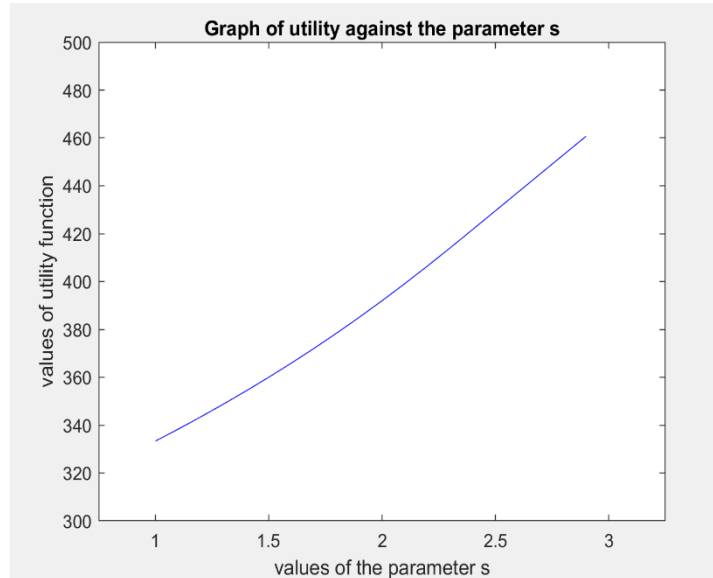
Σε αυτό το γράφημα εξετάζουμε την επίδραση της παραμέτρου c και το πως αυτή επηρεάζει την βέλτιστη τιμή της παραγγελίας, έχοντας διατηρήσει τον ίδιο κώδικα με πριν ως προς το διάστημα τιμών της παραμέτρου c (δηλαδή 2 έως 5), καθώς και των υπόλοιπων στοιχείων των δεδομένων όπως αυτά αναγράφονται στον παραπάνω πίνακα. Παρατηρούμε ότι η βέλτιστη παραγγελία παρουσιάζει πτωτική τάση της οποίας όμως ο ρυθμός μείωσης από μία τιμή και μετά (περί το 2.25) παραμένει σταθερός. Συμπερασματικά όσο αυξάνεται η τιμή του c τόσο μειώνεται και η τιμή της βέλτιστης παραγγελίας γραμμικά.

Γραφική παράσταση τιμών παραμέτρου s ως προς την utility function.

Utility function: $u(x)=x$
Δοκιμή σταθεράς: s

Πίνακας A5:

Τιμή Πώλησης	ρ	7
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	1-3
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	31,75



Γράφημα A5

Το παραπάνω γράφημα προέκυψε από τον κώδικα A του παραρτήματος στον οποίον πραγματοποιούνται δοκιμές της τιμής πώλησης του προϊόντος με penalty (s) σε ένα διάστημα μεταξύ 1 έως 3, ενώ όλες οι άλλες σταθερές παραμένουν όπως αναγράφονται στον πίνακα. Από το ανώτερο γράφημα παρατηρούμε ότι η utility function είναι μια αύξουσα μη γραμμική συνάρτηση ως προς την παράμετρο s .

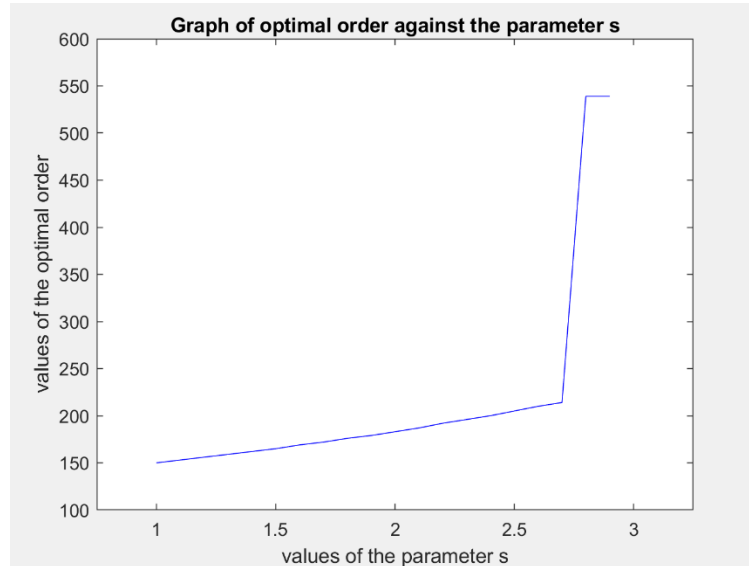
Συμπερασματικά όσο μεγαλώνει η τιμή πώλησης του προϊόντος με penalty (s) τόσο αυξάνεται μη γραμμικά το utility.

Γραφική παράσταση τιμών παραμέτρου s ως προς τη βέλτιστη παραγγελία.

Utility function: $u(x)=x$
Δοκιμή σταθεράς: s

Πίνακας Α6:

Τιμή Πώλησης	p	7
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	1-3
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	31,75



Γράφημα Α6

Σε αυτό το γράφημα εξετάζουμε την επίδραση της παραμέτρου s και το πως αυτή επηρεάζει την βέλτιστη τιμή της παραγγελίας, έχοντας διατηρήσει τον ίδιο κώδικα με πριν ως προς το διάστημα τιμών της παραμέτρου s (δηλαδή 1 έως 3), καθώς και των υπόλοιπων στοιχείων των δεδομένων όπως αυτά αναγράφονται στον παραπάνω πίνακα. Παρατηρούμε ότι η βέλτιστη παραγγελία παρουσιάζει αύξουσα συνάρτηση ως προς την σταθερά s , με μικρό ρυθμό αρχικά και στην συνέχεια με πολύ πιο γρήγορο, της οποίας όμως σε ένα σημείο παρατηρείται καμπή και μέγιστη τιμή περί το 550 στην τιμή του s κοντά στο 2,75. Στην συνέχεια σταθεροποιείται στην τιμή 550 και δεν παρουσιάζει καμία μεταβολή παρά την αύξηση της παραμέτρου s .

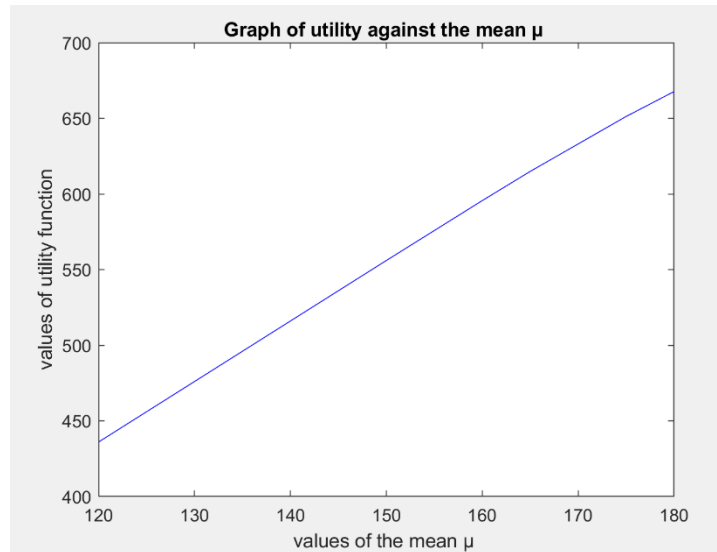
Συμπερασματικά όσο αυξάνεται η τιμή του s τόσο αυξάνεται και η τιμή της βέλτιστης παραγγελίας έως ότου φτάσει σε μία βέλτιστη μέγιστη τιμή 550 και σταθεροποιηθεί εκεί.

Γραφική παράσταση τιμών του μέσου μ ως προς την utility function.

Utility function: $u(x)=x$
Δοκιμή σταθεράς: μ

Πίνακας A7:

Τιμή Πώλησης	p	7
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120-180
Διασπορά ζήτησης	σ	31,75



Γράφημα A7

Το παραπάνω γράφημα προέκυψε από τον κώδικα A του παραρτήματος στον οποίο πραγματοποιούνται δοκιμές της μέσης τιμής της ζήτησης (μ) με τέτοιο τρόπο όμως όπου δεν θα επηρεάζεται η διασπορά της κατανομής την ζήτησης σε διάστημα από 120 έως 180, ενώ όλες οι άλλες σταθερές παραμένουν όπως αναγράφονται στο πίνακα. Από το ανώτερο γράφημα παρατηρούμε ότι η utility function είναι μια αύξουσα συνάρτηση με σταθερό ρυθμό αύξησης ως προς την μέση τιμή της ζήτησης (μ).

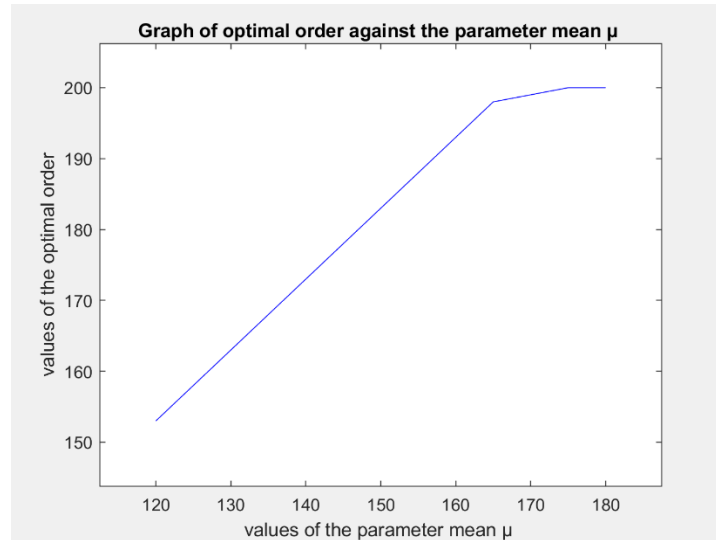
Συμπερασματικά όσο και να μεταβάλλεται η τιμή του μ αυξάνεται γραμμικά και η τιμή του utility.

Γραφική παράσταση τιμών του μέσου μ ως προς τη βέλτιστη παραγγελία.

Utility function: $u(x)=x$
Δοκιμή σταθεράς: μ

Πίνακας A8:

Τιμή Πώλησης	p	7
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120-180
Διασπορά ζήτησης	σ	31,75



Γράφημα A8

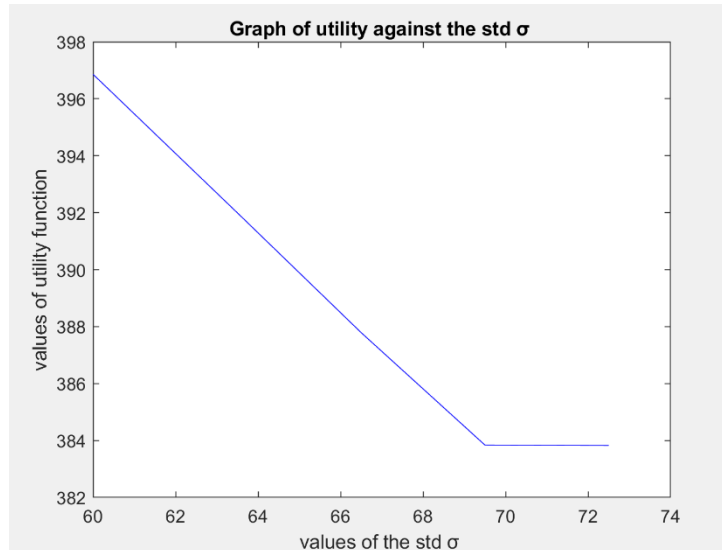
Σε αυτό το γράφημα εξετάζουμε την επίδραση της μέσης τιμής της ζήτησης και το πως αυτή επηρεάζει την βέλτιστη τιμή της παραγγελίας, έχοντας διατηρήσει τον ίδιο κώδικα με πριν ως προς το διάστημα τιμών της παραμέτρου μ (δηλαδή 120 έως 180), καθώς και των υπόλοιπων στοιχείων των δεδομένων όπως αυτά αναγράφονται στον παραπάνω πίνακα. Παρατηρούμε ότι η βέλτιστη παραγγελία αυξάνεται με σταθερό ρυθμό αρχικά έως μια τιμή λίγο πριν το 200 όταν το μ βρίσκεται στην τιμή κοντά στο 162. Από εκεί και έπειτα η αύξηση σταματάει να είναι γραμμική και ο ρυθμός αύξησης της μειώνεται έως ότου σταθεροποιηθεί στην τιμή 200 όταν το μ πάρει τιμές από ή και μεγαλύτερες του 172. Συμπερασματικά όσο αυξάνεται η μέση τιμή της ζήτησης η συνάρτηση παραμένει αυξανόμενη έως ότου από ένα σημείο και μετά σταθεροποιηθεί στην τιμή 200.

Γραφική παράσταση τιμών το std σ ως προς την utility function.

Utility function: $u(x)=x$
Δοκιμή σταθεράς: σ

Πίνακας A9:

Τιμή Πώλησης	ρ	7
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	60-72



Γράφημα A9

Το παραπάνω γράφημα προέκυψε από τον κώδικα A11 του παραρτήματος στον οποίο πραγματοποιούνται δοκιμές της τιμής της διασποράς της ζήτησης (σ) με τέτοιο τρόπο όμως όπου δεν θα επηρεάζεται η μέση τιμή της κατανομής της ζήτησης σε διάστημα από 60 έως 72.5, ενώ όλες οι άλλες σταθερές παραμένουν όπως αναγράφονται στο πίνακα. Από το ανώτερο γράφημα παρατηρούμε ότι η utility function είναι μια φθίνουσα συνάρτηση με σταθερό ρυθμό μείωσης ως προς την διασπορά της ζήτησης (σ) έως ότου σταθεροποιηθεί στην τιμή 384 από την τιμή 69.5 της διασποράς και μετά.

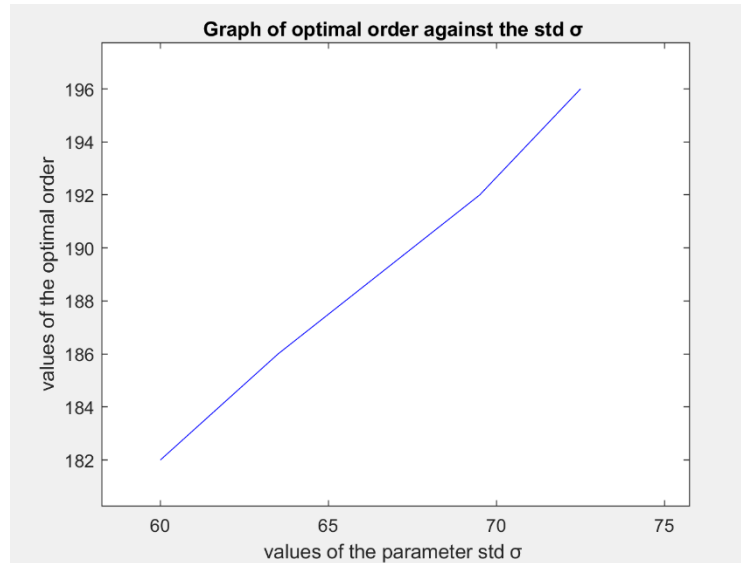
Συμπερασματικά στην αρχή όσο μεγαλώνει η τιμή της διασποράς στο διάστημα αυτό τόσο μειώνεται η τιμή του utility μέχρι να υπάρξει σταθεροποίηση στην τιμή 384.

Γραφική παράσταση τιμών το std σ ως προς τη βέλτιστη παραγγελία.

Utility function: $u(x)=x$
Δοκιμή σταθεράς: s

Πίνακας A10:

Τιμή Πώλησης	ρ	7
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	1-3
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	60-72



Γράφημα A10

Σε αυτό το γράφημα εξετάζουμε την επίδραση της διασποράς της ζήτησης και το πως αυτή επηρεάζει την βέλτιστη τιμή της παραγγελίας, έχοντας διατηρήσει τον ίδιο κώδικα με πριν ως προς το διάστημα τιμών της παραμέτρου σ (δηλαδή 60 έως 72.5), καθώς και των υπόλοιπων στοιχείων των δεδομένων όπως αυτά αναγράφονται στον παραπάνω πίνακα. Παρατηρούμε ότι η βέλτιστη παραγγελία αυξάνεται με σταθερό ρυθμό αρχικά έως μια τιμή λίγο πριν το 192 για την τιμή σ λίγο πριν το 70, όπου έπειτα συνεχίσει να αυξάνεται γραμμικά πάλι με σταθερό αλλά πιο γρήγορο ρυθμό.

Συμπερασματικά όσο αυξάνεται η διασπορά της ζήτησης τόσο αυξάνεται και η βέλτιστη τιμή της παραγγελίας.

4.2 Πρόβλημα του εφημεριδοπώλη με αναξιόπιστο προμηθευτή– Κανονική κατανομή

Στο κεφάλαιο αυτό, πρόκειται να εξεταστεί η περίπτωση του προβλήματος του του εφημεριδοπώλη με αναξιόπιστο προμηθευτή, κατά το οποίο έχουμε κατανομή της ζήτησης, η οποία ακολουθεί κανονική κατανομή. Στον κώδικα B του παραρτήματος, έχουν δοθεί κάποιες αρχικές τιμές, με τις οποίες στην συνέχεια γίνονται δοκιμές, σε κάθε σταθερά ξεχωριστά, με στόχο την παρατήρηση της επίδρασης της σταθεράς αυτής στην utility function καθώς και στην βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας. Σε κάθε μεταβολή που πραγματοποιούμε, οι υπόλοιπες μεταβλητές θα παραμένουν σταθερές, προκειμένου να εξετάζεται η κάθε μεταβλητή ξεχωριστά ως προς την επιρροή της στον κώδικα, και κατ' επέκταση στην utility function και την βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας. Αυτό θα βοηθήσει στην καλύτερη κατανόηση του προβλήματος και κατ' επέκταση σε συμπεράσματα ως προς την λήψη αποφάσεων.

Για τα Γραφήματα που θα ακολουθήσουν έχουμε χρησιμοποιήσει την utility function (ή συνάρτηση ωφελιμότητας):

$$u(x) = x$$

Δοθέντος ότι ο προμηθευτής μπορεί να παραδώσει y προϊόντα χρησιμοποιούμε ως βοηθητική συνάρτηση την:

$$\begin{aligned} L_1(Q, y) &= E_x[u(Q, y)] \\ &= \int_0^Q [u(w_0 + (p - s) \cdot x + (c - s) \cdot y)] f(x) dx + u(w_0 + (p - c) \cdot y) \cdot (1 - F(y)) \\ &= \int_0^Q [w_0 + (p - s) \cdot x + (c - s) \cdot y] f(x) dx + (w_0 + (p - c) \cdot y) \cdot (1 - F(y)) \end{aligned}$$

Άρα το expected utility θα είναι:

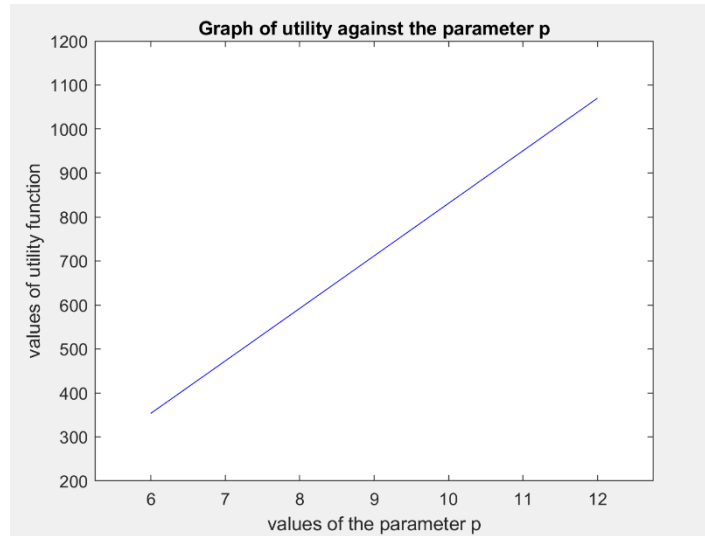
$$E(u)(Q) = \int_0^Q L_1(Q, y) g(y) dy + L_1(Q, Q) \cdot (1 - G(Q)) \quad (4.2)$$

Γραφική παράσταση τιμών παραμέτρου p ως προς την utility function.

Utility function: $u(x)=x$
Δοκιμή σταθεράς: p

Πίνακας Β1:

Τιμή Πώλησης	p	6-12
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	5



Γράφημα Β1

Το παραπάνω γράφημα προέκυψε από τον κώδικα Β του παραρτήματος στον οποίο πραγματοποιούνται δοκιμές της τιμής πώλησης του προϊόντος (p) σε ένα διάστημα μεταξύ 6 έως 12, ενώ όλες οι άλλες σταθερές παραμένουν όπως αναγράφονται στον πίνακα. Από το ανώτερο γράφημα παρατηρούμε ότι η utility function είναι μια αύξουσα γραμμική συνάρτηση ως προς την παράμετρο p .

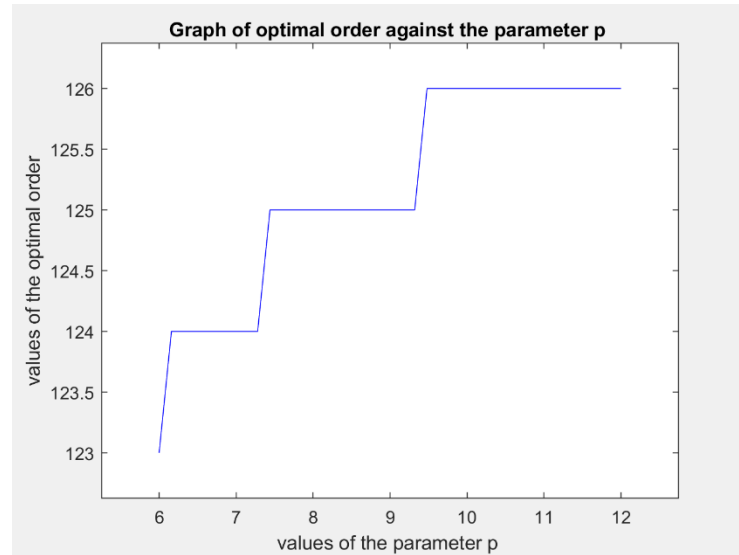
Συμπερασματικά όσο μεγαλώνει η τιμή πώλησης p , τόσο αυξάνεται γραμμικά το utility.

Γράφημα Β2: Γραφική παράσταση τιμών παραμέτρου p ως προς την βέλτιστη παραγγελία.

Utility function: $u(x)=x$
Δοκιμή σταθεράς: p

Πίνακας Β2:

Τιμή Πώλησης	p	6-12
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	5



Γράφημα Β2

Σε αυτό το γράφημα εξετάζουμε την επίδραση της παραμέτρου p και το πως αυτή επηρεάζει την βέλτιστη τιμή της παραγγελίας έχοντας διατηρήσει τον ίδιο κώδικα με πριν ως προς το διάστημα τιμών της παραμέτρου p (δηλαδή 6 έως 12), καθώς και των υπόλοιπων στοιχείων των δεδομένων όπως αυτά αναγράφονται στον παραπάνω πίνακα. Παρατηρούμε ότι η βέλτιστη παραγγελία παρουσιάζει αυξητική τάση κατά τμήματα, της οποίας όμως ο ρυθμός μειώνεται και φαίνεται να σταθεροποιείται σε μια τιμή λίγο μεγαλύτερη από 126.

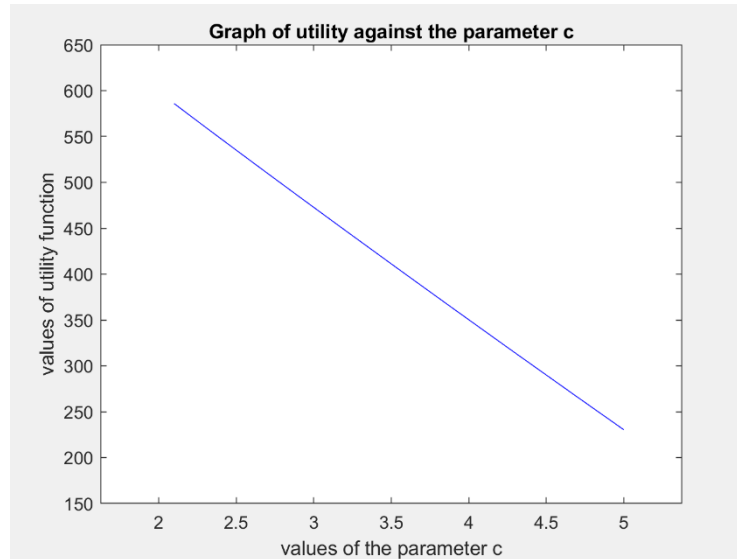
Συμπερασματικά όσο αυξάνεται η τιμή του p τόσο αυξάνεται και η τιμή της βέλτιστης παραγγελίας (ωστόσο όχι γραμμικά) έως ότου σταθεροποιηθεί σε μία τιμή η οποία παραμένει σταθερή ανεξάρτητα από την αύξηση της σταθεράς p .

Γραφική παράσταση τιμών παραμέτρου c ως προς την utility function.

Utility function: $u(x)=x$
Δοκιμή σταθεράς: c

Πίνακας Β3:

Τιμή Πώλησης	ρ	7
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	1-3
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	5



Γράφημα Β3

Το παραπάνω γράφημα προέκυψε από τον κώδικα Β του παραρτήματος στον οποίο πραγματοποιούνται δοκιμές της τιμής αγοράς του προϊόντος προς εξέταση στο διάστημα 2 έως 5, ενώ όλες οι άλλες σταθερές παραμένουν όπως αναγράφονται στο πίνακα. Από το ανώτερο γράφημα παρατηρούμε ότι η utility function πτωτική τάση.

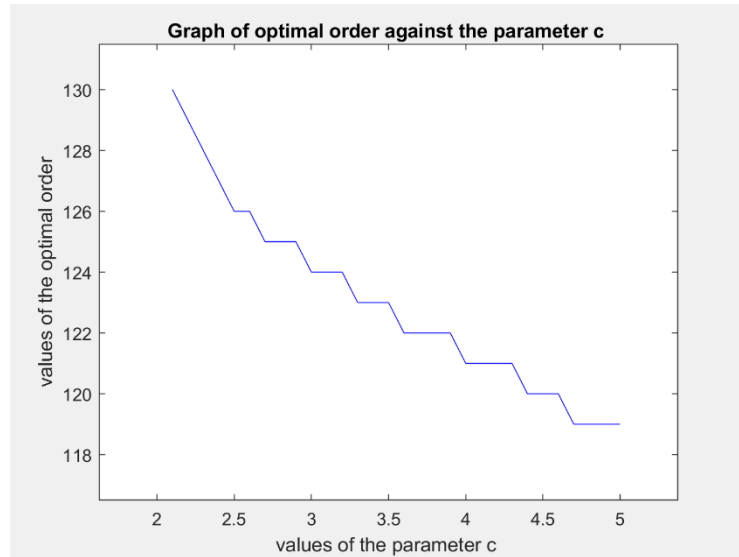
Συμπερασματικά όσο αυξάνεται η τιμή του c τόσο μειώνεται και η τιμή της utility function γραμμικά.

Γραφική παράσταση τιμών παραμέτρου c ως προς την βέλτιστη παραγγελία.

Utility function: $u(x)=x$
 Δοκιμή σταθεράς: c

Πίνακας Β4:

Τιμή Πώλησης	ρ	7
Τιμή Αγοράς	c	2-5
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	5



Γράφημα Β4

Σε αυτό το γράφημα εξετάζουμε την επίδραση της παραμέτρου c και το πως αυτή επηρεάζει την βέλτιστη τιμή της παραγγελίας, έχοντας διατηρήσει τον ίδιο κώδικα με πριν ως προς το διάστημα τιμών της παραμέτρου c (δηλαδή 2 έως 5), καθώς και των υπόλοιπων στοιχείων των δεδομένων όπως αυτά αναγράφονται στον παραπάνω πίνακα. Παρατηρούμε ότι η βέλτιστη παραγγελία παρουσιάζει πτωτική τάση κατά τμήματα.

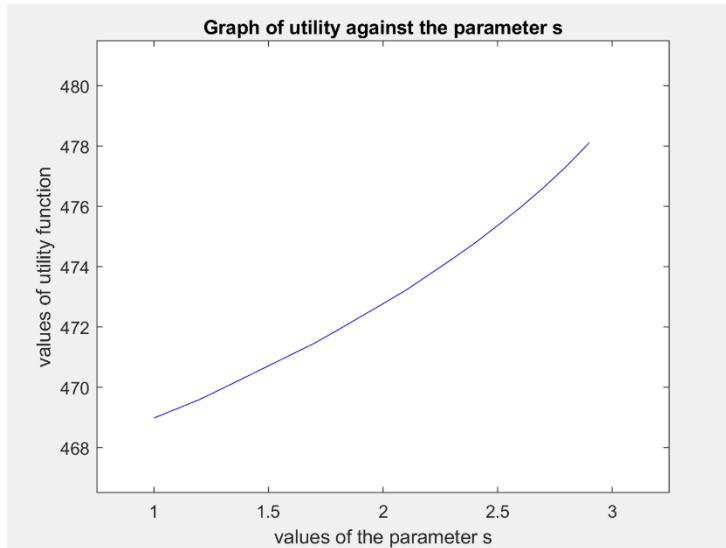
Συμπερασματικά όσο αυξάνεται η τιμή του c τόσο μειώνεται και η τιμή της βέλτιστης παραγγελίας.

Γραφική παράσταση τιμών παραμέτρου s ως προς την utility function.

Utility function: $u(x)=x$
Δοκιμή σταθεράς: s

Πίνακας Β5:

Τιμή Πώλησης	ρ	7
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	1-3
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	5



Γράφημα Β5

Το παραπάνω γράφημα προέκυψε από τον κώδικα Β του παραρτήματος στον οποίο πραγματοποιούνται δοκιμές της τιμής πώλησης του προϊόντος με penalty (s) σε ένα διάστημα μεταξύ 1 έως 3, ενώ όλες οι άλλες σταθερές παραμένουν όπως αναγράφονται στο πίνακα. Από το ανώτερο γράφημα παρατηρούμε ότι η utility function είναι μια αύξουσα μη γραμμική συνάρτηση ως προς την παράμετρο s .

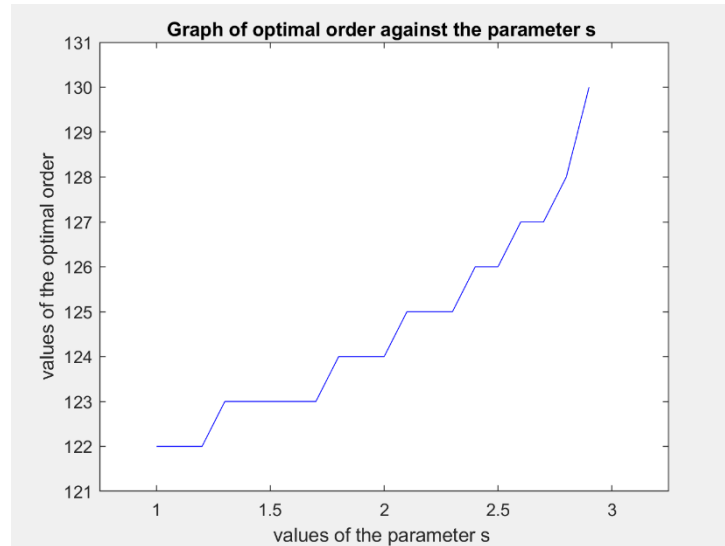
Συμπερασματικά όσο μεγαλώνει η τιμή πώλησης του προϊόντος με Penalty (s) τόσο αυξάνεται μη γραμμικά το utility.

Γραφική παράσταση τιμών παραμέτρου s ως προς την βέλτιστη παραγγελία.

Utility function: $u(x)=x$
 Δοκιμή σταθεράς: s

Πίνακας Β6:

Τιμή Πώλησης	ρ	7
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	1-3
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	5



Γράφημα Β6

Σε αυτό το γράφημα εξετάζουμε την επίδραση της παραμέτρου s και το πως αυτή επηρεάζει την βέλτιστη τιμή της παραγγελίας έχοντας διατηρήσει τον ίδιο κώδικα με πριν ως προς το διάστημα τιμών της παραμέτρου s (δηλαδή 1 έως 3), καθώς και των υπόλοιπων στοιχείων των δεδομένων όπως αυτά αναγράφονται στον παραπάνω πίνακα. Παρατηρούμε ότι το γράφημα της βέλτιστης παραγγελίας είναι μια αύξουσα μη γραμμική συνάρτηση, κατά τμήματα, ως προς την παράμετρο s .

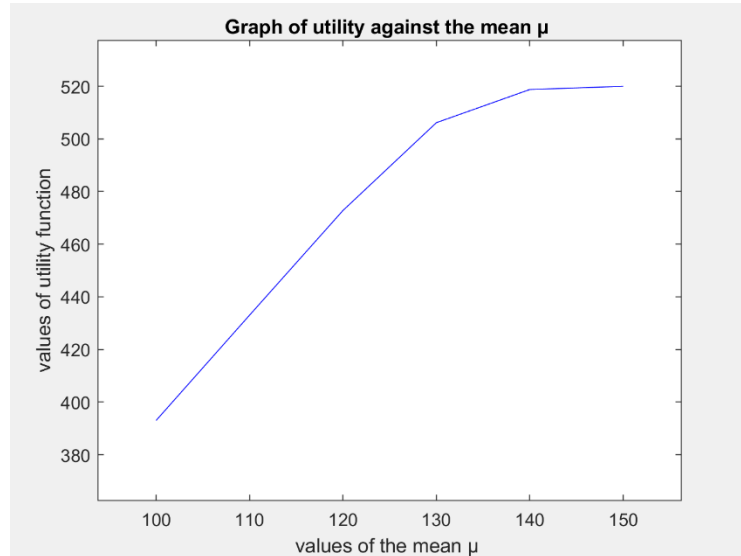
Συμπερασματικά όσο μεγαλώνει η τιμή πώλησης με Penalty (s) του προϊόντος τόσο αυξάνεται εκθετικά η βέλτιστη τιμή της παραγγελίας.

Γραφική παράσταση τιμών παραμέτρου της μέσης τιμής της ζήτησης ως προς την utility function.

Utility function: $u(x)=x$
 Δοκιμή σταθεράς: μ

Πίνακας Β7:

Τιμή Πώλησης	p	7
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
Μέση τιμή ζήτησης	μ	100-150
Διασπορά ζήτησης	σ	5



Γράφημα Β7

Το παραπάνω γράφημα προέκυψε από τον κώδικα Β του παραρτήματος στον οποίο πραγματοποιούνται δοκιμές της μέσης τιμής της ζήτησης (μ) με τέτοιο τρόπο όμως όπου δεν θα επηρεάζεται η διασπορά της κατανομής της ζήτησης σε διάστημα από 100 έως 150, ενώ όλες οι άλλες σταθερές παραμένουν όπως αναγράφονται στο πίνακα. Από το ανώτερο γράφημα παρατηρούμε ότι η utility function είναι μια αύξουσα συνάρτηση η οποία παρουσιάζει το σημείο καμπής.

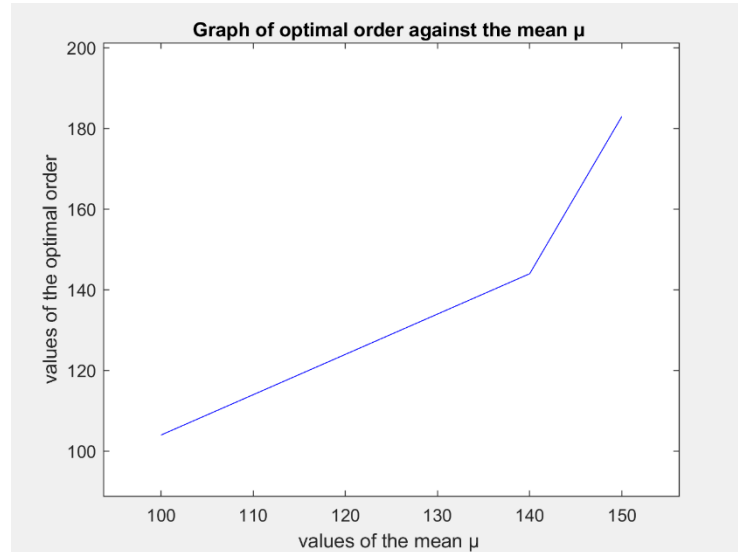
Συμπερασματικά όσο και να μεταβάλλεται η τιμή του μ αυξάνεται γραμμικά και η τιμή του utility.

Γραφική παράσταση τιμών παραμέτρου της μέσης τιμής της ζήτησης ως προς την βέλτιστη παραγγελία.

Utility function: $u(x)=x$
 Δοκιμή σταθεράς: μ

Πίνακας Β8:

Τιμή Πώλησης	p	7
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	1-3
Μέση τιμή ζήτησης	μ	100-150
Διασπορά ζήτησης	σ	5



Γράφημα Β8

Σε αυτό το γράφημα εξετάζουμε την επίδραση της μέσης τιμής της ζήτησης και το πως αυτή επηρεάζει την βέλτιστη τιμή της παραγγελίας, έχοντας διατηρήσει τον ίδιο κώδικα με πριν ως προς το διάστημα τιμών της παραμέτρου μ (δηλαδή 6 έως 12), καθώς και των υπόλοιπων στοιχείων των δεδομένων όπως αυτά αναγράφονται στον παραπάνω πίνακα. Παρατηρούμε ότι η γραφική παράσταση της βέλτιστης παραγγελίας είναι μια αύξουσα συνάρτηση.

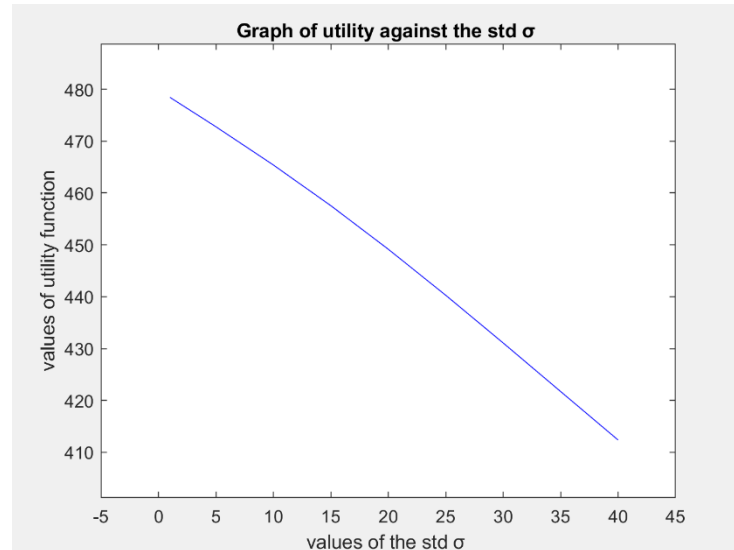
Συμπερασματικά όσο αυξάνεται η τιμή του μ αυξάνεται και η τιμή του βέλτιστου αριθμού της παραγγελίας.

Γραφική παράσταση τιμών παραμέτρου της διασποράς της ζήτησης ως προς την utility function.

Utility function: $u(x)=x$
Δοκιμή σταθεράς: σ

Πίνακας Β9:

Τιμή Πώλησης	p	7
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	1-3
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	0-40



Γράφημα Β9

Το παραπάνω γράφημα προέκυψε από τον κώδικα Β του παραρτήματος στον οποίο πραγματοποιούνται δοκιμές της διασποράς της ζήτησης (σ) με τέτοιο τρόπο όμως όπου δεν θα επηρεάζεται η μέση τιμή της κατανομής της ζήτησης σε διάστημα από 0 έως 40, ενώ όλες οι άλλες σταθερές παραμένουν όπως αναγράφονται στο πίνακα. Από το ανώτερο γράφημα παρατηρούμε ότι η utility function είναι μια φθίνουσα συνάρτηση.

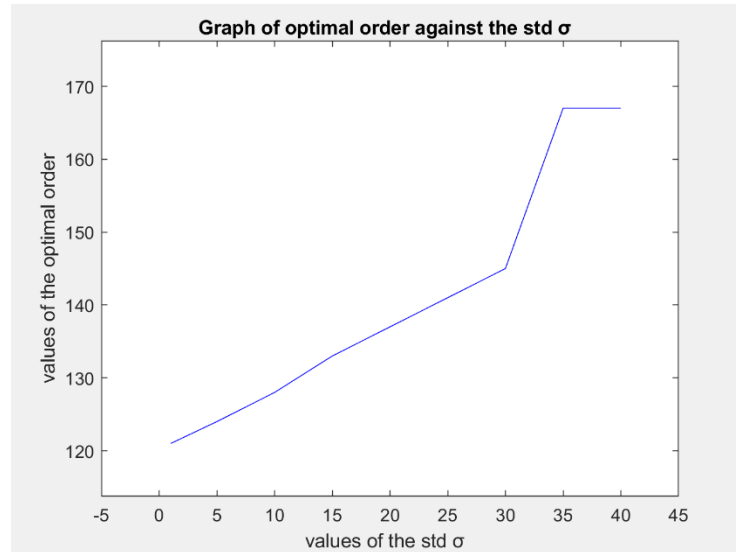
Συμπερασματικά όσο μεγαλώνει η τιμή της διασποράς στο διάστημα αυτό τόσο μειώνεται η τιμή του utility.

Γραφική παράσταση τιμών παραμέτρου της διασποράς της ζήτησης ως προς την βέλτιστη παραγγελία.

Utility function: $u(x)=x$
 Δοκιμή σταθεράς: σ

Πίνακας Β10:

Τιμή Πώλησης	p	7
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	1-3
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	0-40



Γράφημα Β10

Το παραπάνω γράφημα προέκυψε από τον κώδικα Β του παραρτήματος στον οποίο πραγματοποιούνται δοκιμές της διασποράς της ζήτησης (σ) με τέτοιο τρόπο όμως όπου δεν θα επηρεάζεται η μέση τιμή της κατανομής της ζήτησης σε διάστημα από 0 έως 40, ενώ όλες οι άλλες σταθερές παραμένουν όπως αναγράφονται στο πίνακα. Από το ανώτερο γράφημα παρατηρούμε ότι η γραφική παράσταση της βέλτιστης παραγγελίας είναι μια αύξουσα συνάρτηση, η οποία σταθεροποιείται στην τιμή 168.

Συμπερασματικά όσο μεγαλώνει η τιμή της διασποράς στο διάστημα αυτό τόσο αυξάνεται η τιμή του αριθμού της βέλτιστης παραγγελίας.

4.3 Πρόβλημα εφημεριδοπώλη με αναξιόπιστο προμηθευτή – Ομοιόμορφη κατανομή

Στο κεφάλαιο αυτό, πρόκειται να εξεταστεί η περίπτωση του προβλήματος του του εφημεριδοπώλη με αναξιόπιστο προμηθευτή, κατά το οποίο έχουμε κατανομή της ζήτησης, η οποία ακολουθεί ομοιόμορφη κατανομή. Στον κώδικα C του παραρτήματος, έχουμε δοθεί κάποιες αρχικές τιμές, με τις οποίες στην συνέχεια γίνονται δοκιμές, σε κάθε σταθερά ξεχωριστά, με στόχο την παρατήρηση της επίδρασης της σταθεράς αυτής στην utility function καθώς και στην βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας. Σε κάθε μεταβολή που πραγματοποιούμε, οι υπόλοιπες μεταβλητές θα παραμένουν σταθερές, προκειμένου να εξετάζεται η κάθε μεταβλητή ξεχωριστά ως προς την επιρροή της στον κώδικα, και κατ' επέκταση στην utility function και την βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας. Αυτό θα βοηθήσει στην καλύτερη κατανόηση του προβλήματος και κατ' επέκταση σε συμπεράσματα ως προς την λήψη αποφάσεων.

Για τα Γραφήματα που θα ακολουθήσουν έχουμε χρησιμοποιήσει την utility function (ή συνάρτηση ωφελιμότητας):

$$u(x) = \begin{cases} x, & x \geq 0 \\ \lambda x, & x < 0 \end{cases}$$

Δοθέντος ότι ο προμηθευτής μπορεί να παραδώσει y προϊόντα χρησιμοποιούμε ως βοηθητική συνάρτηση την:

$$\begin{aligned} L_1(Q, y) &= E_X[u(Q, y)] \\ &= \int_0^Q [u(w_0 + (p - s) \cdot x + (c - s) \cdot y)] f(x) dx + u(w_0 + (p - c) \cdot y) \cdot (1 - F(y)) \end{aligned}$$

Άρα το expected utility θα είναι:

$$E(u)(Q) = \int_0^Q L_1(Q, y) g(y) dy + L_1(Q, Q) \cdot (1 - G(Q)) \quad (4.3)$$

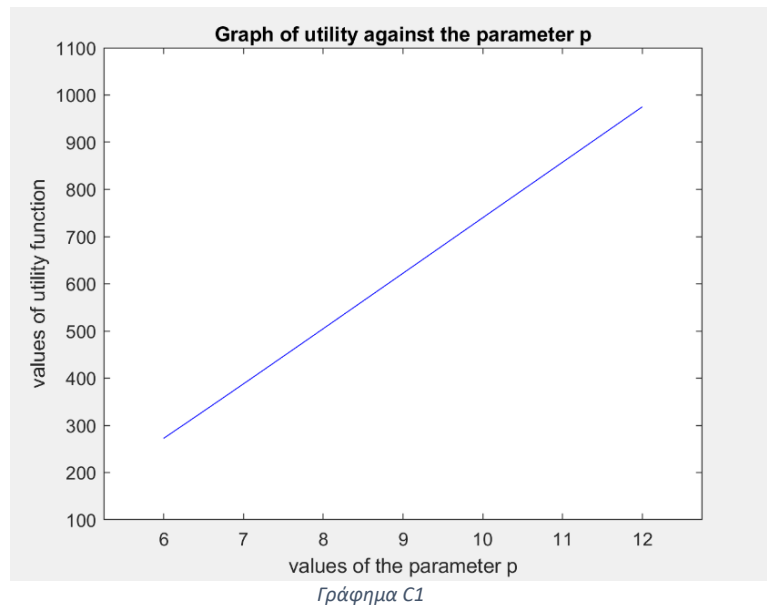
Γραφική παράσταση τιμών παραμέτρου p ως προς την utility function.

$$\text{Utility function: } u(x) = \begin{cases} x, & x \geq 0 \\ \lambda x, & x < 0 \end{cases}$$

Δοκιμή σταθεράς: p

Πίνακας C1:

Τιμή Πώλησης	p	6-12
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
λάμδα	λ	1.5
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	31.75
Μέση τιμή αναξιοπιστίας	μ_a	200
Διασπορά αναξιοπιστίας	σ_a	11.54



Το παραπάνω γράφημα προέκυψε από τον κώδικα C του παραρτήματος στον οποίο πραγματοποιούνται δοκιμές της τιμής πώλησης στο διάστημα 6 έως 12, ενώ όλες οι άλλες σταθερές παραμένουν όπως αναγράφονται στο πινακάκι. Από το ανώτερο γράφημα παρατηρούμε ότι η utility function παρουσιάζει γραμμική αυξητική τάση.

Συμπερασματικά όσο αυξάνεται η τιμή του p τόσο αυξάνεται και η τιμή της utility function.

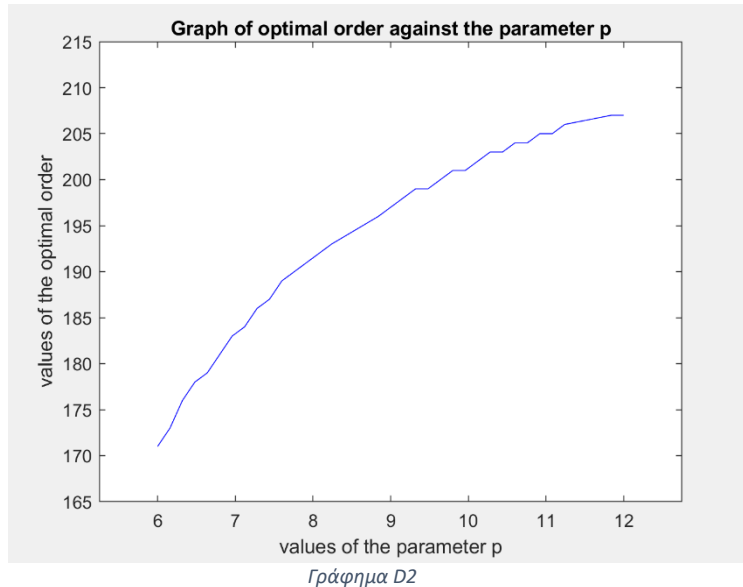
Γραφική παράσταση τιμών παραμέτρου p ως προς την βέλτιστη παραγγελία.

$$\text{Utility function: } u(x) = \begin{cases} x, & x \geq 0 \\ \lambda x, & x < 0 \end{cases}$$

Δοκιμή σταθεράς: p

Πίνακας C2:

Τιμή Πώλησης	p	6-12
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
λάμδα	λ	1.5
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	31.75
Μέση τιμή αναξιοπιστίας	μ_a	200
Διασπορά αναξιοπιστίας	σ_a	11.54



Σε αυτό το γράφημα εξετάζουμε την επίδραση της παραμέτρου p και το πως αυτή επηρεάζει την βέλτιστη τιμή της παραγγελίας, έχοντας διατηρήσει τον ίδιο κώδικα με πριν ως προς το διάστημα τιμών της παραμέτρου p (δηλαδή 6 έως 12), καθώς και των υπόλοιπων στοιχείων των δεδομένων όπως αυτά αναγράφονται στον παραπάνω πίνακα. Παρατηρούμε ότι η βέλτιστη παραγγελία παρουσιάζει αυξητική τάση της οποίας όμως ο ρυθμός μειώνεται και φαίνεται να σταθεροποιείται σε μια τιμή λίγο μικρότερη από 210.

Συμπερασματικά όσο αυξάνεται η τιμή του p τόσο αυξάνεται και η τιμή της βέλτιστης παραγγελίας (ωστόσο όχι γραμμικά) έως ότου σταθεροποιηθεί σε μία τιμή η οποία παραμένει σταθερή ανεξάρτητα από την αύξηση της σταθεράς p .

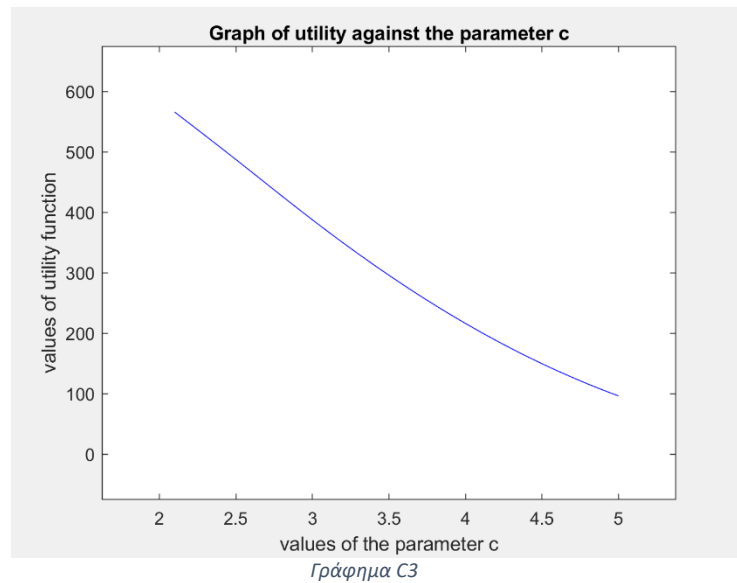
Γραφική παράσταση τιμών παραμέτρου c ως προς την utility function.

$$\text{Utility function: } u(x) = \begin{cases} x, & x \geq 0 \\ \lambda x, & x < 0 \end{cases}$$

Δοκιμή σταθεράς: c

Πίνακας C3:

Τιμή Πώλησης	p	7
Τιμή Αγοράς	c	2-5
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
λάμδα	lambda	1.5
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	31.75
Μέση τιμή αναξιοπιστίας	μα	200
Διασπορά αναξιοπιστίας	σα	11.54



Το παραπάνω γράφημα προέκυψε από τον κώδικα C του παραρτήματος στον οποίο πραγματοποιούνται δοκιμές της τιμής αγοράς του προϊόντος (c) σε ένα διάστημα μεταξύ 2 έως 5, ενώ όλες οι άλλες σταθερές παραμένουν όπως αναγράφονται στο πίνακα. Από το ανώτερο γράφημα παρατηρούμε ότι η utility function είναι μια φθίνουσα μη γραμμική συνάρτηση ως προς την παράμετρο p.

Συμπερασματικά όσο μεγαλώνει η τιμή αγοράς c (χωρίς ωστόσο να μεταφέρεται η αύξηση αυτή στην τιμή πώλησης) τόσο μειώνεται μη γραμμικά το utility.

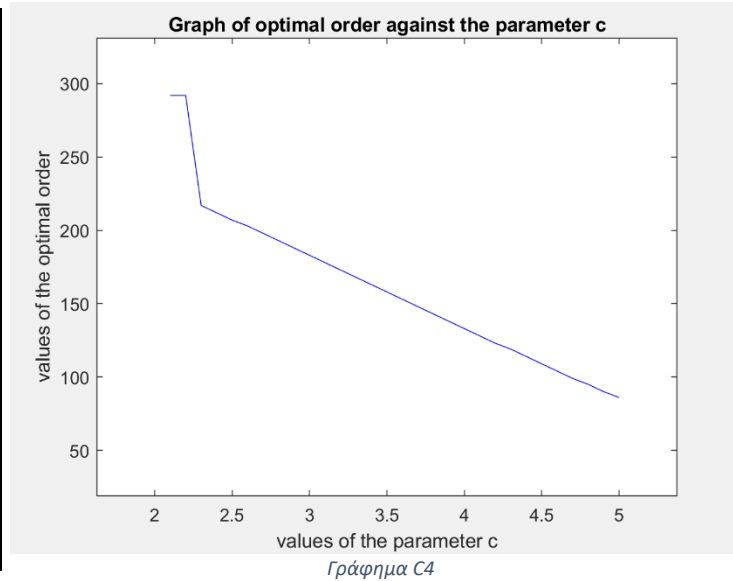
Γραφική παράσταση τιμών παραμέτρου c ως προς την βέλτιστη παραγγελία.

$$\text{Utility function: } u(x) = \begin{cases} x, & x \geq 0 \\ \lambda x, & x < 0 \end{cases}$$

Δοκιμή σταθεράς: c

Πίνακας C4:

Τιμή Πώλησης	p	7
Τιμή Αγοράς	c	2-5
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
λάμδα	lambda	1.5
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	31.75
Μέση τιμή αναξιοπιστίας	μα	200
Διασπορά αναξιοπιστίας	σα	11.54



Σε αυτό το γράφημα εξετάζουμε την επίδραση της παραμέτρου c και το πως αυτή επηρεάζει την βέλτιστη τιμή της παραγγελίας, έχοντας διατηρήσει τον ίδιο κώδικα με πριν ως προς το διάστημα τιμών της παραμέτρου c (δηλαδή 2 έως 5), καθώς και των υπόλοιπων στοιχείων των δεδομένων όπως αυτά αναγράφονται στον παραπάνω πίνακα. Παρατηρούμε ότι η βέλτιστη παραγγελία παρουσιάζει πτωτική τάση της οποίας όμως ο ρυθμός μείωσης από μία τιμή και μετά (περί το 2.25) παραμένει σταθερός. Συμπερασματικά όσο αυξάνεται η τιμή του c τόσο μειώνεται και η τιμή της βέλτιστης παραγγελίας γραμμικά.

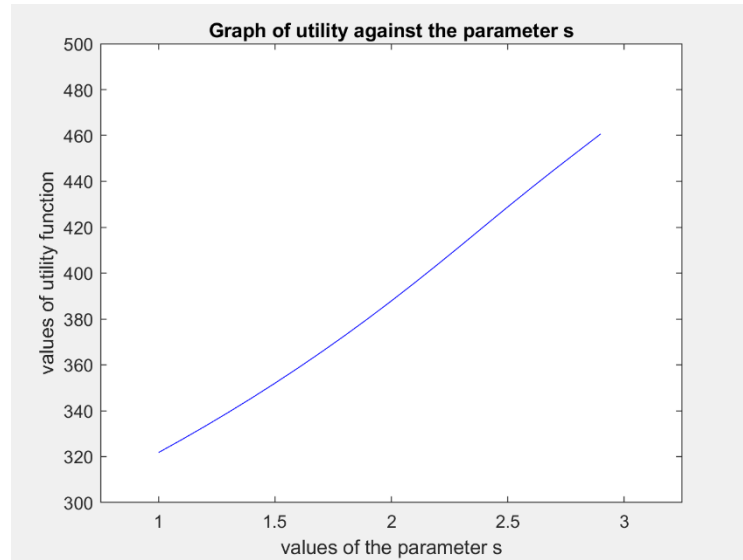
Γραφική παράσταση τιμών παραμέτρου s ως προς την utility function.

$$\text{Utility function: } u(x) = \begin{cases} x, & x \geq 0 \\ \lambda x, & x < 0 \end{cases}$$

Δοκιμή σταθεράς: s

Πίνακας C5:

Τιμή Πώλησης	p	7
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	1-3
λάμδα	λ	1.5
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	31.75
Μέση τιμή αναξιοπιστίας	μ_a	200
Διασπορά αναξιοπιστίας	σ_a	11.54



Γράφημα C5

Το παραπάνω γράφημα προέκυψε από τον κώδικα C του παραρτήματος στον οποίο πραγματοποιούνται δοκιμές της τιμής πώλησης του προϊόντος με penalty (s) σε ένα διάστημα μεταξύ 1 έως 3, ενώ όλες οι άλλες σταθερές παραμένουν όπως αναγράφονται στο πίνακα. Από το ανώτερο γράφημα παρατηρούμε ότι η utility function είναι μια αύξουσα γραμμική συνάρτηση ως προς την παράμετρο s .

Συμπερασματικά όσο μεγαλώνει η τιμή πώλησης του προϊόντος με penalty (s) τόσο αυξάνεται γραμμικά το utility.

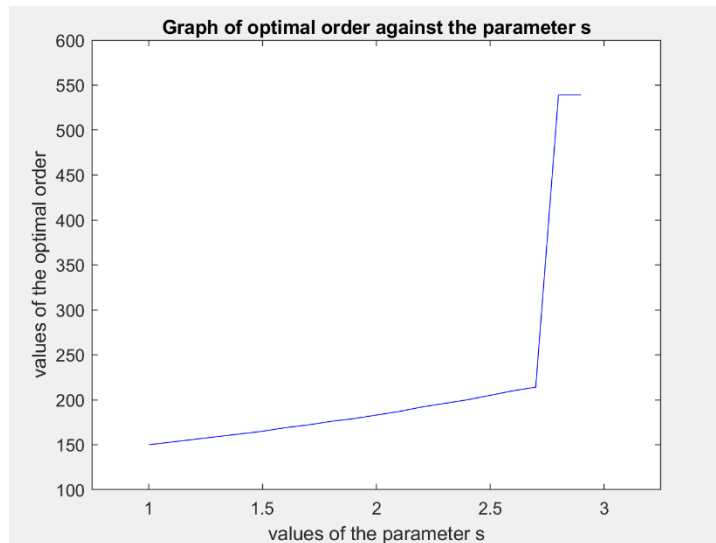
Γραφική παράσταση τιμών παραμέτρου s ως προς την βέλτιστη παραγγελία.

$$\text{Utility function: } u(x) = \begin{cases} x, & x \geq 0 \\ \lambda x, & x < 0 \end{cases}$$

Δοκιμή σταθεράς: s

Πίνακας C6:

Τιμή Πώλησης	ρ	7
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	1-3
λάμδα	λ	1.5
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	31.75
Μέση τιμή αναξιοπιστίας	μ_a	200
Διασπορά αναξιοπιστίας	σ_a	11.54



Γράφημα C6

Σε αυτό το γράφημα εξετάζουμε την επίδραση της παραμέτρου s και το πως αυτή επηρεάζει την βέλτιστη τιμή της παραγγελίας, έχοντας διατηρήσει τον ίδιο κώδικα με πριν ως προς το διάστημα τιμών της παραμέτρου s (δηλαδή 1 έως 3), καθώς και των υπόλοιπων στοιχείων των δεδομένων όπως αυτά αναγράφονται στον παραπάνω πίνακα. Παρατηρούμε ότι η βέλτιστη παραγγελία παρουσιάζει αύξουσα συνάρτηση ως προς την σταθερά s , με μικρό ρυθμό αρχικά και στην συνέχεια με πολύ πιο γρήγορο, της οποίας όμως σε ένα σημείο παρατηρείται καμπή και μέγιστη τιμή περί το 550 στην τιμή του s κοντά στο 2,75. Στην συνέχεια σταθεροποιείται στην τιμή 550 και δεν παρουσιάζει καμία μεταβολή παρά την αύξηση της παραμέτρου s .

Συμπερασματικά όσο αυξάνεται η τιμή του s τόσο αυξάνεται και η τιμή της βέλτιστης παραγγελίας έως ότου φτάσει σε μία βέλτιστη μέγιστη τιμή 550 και σταθεροποιηθεί εκεί.

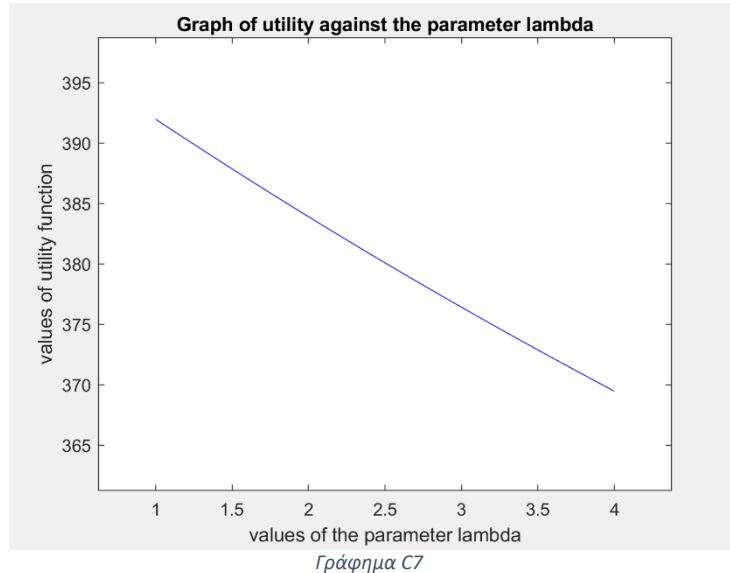
Γραφική παράσταση τιμών παραμέτρου lambda ως προς την utility function.

$$\text{Utility function: } u(x) = \begin{cases} x, & x \geq 0 \\ \lambda x, & x < 0 \end{cases}$$

Δοκιμή σταθεράς: lambda

Πίνακας C7:

Τιμή Πώλησης	p	7
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
λάμδα	lambda	1-4
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	31.75
Μέση τιμή αναξιπιστίας	μα	200
Διασπορά αναξιπιστίας	σα	11.54



Το παραπάνω γράφημα προέκυψε από τον κώδικα C του παραρτήματος στον οποίο πραγματοποιούνται δοκιμές της τιμής λάμδα της συνάρτησης σε ένα διάστημα μεταξύ 1 έως 4, ενώ όλες οι άλλες σταθερές παραμένουν όπως αναγράφονται στο πίνακα. Από το ανώτερο γράφημα παρατηρούμε ότι η utility function είναι μια φθίνουσα γραμμική συνάρτηση.

Συμπερασματικά όσο και να μεταβάλλεται η τιμή του λ μειώνεται η τιμή του utility.

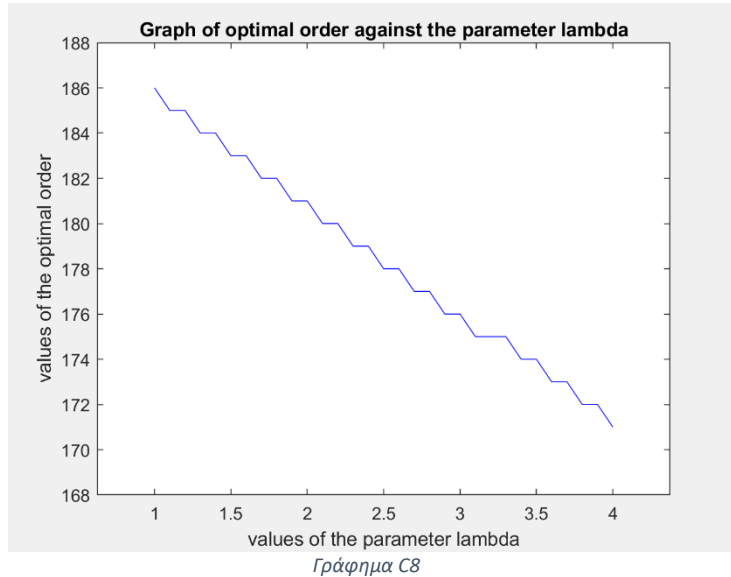
Γραφική παράσταση τιμών παραμέτρου lambda ως προς την βέλτιστη παραγγελία.

$$\text{Utility function: } u(x) = \begin{cases} x, & x \geq 0 \\ \lambda x, & x < 0 \end{cases}$$

Δοκιμή σταθεράς: lambda

Πίνακας C8:

Τιμή Πώλησης	p	7
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
λάμδα	lambda	1-4
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	31.75
Μέση τιμή αναξιοπιστίας	μα	200
Διασπορά αναξιοπιστίας	σα	11.54



Σε αυτό το γράφημα εξετάζουμε την επίδραση της παραμέτρου λάμδα και το πως αυτή επηρεάζει την βέλτιστη τιμή της παραγγελίας, έχοντας διατηρήσει τον ίδιο κώδικα με πριν ως προς το διάστημα τιμών της παραμέτρου λάμδα (δηλαδή 1 έως 4), καθώς και των υπόλοιπων στοιχείων των δεδομένων όπως αυτά αναγράφονται στον παραπάνω πίνακα. Παρατηρούμε ότι η βέλτιστη παραγγελία παρουσιάζει φθίνουσα συνάρτηση ως προς την σταθερά λάμδα με μια κλίση που τείνει να φανεί ως σταθερή ωστόσο παρουσιάζει μικρή αστάθεια.

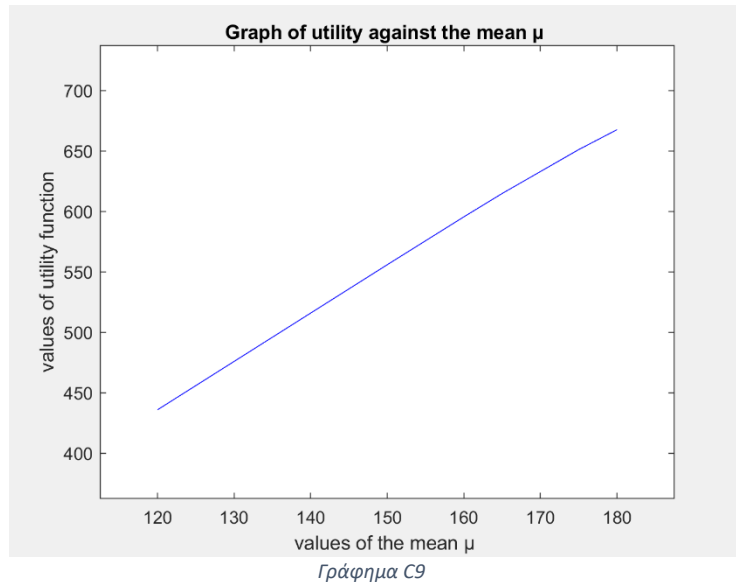
Γραφική παράσταση τιμών παραμέτρου της μέσης τιμής της ζήτησης ως προς την utility function.

$$\text{Utility function: } u(x) = \begin{cases} x, & x \geq 0 \\ \lambda x, & x < 0 \end{cases}$$

Δοκιμή σταθεράς: μ

Πίνακας C9:

Τιμή Πώλησης	p	7
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
λάμδα	λ	1.5
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120-180
Διασπορά ζήτησης	σ	31.75
Μέση τιμή αναξιοπιστίας	μ_a	200
Διασπορά αναξιοπιστίας	σ_a	11.54



Το παραπάνω γράφημα προέκυψε από τον κώδικα C του παραρτήματος στον οποίο πραγματοποιούνται δοκιμές της μέσης τιμής της ζήτησης (μ) με τέτοιο τρόπο όμως όπου δεν θα επηρεάζεται η διασπορά της κατανομής την ζήτησης σε διάστημα από 120 έως 180, ενώ όλες οι άλλες σταθερές παραμένουν όπως αναγράφονται στο πίνακα. Από το ανώτερο γράφημα παρατηρούμε ότι η utility function είναι μια αύξουσα συνάρτηση με σταθερό ρυθμό αύξησης ως προς την μέση τιμή της ζήτησης (μ).

Συμπερασματικά όσο και να μεταβάλλεται η τιμή του μ αυξάνεται γραμμικά και η τιμή του utility.

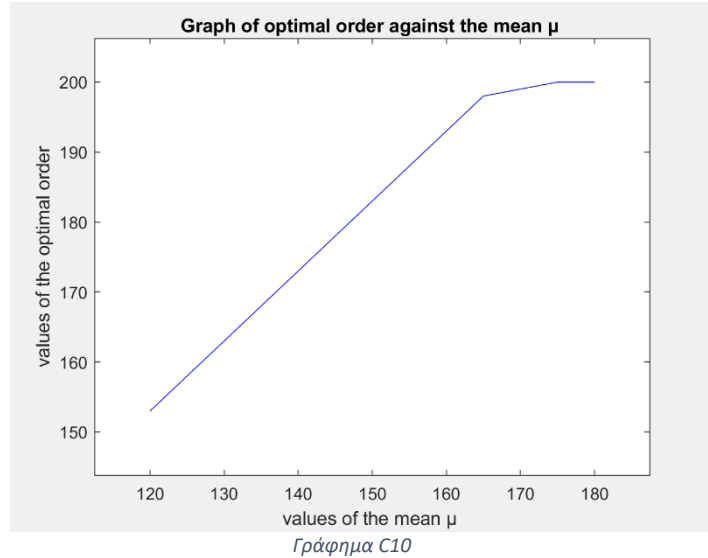
Γραφική παράσταση τιμών παραμέτρου της μέσης τιμής της ζήτησης ως προς την βέλτιστη παραγγελία.

$$\text{Utility function: } u(x) = \begin{cases} x, & x \geq 0 \\ \lambda x, & x < 0 \end{cases}$$

Δοκιμή σταθεράς: μ

Πίνακας C10:

Τιμή Πώλησης	p	7
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
λάμβδα	λ	1.5
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120-180
Διασπορά ζήτησης	σ	31.75
Μέση τιμή αναξιοπιστίας	μ_a	200
Διασπορά αναξιοπιστίας	σ_a	11.54



Σε αυτό το γράφημα εξετάζουμε την επίδραση της μέσης τιμής της ζήτησης και το πως αυτή επηρεάζει την βέλτιστη τιμή της παραγγελίας, έχοντας διατηρήσει τον ίδιο κώδικα με πριν ως προς το διάστημα τιμών της παραμέτρου μ (δηλαδή 120 έως 180), καθώς και των υπόλοιπων στοιχείων των δεδομένων όπως αυτά αναγράφονται στον παραπάνω πίνακα. Παρατηρούμε ότι η βέλτιστη παραγγελία είναι μια αύξουσα συνάρτηση ως προς την μέση τιμή της ζήτησης (μ), η οποία παρουσιάζει σημείο καμπής στην τιμή 160.

Συμπερασματικά όσο μεταβάλλεται η τιμή του μ τόσο αυξάνεται και η τιμή της βέλτιστης παραγγελίας έως ότου σταθεροποιηθεί στην τιμή 200 στην τιμή 172 της μέσης τιμής.

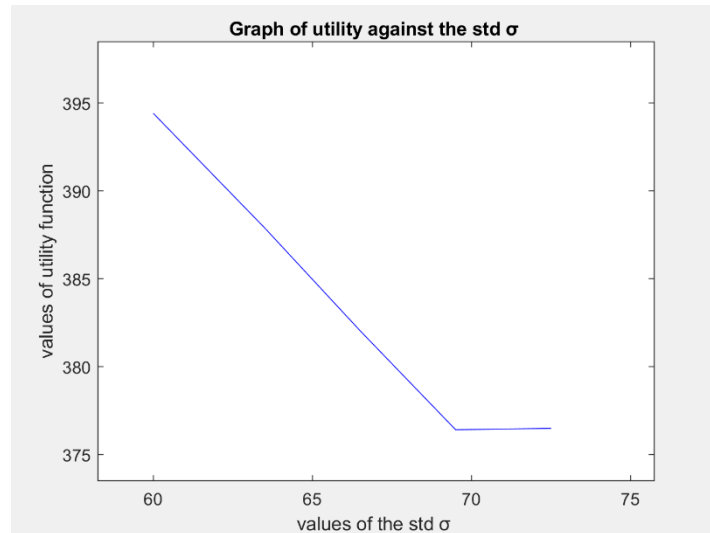
Γραφική παράσταση τιμών παραμέτρου της διασποράς της ζήτησης ως προς την utility function.

$$\text{Utility function: } u(x) = \begin{cases} x, & x \geq 0 \\ \lambda x, & x < 0 \end{cases}$$

Δοκιμή σταθεράς: σ

Πίνακας C11:

Τιμή Πώλησης	ρ	7
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
λάμδα	λ	1.5
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	60-72.5
Μέση τιμή αξιοπιστίας	μ_a	200
Διασπορά αναξιπιστίας	σ_a	11.54



Γράφημα C11

Το παραπάνω γράφημα προέκυψε από τον κώδικα C του παραρτήματος στον οποίο πραγματοποιούνται δοκιμές της τιμής της διασποράς της ζήτησης (σ) με τέτοιο τρόπο όμως όπου δεν θα επηρεάζεται η μέση τιμή της κατανομής της ζήτησης σε διάστημα από 60 έως 72.5, ενώ όλες οι άλλες σταθερές παραμένουν όπως αναγράφονται στο πίνακα. Από το ανώτερο γράφημα παρατηρούμε ότι η utility function είναι μια φθίνουσα συνάρτηση με σταθερό ρυθμό μείωσης ως προς την διασπορά της ζήτησης (σ) έως ότου σταθεροποιηθεί στην τιμή 377 από την τιμή 69.5 της διασποράς και μετά.

Συμπερασματικά στην αρχή όσο μεγαλώνει η τιμή της διασποράς στο διάστημα αυτό τόσο μειώνεται η τιμή του utility μέχρι να υπάρξει σταθεροποίηση στην τιμή 377.

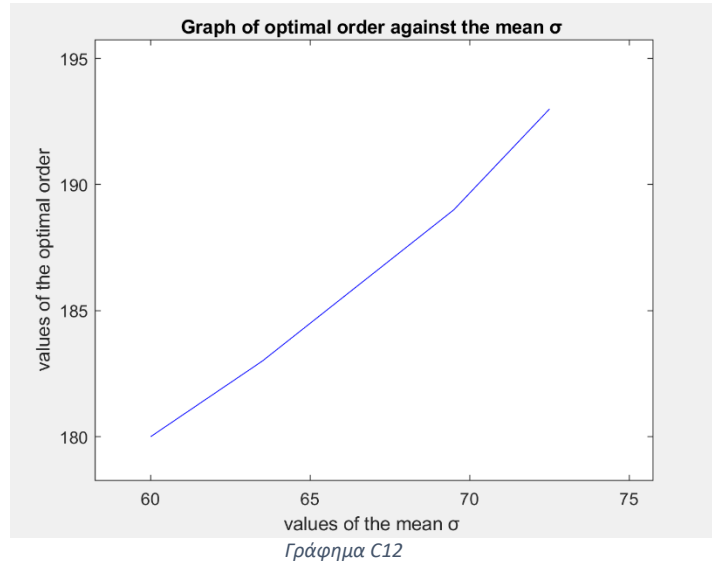
Γραφική παράσταση τιμών παραμέτρου της διασποράς της ζήτησης ως προς την βέλτιστη παραγγελία.

$$\text{Utility function: } u(x) = \begin{cases} x, & x \geq 0 \\ \lambda x, & x < 0 \end{cases}$$

Δοκιμή σταθεράς: σ

Πίνακας C12:

Τιμή Πώλησης	p	7
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
λάμδα	λ	1.5
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	60-72.5
Μέση τιμή αναξιοπιστίας	μ_a	200
Διασπορά αναξιοπιστίας	σ_a	11.54



Σε αυτό το γράφημα εξετάζουμε την επίδραση της διασποράς της ζήτησης και το πως αυτή επηρεάζει την βέλτιστη τιμή της παραγγελίας, έχοντας διατηρήσει τον ίδιο κώδικα με πριν ως προς το διάστημα τιμών της παραμέτρου σ (δηλαδή 6 έως 12), καθώς και των υπόλοιπων στοιχείων των δεδομένων όπως αυτά αναγράφονται στον παραπάνω πίνακα. Παρατηρούμε ότι η βέλτιστη παραγγελία αυξάνεται με σταθερό ρυθμό αρχικά έως μια τιμή λίγο πριν το 192 για την τιμή σ λίγο πριν το 70, όπου έπειτα συνεχίζει να αυξάνεται γραμμικά πάλι με σταθερό αλλά πιο γρήγορο ρυθμό.

Συμπερασματικά όσο αυξάνεται η διασπορά της ζήτησης τόσο αυξάνεται και η βέλτιστη τιμή της παραγγελίας.

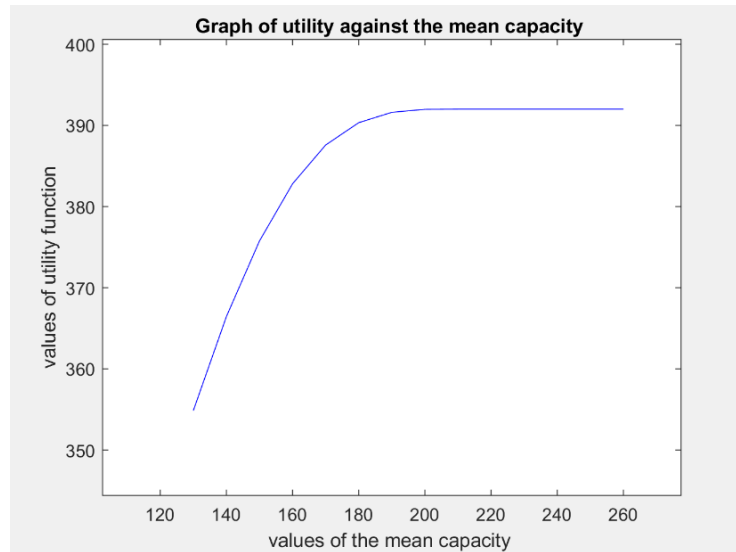
Γραφική παράσταση τιμών παραμέτρου της μέσης τιμής της αναξιοπιστίας ως προς την utility function.

$$\text{Utility function: } u(x) = \begin{cases} x, & x \geq 0 \\ \lambda x, & x < 0 \end{cases}$$

Δοκιμή σταθεράς: μα

Πίνακας C13:

Τιμή Πώλησης	ρ	7
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
λάμδα	lambda	1.5
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	31.75
Μέση τιμή αξιοπιστίας	μα	130-260
Διασπορά αξιοπιστίας	σα	11.54



Γράφημα C13

Το παραπάνω γράφημα προέκυψε από τον κώδικα C του παραρτήματος στον οποίο πραγματοποιούνται δοκιμές της μέσης τιμής της κατανομής της αναξιοπιστίας με τέτοιο τρόπο όμως όπου δεν θα επηρεάζεται η διασπορά της, σε διάστημα από 130 έως 260, ενώ όλες οι άλλες σταθερές παραμένουν όπως αναγράφονται στο πίνακα. Από το ανώτερο γράφημα παρατηρούμε ότι η utility function είναι μια αύξουσα συνάρτηση με ρυθμό ο οποίος μειώνεται ως προς την μέση τιμή της κατανομής της αναξιοπιστίας έως ότου σταθεροποιηθεί λίγο πάνω από 390 στην τιμή 180 και μετά.

Συμπερασματικά στην αρχή όσο μεγαλώνει η τιμή της μέσης τιμής της αναξιοπιστίας στο διάστημα αυτό τόσο αυξάνεται η τιμή του utility μέχρι να υπάρξει σταθεροποίηση στην τιμή λίγο πάνω από το 390.

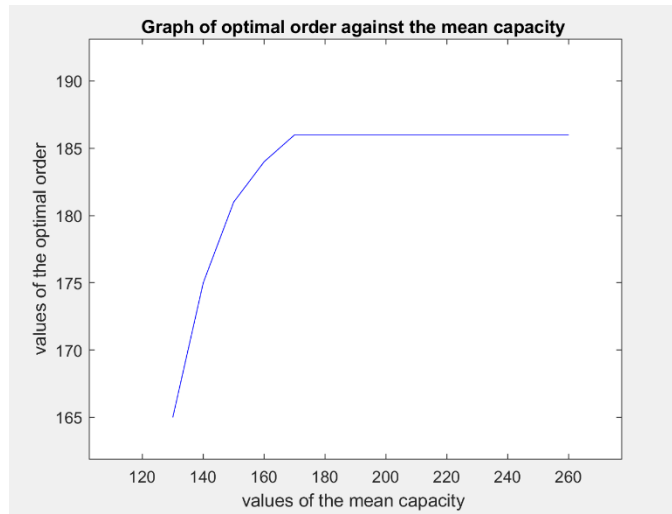
Γραφική παράσταση τιμών παραμέτρου της μέσης τιμής της αναξιοπιστίας ως προς την βέλτιστη παραγγελία.

$$\text{Utility function: } u(x) = \begin{cases} x, & x \geq 0 \\ \lambda x, & x < 0 \end{cases}$$

Δοκιμή σταθεράς: μα

Πίνακας C14:

Τιμή Πώλησης	ρ	7
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
λάμδα	lambda	1.5
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	31.75
Μέση τιμή αξιοπιστίας	μα	130-260
Διασπορά αξιοπιστίας	σα	11.54



Γράφημα C14

Σε αυτό το γράφημα εξετάζουμε την επίδραση της μέσης τιμής της αναξιοπιστίας και το πως αυτή επηρεάζει την βέλτιστη τιμή της παραγγελίας, έχοντας διατηρήσει τον ίδιο κώδικα με πριν ως προς το διάστημα τιμών της παραμέτρου μα (δηλαδή 6 έως 12), καθώς και των υπόλοιπων στοιχείων των δεδομένων όπως αυτά αναγράφονται στον παραπάνω πίνακα. Παρατηρούμε ότι η βέλτιστη παραγγελία αυξάνεται με ρυθμό ο οποίος μειώνεται ως μια τιμή λίγο μεγαλύτερη του 185 για την τιμή της μέσης τιμής της αναξιοπιστίας λίγο πριν το 170, όπου έπειτα παραμένει σταθερή.

Συμπερασματικά όσο αυξάνεται η μέση τιμή της αναξιοπιστίας τόσο αυξάνεται και η βέλτιστη τιμή της παραγγελίας έως ότου σταθεροποιηθεί στην τιμή κοντά στο 186 και παραμένει εκεί σταθερή.

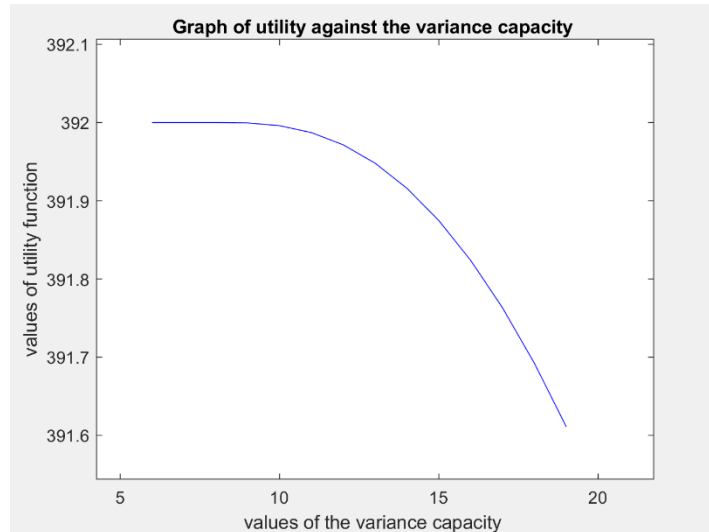
Γραφική παράσταση τιμών παραμέτρου της διασποράς της αναξιοπιστίας ως προς την utility function.

$$\text{Utility function: } u(x) = \begin{cases} x, & x \geq 0 \\ \lambda x, & x < 0 \end{cases}$$

Δοκιμή σταθεράς: σα

Πίνακας C15:

Τιμή Πώλησης	ρ	7
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
λάμδα	lambda	1.5
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	31.75
Μέση τιμή αξιοπιστίας	μα	200
Διασπορά αξιοπιστίας	σα	6-19



Γράφημα C15

Το παραπάνω γράφημα προέκυψε από τον κώδικα C του παραρτήματος στον οποίο πραγματοποιούνται δοκιμές της διασποράς της κατανομής της αναξιοπιστίας με τέτοιο τρόπο όμως όπου δεν θα επηρεάζεται η μέση τιμή της, σε διάστημα από 6 έως 19, ενώ όλες οι άλλες σταθερές παραμένουν όπως αναγράφονται στο πίνακα. Από το ανώτερο γράφημα παρατηρούμε ότι η utility function είναι μια φθίνουσα συνάρτηση με ρυθμό ο οποίος αυξάνεται ως προς την διασπορά της κατανομής της αναξιοπιστίας.

Συμπερασματικά όσο μεγαλώνει η τιμή της διασποράς της αναξιοπιστίας στο διάστημα αυτό, μειώνεται με ακόμα γρηγορότερο ρυθμό η τιμή του utility.

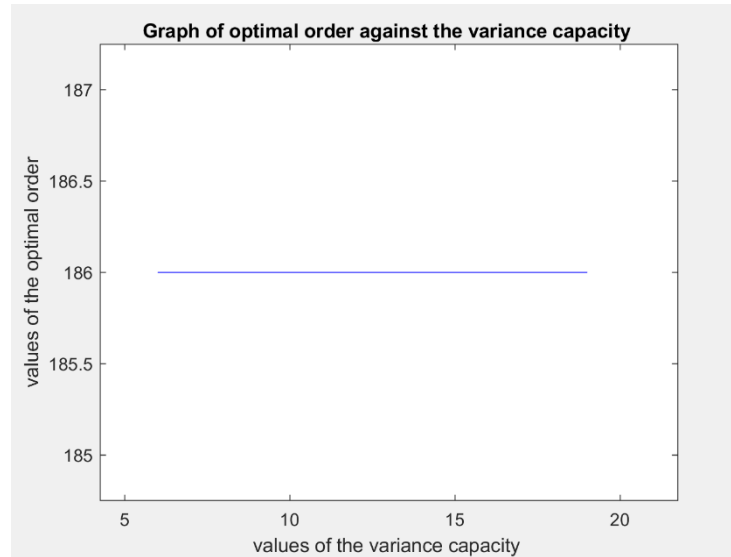
Γραφική παράσταση τιμών παραμέτρου της διασποράς της αναξιοπιστίας ως προς την βέλτιστη παραγγελία.

$$\text{Utility function: } u(x) = \begin{cases} x, & x \geq 0 \\ \lambda x, & x < 0 \end{cases}$$

Δοκιμή σταθεράς: σα

Πίνακας C16:

Τιμή Πώλησης	ρ	7
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
λάμδα	lambda	1.5
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	31.75
Μέση τιμή αξιοπιστίας	μα	200
Διασπορά αξιοπιστίας	σα	6-19



Σε αυτό το γράφημα εξετάζουμε την επίδραση της διασποράς της αναξιοπιστίας και το πως αυτή επηρεάζει την βέλτιστη τιμή της παραγγελίας, έχοντας διατηρήσει τον ίδιο κώδικα με πριν ως προς το διάστημα τιμών της παραμέτρου σα (δηλαδή 6 έως 19), καθώς και των υπόλοιπων στοιχείων των δεδομένων όπως αυτά αναγράφονται στον παραπάνω πίνακα. Παρατηρούμε ότι η βέλτιστη παραγγελία δεν επηρεάζεται καθόλου από την παράμετρο αυτή και παραμένει σταθερή στην τιμή 186 ανεξαρτήτως μεταβολών.

Συμπερασματικά όσο και να αυξάνεται η διασπορά της αναξιοπιστίας δεν παρατηρείται καμία μεταβολή στην βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας η οποία παραμένει σταθερή στην τιμή 186.

4.4 Πρόβλημα εφημεριδοπώλη με αναξιόπιστο προμηθευτή – Κανονική κατανομή

Στο κεφάλαιο αυτό, πρόκειται να εξεταστεί η περίπτωση του προβλήματος του του εφημεριδοπώλη με αναξιόπιστο προμηθευτή, κατά το οποίο έχουμε κατανομή της ζήτησης, η οποία ακολουθεί κανονική κατανομή. Στον κώδικα D του παραρτήματος, έχουμε δοθεί κάποιες αρχικές τιμές, με τις οποίες στην συνέχεια γίνονται δοκιμές, σε κάθε σταθερά ξεχωριστά, με στόχο την παρατήρηση της επίδρασης της σταθεράς αυτής στην utility function καθώς και στην βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας. Σε κάθε μεταβολή που πραγματοποιούμε, οι υπόλοιπες μεταβλητές θα παραμένουν σταθερές, προκειμένου να εξετάζεται η κάθε μεταβλητή ξεχωριστά ως προς την επιρροή της στον κώδικα, και κατ' επέκταση στην utility function και την βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας. Αυτό θα βοηθήσει στην καλύτερη κατανόηση του προβλήματος και κατ' επέκταση σε συμπεράσματα ως προς την λήψη αποφάσεων.

Για τα Γραφήματα που θα ακολουθήσουν έχουμε χρησιμοποιήσει την utility function (ή συνάρτηση ωφελιμότητας):

$$u(x) = \begin{cases} x, & x \geq 0 \\ \lambda x, & x < 0 \end{cases}$$

Δοθέντος ότι ο προμηθευτής μπορεί να παραδώσει y προϊόντα χρησιμοποιούμε ως βοηθητική συνάρτηση την:

$$L_1(Q, y) = E_X[u(Q, y)] \\ = \int_0^Q [u(w_0 + (p - s) \cdot x + (c - s) \cdot y)] f(x) dx + u(w_0 + (p - c) \cdot y) \cdot (1 - F(y))$$

Άρα το expected utility θα είναι:

$$E(u)(Q) = \int_0^Q L_1(Q, y) g(y) dy + L_1(Q, Q) \cdot (1 - G(Q)) \quad (4.4)$$

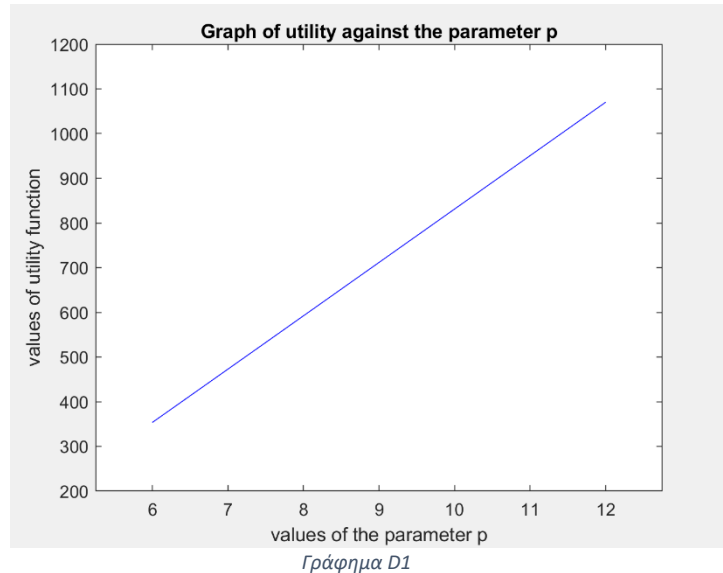
Γραφική παράσταση τιμών παραμέτρου p ως προς την utility function.

$$\text{Utility function: } u(x) = \begin{cases} x, & x \geq 0 \\ \lambda x, & x < 0 \end{cases}$$

Δοκιμή σταθεράς: p

Πίνακας D1:

Τιμή Πώλησης	p	6-12
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
λάμδα	lambda	1.5
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	5
Μέση τιμή αξιοπιστίας	μ_a	130
Διασπορά αξιοπιστίας	σ_a	5



Το παραπάνω γράφημα προέκυψε από τον κώδικα D του παραρτήματος στον οποίο πραγματοποιούνται δοκιμές της τιμής πώλησης του προϊόντος (p) σε ένα διάστημα μεταξύ 6 έως 12, ενώ όλες οι άλλες σταθερές παραμένουν όπως αναγράφονται στο πίνακα. Από το ανώτερο γράφημα παρατηρούμε ότι η utility function είναι μια αύξουσα γραμμική συνάρτηση ως προς την παράμετρο p .

Συμπερασματικά όσο μεγαλώνει η τιμή πώλησης p , τόσο αυξάνεται γραμμικά το utility.

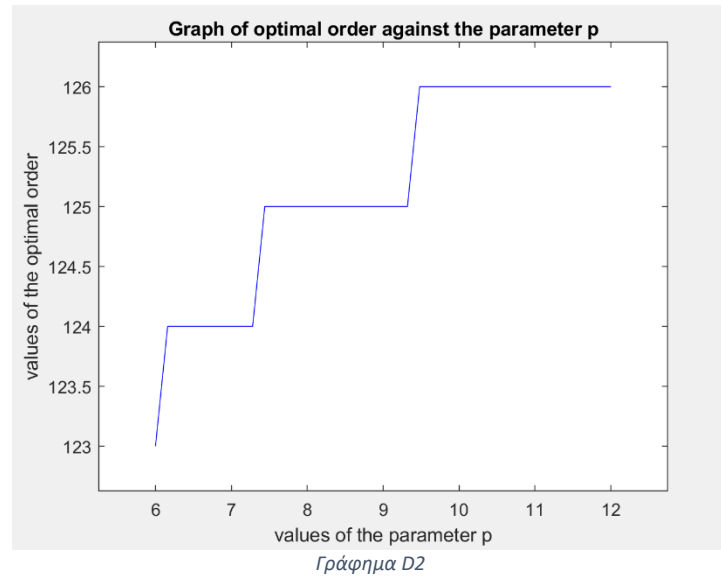
Γραφική παράσταση τιμών παραμέτρου p ως προς την βέλτιστη παραγγελία.

$$\text{Utility function: } u(x) = \begin{cases} x, & x \geq 0 \\ \lambda x, & x < 0 \end{cases}$$

Δοκιμή σταθεράς: p

Πίνακας D2:

Τιμή Πώλησης	p	6-12
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
λάμδα	λ	1.5
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	5
Μέση τιμή αξιοπιστίας	μ_a	130
Διασπορά αξιοπιστίας	σ_a	5



Σε αυτό το γράφημα εξετάζουμε την επίδραση της παραμέτρου p και το πως αυτή επηρεάζει την βέλτιστη τιμή της παραγγελίας έχοντας διατηρήσει τον ίδιο κώδικα με πριν ως προς το διάστημα τιμών της παραμέτρου p (δηλαδή 6 έως 12), καθώς και των υπόλοιπων στοιχείων των δεδομένων όπως αυτά αναγράφονται στον παραπάνω πίνακα. Παρατηρούμε ότι η βέλτιστη παραγγελία παρουσιάζει αυξητική τάση κατά τμήματα, της οποίας όμως ο ρυθμός μειώνεται και φαίνεται να σταθεροποιείται σε μια τιμή λίγο μεγαλύτερη από 126.

Συμπερασματικά όσο αυξάνεται η τιμή του p τόσο αυξάνεται και η τιμή της βέλτιστης παραγγελίας (ωστόσο όχι γραμμικά) έως ότου σταθεροποιηθεί σε μία τιμή η οποία παραμένει σταθερή ανεξάρτητα από την αύξηση της σταθεράς p .

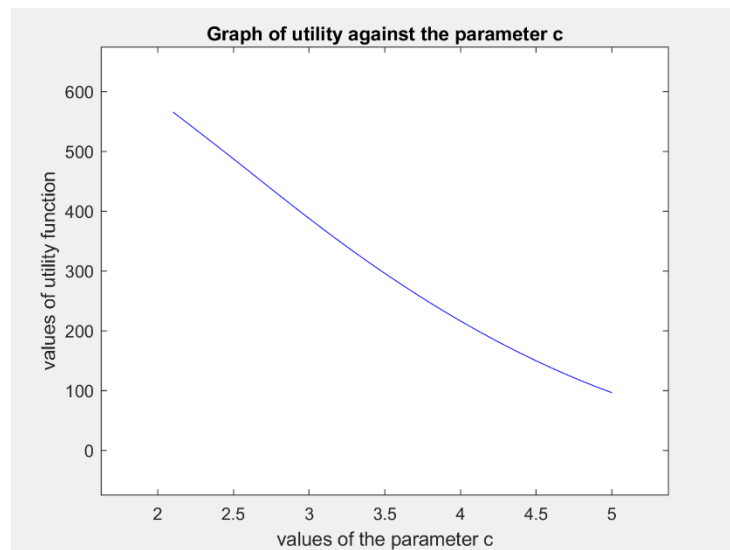
Γραφική παράσταση τιμών παραμέτρου c ως προς την utility function.

$$\text{Utility function } u(x) = \begin{cases} x, & x \geq 0 \\ \lambda x, & x < 0 \end{cases}$$

Δοκιμή σταθεράς: c

Πίνακας D3:

Τιμή Πώλησης	ρ	7
Τιμή Αγοράς	c	2-5
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
λάμδα	lambda	1.5
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	5
Μέση τιμή αξιολπιστίας	μα	130
Διασπορά αξιολπιστίας	σα	5



Γράφημα D3

Το παραπάνω γράφημα προέκυψε από τον κώδικα D του παραρτήματος στον οποίο πραγματοποιούνται δοκιμές της τιμής αγοράς του προϊόντος στο διάστημα 2 έως 5, ενώ όλες οι άλλες σταθερές παραμένουν όπως αναγράφονται στο πίνακα. Παρατηρούμε ότι η συνάρτηση utility παρουσιάζει πτωτική τάση ως προς την σταθερά c.

Συμπερασματικά όσο αυξάνεται η τιμή του c τόσο μειώνεται και η τιμή του utility function γραμμικά.

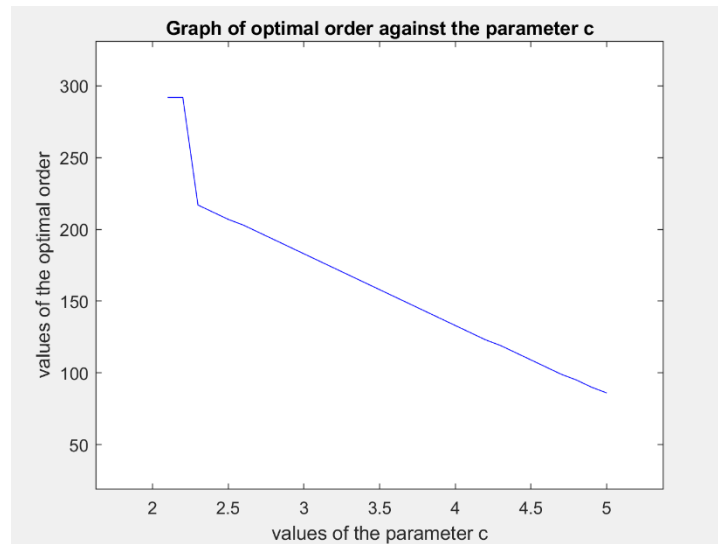
Γραφική παράσταση τιμών παραμέτρου c ως προς την βέλτιστη παραγγελία.

$$\text{Utility function: } u(x) = \begin{cases} x, & x \geq 0 \\ \lambda x, & x < 0 \end{cases}$$

Δοκιμή σταθεράς: c

Πίνακας D4:

Τιμή Πώλησης	p	7
Τιμή Αγοράς	c	2-5
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
λάμδα	lambda	1.5
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	5
Μέση τιμή αξιοπιστίας	μα	130
Διασπορά αξιοπιστίας	σα	5



Γράφημα D4

Σε αυτό το γράφημα εξετάζουμε την επίδραση της παραμέτρου c και το πως αυτή επηρεάζει την βέλτιστη τιμή της παραγγελίας, έχοντας διατηρήσει τον ίδιο κώδικα με πριν ως προς το διάστημα τιμών της παραμέτρου c (δηλαδή 2 έως 5), καθώς και των υπόλοιπων στοιχείων των δεδομένων όπως αυτά αναγράφονται στον παραπάνω πίνακα. Παρατηρούμε ότι η βέλτιστη παραγγελία παρουσιάζει πτωτική τάση της οποίας όμως ο ρυθμός μείωσης από μία τιμή και μετά (περί το 2.25) παραμένει σταθερός. Συμπερασματικά όσο αυξάνεται η τιμή του c τόσο μειώνεται και η τιμή της βέλτιστης παραγγελίας γραμμικά.

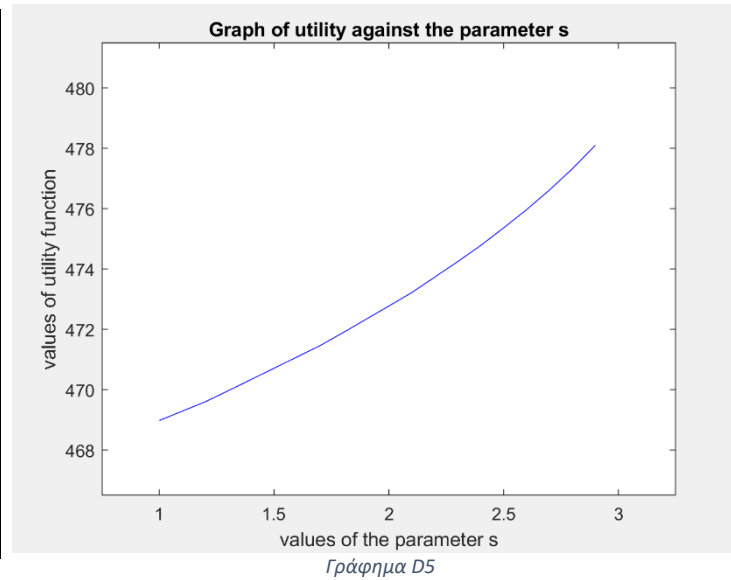
Γραφική παράσταση τιμών παραμέτρου s ως προς την utility function.

$$\text{Utility function: } u(x) = \begin{cases} x, & x \geq 0 \\ \lambda x, & x < 0 \end{cases}$$

Δοκιμή σταθεράς: s

Πίνακας D5:

Τιμή Πώλησης	ρ	7
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	1-3
λάμδα	λ	1.5
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	5
Μέση τιμή αξιοπιστίας	μ_a	130
Διασπορά αξιοπιστίας	σ_a	5



Το παραπάνω γράφημα προέκυψε από τον κώδικα D του παραρτήματος στον οποίο πραγματοποιούνται δοκιμές της τιμής πώλησης του προϊόντος με penalty (s) σε ένα διάστημα μεταξύ 1 έως 3, ενώ όλες οι άλλες σταθερές παραμένουν όπως αναγράφονται στο πίνακα. Από το ανώτερο γράφημα παρατηρούμε ότι η utility function είναι μια αύξουσα μη γραμμική συνάρτηση ως προς την παράμετρο s . Συμπερασματικά όσο μεγαλώνει η τιμή πώλησης του προϊόντος με penalty (s) τόσο αυξάνεται μη γραμμικά το utility.

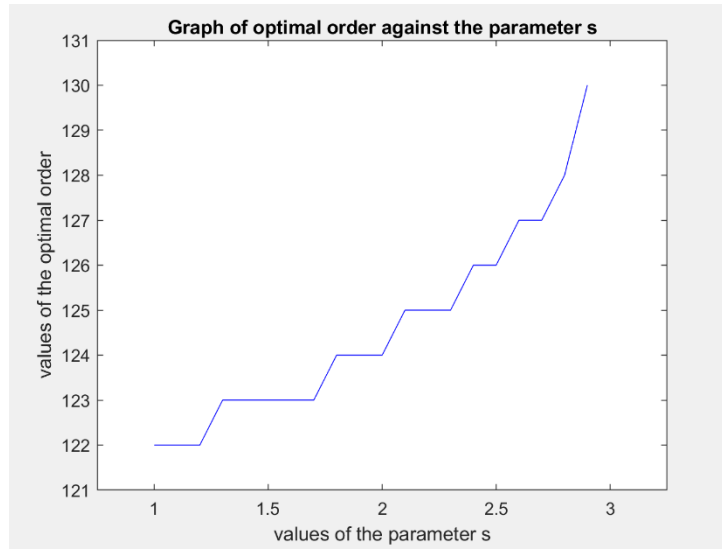
Γραφική παράσταση τιμών παραμέτρου s ως προς την βέλτιστη παραγγελία.

$$\text{Utility function: } u(x) = \begin{cases} x, & x \geq 0 \\ \lambda x, & x < 0 \end{cases}$$

Δοκιμή σταθεράς: s

Πίνακας D6:

Τιμή Πώλησης	ρ	7
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	1-3
λάμδα	λ	1.5
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	5
Μέση τιμή αξιопιστίας	μ_a	130
Διασπορά αξιопιστίας	σ_a	5



Γράφημα D6

Σε αυτό το γράφημα εξετάζουμε την επίδραση της παραμέτρου s και το πως αυτή επηρεάζει την βέλτιστη τιμή της παραγγελίας έχοντας διατηρήσει τον ίδιο κώδικα με πριν ως προς το διάστημα τιμών της παραμέτρου s (δηλαδή 1 έως 3), καθώς και των υπόλοιπων στοιχείων των δεδομένων όπως αυτά αναγράφονται στον παραπάνω πίνακα. Παρατηρούμε ότι η βέλτιστη παραγγελία παρουσιάζει αύξουσα συνάρτηση ως προς την σταθερά s με ασταθή εκθετικό ρυθμό.

Συμπερασματικά όσο αυξάνεται η τιμή του s τόσο αυξάνεται εκθετικά και η τιμή της βέλτιστης παραγγελίας.

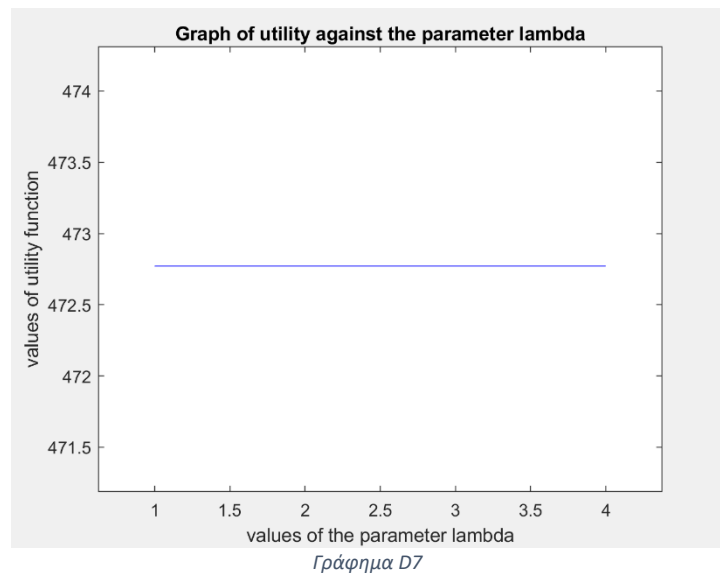
Γραφική παράσταση τιμών παραμέτρου lambda ως προς την utility function.

$$\text{Utility function: } u(x) = \begin{cases} x, & x \geq 0 \\ \lambda x, & x < 0 \end{cases}$$

Δοκιμή σταθεράς: lambda

Πίνακας D7:

Τιμή Πώλησης	p	7
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
λάμδα	lambda	1-4
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	5
Μέση τιμή αξιοπιστίας	μα	130
Διασπορά αξιοπιστίας	σα	5



Το παραπάνω γράφημα προέκυψε από τον κώδικα D του παραρτήματος στον οποίο πραγματοποιούνται δοκιμές της τιμής λάμδα της συνάρτησης σε ένα διάστημα μεταξύ 1 έως 4, ενώ όλες οι άλλες σταθερές παραμένουν όπως αναγράφονται στο πίνακα. Από το ανώτερο γράφημα παρατηρούμε ότι η utility function είναι μια σταθερή συνάρτηση ως προς την παράμετρο λ της οποίας η τιμή δεν μεταβάλλεται, αλλά παραμένει σταθερή στην τιμή 472,75.

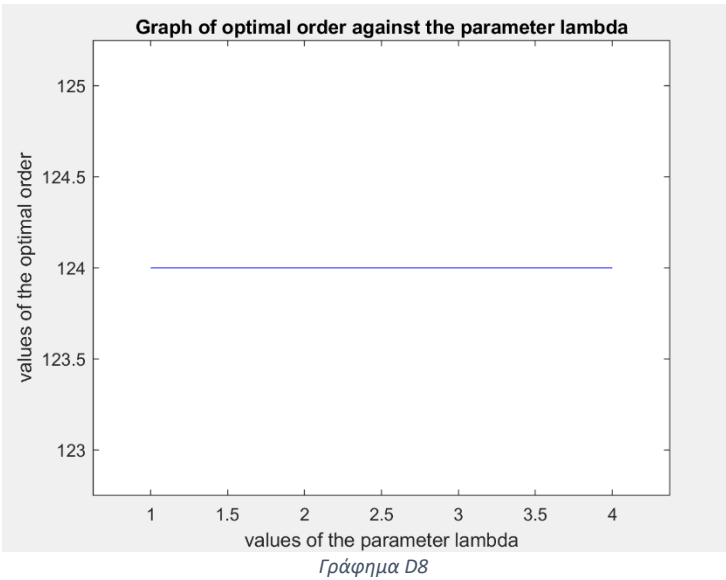
Γραφική παράσταση τιμών παραμέτρου lambda ως προς την βέλτιστη παραγγελία.

$$\text{Utility function: } u(x) = \begin{cases} x, & x \geq 0 \\ \lambda x, & x < 0 \end{cases}$$

Δοκιμή σταθεράς: lambda

Πίνακας D8:

Τιμή Πώλησης	p	7
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
λάμδα	lambda	1-4
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	5
Μέση τιμή αξιοπιστίας	μα	130
Διασπορά αξιοπιστίας	σα	5



Σε αυτό το γράφημα εξετάζουμε την επίδραση της παραμέτρου λάμδα και το πως αυτή επηρεάζει την βέλτιστη τιμή της παραγγελίας έχοντας διατηρήσει τον ίδιο κώδικα με πριν ως προς το διάστημα τιμών της παραμέτρου λ (δηλαδή 1 έως 4), καθώς και των υπόλοιπων στοιχείων των δεδομένων όπως αυτά αναγράφονται στον παραπάνω πίνακα. Παρατηρούμε ότι η βέλτιστη παραγγελία είναι μια σταθερή συνάρτηση ως προς την παράμετρο λ της οποίας η τιμή δεν μεταβάλλεται, αλλά παραμένει σταθερή στην τιμή 124.

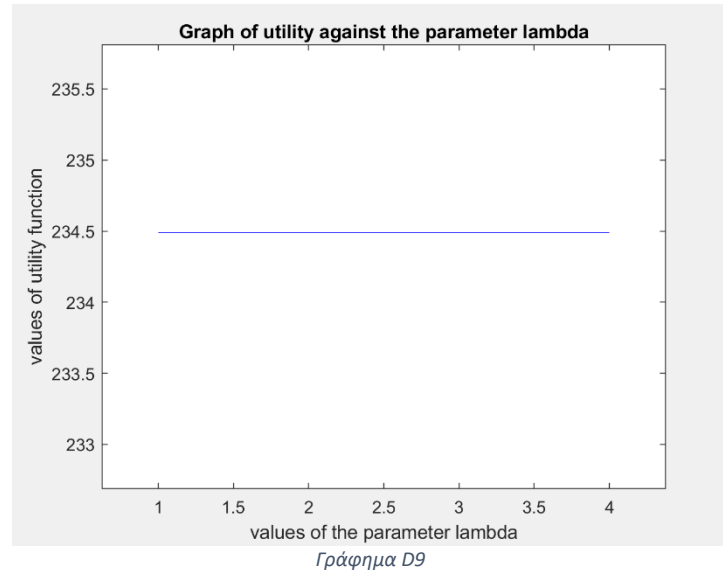
Γραφική παράσταση τιμών παραμέτρου lambda ως προς την utility function.

$$\text{Utility function: } u(x) = \begin{cases} x, & x \geq 0 \\ \lambda x, & x < 0 \end{cases}$$

Δοκιμή σταθεράς: lambda

Πίνακας D9:

Τιμή Πώλησης	ρ	5
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
λάμδα	lambda	1-4
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	5
Μέση τιμή αξιοπιστίας	μα	130
Διασπορά αξιοπιστίας	σα	5



Το παραπάνω γράφημα προέκυψε από τον κώδικα D του παραρτήματος στον οποίο πραγματοποιούνται δοκιμές της τιμής λάμδα της συνάρτησης σε ένα διάστημα μεταξύ 1 έως 4, ενώ όλες οι άλλες σταθερές παραμένουν όπως αναγράφονται στο πίνακα. Από το ανώτερο γράφημα παρατηρούμε ότι η utility function είναι μια σταθερή συνάρτηση ως προς την παράμετρο λ της οποίας η τιμή δεν μεταβάλλεται, αλλά παραμένει σταθερή στην τιμή 234.5.

Συμπερασματικά όσο και να μεταβάλλεται η τιμή του λ δεν παρατηρείται καμία αλλαγή στην τιμή του utility.

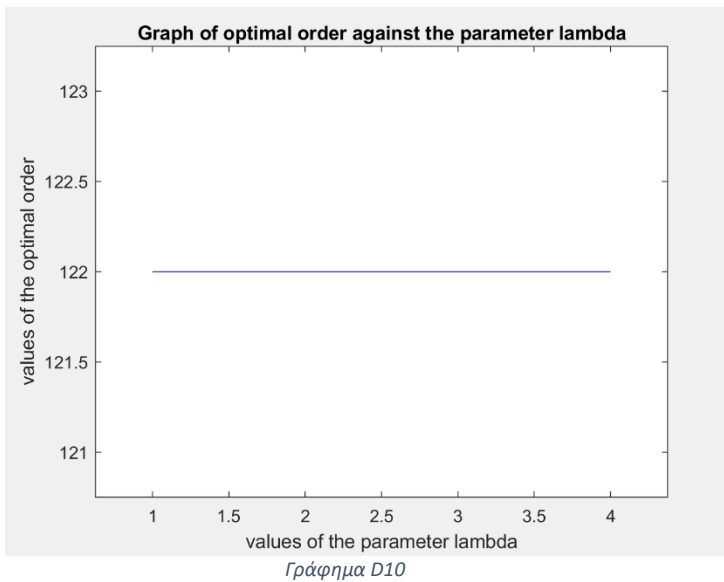
Γραφική παράσταση τιμών παραμέτρου lambda ως προς την βέλτιστη παραγγελία.

$$\text{Utility function: } u(x) = \begin{cases} x, & x \geq 0 \\ \lambda x, & x < 0 \end{cases}$$

Δοκιμή σταθεράς: lambda

Πίνακας D10:

Τιμή Πώλησης	p	5
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
λάμδα	lambda	1-4
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	5
Μέση τιμή αξιοπιστίας	μα	130
Διασπορά αξιοπιστίας	σα	5



Σε αυτό το γράφημα εξετάζουμε την επίδραση της παραμέτρου λάμδα και το πως αυτή επηρεάζει την βέλτιστη τιμή της παραγγελίας έχοντας διατηρήσει τον ίδιο κώδικα με πριν ως προς το διάστημα τιμών της παραμέτρου λ (δηλαδή 1 έως 4), καθώς και των υπόλοιπων στοιχείων των δεδομένων όπως αυτά αναγράφονται στον παραπάνω πίνακα.. Παρατηρούμε ότι η βέλτιστη παραγγελία είναι μια σταθερή συνάρτηση ως προς την παράμετρο λ της οποίας η τιμή δεν μεταβάλλεται, αλλά παραμένει σταθερή στην τιμή 122.

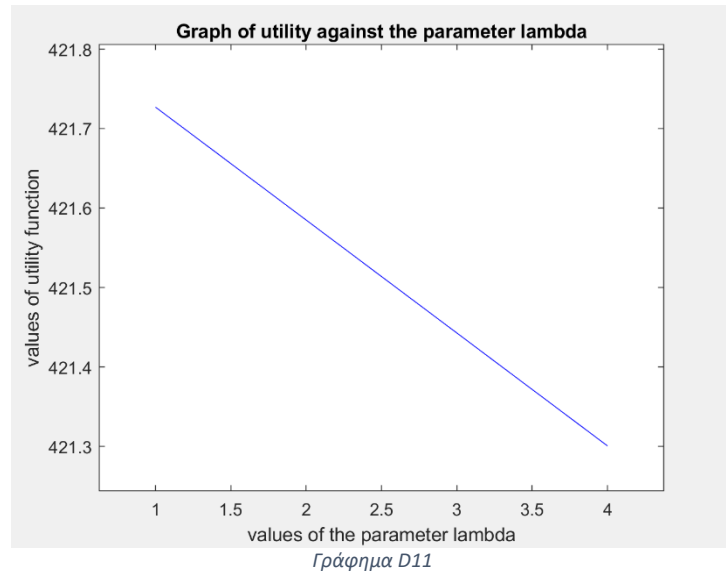
Γραφική παράσταση τιμών παραμέτρου lambda ως προς την utility function.

$$\text{Utility function: } u(x) = \begin{cases} x, & x \geq 0 \\ \lambda x, & x < 0 \end{cases}$$

Δοκιμή σταθεράς: lambda

Πίνακας D11:

Τιμή Πώλησης	p	7
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
λάμδα	lambda	1-4
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	35
Μέση τιμή αξιопιστίας	μα	130
Διασπορά αξιопιστίας	σα	5



Το παραπάνω γράφημα προέκυψε από τον κώδικα D του παραρτήματος στο οποίο πραγματοποιούνται δοκιμές της παραμέτρου λάμδα της συνάρτησης στο διάστημα 1 έως 4, ενώ όλες οι άλλες σταθερές παραμένουν όπως αναγράφονται στο πίνακα. Παρατηρούμε ότι η utility function παρουσιάζει πτωτική τάση με σταθερό ρυθμό.

Συμπερασματικά όσο αυξάνεται η τιμή του λάμδα τόσο μειώνεται και η τιμή της utility function γραμμικά.

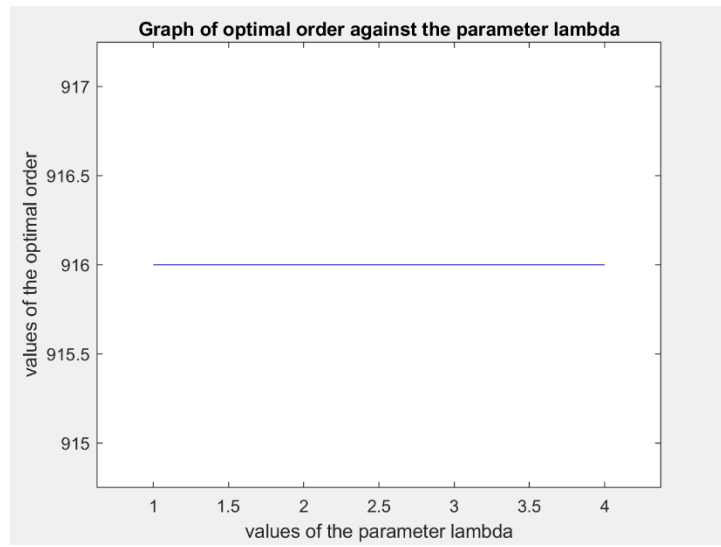
Γράφημα D12: Γραφική παράσταση τιμών παραμέτρου lambda ως προς την βέλτιστη παραγγελία.

$$\text{Utility function: } u(x) = \begin{cases} x, & x \geq 0 \\ \lambda x, & x < 0 \end{cases}$$

Δοκιμή σταθεράς: lambda

Πίνακας D12:

Τιμή Πώλησης	p	7
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
λάμδα	lambda	1-4
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	35
Μέση τιμή αξιопιστίας	μα	130
Διασπορά αξιопιστίας	σα	5



Γράφημα D12

Σε αυτό το γράφημα εξετάζουμε την επίδραση της παραμέτρου λάμδα και το πως αυτή επηρεάζει την βέλτιστη τιμή της παραγγελίας έχοντας διατηρήσει τον ίδιο κώδικα με πριν ως προς το διάστημα τιμών της παραμέτρου λ (δηλαδή 1 έως 4), καθώς και των υπόλοιπων στοιχείων των δεδομένων όπως αυτά αναγράφονται στον παραπάνω πίνακα.. Παρατηρούμε ότι η βέλτιστη παραγγελία είναι μια σταθερή συνάρτηση ως προς την παράμετρο λ της οποίας η τιμή δεν μεταβάλλεται, αλλά παραμένει σταθερή στην τιμή 916.

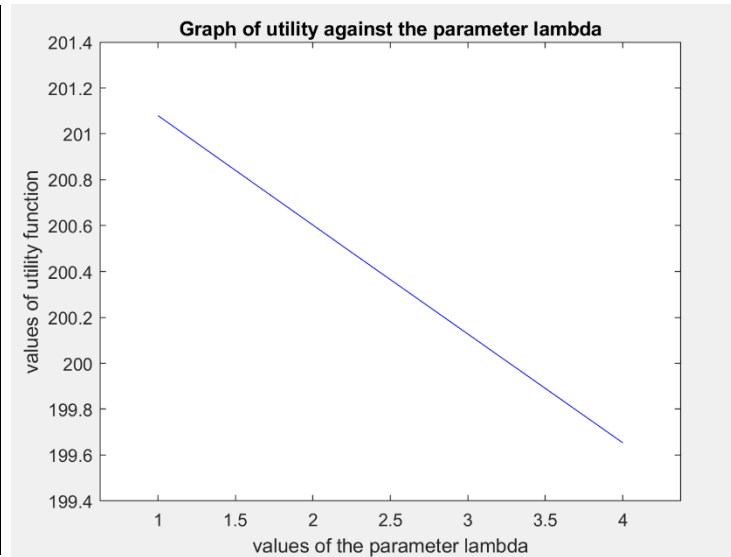
Γραφική παράσταση τιμών παραμέτρου lambda ως προς την utility function.

$$\text{Utility function: } u(x) = \begin{cases} x, & x \geq 0 \\ \lambda x, & x < 0 \end{cases}$$

Δοκιμή σταθεράς: lambda

Πίνακας D13:

Τιμή Πώλησης	ρ	5
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
λάμδα	lambda	1-4
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	35
Μέση τιμή αξιολπιστίας	μα	130
Διασπορά αξιολπιστίας	σα	5



Γράφημα D13

Το παραπάνω γράφημα προέκυψε από τον κώδικα D του παραρτήματος στον οποίο πραγματοποιούνται δοκιμές της παραμέτρου λάμδα της συνάρτησης στο διάστημα 1 έως 4, ενώ όλες οι άλλες σταθερές παραμένουν όπως αναγράφονται στο πίνακα. Παρατηρούμε ότι η utility function παρουσιάζει πτωτική τάση.

Συμπερασματικά όσο αυξάνεται η τιμή του λάμδα τόσο μειώνεται και η τιμή της utility function γραμμικά.

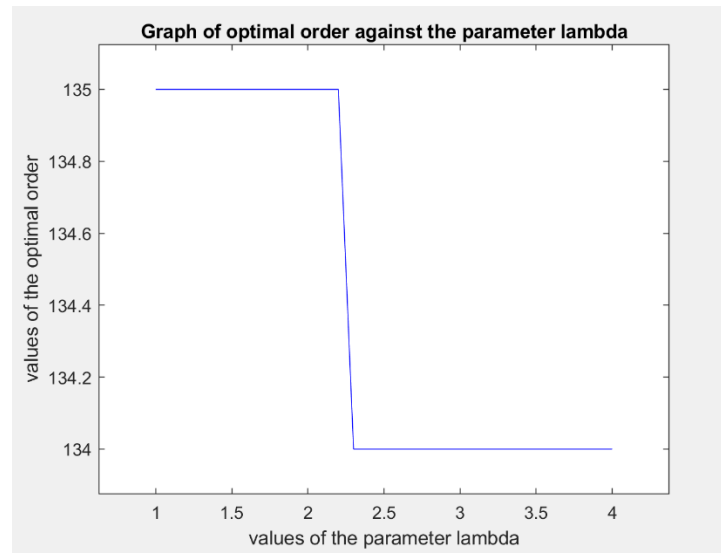
Γραφική παράσταση τιμών παραμέτρου lambda ως προς την βέλτιστη παραγγελία.

$$\text{Utility function: } u(x) = \begin{cases} x, & x \geq 0 \\ \lambda x, & x < 0 \end{cases}$$

Δοκιμή σταθεράς: lambda

Πίνακας D14:

Τιμή Πώλησης	ρ	5
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
λάμδα	lambda	1-4
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	35
Μέση τιμή αξιοπιστίας	μα	130
Διασπορά αξιοπιστίας	σα	5



Γράφημα D14

Σε αυτό το γράφημα εξετάζουμε την επίδραση της παραμέτρου λάμδα και το πως αυτή επηρεάζει την βέλτιστη τιμή της παραγγελίας έχοντας διατηρήσει τον ίδιο κώδικα με πριν ως προς το διάστημα τιμών της παραμέτρου λ (δηλαδή 1 έως 4), καθώς και των υπόλοιπων στοιχείων των δεδομένων όπως αυτά αναγράφονται στον παραπάνω πίνακα.. Παρατηρούμε ότι η βέλτιστη παραγγελία είναι μια σταθερή συνάρτηση ως προς την παράμετρο λ της οποίας η τιμή αρχικά είναι σταθερή στην τιμή 135 και στην συνέχεια από την τιμή 2.25 της παραμέτρου λάμδα και μετά είναι σταθερή στην τιμή 134.

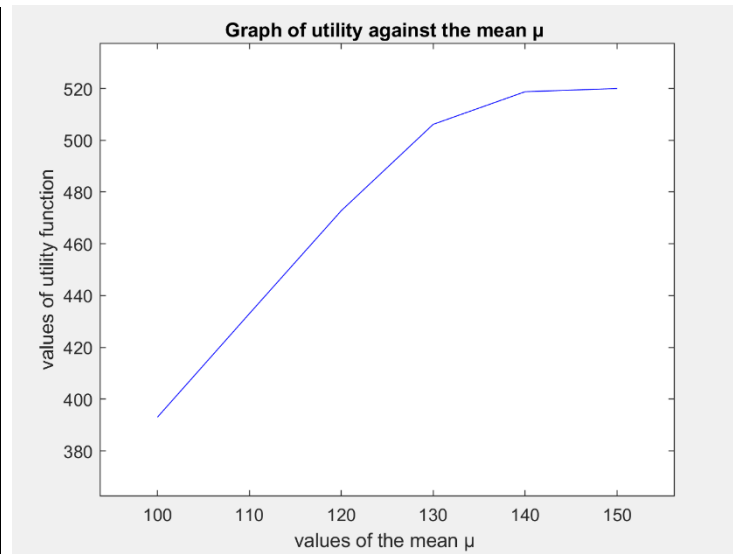
Γραφική παράσταση τιμών παραμέτρου της μέσης τιμής της ζήτησης ως προς την utility function.

$$\text{Utility function: } u(x) = \begin{cases} x, & x \geq 0 \\ \lambda x, & x < 0 \end{cases}$$

Δοκιμή σταθεράς: μ

Πίνακας D15:

Τιμή Πώλησης	ρ	7
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
λάμδα	λ	1.5
Μέση τιμή ζήτησης	μ	100-150
Διασπορά ζήτησης	σ	5
Μέση τιμή αξιοπιστίας	μ_a	130
Διασπορά αξιοπιστίας	σ_a	5



Γράφημα D15

Το παραπάνω γράφημα προέκυψε από τον κώδικα D του παραρτήματος στον οποίο πραγματοποιούνται δοκιμές της μέσης τιμής της ζήτησης (μ) με τέτοιο τρόπο όμως όπου δεν θα επηρεάζεται η διασπορά της κατανομής την ζήτησης σε διάστημα από 120 έως 150, ενώ όλες οι άλλες σταθερές παραμένουν όπως αναγράφονται στο πίνακα. Από το ανώτερο γράφημα παρατηρούμε ότι η utility function είναι μια αύξουσα συνάρτηση η οποία παρουσιάζει το σημείο καμπής στο οποίο από μια τιμή της μέσης τιμής και μετά η αύξηση της γίνεται ανεξάρτητη της utility function η οποία σταματάει να επηρεάζεται και παραμένει σταθερή στην τιμή 520.

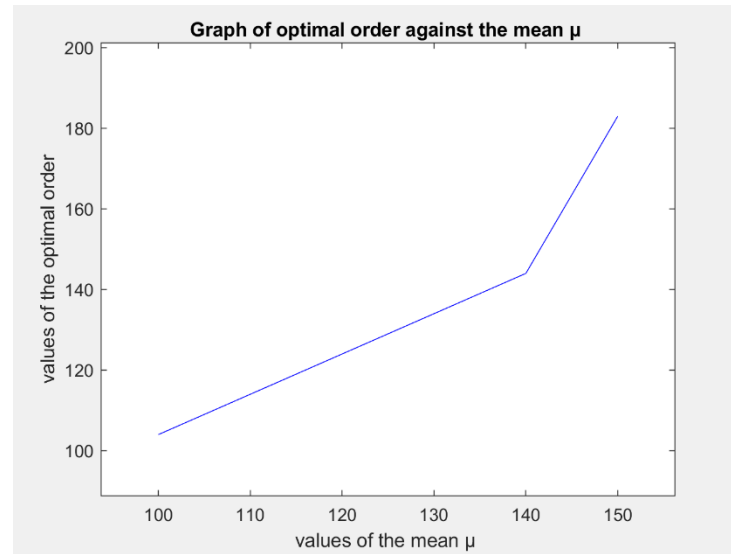
Γραφική παράσταση τιμών παραμέτρου της μέσης τιμής της ζήτησης ως προς την βέλτιστη παραγγελία.

$$\text{Utility function: } u(x) = \begin{cases} x, & x \geq 0 \\ \lambda x, & x < 0 \end{cases}$$

Δοκιμή σταθεράς: μ

Πίνακας D16:

Τιμή Πώλησης	ρ	7
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
λάμβδα	lambda	1.5
Μέση τιμή ζήτησης	μ	100-150
Διασπορά ζήτησης	σ	5
Μέση τιμή αξιοπιστίας	$\mu\alpha$	130
Διασπορά αξιοπιστίας	$\sigma\alpha$	5



Γράφημα D16

Σε αυτό το γράφημα εξετάζουμε την επίδραση της μέσης τιμής της ζήτησης και το πως αυτή επηρεάζει την βέλτιστη τιμή της παραγγελίας έχοντας διατηρήσει τον ίδιο κώδικα με πριν ως προς το διάστημα τιμών της παραμέτρου μ (δηλαδή 100 έως 150), καθώς και των υπόλοιπων στοιχείων των δεδομένων όπως αυτά αναγράφονται στον παραπάνω πίνακα. Παρατηρούμε ότι η βέλτιστη παραγγελία είναι μια είναι μια αύξουσα συνάρτηση. Συμπερασματικά όσο αυξάνεται η μέση τιμή της ζήτησης τόσο αυξάνεται ο αριθμός της βέλτιστης δυνατής παραγγελίας.

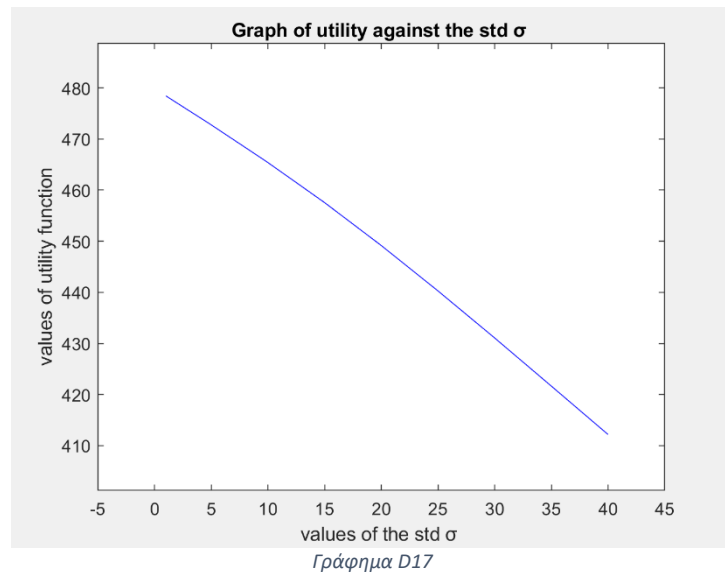
Γραφική παράσταση τιμών παραμέτρου της διασποράς της ζήτησης ως προς την utility function.

$$\text{Utility function: } u(x) = \begin{cases} x, & x \geq 0 \\ \lambda x, & x < 0 \end{cases}$$

Δοκιμή σταθεράς: σ

Πίνακας D17:

Τιμή Πώλησης	ρ	7
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
λάμδα	lambda	1.5
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	1-40
Μέση τιμή αξιοπιστίας	$\mu\alpha$	130
Διασπορά αξιοπιστίας	$\sigma\alpha$	5



Το παραπάνω γράφημα προέκυψε από τον κώδικα D του παραρτήματος στον οποίο πραγματοποιούνται δοκιμές της διασποράς της ζήτησης (σ) με τέτοιο τρόπο όμως όπου δεν θα επηρεάζεται η μέση τιμή της κατανομής της ζήτησης σε διάστημα από 1 έως 40, ενώ όλες οι άλλες σταθερές παραμένουν όπως αναγράφονται στο πίνακα. Από το ανώτερο γράφημα παρατηρούμε ότι η utility function είναι μια φθίνουσα συνάρτηση.

Συμπερασματικά όσο μεγαλώνει η τιμή της διασποράς στο διάστημα αυτό τόσο μειώνεται η τιμή του utility.

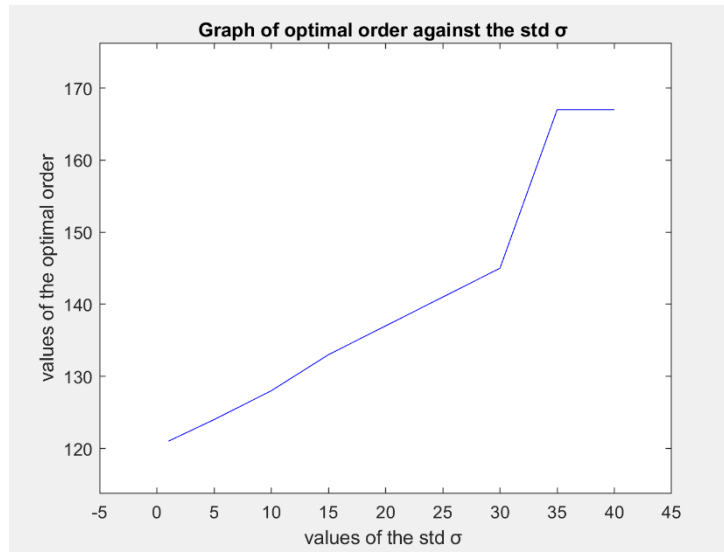
Γραφική παράσταση τιμών παραμέτρου της διασποράς της ζήτησης ως προς την βέλτιστη παραγγελία.

$$\text{Utility function: } u(x) = \begin{cases} x, & x \geq 0 \\ \lambda x, & x < 0 \end{cases}$$

Δοκιμή σταθεράς: σ

Πίνακας D18:

Τιμή Πώλησης	ρ	7
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
λάμδα	λ	1.5
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	1-40
Μέση τιμή αξιοπιστίας	μ_a	130
Διασπορά αξιοπιστίας	σ_a	5



Γράφημα D18

Σε αυτό το γράφημα εξετάζουμε την επίδραση της διασποράς της ζήτησης και το πως αυτή επηρεάζει την βέλτιστη τιμή της παραγγελίας, έχοντας διατηρήσει τον ίδιο κώδικα με πριν ως προς το διάστημα τιμών της παραμέτρου σ (δηλαδή 1 έως 40), καθώς και των υπόλοιπων στοιχείων των δεδομένων όπως αυτά αναγράφονται στον παραπάνω πίνακα. Παρατηρούμε ότι η γραφική παράσταση της βέλτιστης παραγγελίας είναι μια αύξουσα συνάρτηση της οποίας ο ρυθμός αύξησης μεταβάλλεται μετά την τιμή 30 της διασποράς ενώ στην συνέχεια μετά την τιμή 35 της διασποράς σταθεροποιείται λίγο κάτω του 170.

Συμπερασματικά όσο αυξάνεται η διασπορά της ζήτησης τόσο αυξάνεται και η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας έως ότου σταθεροποιηθεί λίγο κάτω του 170 από την τιμή 35 έως και 40 που εξετάζεται.

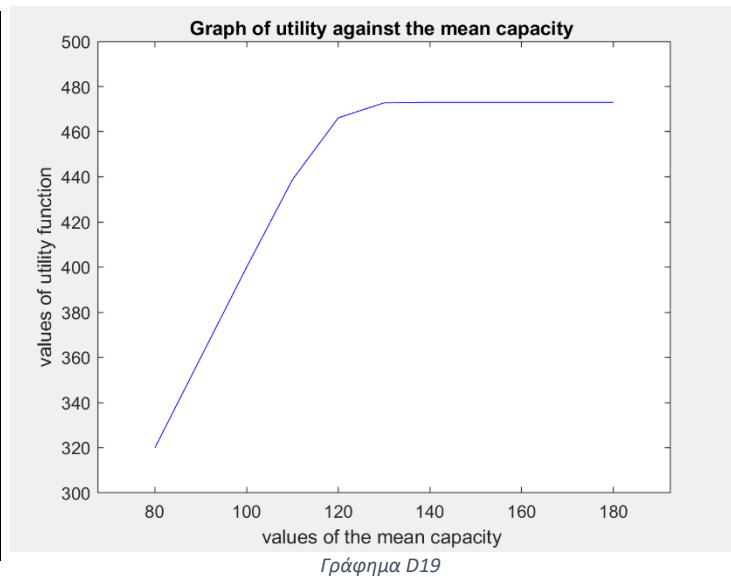
Γραφική παράσταση τιμών παραμέτρου της μέσης τιμής της αναξιοπιστίας ως προς την utility function.

$$\text{Utility function: } u(x) = \begin{cases} x, & x \geq 0 \\ \lambda x, & x < 0 \end{cases}$$

Δοκιμή σταθεράς: μα

Πίνακας D19:

Τιμή Πώλησης	ρ	7
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
λάμδα	lambda	1.5
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	5
Μέση τιμή αξιοπιστίας	μα	80-180
Διασπορά αξιοπιστίας	σα	5



Το παραπάνω γράφημα προέκυψε από τον κώδικα D του παραρτήματος στον οποίο πραγματοποιούνται δοκιμές της μέσης τιμής της αναξιοπιστίας με τέτοιο τρόπο όμως όπου δεν θα επηρεάζεται η διασπορά της κατανομής της αναξιοπιστίας σε διάστημα από 80 έως 180, ενώ όλες οι άλλες σταθερές παραμένουν όπως αναγράφονται στο πίνακα. Από το ανώτερο γράφημα παρατηρούμε ότι η utility function είναι μια αύξουσα συνάρτηση της οποίας ο ρυθμός μειώνεται έως ότου σταθεροποιηθεί στην τιμή περίπου 476 από την τιμή 125 της μέσης τιμής και έπειτα.

Συμπερασματικά όσο μεγαλώνει η τιμή της μέσης τιμής της αξιοπιστίας στο διάστημα αυτό τόσο αυξάνεται η τιμή του utility έως ότου σταθεροποιηθεί.

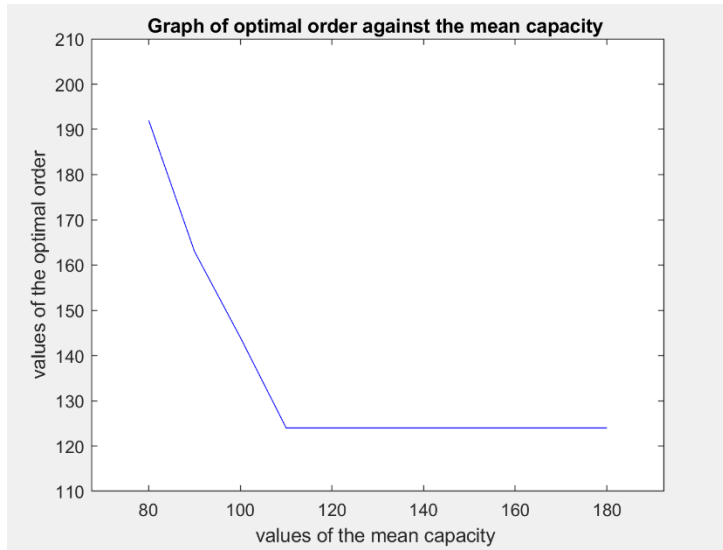
Γραφική παράσταση τιμών παραμέτρου της μέσης τιμής της αναξιοπιστίας ως προς την βέλτιστη παραγγελία.

$$\text{Utility function: } u(x) = \begin{cases} x, & x \geq 0 \\ \lambda x, & x < 0 \end{cases}$$

Δοκιμή σταθεράς: μα

Πίνακας D20:

Τιμή Πώλησης	ρ	7
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
λάμδα	lambda	1.5
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	5
Μέση τιμή αξιοπιστίας	μα	80-180
Διασπορά αξιοπιστίας	σα	5



Γράφημα D20

Σε αυτό το γράφημα εξετάζουμε την επίδραση της μέσης τιμής της αναξιοπιστίας και το πως αυτή επηρεάζει την βέλτιστη τιμή της παραγγελίας, έχοντας διατηρήσει τον ίδιο κώδικα με πριν ως προς το διάστημα τιμών της παραμέτρου μα (δηλαδή 80 έως 180), καθώς και των υπόλοιπων στοιχείων των δεδομένων όπως αυτά αναγράφονται στον παραπάνω πίνακα. Παρατηρούμε ότι η βέλτιστη παραγγελία είναι μια φθίνουσα συνάρτηση της οποίας ο ρυθμός είναι σχετικά σταθερός ενώ μετά την τιμή λίγο πριν του 110 της μέσης τιμής σταθεροποιείται η τιμή της βέλτιστης παραγγελίας λίγο πάνω από την τιμή 120. Συμπερασματικά όσο αυξάνεται η μέση τιμή της αναξιοπιστίας τόσο μειώνεται και η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας έως ότου σταθεροποιηθεί λίγο πάνω του 120.

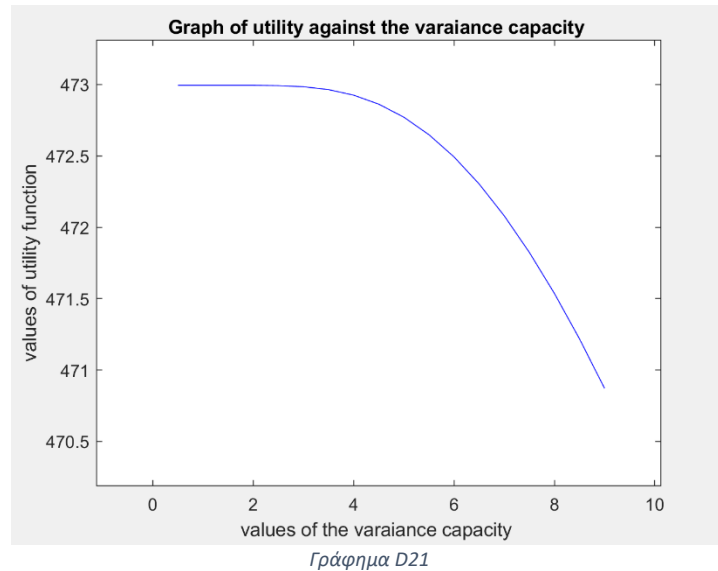
Γραφική παράσταση τιμών παραμέτρου της διασποράς της αναξιопιστίας ως προς την utility function.

$$\text{Utility function: } u(x) = \begin{cases} x, & x \geq 0 \\ \lambda x, & x < 0 \end{cases}$$

Δοκιμή σταθεράς: σα

Πίνακας D21:

Τιμή Πώλησης	ρ	7
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
λάμδα	lambda	1.5
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	5
Μέση τιμή αξιопιστίας	μα	130
Διασπορά αξιопιστίας	σα	1-9



Το παραπάνω γράφημα προέκυψε από τον κώδικα D του παραρτήματος στον οποίο πραγματοποιούνται δοκιμές της διασποράς της αναξιопιστίας με τέτοιο τρόπο όμως όπου δεν θα επηρεάζεται η μέση τιμή της κατανομής της αναξιопιστίας σε διάστημα από 1 έως 9, ενώ όλες οι άλλες σταθερές παραμένουν όπως αναγράφονται στο πίνακα. Από το ανώτερο γράφημα παρατηρούμε ότι η utility function είναι μια φθίνουσα συνάρτηση της οποίας ο ρυθμός μείωσης αυξάνεται.

Συμπερασματικά όσο μεγαλώνει η τιμή της διασποράς της αξιопιστίας στο διάστημα αυτό τόσο μειώνεται μη γραμμικά η τιμή του utility.

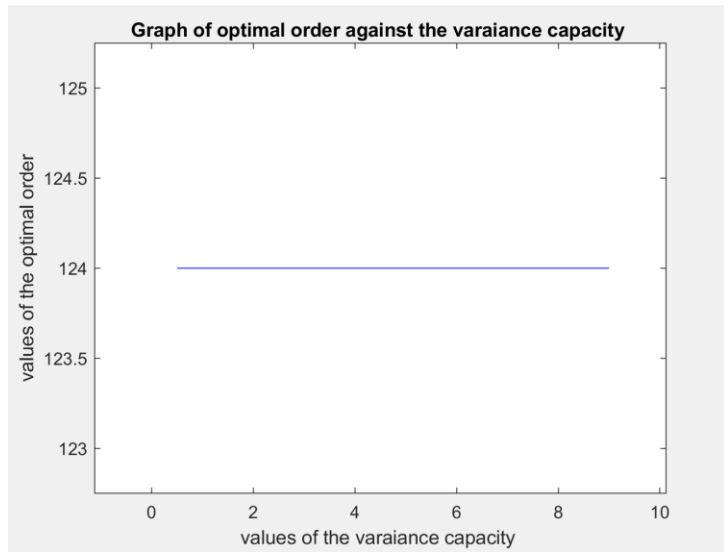
Γραφική παράσταση τιμών παραμέτρου της διασποράς της αναξιοπιστίας ως προς την βέλτιστη παραγγελία.

$$\text{Utility function: } u(x) = \begin{cases} x, & x \geq 0 \\ \lambda x, & x < 0 \end{cases}$$

Δοκιμή σταθεράς: σα

Πίνακας D22:

Τιμή Πώλησης	ρ	7
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
λάμδα	lambda	1.5
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	5
Μέση τιμή αξιοπιστίας	μα	130
Διασπορά αξιοπιστίας	σα	1-9



Γράφημα D22

Σε αυτό το γράφημα εξετάζουμε την επίδραση της διασποράς της αναξιοπιστίας και το πως αυτή επηρεάζει την βέλτιστη τιμή της παραγγελίας, έχοντας διατηρήσει τον ίδιο κώδικα με πριν ως προς το διάστημα τιμών της παραμέτρου σα (δηλαδή 1 έως 9), καθώς και των υπόλοιπων στοιχείων των δεδομένων όπως αυτά αναγράφονται στον παραπάνω πίνακα. Παρατηρούμε ότι η βέλτιστη παραγγελία είναι μια σταθερή συνάρτηση στην τιμή 124.

Συμπερασματικά όσο και να αυξάνεται η διασπορά της αναξιοπιστίας δεν πραγματοποιείται καμία επίδραση στην βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας που παραμένει σταθερή στην τιμή 124.

4.5 Πρόβλημα εφημεριδοπώλη με διάφορα κριτήρια αποτίμησης κινδύνου

Στο κεφάλαιο αυτό, πρόκειται να εξεταστεί η περίπτωση του προβλήματος του του εφημεριδοπώλη κατά τον οποίον πραγματοποιούνται δοκιμές διαφόρων κριτηρίων αποτίμησης κινδύνου και το πως αυτά επηρεάζουν τον κώδικά μας. Στον κώδικα E του παραρτήματος, έχουνε δοθεί κάποιες αρχικές τιμές, με τις οποίες στην συνέχεια γίνονται δοκιμές, σε κάθε περίπτωση αποτίμησης κινδύνου ξεχωριστά, με στόχο την παρατήρηση της επίδρασης της επιλογής αυτής στην βέλτιστη ποσότητα της παραγγελίας σε συνδυασμό με το κέρδος που θα διαμορφωθεί από αυτή. Σε κάθε περίπτωση αποτίμησης κινδύνου, εξετάζουμε περιπτώσεις της ζήτησης να ακολουθεί είτε κανονική είτε και ομοιόμορφη κατανομή. Αυτό θα βοηθήσει στην καλύτερη κατανόηση του προβλήματος και κατ' επέκταση σε συμπεράσματα ως προς την λήψη αποφάσεων.

Γραφική παράσταση κέρδους ως προς ποσότητα παραγγελίας στην περίπτωση Loss-Averse Preferences, για την ομοιόμορφη κατανομή.

$$\text{Utility function: } u_l(x) = \begin{cases} x, & \text{αν } x \geq 0 \\ \lambda x, & x < 0 \end{cases} \quad \text{για } \lambda > 1$$

Πίνακας Ε1:

Τιμή Πώλησης	p	7
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
λάμδα	λ	3
Αρχικό κεφάλαιο	w_0	0
Μέση τιμή ζήτησης	μ	80
Διασπορά ζήτησης	σ	40.41



Γράφημα Ε1

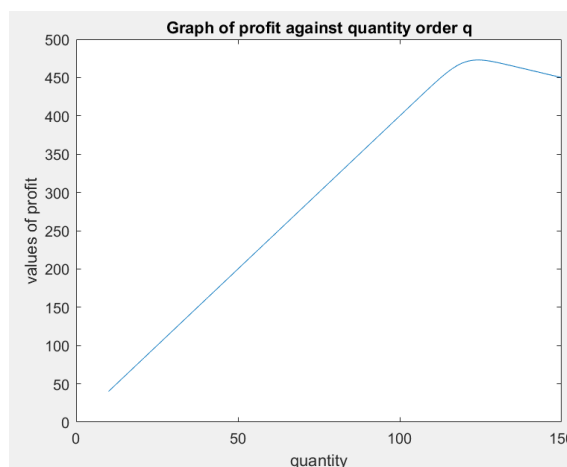
Για την περίπτωση όπου ο εφημεριδοπώλης εφαρμόζει loss-averse πολιτική ενώ ταυτόχρονα η ζήτηση θεωρείται ότι ακολουθεί κανονική κατανομή, η συνάρτηση του κέρδους προς την ποσότητα παραγγελίας είναι κοίλη συνάρτηση. Στην αρχή, όσο αυξάνεται η ποσότητα παραγγελίας, τόσο αυξάνεται και το κέρδος, ωστόσο, ο ρυθμός αυτός της αύξησης φθίνει έως ότου βρεθούμε σε ένα σημείο καμπής, όπου από το σημείο αυτό και μετά όσο αυξάνεται η ποσότητα της παραγγελίας τόσο μειώνονται τα κέρδη. Το μέγιστο σημείο αυτό, υποδεικνύει τη βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας προκειμένου να έχουμε μεγιστοποίηση στα κέρδη, και βρίσκεται στην τιμή 116.65 με αναμενόμενο κέρδος για την ποσότητα αυτή στις 263.5 μονάδες. Το φαινόμενο της μείωσης του κέρδους μετά την ποσότητα αυτή, προκύπτει από το γεγονός ότι από ένα σημείο και μετά η ποσότητα που προμηθεύεται ο εφημεριδοπώλης υπερβαίνει την ζήτηση, και έτσι τα περισσευούμενα προϊόντα στην περίπτωση όπου εξετάζεται μεταπωλούνται σε τιμή μικρότερη του κόστους αγοράς τους γεγονός που επιφέρει τη μείωση αυτή του κέρδους.

Γραφική παράσταση κέρδους ως προς ποσότητα παραγγελίας στην περίπτωση Loss-Averse Preferences, για την κανονική κατανομή.

$$\text{Utility function: } u_l(x) = \begin{cases} x, & \text{αν } x \geq 0 \\ \lambda x, & x < 0 \end{cases} \quad \text{για } \lambda > 1$$

Πίνακας Ε2:

Τιμή Πώλησης	p	7
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
λάμδα	λ	1.5
Αρχικό κεφάλαιο	w_0	0
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	5



Γράφημα Ε2

Για την περίπτωση όπου ο εφημεριδοπώλης εφαρμόζει loss-averse πολιτική ενώ ταυτόχρονα η ζήτηση θεωρείται ότι ακολουθεί ομοιόμορφη κατανομή, η συνάρτηση του κέρδους προς την ποσότητα παραγγελίας είναι κοίλη συνάρτηση. Στην αρχή, όσο αυξάνεται η ποσότητα παραγγελίας, τόσο αυξάνεται και το κέρδος, ωστόσο, ο ρυθμός αυτός της αύξησης φθίνει έως ότου βρεθούμε σε ένα σημείο καμπής, όπου από το σημείο αυτό και μετά όσο αυξάνεται η ποσότητα της παραγγελίας τόσο μειώνονται τα κέρδη. Το μέγιστο σημείο αυτό, υποδεικνύει τη βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας προκειμένου να έχουμε μεγιστοποίηση στα κέρδη, και βρίσκεται στην τιμή 124,2 με αναμενόμενο κέρδος για την ποσότητα αυτή στις 473 μονάδες. Το φαινόμενο της μείωσης του κέρδους μετά την ποσότητα αυτή, προκύπτει από το γεγονός ότι από ένα σημείο και μετά η ποσότητα που προμηθεύεται ο εφημεριδοπώλης υπερβαίνει την ζήτηση, και έτσι τα περισσευούμενα προϊόντα στην περίπτωση όπου εξετάζεται μεταπωλούνται σε τιμή μικρότερη του κόστους αγοράς τους γεγονός που επιφέρει τη μείωση αυτή του κέρδους.

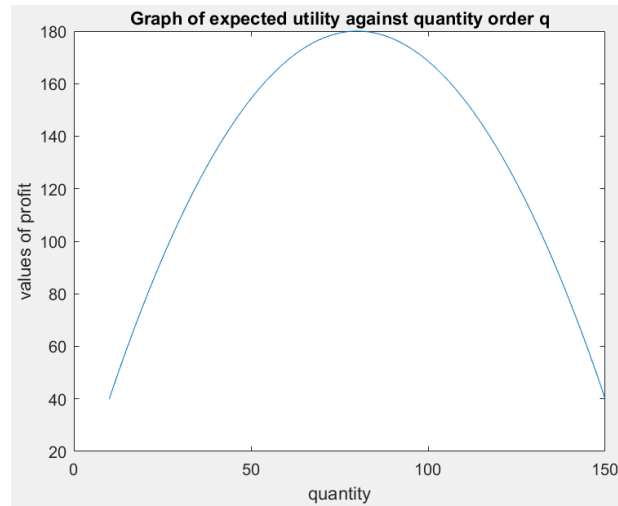
Γραφική παράσταση κέρδους ως προς ποσότητα παραγγελίας στην περίπτωση Waste-Averse Preferences, για την ομοιόμορφη κατανομή.

$$\text{Expected Utility function: } E[u_t(q, D, w_0)] = E[u_n(\pi(q, D))] - t \int_0^q f(x)(q-x)dx \quad (4.5)$$

με $t > 0$

Πίνακας Ε3:

Τιμή Πώλησης	p	7
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
t	t	3
Αρχικό κεφάλαιο	w_0	0
Μέση τιμή ζήτησης	μ	80
Διασπορά ζήτησης	σ	40.41



Γράφημα Ε3

Παρατηρούμε ότι εδώ το γράφημα της Waste-Averse preferences συνάρτησης χρησιμότητας για ομοιόμορφη κατανομή της ζήτησης, έχει παραβολική μορφή, επομένως υπάρχει ένα σημείο μεγίστου στην «κορυφή» της παραβολής στο οποίο με βάση την ποσότητα παραγγελίας, σε αυτό το σημείο έχουμε την βελτιστοποίηση του κέρδους. Έπειτα από αυτό το σημείο μειώνεται το αναμενόμενο κέρδος με σταθερό ρυθμό, επομένως αυτό το σημείο θα αποτελέσει το βέλτιστο σημείο ποσότητας παραγγελίας. Το σημείο αυτό βρίσκεται περίπου στην μέση του γραφήματος για ποσότητα παραγγελίας 80 μονάδων και τα μέγιστα κέρδη για την τιμή παραγγελίας αυτής είναι 232,5 μονάδες. Το φαινόμενο της μείωσης του κέρδους μετά την ποσότητα αυτή, προκύπτει από το γεγονός ότι από ένα σημείο και μετά η ποσότητα που προμηθεύεται ο εφημεριδοπώλης υπερβαίνει την ζήτηση, και έτσι τα περισευούμενα προϊόντα στην περίπτωση όπου εξετάζεται μεταπωλούνται σε τιμή μικρότερη του κόστους αγοράς τους γεγονός που επιφέρει τη μείωση αυτή του κέρδους.

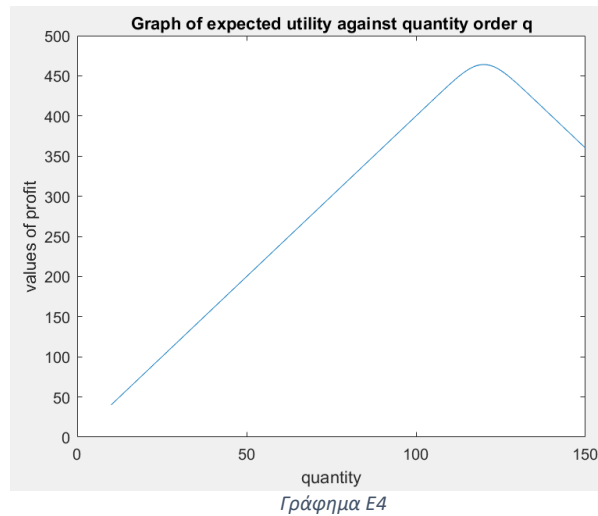
Γραφική παράσταση κέρδους ως προς ποσότητα παραγγελίας στην περίπτωση Waste-Averse Preferences, για την κανονική κατανομή.

$$\text{Expected Utility function: } E[u_t(q, D, w_0)] = E[u_n(\pi(q, D))] - t \int_0^q f(x)(q-x)dx \quad (4.6)$$

με $t > 0$

Πίνακας Ε4:

Τιμή Πώλησης	p	7
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
t	t	3
Αρχικό κεφάλαιο	w_0	0
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	5



Για την περίπτωση όπου ο εφημεριδοπώλης εφαρμόζει waste-averse πολιτική ενώ ταυτόχρονα η ζήτηση θεωρείται ότι ακολουθεί κανονική κατανομή, η συνάρτηση του κέρδους προς την ποσότητα παραγγελίας είναι κοίλη συνάρτηση. Στην αρχή, όσο αυξάνεται η ποσότητα παραγγελίας, τόσο αυξάνεται και το κέρδος, ωστόσο, ο ρυθμός αυτός της αύξησης φθίνει έως ότου βρεθούμε σε ένα σημείο καμπής, όπου από το σημείο αυτό και μετά όσο αυξάνεται η ποσότητα της παραγγελίας τόσο μειώνονται τα κέρδη. Το μέγιστο σημείο αυτό, υποδεικνύει τη βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας προκειμένου να έχουμε μεγιστοποίηση στα κέρδη, και βρίσκεται στην τιμή 120 με αναμενόμενο κέρδος για την ποσότητα αυτή στις 470 μονάδες. Το φαινόμενο της μείωσης του κέρδους μετά την ποσότητα αυτή, προκύπτει από το γεγονός ότι από ένα σημείο και μετά η ποσότητα που προμηθεύεται ο εφημεριδοπώλης υπερβαίνει την ζήτηση, και έτσι τα περισσευούμενα προϊόντα στην περίπτωση όπου εξετάζεται μεταπωλούνται σε τιμή μικρότερη του κόστους αγοράς τους γεγονός που επιφέρει τη μείωση αυτή του κέρδους .

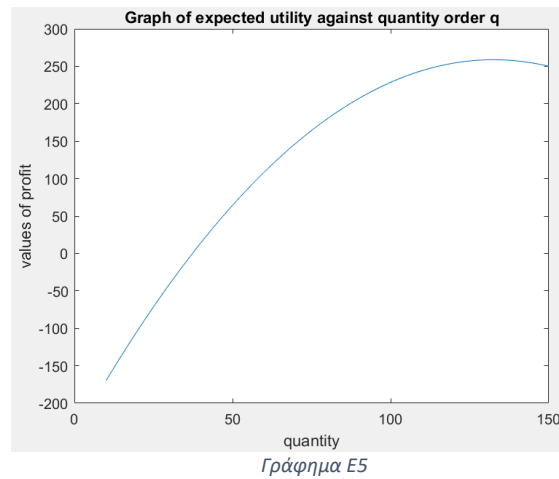
Γράφημα Ε5: Γραφική παράσταση κέρδους ως προς ποσότητα παραγγελίας στην περίπτωση Stockout-Averse Preferences, για την ομοιόμορφη κατανομή.

$$\text{Expected Utility function: } E[u_m(q, D, w_0)] = E[u_n(\pi(q, D))] - a \int_q^\infty f(x)(x - q)dx \quad (4.7)$$

με $\alpha > 0$

Πίνακας Ε5:

Τιμή Πώλησης	p	7
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
a	alpha	3
Αρχικό κεφάλαιο	w_0	0
Μέση τιμή ζήτησης	μ	80
Διασπορά ζήτησης	σ	40.41



Για την περίπτωση όπου ο εφημεριδοπώλης εφαρμόζει stockout-averse πολιτική ενώ ταυτόχρονα η ζήτηση θεωρείται ότι ακολουθεί ομοιόμορφη κατανομή, η συνάρτηση του κέρδους προς την ποσότητα παραγγελίας είναι κοίλη συνάρτηση. Στην αρχή, όσο αυξάνεται η ποσότητα παραγγελίας, τόσο αυξάνεται και το κέρδος, ωστόσο, ο ρυθμός αυτός της αύξησης φθίνει έως ότου βρεθούμε σε ένα σημείο καμπής, όπου από το σημείο αυτό και μετά όσο αυξάνεται η ποσότητα της παραγγελίας τόσο μειώνονται τα κέρδη. Το μέγιστο σημείο αυτό, υποδεικνύει τη βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας προκειμένου να έχουμε μεγιστοποίηση στα κέρδη, και βρίσκεται στην τιμή 132,5 με αναμενόμενο κέρδος για την ποσότητα αυτή στις 262 μονάδες. Το φαινόμενο της μείωσης του κέρδους μετά την ποσότητα αυτή, προκύπτει από το γεγονός ότι από ένα σημείο και μετά η ποσότητα που προμηθεύεται ο εφημεριδοπώλης υπερβαίνει την ζήτηση, και έτσι τα περισσευούμενα προϊόντα στην περίπτωση όπου εξετάζεται μεταπωλούνται σε τιμή μικρότερη του κόστους αγοράς τους γεγονός που επιφέρει τη μείωση αυτή του κέρδους .

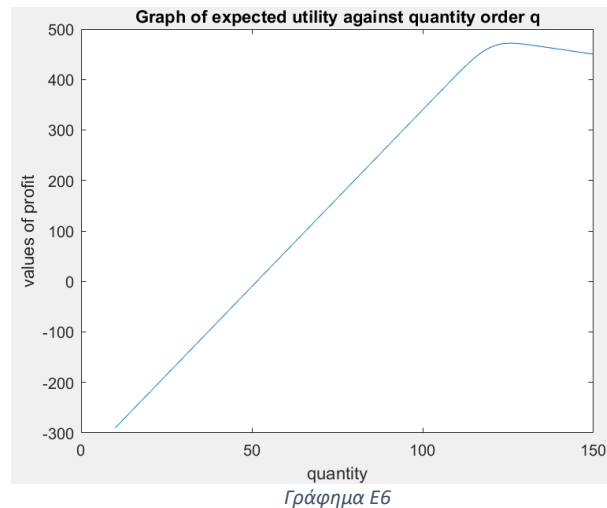
Γραφική παράσταση κέρδους ως προς ποσότητα παραγγελίας στην περίπτωση Stockout-Averse Preferences, για την κανονική κατανομή.

$$\text{Expected Utility function: } E[u_m(q, D, w_0)] = E[u_n(\pi(q, D))] - a \int_q^\infty f(x)(x - q)dx \quad (4.8)$$

με $\alpha > 0$

Πίνακας Ε6:

Τιμή Πώλησης	p	7
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
α	alpha	3
Αρχικό κεφάλαιο	w_0	0
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	5



Για την περίπτωση όπου ο εφημεριδοπώλης εφαρμόζει stockout-averse πολιτική ενώ ταυτόχρονα η ζήτηση θεωρείται ότι ακολουθεί κανονική κατανομή, η συνάρτηση του κέρδους προς την ποσότητα παραγγελίας είναι κοίλη συνάρτηση. Στην αρχή, όσο αυξάνεται η ποσότητα παραγγελίας, τόσο αυξάνεται και το κέρδος, ωστόσο, ο ρυθμός αυτός της αύξησης φθίνει έως ότου βρεθούμε σε ένα σημείο καμπής, όπου από το σημείο αυτό και μετά όσο αυξάνεται η ποσότητα της παραγγελίας τόσο μειώνονται τα κέρδη. Το μέγιστο σημείο αυτό, υποδεικνύει τη βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας προκειμένου να έχουμε μεγιστοποίηση στα κέρδη, και βρίσκεται στην τιμή 125,75 με αναμενόμενο κέρδος για την ποσότητα αυτή στις 473 μονάδες. Το φαινόμενο της μείωσης του κέρδους μετά την ποσότητα αυτή, προκύπτει από το γεγονός ότι από ένα σημείο και μετά η ποσότητα που προμηθεύεται ο εφημεριδοπώλης υπερβαίνει την ζήτηση, και έτσι τα περισσευούμενα προϊόντα στην περίπτωση όπου εξετάζεται μεταπωλούνται σε τιμή μικρότερη του κόστους αγοράς τους γεγονός που επιφέρει τη μείωση αυτή του κέρδους .

Γραφική παράσταση κέρδους ως προς ποσότητα παραγγελίας στην περίπτωση ελαχιστοποίησης της απογραφής των εκ των υστέρων σφαλμάτων, για το παράδειγμα 1.

$$\text{Utility function: } u_e(q, D, w_0) = u_n(\pi(Q, D)) - \delta(|q - D|) \text{ με } \delta' > 0 \text{ και } \delta(0) = 0$$

Όπου Παράδειγμα 1:

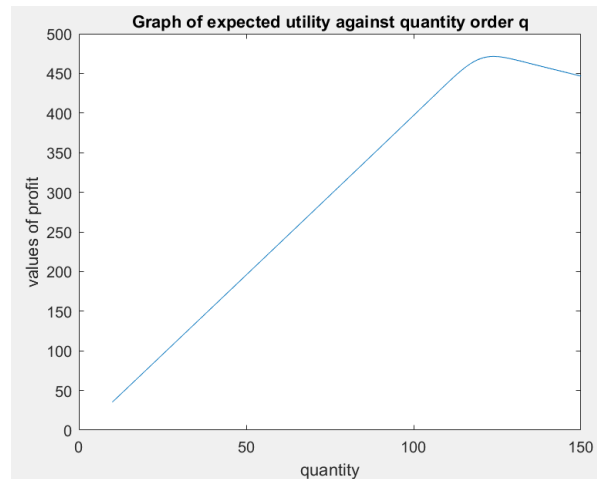
Ας θεωρήσουμε την κοίλη συνάρτηση $\delta(x) = \ln(1 + x)$, άρα $\delta(|q - x|) = \ln(1 + |q - x|)$

Τότε θέλουμε να βρούμε το q_e που μεγιστοποιεί τη συνάρτηση

$$E(u_e(q, D, w_0)) = E(u_n(\pi(q, D))) - \int_0^{+\infty} f(x) \ln(1 + |q - x|) dx \quad (4.9)$$

Πίνακας Ε7:

Τιμή Πώλησης	p	7
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
Αρχικό κεφάλαιο	w_0	0
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	5



Γράφημα Ε7

Παρατηρούμε ότι εδώ το γράφημα της περίπτωσης ελαχιστοποίησης της απογραφής των εκ των υστέρων σφαλμάτων συνάρτησης χρησιμότητας για το παράδειγμα 1, έχει κοίλη μορφή, επομένως υπάρχει ένα σημείο μεγίστου στην «κορυφή» της παραβολής στο οποίο με βάση την ποσότητα παραγγελίας, σε αυτό το σημείο έχουμε την βελτιστοποίηση του κέρδους. Έπειτα από αυτό το σημείο μειώνεται το αναμενόμενο κέρδος με σταθερό ρυθμό, επομένως αυτό το σημείο θα αποτελέσει το βέλτιστο σημείο ποσότητας παραγγελίας. Το σημείο αυτό βρίσκεται στην ποσότητα παραγγελίας με τιμή 123,8 κατά την οποία το κέρδος προκύπτει ότι θα είναι στις 473 μονάδες.

Γραφική παράσταση κέρδους ως προς ποσότητα παραγγελίας στην περίπτωση ελαχιστοποίησης της απογραφής των εκ των υστέρων σφαλμάτων, για το παράδειγμα 2.

$$\text{Utility function: } u_e(q, D, w_0) = u_n(\pi(Q, D)) - \delta(|q - D|) \text{ με } \delta' > 0 \text{ και } \delta(0) = 0$$

Όπου παράδειγμα 2:

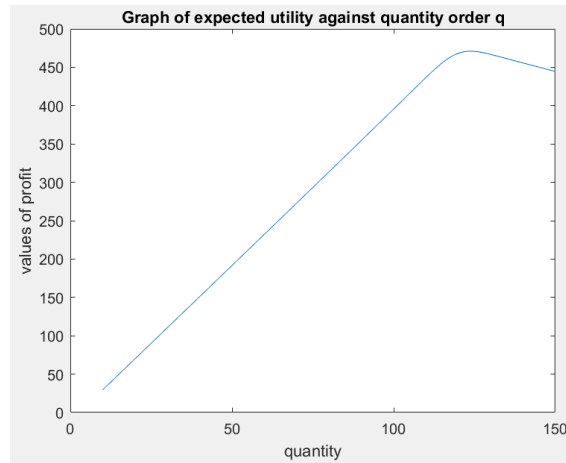
$$\text{Ας θεωρήσουμε την κοίλη συνάρτηση } \delta(x) = \sqrt{x} \text{ άρα } \delta(|q - x|) = \sqrt{|q - x|}$$

Τότε θέλουμε να βρούμε το q_e που μεγιστοποιεί τη συνάρτηση

$$E(u_e(q, D, w_0)) = E(u_n(\pi(q, D))) - \int_0^{+\infty} f(x)\sqrt{|q - x|}dx \quad (4.10)$$

Πίνακας Ε8:

Τιμή Πώλησης	p	7
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
Αρχικό κεφάλαιο	w_0	0
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	5



Γράφημα Ε8

Παρατηρούμε ότι εδώ το γράφημα της περίπτωσης ελαχιστοποίησης της απογραφής των εκ των υστέρων σφαλμάτων συνάρτησης χρησιμότητας για το παράδειγμα 2, έχει κοίλη μορφή, επομένως υπάρχει ένα σημείο μεγίστου στην «κορυφή» της παραβολής στο οποίο με βάση την ποσότητα παραγγελίας, σε αυτό το σημείο έχουμε την βελτιστοποίηση του κέρδους. Έπειτα από αυτό το σημείο μειώνεται το αναμενόμενο κέρδος με σταθερό ρυθμό, επομένως αυτό το σημείο θα αποτελέσει το βέλτιστο σημείο ποσότητας παραγγελίας. Το σημείο αυτό βρίσκεται στην ποσότητα παραγγελίας με τιμή 123,8 κατά την οποία το κέρδος προκύπτει ότι θα είναι στις 473 μονάδες.

Γράφημα E9: Γραφική παράσταση κέρδους ως προς ποσότητα παραγγελίας στην περίπτωση ελαχιστοποίησης της απογραφής των εκ των υστέρων σφαλμάτων, για την ομοιόμορφη κατανομή.

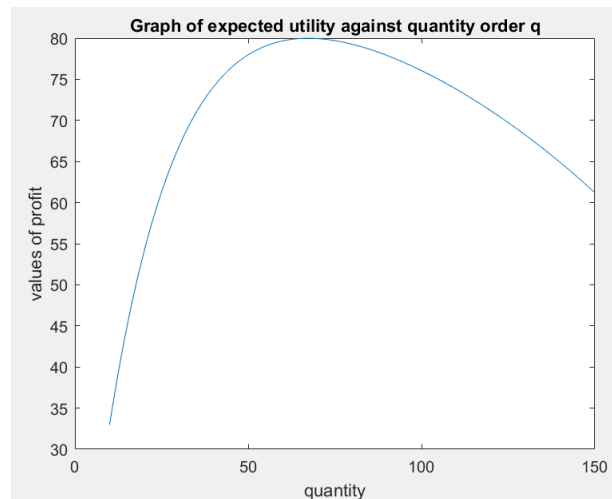
Utility function: $u_e(q, D, w_0) = w_0 + u_n(\pi(Q, D)) - \delta(|q - D|)$ με $\delta' > 0$ και $\delta(0) = 0$

Expected Utility Function:

$$E[u_e(q, D, w_0)] = w_0 + E[u_n(\pi(Q, D))] - \int_0^\infty f(x) \delta(|q - D|) dx \quad (4.11)$$

Πίνακας E9:

Τιμή Πώλησης	p	7
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
λάμδα	λ	0.01
Αρχικό κεφάλαιο	w_0	0
Μέση τιμή ζήτησης	μ	80
Διασπορά ζήτησης	σ	40.41



Γράφημα E9

Παρατηρούμε ότι εδώ το γράφημα της περίπτωσης ελαχιστοποίησης της απογραφής των εκ των υστέρων σφαλμάτων συνάρτησης χρησιμότητας για ομοιόμορφη κατανομή της ζήτησης, έχει παραβολική μορφή, επομένως υπάρχει ένα σημείο μεγίστου στην «κορυφή» της παραβολής στο οποίο με βάση την ποσότητα παραγγελίας, σε αυτό το σημείο έχουμε την βελτιστοποίηση του κέρδους. Έπειτα από αυτό το σημείο μειώνεται το αναμενόμενο κέρδος με σταθερό ρυθμό, επομένως αυτό το σημείο θα αποτελέσει το βέλτιστο σημείο ποσότητας παραγγελίας. Το σημείο αυτό βρίσκεται στην ποσότητα παραγγελίας με τιμή 67,3 κατά την οποία το κέρδος προκύπτει ότι θα είναι στις 80 μονάδες.

Γράφημα E10: Γραφική παράσταση κέρδους ως προς ποσότητα παραγγελίας στην περίπτωση ελαχιστοποίησης της απογραφής των εκ των υστέρων σφαλμάτων, για την κανονική κατανομή.

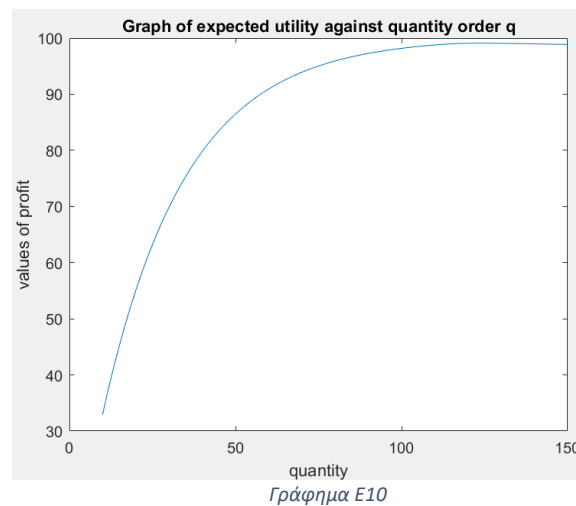
Utility function: $u_e(q, D, w_0) = w_0 + u_n(\pi(Q, D)) - \delta(|q - D|)$ με $\delta' > 0$ και $\delta(0) = 0$

Expected Utility Function:

$$E[u_e(q, D, w_0)] = w_0 + E[u_n(\pi(Q, D))] - \int_0^\infty f(x) \delta(|q - D|) dx \quad (4.12)$$

Πίνακας E10:

Τιμή Πώλησης	p	7
Τιμή Αγοράς	c	3
Τιμή πώλησης με penalty	s	2
λάμβδα	λ	0.01
Αρχικό κεφάλαιο	w_0	0
Μέση τιμή ζήτησης	μ	120
Διασπορά ζήτησης	σ	5



Παρατηρούμε ότι εδώ το γράφημα της περίπτωσης ελαχιστοποίησης της απογραφής των εκ των υστέρων σφαλμάτων συνάρτησης χρησιμότητας για κανονική κατανομή, έχει κοίλη μορφή, επομένως υπάρχει ένα σημείο καμπής στο οποίο με βάση την ποσότητα παραγγελίας, σε αυτό το σημείο έχουμε την βελτιστοποίηση του κέρδους. Έπειτα από αυτό το σημείο μειώνεται το αναμενόμενο κέρδος με σταθερό ρυθμό, επομένως αυτό το σημείο θα αποτελέσει το βέλτιστο σημείο ποσότητας παραγγελίας. Το σημείο αυτό βρίσκεται στην ποσότητα παραγγελίας με τιμή 123,35 κατά την οποία το κέρδος προκύπτει ότι θα είναι στις 100 μονάδες.

Κεφάλαιο 5: Συμπεράσματα

Στο κεφάλαιο αυτό πραγματοποιούνται παρατηρήσεις και συνοπτικοί σχολιασμοί ως προς τις ομοιότητες και τις διαφορές των αποτελεσμάτων που παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 4.

5.1 Σύγκριση γραφημάτων του προβλήματος του εφημεριδοπώλη με αναξιόπιστο προμηθευτή

Σύγκριση ως προς την τιμή πώλησης (p)

Εξετάζοντας την τιμή πώλησης του προϊόντος από τον εφημεριδοπώλη σε διάστημα τιμών 6 έως 12, κρατώντας ταυτόχρονα σταθερές τις υπόλοιπες παραμέτρους, οι δύο συναρτήσεις χρησιμότητας (utilities functions) που χρησιμοποιήθηκαν δηλαδή για risk neutral $u(x) = x$ και συνάρτηση loss-averse $u_L(x) = \begin{cases} x, & \text{αν } x \geq 0 \\ \lambda x, & x < 0 \end{cases}$ παρουσιάζουν παρόμοια αποτελέσματα ως προς τις συναρτήσεις χρησιμότητας, οι οποίες είναι αύξουσες και μάλιστα γραμμικά ως προς το την τιμή πώλησης (p). Η γραφική παράσταση μπορεί να φαίνεται ίδια, παρόλα αυτά στην περίπτωση όπου η ζήτηση ακολουθεί κανονική κατανομή, φαίνεται οι συναρτήσεις χρησιμότητας να έχουν μεγαλύτερες τιμές από τις αντίστοιχες για ομοιόμορφη κατανομή της ζήτησης. Ως προς τον βέλτιστο αριθμό παραγγελίας, δεν παρατηρούμε καμία διαφορά μεταξύ της περίπτωσης loss-averse και risk-neutral, όπου λαμβάνουν και ακριβώς τις ίδιες τιμές. Η διαφορά στην βέλτιστη παραγγελία παρουσιάζεται αποκλειστικά μεταξύ ομοιόμορφης και κανονικής κατανομής της ζήτησης. Και οι 2 συναρτήσεις παρουσιάζουν αύξουσα συνάρτηση με ρυθμό αύξησης που μειώνεται με την αύξηση της τιμής πώλησης (p), ωστόσο η περίπτωση της ομοιόμορφης κατανομής ζήτησης είναι σημαντικά μεγαλύτερος για τις αντίστοιχες τιμές της κανονικής κατανομής της ζήτησης. Ενδεικτικά για τιμή πώλησης 6 μονάδων ($p=6$) στην περίπτωση της ομοιόμορφης κατανομής ζήτησης η βέλτιστη παραγγελία παίρνει την τιμή 170 ενώ η αντίστοιχη τιμή πώλησης ($p=6$) για κανονική κατανομή της ζήτησης η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας παίρνει την τιμή 123. Όμοια για τιμή πώλησης 12 μονάδων ($p=12$) η βέλτιστη παραγγελία για ομοιόμορφη κατανομή βρίσκεται στην ποσότητα 207 ενώ η αντίστοιχη για κανονική κατανομή στην ποσότητα 126.

Σύγκριση ως προς την τιμή αγοράς (c)

Στην περίπτωση της τιμής αγοράς του προϊόντος από τον εφημεριδοπώλη όπου έγινε διερεύνηση σε διάστημα τιμών μεταξύ 2 έως 5, παρατηρήθηκε ότι και οι δύο συναρτήσεις χρησιμότητας καθώς και οι συναρτήσεις του αριθμού της βέλτιστης παραγγελίας είναι φθίνουσες. Στις περιπτώσεις της risk-neutral συνάρτησης χρησιμότητας παρατηρούμε ότι σε περίπτωση όπου η κατανομή της ζήτησης είναι κανονική οι συναρτήσεις χρησιμότητας που προκύπτουν έχουν μεγαλύτερες τιμές από το αντίστοιχο διάστημα τιμών όπου η κατανομή της ζήτησης είναι κανονική. Όμοια, και για την περίπτωση όπου η συνάρτηση χρησιμότητας είναι η loss-averse επίσης στην περίπτωση όπου η κατανομή της ζήτησης είναι κανονική παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές συνάρτησης χρησιμότητας από τις αντίστοιχες της ομοιόμορφης κατανομής της ζήτησης. Σημαντικές διαφορές φαίνεται να προκύπτουν στα αποτελέσματα της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας. Τα αποτελέσματα κοντά στο τελικό σημείο που ερευνούμε (δηλαδή $c=5$) φαίνεται να είναι όλα κοντά στην ποσότητα 100 τεμαχίων. Ωστόσο, στο αρχικό άκρο των τιμών που διερευνάμε (δηλαδή $c=2$) παρουσιάζεται το εξής φαινόμενο. Για την risk-neutral, όταν η ζήτηση ακολουθεί ομοιόμορφη κατανομή η βέλτιστη ποσότητα είναι στην τιμή 230 ενώ όταν η ζήτηση ακολουθεί κανονική κατανομή η ποσότητα της βέλτιστης δυνατής παραγγελίας διαμορφώνεται στην ποσότητα 130. Συμπερασματικά, για την ίδια συνάρτηση ωφελιμότητας (risk-neutral) η ποσότητα της βέλτιστης παραγγελίας για κανονική κατανομή ζήτησης είναι σημαντικά μικρότερη της αντίστοιχης για ομοιόμορφη κατανομή της ζήτησης. Για την loss-averse συνάρτηση ωφελιμότητάς, δεν παρατηρείται κάποια διαφορά στην τιμή μεταξύ κανονικής και ομοιόμορφης κατανομής της ζήτησης στην βέλτιστη ποσότητα της παραγγελίας, αφού και οι 2 βρίσκονται στην τιμή 300. Ωστόσο, η ποσότητα αυτή είναι σημαντικά μεγαλύτερη από τις αντίστοιχες του risk-neutral τόσο για κανονική όσο και για ομοιόμορφη κατανομή της ζήτησης.

Σύγκριση ως προς την τιμή μεταπώλησης με penalty (s)

Από την σύγκριση των περιπτώσεων που εξετάστηκαν στην τιμή μεταπώλησης με penalty παρατηρήθηκε ότι όλες συναρτήσεις ωφελιμότητας είναι αύξουσες ως προς την σταθερά s . Ταυτόχρονα παρατηρήθηκε ότι οι τιμές των συναρτήσεων ωφελιμότητας μεταξύ risk-neutral και loss-averse ήταν ακριβώς οι ίδιες. Ωστόσο, ως προς τη βέλτιστη παραγγελία παρατηρείται το εξής φαινόμενο, ενώ η βέλτιστη παραγγελία δείχνει να είναι η ίδια και στις δύο συναρτήσεις χρησιμότητας, παρουσιάζει ευαισθησία ως προς την κατανομή της ζήτησης. Στην περίπτωση της κανονικής κατανομής η βέλτιστη παραγγελία είναι αύξουσα

σε όλο το εύρος του s ενώ στην ομοιόμορφη αλλάζει κλίση και από ένα σημείο και μετά αυξάνεται ταχύτερα. Έτσι, παρά το γεγονός ότι στο αρχικό άκρο της μελέτης (δηλαδή τιμές κοντά στο $s=1$) μεταξύ κανονικής και ομοιόμορφης κατανομής δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές, στο τελικό άκρο των τιμών που εξετάζουμε (δηλαδή τιμές κοντά στο $s=3$) η ομοιόμορφη κατανομή παρουσιάζει σημαντικά μεγαλύτερες ποσότητες παραγγελίας κοντά στις τιμές 550 σε σχέση με την ποσότητα 130 της κανονικής κατανομής.

Σύγκριση τυπικής απόκλισης της ζήτησης (σ)

Εξετάζοντας την διασπορά της ζήτησης τόσο για την risk-neutral όσο και για την loss-averse συνάρτηση ωφελιμότητας, παρατηρήθηκε ότι μεταξύ τους δεν παρουσιάστηκε καμία μεταβολή, ούτε ως προς την συνάρτηση ωφελιμότητας αλλά ούτε και ως προς την βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας. Αντιθέτως, προκύπτουν τα ίδια ακριβώς γραφήματα. Διαφορές παρατηρήθηκαν κυρίως μεταξύ των κατανομών της ζήτησης. Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε ότι όταν η ζήτηση ακολουθούσε ομοιόμορφη κατανομή, η συνάρτηση ωφελιμότητας είχε μικρότερες τιμές, στα αντίστοιχα διαστήματα, σε σχέση με την κανονική κατανομή. Αντίθετα, όταν η ζήτηση ακολουθούσε ομοιόμορφη κατανομή, η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας είχε μεγαλύτερες τιμές, στα αντίστοιχα διαστήματα, σε σχέση με την κανονική κατανομή.

Σύγκριση της μέσης τιμής της ζήτησης (μ)

Εξετάζοντας την μέση τιμή της ζήτησης τόσο για την risk-neutral όσο και για την loss-averse συνάρτηση ωφελιμότητας παρατηρήθηκε ότι μεταξύ τους δεν παρουσιάστηκε καμία μεταβολή ούτε ως προς την συνάρτηση ωφελιμότητας αλλά ούτε και ως προς την βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας. Αντιθέτως, προκύπτουν τα ίδια ακριβώς γραφήματα. Διαφορές παρατηρήθηκαν κυρίως μεταξύ των κατανομών της ζήτησης. Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε ότι όταν η ζήτηση ακολουθούσε ομοιόμορφη κατανομή, τόσο η συνάρτηση ωφελιμότητας όσο και η βέλτιστη ποσότητα της παραγγελίας είχαν μεγαλύτερες τιμές, στα αντίστοιχα διαστήματα, σε σχέση με την κανονική κατανομή.

Σύγκριση σταθεράς λάμδα (λ)

Στην παράμετρο λάμδα, πραγματοποιήθηκε μια περαιτέρω διερεύνηση της περίπτωσης του αναξιόπιστου προμηθευτή με loss-averse συνάρτηση χρησιμότητας καθώς η σταθερά αυτή δεν έχει εφαρμογή και χρήση στην risk neutral συνάρτηση ωφελιμότητας. Με τις αρχικές συνθήκες του προβλήματος του εφημεριδοπώλη που εξετάστηκε σε διάστημα τιμών 1 έως 4, δεν παρατηρήθηκε καμία μεταβολή ούτε στην συνάρτηση χρησιμότητας αλλά ούτε και στην βέλτιστη παραγγελία. Συμπερασματικά, φαινόταν ότι οι τιμές των στα γραφήματα που παρουσιάστηκαν ήταν ανεξάρτητες των μεταβολών της παραμέτρου λάμδα εφόσον αυτά παραμένανε σταθερά τόσο στην περίπτωση όπου η τιμή πώλησης ήταν στις 7 όσο και στις 5 μονάδες. Η συγκεκριμένη παράμετρος, άρχισε να παρουσιάζει αλλαγές στις τιμές της συνάρτησης χρησιμότητας και την βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας, για τιμές στο διάστημα μεταξύ 1 έως 4, όταν αυξήθηκε σημαντικά η διασπορά της ζήτησης, από την τιμή 5 στην τιμή 35. Στις δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν στις ίδιες συνθήκες με πριν, αλλά με τιμή διασποράς 35, παρατηρήθηκαν τα εξής αποτελέσματα. Αρχικά, για τιμή πώλησης στις 7 μονάδες, (δηλαδή υπάρχει απόσταση της τιμής πώλησης με την τιμή αγοράς του προϊόντος που έχει οριστεί στις 2 μονάδες και τιμή πώλησης με penalty που βρίσκεται στις 3 μονάδες), παρατηρήθηκε ότι η συνάρτηση χρησιμότητας έγινε φθίνουσα με σταθερό μάλιστα ρυθμό. Η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας παρέμεινε σταθερή και αμετάβλητη ωστόσο στην περίπτωση αυτή είχε σημαντικά μεγαλύτερη τιμή από εκείνη στις προηγούμενες συγκρίσεις μας. Τέλος, στις δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν με τις παραπάνω παραμέτρους, αλλά με τιμή πώλησης στις 5 μονάδες (δηλαδή τιμής σχετικά κοντά με την τιμή αγοράς του προϊόντος που βρίσκεται στις 2 μονάδες και τιμή πώλησης με penalty που βρίσκεται στις 3 μονάδες) παρατηρήθηκε ότι επίσης η συνάρτηση χρησιμότητας ήταν φθίνουσα με σταθερό ρυθμό, βέβαια με μικρότερες τιμές στα αντίστοιχα λάμδα που εξετάζονταν. Το γεγονός αυτό ήταν και αναμενόμενο δεδομένου ότι η τιμή πώλησης ήταν μικρότερη ενώ οι τιμές αγοράς και πώλησης με penalty ήταν οι ίδιες. Η κύρια διαφορά με πριν παρατηρείται στο διαφορετικό γράφημα της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας. Ενώ φαίνεται να ξεκινάει σταθερή στην τιμή (βέβαια χαμηλότερη της αντίστοιχης τιμής των λάμδα με τιμή πώλησης ίση με 7), στην συνέχεια στην τιμή 2.25 του λάμδα και έπειτα, μειώνεται και σταθεροποιείται σε νέα τιμή μέχρι και το τέλος του διαστήματος που εξετάσαμε.

5.2 Σύγκριση γραφημάτων προβλήματος του εφημεριδοπώλη με διάφορα κριτήρια αποτίμησης κινδύνου

Σύγκριση περιπτώσεων πολιτικής loss-averse

Στις δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν στην περίπτωση όπου έχουμε loss-averse περιπτώσεις παρατηρήθηκε ότι όταν η ζήτηση ακολουθούσε κανονική κατανομή τα επίπεδα κέρδους φαίνεται να είναι σημαντικά μεγαλύτερα. Για την κανονική κατανομή, φάνηκε ότι η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας βρίσκεται στην τιμή 124,5 και κέρδη στις 473 μονάδες, ενώ στο ίδιο διάστημα για την ομοιόμορφη κατανομή η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας βρίσκεται στην τιμή 116,65 με κέρδη στις 263,5 μονάδες.

Σύγκριση περιπτώσεων πολιτικής waste-averse

Για την περίπτωση όπου ο εφημεριδοπώλης αποφασίζει να ακολουθήσει πολιτική waste-averse, παρατηρήθηκε ότι στην περίπτωση όπου η ζήτηση ακολουθεί κανονική κατανομή τα επίπεδα κέρδους φαίνεται να είναι σημαντικά μεγαλύτερα από την αντίστοιχη περίπτωση όπου η κατανομή της ζήτησης είναι ομοιόμορφη. Συγκεκριμένα, το μέγιστο κέρδος για κανονική κατανομή φαίνεται να είναι στην τιμή 470 για ποσότητα παραγγελίας στην τιμή 120 ενώ για την ομοιόμορφη κατανομή το μέγιστο κέρδος φαίνεται να είναι στην τιμή 232,5 για ποσότητα παραγγελίας 80. Ο αριθμός παραγγελίας αυτός, ήταν ο δεύτερος μικρότερος που παρατηρήθηκε στις περιπτώσεις που εξετάστηκαν.

Σύγκριση περιπτώσεων πολιτικής Stockout-averse

Στις δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν για την περίπτωση που ο εφημεριδοπώλης ακολουθεί πολιτική stockout-averse επιβεβαιώθηκε για ακόμα μια φορά το γεγονός ότι όταν η ζήτηση ακολουθεί κανονική κατανομή τα κέρδη παρουσιάζονται σημαντικά μεγαλύτερα των αντίστοιχων με ομοιόμορφη κατανομή. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας δεν διαφέρει ιδιαίτερα μεταξύ των κατανομών, αφού και οι δύο ποσότητες εντοπίζονταν στις τιμές 125,75 για κανονική και 132,5 για ομοιόμορφη, παρόλα αυτά στην περίπτωση της κανονικής κατανομής τα κέρδη για την τιμή αυτή είναι στο 473 ενώ για την ομοιόμορφη είναι στο 262.

Σύγκριση περιπτώσεων πολιτικής Ελαχιστοποίηση της απογραφής των εκ των υστέρων σφαλμάτων

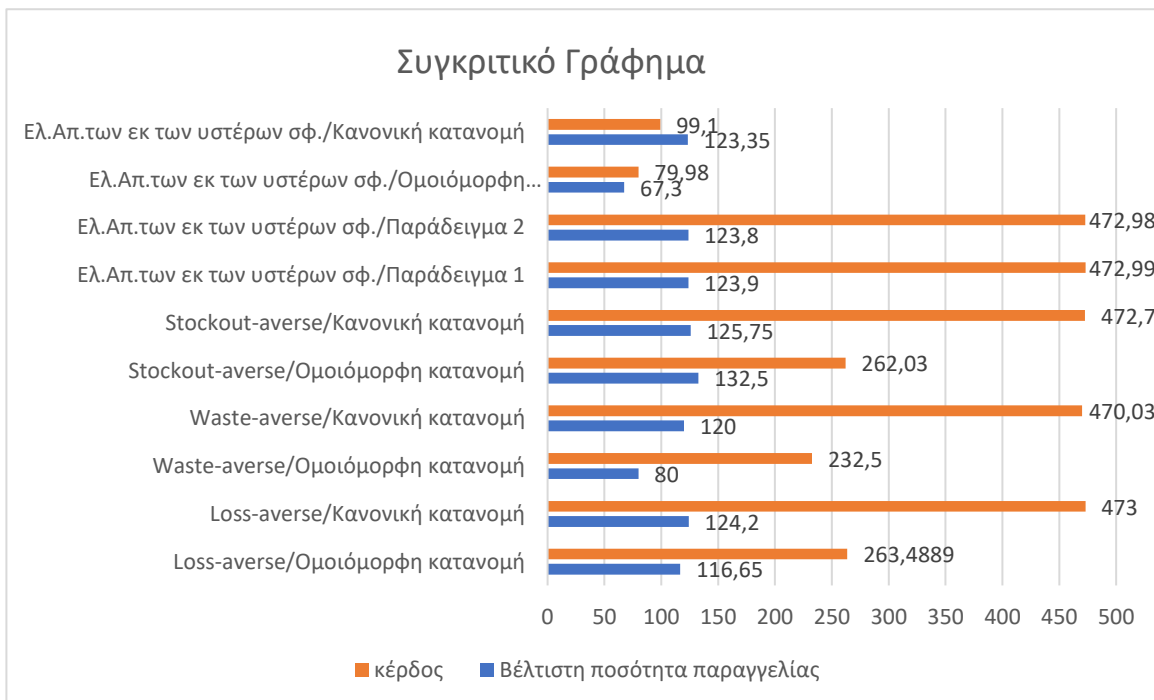
Για την περίπτωση όπου ο εφημεριδοπώλης ακολουθήσει πολιτική ελαχιστοποίηση της απογραφής των εκ των υστέρων σφαλμάτων, έγινε εκτεταμένη διερεύνηση τόσο για την κανονική και ομοιόμορφη κατανομή ζήτησης, όσο και για τα δύο παραδείγματα που αναλύθηκαν στο κεφάλαιο 3 της παρούσας εργασίας. Συγκρίνοντας το παράδειγμα 1 και 2 μεταξύ τους δεν προκύπτει καμία διαφορά. Παρατηρώντας ωστόσο τα γραφήματα προσεκτικά, καταλήγει κανείς στο συμπέρασμα ότι οι περιπτώσεις των δύο παραδειγμάτων ταυτίζονται με την περίπτωση όπου ο εφημεριδοπώλης ακολουθεί Loss-averse πολιτική με κανονική κατανομή της ζήτησης. Στην συνέχεια, συγκρίνοντας τις περιπτώσεις της ελαχιστοποίησης της απογραφής των εκ των υστέρων σφαλμάτων για τις περιπτώσεις όπου η κατανομή της ζήτησης ακολουθεί κανονική και ομοιόμορφη κατανομή, παρατηρείται ότι, τα επίπεδα στα κέρδη μεταξύ των περιπτώσεων δεν απέχουν σημαντικά μεταξύ τους (όντας η κανονική στην τιμή 100 έναντι 80 της ομοιόμορφης) ωστόσο αυτά παρουσιάζονται σε σημαντικά διαφορετικές ποσότητες παραγγελίας. Συγκεκριμένα, στην περίπτωση της κανονικής κατανομής, η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας βρίσκεται στην τιμή 123,35, ενώ στην περίπτωση της ομοιόμορφης μόλις στην ποσότητα 67,3 μονάδων. Συμπερασματικά, μεταξύ των τεσσάρων περιπτώσεων, τα μεγαλύτερα κέρδη παρατηρήθηκαν στις περιπτώσεις των παραδειγμάτων 1 και 2 (στις ποσότητες 473), η αμέσως επόμενη κερδοφορία παρατηρήθηκε στην περίπτωση της κανονικής κατανομής στην τιμή 100 καθιστώντας έτσι την ομοιόμορφη κατανομή ως αυτή με την χειρότερη κερδοφορία στην τιμή 80. Η περίπτωση της ομοιόμορφης κατανομής βρέθηκε να είναι τόσο η μικρότερη βέλτιστη παραγγελία, όσο και η μικρότερη τιμή κέρδους που παρατηρήθηκε.

5.2.1 Συγκριτικός Πίνακας αποτελεσμάτων προβλήματος του εφημεριδοπώλη με διάφορα κριτήρια αποτίμησης κινδύνου

Πίνακας 5.1:

Πολιτική Εφημεριδοπώλη	Βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας	κέρδος
Loss-averse/Ομοιόμορφη κατανομή	116,65	263,4889
Loss-averse/Κανονική κατανομή	124,2	473
Waste-averse/Ομοιόμορφη κατανομή	80	232,5
Waste-averse/Κανονική κατανομή	120	470,03
Stockout-averse/Ομοιόμορφη κατανομή	132,5	262,03
Stockout-averse/Κανονική κατανομή	125,75	472,7
Ελ.Απ.των εκ των υστέρων σφ./Παράδειγμα 1	123,9	472,99
Ελ.Απ.των εκ των υστέρων σφ./Παράδειγμα 2	123,8	472,98
Ελ.Απ.των εκ των υστέρων σφ./Ομοιόμορφη κατανομή	67,3	79,98
Ελ.Απ.των εκ των υστέρων σφ./Κανονική κατανομή	123,35	99,1

5.2.2 Συγκριτικό Γράφημα



Γράφημα 5.1

Βιβλιογραφικές Αναφορές

- Artzner, P., Delbaen F., Eber, J.M., and Heath, D. (1997). Thinking Coherently. *Risk*, 10, November, 68-71.
- Artzner, P., Delbaen F., Eber, J.M., and Heath, D. (1999). Coherent Measures of Risk. *Mathematical Finance*, 9, 203-228.
- Birgin, E., Bueno, L., Krejci', N., Martínez, J.(2011). Low order-value approach for solving VaR-constrained optimization problems. *Journal of Global Optimization* 51, 715–742.
- Bouakiz Mokrane and Sobel Matthew J. (1992) Inventory Control with an Exponential Utility Criterion, *Operations Research*, 40(3):603-608.
- Chang Jasmine, Katehakis Michael, Shi Jim, Yan Zhipeng, (2021), Blockchain-empowered Newsvendor optimization, *International Journal of Production Economics*, 238 108144.
- de Boer Luitzen, Labro Eva, MorlacchiPierangela (2001) A review of methods supporting supplier selection, *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 7, 75-89.
- Daniélsson, J., Jorgensen, B., de Vries, C., Yang, X.(2008). Optimal portfolio allocation under the probabilistic VaR constraint and incentives for financial innovation. *Annals of Finance* 4, 345–367.
- De Yong Gregory D., Cattani Kyle D., (2018), The unlimited newsvendor: A general solution to a class of two-period newsvendor problems, *International Journal of Production Economics*, 201 173-192.
- Eeckhoudt, L., Gollier, C., H. Schlesinger., (1995), The risk-averse (and prudent) newsboy, *Management Science*, 41 786-794.
- Fisher, M., A. Raman. (1996)., Reducing the cost of demand uncertainty through accurate response to early sales., *Operational Research*, 44 87-99.
- Gan, X., Sethi, S.P., Yan, H. (2005). Channel coordination with a risk-neutral supplier and a downside-risk-averse retailer. *Production and Operations Management* 14, 80–89.
- Giri B.C., (2011), Managing inventory with two suppliers under yield uncertainty and risk aversion, *International Journal of Production Economics*, 133 80-85.
- H.S. Lau, (1980), The newsboy problem under alternative optimization objectives, *The Journal of the Operational Research Society*, 31 525–535.
- Hajiagha Razavi Hossein Seyed, Alaei Saeed, Mahdiraji Amoozad Hannan, (2021), *Multi-objective multi-product sustainable newsvendor management in an emerging economy: Evidence and applications*, *Journal of Cleaner Production* 310 127466.
- Herrero-Rubio Javier, Gursoy-Baykal Melike, (2018), On the unimodality of the price-setting newsvendor problem with additive demand under risk considerations, *European Journal of Operational Research*, 265 962-974.

- Jammerneegg Werner and Kischka Peter (2007) Risk-averse and risk-taking newsvendors: a conditional expected value approach, *RMS* 1:93-110.
- Keren, B., &Pliskin, J. S. (2006). A benchmark solution for the risk-averse newsvendor problem. *European Journal of Operational Research*, 174(3), 1643-1650.
- Kim Gitae, Wu Kan, Huang Edward, (2015), Optimal inventory control in a multi-period newsvendor problem with non-stationary demand, *Advanced Engineering Informatics*, 29 1390145.
- Li, X., & Li, Y. (2016). On lot-sizing problem in a random yield production system under loss aversion. *Annals of Operations Research*, 240(2), 415-434.
- Mostard, J., &Teunter, R. (2006). The newsboy problem with resalable returns: A single period model and case study. *European Journal of Operational Research*, 169(1), 81-96.
- Papachristos Ioannis, PantelisDimitrios G., (2022), Newsvendor model with random supply capacity and backup sourcing, *European Journal of Operational Research*, pre-print.
- Petrovic Dobrila, Petrovic Radivoj and Vujosevic Mirko (1996) Fuzzy models for the newsboy problem, *International Journal of Production Economics*, vol. 45, issue 1-3, 435-441.
- Qin Yan, Wang Ruoxuan, Vakharia J. Asso, Chen Yuwen, Seref M.H. Michelle, (2011), The newsvendor problem: Review and directions for future research, *European Journal of Operational Research*, 213 361-374.
- Rockafellar, R. Tyrrell, and Stanislav Uryasev (2002). "Conditional value-at-risk for general loss distributions." *Journal of banking & finance* 26.7: 1443-1471.
- Rockafellar, R. Tyrrell, and Stanislav Uryasev (2000). Optimization of conditional value-at-risk. *Journal of risk* 2: 21-42.
- Schweitzer E. Maurice, Cachon P. Gerard, (2000), Decision Bias in the Newsvendor Problem with o Known Demand Distribution: Experimental Evidence, *Management Science*, Vol 46, No 3.
- Shu Lei, Wu Feng, Ni Jian, Chu Keung Lap, (2015), On the risk-averse procurement strategy under unreliable supply, *Computers & Industrial Engineering*, 84 113-121.
- Tomlin, B. (2006). On the value of mitigation and contingency strategies for managing supply chain disruption risks. *Management Science*, 52(5), 639-657.
- Tomlin, B. (2009). Disruption-management strategies for short life-cycle products. *Naval Research Logistics*, 56(4), 318-347.
- Wang, C. X., Webster, S., & Suresh, N. C. (2009). Would a risk-averse newsvendor order less at a higher selling price? *European Journal of Operational Research*, 196(2), 544-553.
- Whitin, T. M. (1955) Inventory Control and Price Theory, *Management Science*, vol. 2, no. 1 pp. 61–68.
- Wang Charles X., Webster Scott (2009) The loss-averse newsvendor problem, *Omega* 37, 93 – 105.
- Wu, M., Zhu, S. X., & Teunter, R. H. (2013). The risk-averse newsvendor problem with random capacity. *European Journal of Operational Research*, 231(2), 328-336.
- Wu, J., Li, J., Wang, S., & Cheng, T. C. E. (2009). Mean-variance analysis of the newsvendor model with stockout cost. *Omega*, 37(3), 724-730.
- Wu, M., Zhu, S. X., &Teunter, R. H. (2014). A risk-averse competitive newsvendor problem under the CVaR

criterion. *International Journal of Production Economics*, 156, 13-23.

Zhang Linlin, Zhang Guoqing, Yao Zhong, (2020), Analysis of two substitute products newsvendor problem with a budget constraint, *Computers & Industrial Engineering*, 140 106235.

Παράρτημα

Κώδικας Α: Κώδικες για πρόβλημα του εφημεριδοπώλη με αναξιόπιστο προμηθευτή – ομοιόμορφη κατανομή

```
p=7;
c=3;
s=2;
w0=0;
mu=120;
lambda=1.5;
util=zeros(191,length(p));
uutil=zeros(1,length(p));
qq=zeros(1,length(p));
u=@(x)x;
for j=1:length(p)
f=@(x) unifpdf(x,10,230);
F=@(x) unifcdf(x,10,230);
g=@(y)unifpdf(y,180,220);
G=@(y)unifcdf(y,180,220);

%Expected utility if delivered quantity is equal to z
L1=@(z) quadv(@(x) u((w0+(p(j)-s)*x-(c-s)*z)).*f(x),0,z)+u(w0+(p(j)-c)*z)*(1-F(z)));

%Expected utility
P1=@(Q) quadv(@(y)L1(y).*g(y),0,Q)+L1(Q)*(1-G(Q));
q=10:200;
for i=1:length(q)
    i
    if q(i)>=w0
        util(i,j)=P1(q(i));
    else
        util(i,j)=P2(q(i));
    end
end
end
[max_num, max_idx]=max(util(:,j));
[X,Y]=ind2sub(size(util(:,j)),max_idx);
Y=max_idx;
qq(j)=q(Y);
uutil(j)=util(Y,j);
end
xx = p;
plot(xx,uutil,'b');
zoom(0.8)
xlabel('values of the parameter p');
ylabel('values of utility function');
title('Graph of utility against the parameter p');
```

Κώδικας Β: Πρόβλημα του εφημεριδοπώλη με αναξιόπιστο προμηθευτή – Κανονική κατανομή

```
p=7;
c=3;
s=2;
w0=0;
mu=120;
lambda=1.5;
util=zeros(191,length(p));
uutil=zeros(1,length(p));
qq=zeros(1,length(p));
u=@(x)x;
for j=1:length(p)
f=@(x) normpdf(x,120,5);
F=@(x) normcdf(x,120,5);
g=@(y)normpdf(y,130,5);
G=@(y)normcdf(y,130,5);
%Expected utility if delivered quantity is equal to z
L1=@(z) quadv(@(x) u((w0+(p(j)-s)*x-(c-s)*z)).*f(x),0,z)+u(w0+(p(j)-c)*z)*(1-F(z)));

%Expected utility
P1=@(Q) quadv(@(y)L1(y).*g(y),0,Q)+L1(Q)*(1-G(Q));
q=10:200;
for i=1:length(q)
    i
    if q(i)>=w0
        util(i,j)=P1(q(i));
    else
        util(i,j)=P2(q(i));
    end
end
end
[max_num, max_idx]=max(util(:,j));
[X,Y]=ind2sub(size(util(:,j)),max_idx);
Y=max_idx;
qq(j)=q(Y);
uutil(j)=util(Y,j);
end
xx = p;
plot(xx,uutil,'b');
zoom(0.8);
xlabel('values of the parameter p');
ylabel('values of utility function');
title('Graph of utility against the parameter p');
```

Κώδικας C: Πρόβλημα εφημεριδοπώλη με αναξιόπιστο προμηθευτή – Ομοιόμορφη κατανομή

```
p=7;
c=3;
s=2;
w0=0;
mu=120;
lambda=1.5;
util=zeros(191,length(p));
uutil=zeros(1,length(p));
qq=zeros(1,length(p));
u=@(x) x*(x>=0)+lambda*x*(x<0);
for j=1:length(p)
f=@(x) unifpdf(x,10,230);
F=@(x) unifcdf(x,10,230);
g=@(y)unifpdf(y,180,220);
G=@(y)unifcdf(y,180,220);

%Expected utility if delivered quantity is equal to z
L1=@(z) quadv(@(x) u((w0+(p(j)-s)*x-(c-s)*z)).*f(x),0,z)+u(w0+(p(j)-c)*z)*(1-F(z));

%Expected utility
P1=@(Q) quadv(@(y)L1(y).*g(y),0,Q)+L1(Q)*(1-G(Q));
q=10:200;
for i=1:length(q)
    i
    if q(i)>=w0
        util(i,j)=P1(q(i));
    else
        util(i,j)=P2(q(i));
    end
end
end
[max_num, max_idx]=max(util(:,j));
[X,Y]=ind2sub(size(util(:,j)),max_idx);
Y=max_idx;
qq(j)=q(Y);
uutil(j)=util(Y,j);
end
xx = p;
plot(xx,uutil,'b');
zoom(0.8);
xlabel('values of the parameter p');
ylabel('values of utility function');
title('Graph of utility against the parameter p');
```

Κώδικας D: Πρόβλημα εφημεριδοπώλη με αναξιόπιστο προμηθευτή – Κανονική κατανομή

```
p=7;
c=3;
s=2;
w0=0;
mu=120;
lambda=1.5;
util=zeros(191,length(p));
uutil=zeros(1,length(p));
qq=zeros(1,length(p));
u=@(x) x*(x>=0)+lambda*x*(x<0);
for j=1:length(p)
f=@(x) normpdf(x,120,5);
F=@(x) normcdf(x,120,5);
g=@(y) normpdf(y,130,5);
G=@(y) normcdf(y,130,5);
%Expected utility if delivered quantity is equal to z
L1=@(z) quadv(@(x) u((w0+(p(j)-s)*x-(c-s)*z)).*f(x),0,z)+u(w0+(p(j)-c)*z)*(1-F(z));

%Expected utility
P1=@(Q) quadv(@(y)L1(y).*g(y),0,Q)+L1(Q)*(1-G(Q));
q=10:200;
for i=1:length(q)
    i
    if q(i)>=w0
        util(i,j)=P1(q(i));
    else
        util(i,j)=P2(q(i));
    end
end
end
[max_num, max_idx]=max(util(:,j));
[X,Y]=ind2sub(size(util(:,j)),max_idx);
Y=max_idx;
qq(j)=q(Y);
uutil(j)=util(Y,j);
end
xx = p;
plot(xx,uutil,'b');
zoom(0.8);
xlabel('values of the parameter p');
ylabel('values of utility function');
title('Graph of utility against the parameter p');
```

Κώδικας E1: Ανάλυση κέρδους ως προς ποσότητα παραγγελίας στην περίπτωση Loss-Averse Preferences, για την ομοιόμορφη κατανομή.

```
quantity=10:0.05:150;
p=7;
c=3;
s=2;
a=10;
b=150;
w0=0;
lambda=3;
mean_utility=1:length(quantity);
mean_prof=1:length(quantity);
for i=1:length(quantity)
fun = @(x) 1/(b-a)*((p-s)*x-(c-s)*quantity(i));
q = integral(fun,a,min(b,quantity(i)));
mean_prof(i)=(b-quantity(i))/(b-a)*((p-s)*quantity(i)-(c-s)*quantity(i))+q;
end
for i=1:length(quantity)
fun = @(x) 1/(b-a)*((p-s)*x-(c-s)*quantity(i));
q1 = integral(fun,a,max(a,(c-s)*quantity(i)/(p-s)));
mean_utility(i)=w0+mean_prof(i)+(lambda-1)*q1;
end
xx = linspace(10,150,2801);
plot(xx,mean_utility);
xlabel('quantity');
ylabel('values of profit');
title('Graph of profit against quantity order q');
[max_num, max_idx]=max(mean_utility(:));
[X,Y]=ind2sub(size(mean_utility),max_idx);
quantity(Y)
mean_prof(Y)
```

Κώδικας E2: Ανάλυση κέρδους ως προς ποσότητα παραγγελίας στην περίπτωση Loss-Averse Preferences, για την κανονική κατανομή.

```
quantity=10:0.05:150;
p=7;
c=3;
s=2;
w0=0;
lambda=3;
mean_utility=1:length(quantity);
mean_prof=1:length(quantity);
for i=1:length(quantity)
fun = @(x) normpdf(x,120,5).*((p-s)*x-(c-s)*quantity(i));
q = integral(fun,0,quantity(i));
mean_prof(i)=(1-normcdf(quantity(i),120,5)).*((p-s)*quantity(i)-(c-s)*quantity(i))+q;
end
for i=1:length(quantity)
fun = @(x) normpdf(x,120,5).*((p-s)*x-(c-s)*quantity(i));
q1 = integral(fun,0,max(0,(c-s)*quantity(i)/(p-s)));
mean_utility(i)=w0+mean_prof(i)+(lambda-1)*q1;
end
xx = linspace(10,150,2801);
plot(xx,mean_utility);
xlabel('quantity');
ylabel('values of profit');
title('Graph of profit against quantity order q');
[max_num, max_idx]=max(mean_utility(:));
[X,Y]=ind2sub(size(mean_utility),max_idx);
quantity(Y)
mean_prof(Y)
```

Κώδικας E3: Ανάλυση κέρδους ως προς ποσότητα παραγγελίας στην περίπτωση Waste-Averse Preferences, για την ομοιόμορφη κατανομή.

```
quantity=10:0.05:150;
p=7;
c=3;
s=2;
a=10;
b=150;
w0=0;
t=3;
mean_utility=1:length(quantity);
mean_prof=1:length(quantity);
for i=1:length(quantity)
fun = @(x) 1/(b-a)*((p-s)*x-(c-s)*quantity(i));
q = integral(fun,a,min(b,quantity(i)));
mean_prof(i)=(b-quantity(i))/(b-a)*((p-s)*quantity(i)-(c-s)*quantity(i))+q;
end
for i=1:length(quantity)
fun = @(x) 1/(b-a)*(quantity(i)-x);
q1 = integral(fun,a,max(a,quantity(i)));
mean_utility(i)=w0+mean_prof(i)-t*q1;
end
xx = linspace(10,150,2801);
plot(xx,mean_utility);
xlabel('quantity');
ylabel('values of profit');
title('Graph of expected utility against quantity order q');
[max_num, max_idx]=max(mean_utility(:));
[X,Y]=ind2sub(size(mean_utility),max_idx);
quantity(Y)
mean_prof(Y)
```


Κώδικας E4: Ανάλυση κέρδους ως προς ποσότητα παραγγελίας στην Waste-Averse Preferences, για την κανονική κατανομή.

```
quantity=10:0.05:150;
p=7;
c=3;
s=2;
w0=0;
t=3;
mean_utility=1:length(quantity);
mean_prof=1:length(quantity);
for i=1:length(quantity)
fun = @(x) normpdf(x,120,5).*((p-s)*x-(c-s)*quantity(i));
q = integral(fun,0,quantity(i));
mean_prof(i)=(1-normcdf(quantity(i),120,5)).*((p-s)*quantity(i)-(c-s)*quantity(i))+q;
end
for i=1:length(quantity)
fun = @(x) normpdf(x,120,5).*(quantity(i)-x);
q1 = integral(fun,0,max(0,quantity(i)));
mean_utility(i)=w0+mean_prof(i)-t*q1;
end
xx = linspace(10,150,2801);
plot(xx,mean_utility);
xlabel('quantity');
ylabel('values of profit');
title('Graph of expected utility against quantity order q');
[max_num, max_idx]=max(mean_utility(:));
[X,Y]=ind2sub(size(mean_utility),max_idx);
quantity(Y)
mean_prof(Y)
```

Κώδικας E5: Ανάλυση κέρδους ως προς ποσότητα παραγγελίας στην περίπτωση Stockout-Averse Preferences, για την ομοιόμορφη κατανομή.

```
quantity=10:0.05:150;
p=7;
c=3;
s=2;
a=10;
b=150;
w0=0;
alpha=3;
mean_utility=1:length(quantity);
mean_prof=1:length(quantity);
for i=1:length(quantity)
fun = @(x) 1/(b-a)*((p-s)*x-(c-s)*quantity(i));
q = integral(fun,a,min(b,quantity(i)));
mean_prof(i)=(b-quantity(i))/(b-a)*((p-s)*quantity(i)-(c-s)*quantity(i))+q;
end
for i=1:length(quantity)
fun = @(x) 1/(b-a)*(-quantity(i)+x);
q1 = integral(fun,quantity(i),max(b,quantity(i)));
mean_utility(i)=w0+mean_prof(i)-alpha*q1;
end
xx = linspace(10,150,2801);
plot(xx,mean_utility);
xlabel('quantity');
ylabel('values of profit');
title('Graph of expected utility against quantity order q');
[max_num, max_idx]=max(mean_utility(:));
[X,Y]=ind2sub(size(mean_utility),max_idx);
quantity(Y)
mean_prof(Y)
```

Κώδικας E6: Ανάλυση κέρδους ως προς ποσότητα παραγγελίας στην περίπτωση Stockout-Averse Preferences, για την κανονική κατανομή.

```
quantity=10:0.05:150;
p=7;
c=3;
s=2;
w0=0;
alpha=3;
mean_utility=1:length(quantity);
mean_prof=1:length(quantity);
for i=1:length(quantity)
fun = @(x) normpdf(x,120,5).*((p-s)*x-(c-s)*quantity(i));
q = integral(fun,0,quantity(i));
mean_prof(i)=(1-normcdf(quantity(i),120,5)).*((p-s)*quantity(i)-(c-s)*quantity(i))+q;
end
for i=1:length(quantity)
fun = @(x) normpdf(x,120,5).*(x-quantity(i));
q1 = integral(fun,quantity(i),Inf);
mean_utility(i)=w0+mean_prof(i)-alpha*q1;
end
xx = linspace(10,150,2801);
plot(xx,mean_utility);
xlabel('quantity');
ylabel('values of profit');
title('Graph of expected utility against quantity order q');
[max_num, max_idx]=max(mean_utility(:));
[X,Y]=ind2sub(size(mean_utility),max_idx);
quantity(Y)
mean_prof(Y)
```

Κώδικας Ε7: Ανάλυση κέρδους ως προς ποσότητα παραγγελίας στην περίπτωση ελαχιστοποίησης της απογραφής των εκ των υστέρων σφαλμάτων, για το παράδειγμα 1.

Ο κώδικας εδώ θα δώσει $q_e = 123.5$

```
quantity=10:0.05:150;
p=7;
c=3;
s=2;
w0=0;
mean_utility=1:length(quantity);
mean_prof=1:length(quantity);
for i=1:length(quantity)
fun = @(x) normpdf(x,120,5).*((p-s)*x-(c-s)*quantity(i));
q = integral(fun,0,quantity(i));
mean_prof(i)=(1-normcdf(quantity(i),120,5)).*((p-s)*quantity(i)-(c-s)*quantity(i))+q;
end
for i=1:length(quantity)
fun = @(x) normpdf(x,120,5).*(log(1+abs(x-quantity(i))));
q1 = integral(fun,0,Inf);
mean_utility(i)=w0+mean_prof(i)-q1;
end
xx = linspace(10,150,2801);
plot(xx,mean_utility);
xlabel('quantity');
ylabel('values of profit');
title('Graph of expected utility against quantity order q');
[max_num, max_idx]=max(mean_utility(:));
[X,Y]=ind2sub(size(mean_utility),max_idx);
quantity(Y)
mean_prof(Y)
```

Κώδικας Ε8: Ανάλυση κέρδους ως προς ποσότητα παραγγελίας στην περίπτωση ελαχιστοποίησης της απογραφής των εκ των υστέρων σφαλμάτων, για το παράδειγμα 2.

Ο κώδικας εδώ θα δώσει $q_e = 123.8$

```
quantity=10:0.05:150;
p=7;
c=3;
s=2;
w0=100;
mean_utility=1:length(quantity);
mean_prof=1:length(quantity);
for i=1:length(quantity)
fun = @(x) normpdf(x,120,5).*((p-s)*x-(c-s)*quantity(i));
q = integral(fun,0,quantity(i));
mean_prof(i)=(1-normcdf(quantity(i),120,5)).*((p-s)*quantity(i)-(c-s)*quantity(i))+q;
end
for i=1:length(quantity)
fun = @(x) normpdf(x,120,5).*sqrt(abs(x-quantity(i)));
q1 = integral(fun,0,Inf);
mean_utility(i)=w0+mean_prof(i)-q1;
end
xx = linspace(10,150,2801);
plot(xx,mean_utility);
xlabel('quantity');
ylabel('values of profit');
title('Graph of expected utility against quantity order q');
[max_num, max_idx]=max(mean_utility(:));
[X,Y]=ind2sub(size(mean_utility),max_idx);
quantity(Y)
mean_prof(Y)
```

Κώδικας Ε9: Ανάλυση κέρδους ως προς ποσότητα παραγγελίας στην περίπτωση ελαχιστοποίησης της απογραφής των εκ των υστέρων σφαλμάτων, για την ομοιόμορφη κατανομή.

```
quantity=10:0.05:150;
p=7;
c=3;
s=2;
w0=0;
lambda=0.01;
mean_utility=1:length(quantity);
for i=1:length(quantity)
fun = @(x) (1/140)*(1-exp(-lambda*(w0+(p-s)*min(quantity(i),x)-(c-s)*quantity(i))))/lambda
q = integral(fun,10,150);
mean_utility(i)=q;
end
xx = linspace(10,150,2801);
plot(xx,mean_utility);
xlabel('quantity');
ylabel('values of profit');
title('Graph of expected utility against quantity order q');
[max_num, max_idx]=max(mean_utility(:));
[X,Y]=ind2sub(size(mean_utility),max_idx);
quantity(Y)
mean_utility(Y)
```

Κώδικας E10: Ανάλυση κέρδους ως προς ποσότητα παραγγελίας στην περίπτωση ελαχιστοποίησης της απογραφής των εκ των υστέρων σφαλμάτων, για την κανονική κατανομή.

```
quantity=10:0.05:150;
p=7;
c=3;
s=2;
w0=0;
lambda=0.01;
mean_utility=1:length(quantity);
for i=1:length(quantity)
fun = @(x) normpdf(x,120,5).*((1-exp(-lambda*(w0+(p-s)*min(quantity(i),x)-(c-s)*quantity(i)))))/lambda
q = integral(fun,10,150);
mean_utility(i)=q;
end
xx = linspace(10,150,2801);
plot(xx,mean_utility);
xlabel('quantity');
ylabel('values of profit');
title('Graph of expected utility against quantity order q');
[max_num, max_idx]=max(mean_utility(:));
[X,Y]=ind2sub(size(mean_utility),max_idx);
quantity(Y)
mean_utility(Y)
```