



Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

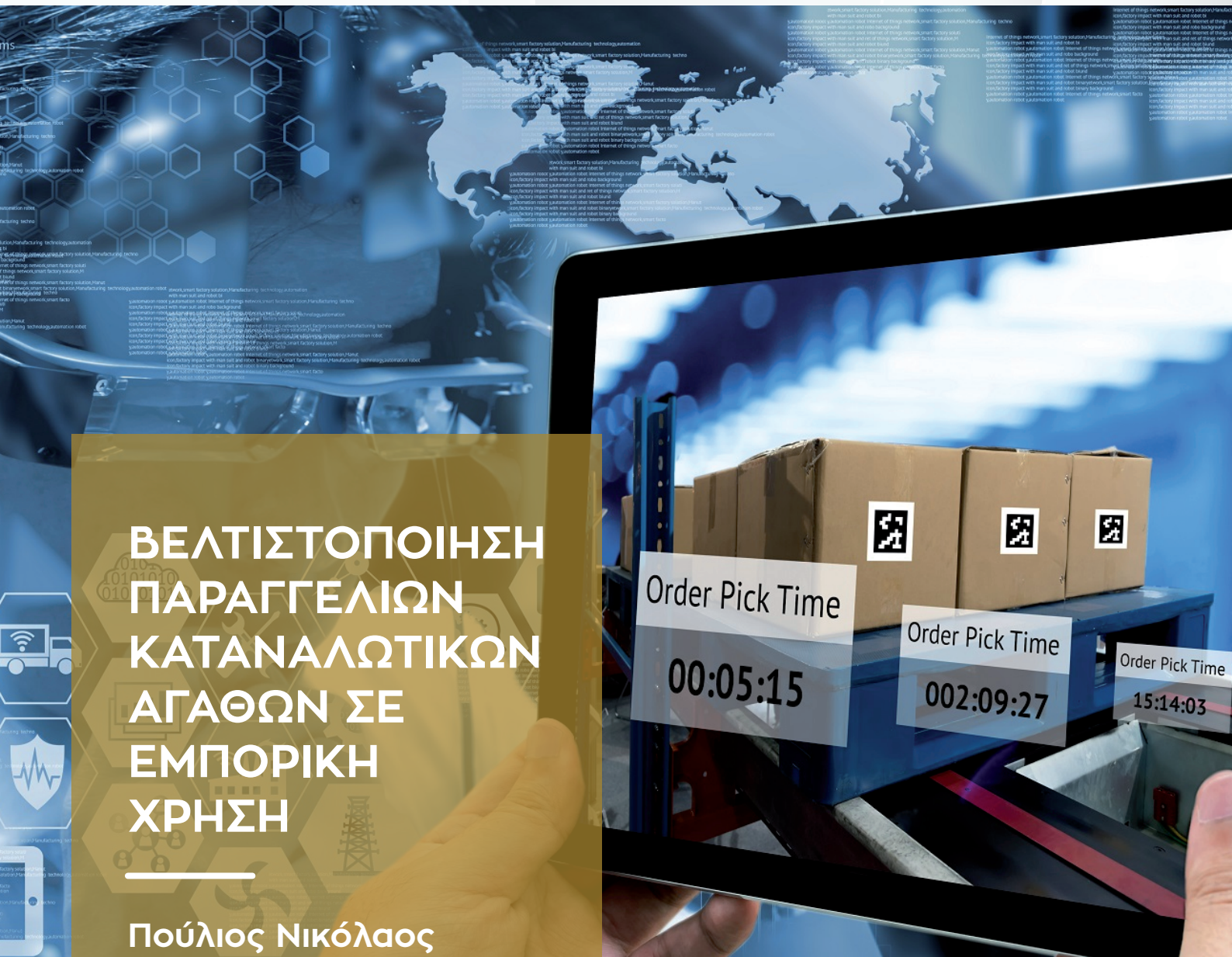
Μπακόλα & Σιαλβέρα, 50132, Κοζάνη | Τηλ. – Fax: +30 24610 56600 – 01 | <http://mech.uowm.gr> | mech@uowm.gr



Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Τομέας Βιομηχανικής Διοίκησης



ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΩΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΙΚΩΝ ΑΓΑΘΩΝ ΣΕ ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΧΡΗΣΗ

Πούλιος Νικόλαος
Σαμαράς Χρήστος

Επιβλέπων Καθηγητής:
Γεώργιος Νενές



Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

Μπακόλα & Σιαλβέρα, 50132, Κοζάνη | Τηλ. – Fax: +30 24610 56600 – 01 | <http://mech.uowm.gr> | mech@uowm.gr



Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

Τομέας Βιομηχανικής Διοίκησης

*ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΩΝ
ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΙΚΩΝ ΑΓΑΘΩΝ ΣΕ ΕΜΠΟΡΙΚΗ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ*

Πούλιος Νικόλαος

Σαμαράς Χρήστος

Επιβλέπων καθηγητής: Γεώργιος Νενές

Μάρτιος 2020

Περίληψη

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που έρχεται αντιμέτωπη η σύγχρονη επιχείρηση είναι ότι το κόστος λειτουργίας της πρέπει να παραμένει σε τέτοιο επίπεδο, έτσι ώστε να επιτρέπει και να ενισχύει τη βιωσιμότητά της και την ανάπτυξή της. Η αδυναμία των επιχειρήσεων για άρτια και ταχεία κάλυψη της ζήτησης των καταναλωτών οδηγεί σε δαπανηρά προβλήματα. Για να αποφευχθεί αυτό, απαιτείται από την επιχείρηση αυστηρή οργάνωση και ορθός προγραμματισμός όσον αφορά τη διαχείριση των αποθεμάτων της.

Στην εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας καλούμαστε να μελετήσουμε το σύστημα διαχείρισης των αποθεμάτων της εταιρείας ELEVEN I.K.E, η οποία δραστηριοποιείται στον χώρο της λιανικής πώλησης οινοπνευματωδών ποτών. Ο απώτερος σκοπός της εν λόγω εργασίας είναι να βελτιστοποιήσει και να αυτοματοποιήσει τη διαδικασία διαχείρισης των αποθεμάτων.

Αρχικά κατηγοριοποιήθηκαν τα προϊόντα της εταιρείας μέσω της ανάλυσης ABC με βάση τη σημαντικότητά τους στη λειτουργία της επιχείρησης. Επιλέχθηκαν από την παραπάνω ανάλυση είκοσι εννέα (29) προϊόντα προς ανάλυση. Εν συνεχεία, μελετήθηκε σε πραγματικό χρόνο για 20 εβδομάδες η ζήτηση των επιλεγθέντων προϊόντων και ταυτόχρονα λήφθηκαν μετρήσεις για τα στοιχεία κόστους έλλειψης που προέκυπταν στο εν λόγω διάστημα. Έπειτα, συστήθηκε στο Microsoft Excel ένα πρόγραμμα μη γραμμικού προγραμματισμού το οποίο με βάση τις μέσες τιμές και τις τυπικές αποκλίσεις για τη ζήτηση των εν λόγω προϊόντων, λαμβάνοντας ταυτόχρονα υπ' όψιν τις παραμέτρους που επιθυμούσε να ικανοποιήσει η εταιρεία, οδηγηθήκαμε στην «βέλτιστη», θεωρητικά, ανατροφοδότηση των αποθεμάτων. Τέλος, έγινε οικονομική σύγκριση του παρελθοντικού και του προτεινόμενου συστήματος διαχείρισης των αποθεμάτων προκειμένου να αποφασιστεί αν, και με ποιον τρόπο, συμφέρει την επιχείρηση η λειτουργία της με βάση το αυτοματοποιημένο σύστημα που προτάθηκε μέσα από την εκπόνηση αυτής την διπλωματικής εργασίας.

Abstract

One of the major problems that modern enterprises face is that their operating costs must remain at levels low enough to enable and enhance their viability and growth. Businesses' inability to properly and rapidly meet consumer demands leads to costly issues. In order to avoid this, the business should obtain a strict programming and proper planning of its inventory management.

In the framework of this thesis we study the inventory management system of the company ELEVEN I.K.E, a F&B (Food and Beverages) industry and, specifically, a retailer of alcoholic beverages. The ultimate goal of this work is to optimize the decisions and operation of the inventory management process.

Initially, the products of the company were categorized through ABC analysis based on their annual turnover. Twenty-nine (29) products were selected from the above analysis. Subsequently, the demand for the selected products was studied in real time for 20 weeks and, at the same time, we took measurements of the shortage costs incurred during this time. Next, a non-linear programming program based on the average values and standard deviations for demand for these products was developed in Microsoft Excel, while taking into account the statistical / economic parameters that the company wished to satisfy, leading to the "optimal", management of the inventory. Finally, we compared the past inventory management system with the proposed one to decide whether and how the business could benefit from the latter.

Ευχαριστίες

Ολοκληρώνοντας αυτήν την προσπάθειά μας, να φέρουμε εις πέρας τη διπλωματική μας εργασία, θα θέλαμε μέσα από την καρδιά μας να ευχαριστήσουμε τον επιβλέποντα καθηγητή κύριο Γεώργιο Νενέ, που μας έδωσε την ευκαιρία να ασχοληθούμε με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα. Η καθοδήγηση και η συμπαράσταση που μας παρείχε όλο αυτό το διάστημα αποτέλεσε κίνητρο για τη διεκπεραίωση αυτής της εργασίας. Η προθυμία του, αλλά και της καθηγήτριας κυρίας Σοφίας Παναγιωτίδου, να μας μεταδώσουν τις γνώσεις τους στο πλαίσιο διάφορων μαθημάτων, ενθάρρυναν την ενασχόλησή μας με την κατεύθυνση της βιομηχανικής διοίκησης.

Ακόμη, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον απόφοιτο του τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας αλλά και αδερφικό μας φίλο, Παναγιώτη Κολονέλο, που με τα σχόλιά του και τις παρατηρήσεις του βοήθησε στη συγγραφή της διπλωματικής εργασίας.

Τέλος, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τις οικογένειες μας για τη συμπαράστασή τους όλα αυτά τα χρόνια.

Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη	v
Abstract	vi
Ευχαριστίες	vii
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή	
9 1.1 Περιγραφή της εταιρείας.....	1
1.2 Περιγραφή προβλήματος	1
1.3 Στόχος της εργασίας	2
Κεφάλαιο 2: Ανάλυση ABC	3
2.1 Γενικά	3
2.2 Ανάλυση ABC στην εταιρεία Eleven I.K.E.	3
2.3 Αποτελέσματα ανάλυσης	5
Κεφάλαιο 3: Έλεγχος καλής προσαρμογής	7
3.1 Εισαγωγή	7
3.2 Καταμέτρηση ζήτησης των προϊόντων	7
3.2.1 Παράθεση στοιχείων	7
3.2.2 Στατιστική ανάλυση συλλεχθέντων στοιχείων	11
3.3 Έλεγχος Kolmogorov-Smirnov.....	13
3.3.1 Αποτελέσματα Minitab για τον έλεγχο Kolmogorov-Smirnov	14
3.4 Έλεγχος X^2	17
3.4.1 Αποτελέσματα Minitab για τον έλεγχο X^2	20
Κεφάλαιο 4: Σύστημα ανάλυσης αποθεμάτων “R,S”	23
4.1 Εισαγωγή	23
4.2 Ανάλυση συστήματος «R,S»	24
4.3 Κόστη αποθεμάτων στο σύστημα “R,S”	26
4.3.1 Κόστος απόκτησης του αποθέματος	27

4.3.2 Κόστος παραγγελίας	30
4.3.3 Κόστος διατήρησης	30
4.3.4 Κόστος έλλειψης	31
Κεφάλαιο 5: Μοντέλο βελτιστοποίησης	35
5.1 Εισαγωγή	35
5.2 Ανάλυση μοντέλου βελτιστοποίησης	36
5.2.1 Ανάλυση μοντέλου βελτιστοποίησης κανονικής κατανομής.	37
5.2.2 Ανάλυση μοντέλου βελτιστοποίησης κατανομής Poisson.	40
5.2.3 Συνολικό μοντέλο βελτιστοποίησης αποθεμάτων	43
5.2.3.1 Περιορισμοί Μοντέλου.....	43
5.2.3.2 Εργαλείο «Επίλυση» του Microsoft Excel.....	45
Κεφάλαιο 6: Αξιολόγηση τρέχοντος και προτεινόμενου συστήματος.	51
6.1 Εισαγωγή	51
6.2 Υπολογισμός κόστους τρέχοντος συστήματος	51
6.3 Προσομοίωση προτεινόμενου συστήματος	55
6.4 Σύγκριση τρέχοντος και προτεινόμενου συστήματος διαχείρισης	63
Κεφάλαιο 7: Μελέτη του μοντέλου βελτιστοποίησης υπό διαφορετικές συνθήκες	67
7.1 Περιγραφή διαφοροποίησης συνθηκών	67
7.2 Διαφοροποίηση κόστους εβδομαδιαίας παραγγελίας	67
7.3 Διαφοροποίηση δεσμευμένου κεφαλαίου	69
7.4 Διαφοροποίηση στο επίπεδο εξυπηρέτησης	70
Κεφάλαιο 8: Συμπεράσματα	75
8.1 Συμπεράσματα	75
8.2 Προτάσεις.....	76
Βιβλιογραφία.....	79
Παραρτήματα	81
Έλεγχος Kolmogorov-Smirnov.....	81
Ιστογράμματα κανονικής κατανομής	96
Έλεγχος χ^2	103

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

1.1 Περιγραφή της εταιρείας

Η εταιρεία η οποία μελετήθηκε για την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας ονομάζεται ‘ELEVEN’ και εδρεύει στην περιοχή της Κοζάνης. Πρόκειται για μία επιχείρηση που δραστηριοποιείται στον χώρο της εστίασης και συγκεκριμένα στην πώληση αλκοολούχων ποτών. Οι μέρες λειτουργίας της εν λόγω επιχείρησης είναι η Πέμπτη, η Παρασκευή και το Σάββατο. Τα προϊόντα της επιχείρησης είναι τριάντα εννέα (39) τα οποία προμηθεύονται από δύο (2) βασικούς προμηθευτές.

Ο υπεύθυνος για τη διαχείριση και την πραγματοποίηση των παραγγελιών φροντίζει, τόσο για την καταμέτρηση των αποθεμάτων, όσο και για την έγκαιρη παραγγελία. Η καταμέτρηση των προϊόντων πραγματοποιείται την Τρίτη, με την άμεση αποστολή της παραγγελίας, έτσι ώστε η παραλαβή της να γίνει την επόμενη ημέρα. Οι εγκαταστάσεις της επιχείρησης επιτρέπουν μεγάλο αριθμό αποθήκευσης αποθεμάτων.

Λόγω της φύσης της εταιρείας και του αυξημένου ανταγωνισμού στην περιοχή, κρίνεται αναγκαία η μελέτη της ζήτησης και η ελαχιστοποίηση του κόστους διαχείρισης των αποθεμάτων.

1.2 Περιγραφή προβλήματος

Η διαχείριση των αποθεμάτων, είτε αφορά την ελαχιστοποίηση κόστους είτε τη μεγιστοποίηση κέρδους, περιστρέφεται γύρω από ορισμένα προβλήματα. Η επιχείρηση διαθέτει συγκεκριμένους πόρους οι οποίοι πρέπει να κατανεμηθούν κατάλληλα στις ανάγκες που παρουσιάζονται. Η εταιρεία έρχεται αντιμέτωπη με κάποιους περιορισμούς, όπως το ύψος του κόστους των παραγγελιών και το κεφάλαιο που έχει δεσμευτεί σε προϊόντα που αποθεματοποιούνται.

Η πρόβλεψη της ζήτησης κάθε δεδομένη στιγμή γίνεται συνήθως εμπειρικά. Η προσέγγιση αυτή δημιουργεί πολλές φορές λειτουργικά και δαπανηρά προβλήματα. Αν κατά τη διάρκεια της λειτουργίας της επιχείρησης παρουσιαστεί έλλειψη σε κάποιο προϊόν, ο υπεύθυνος φροντίζει να την καλύψει αγοράζοντάς το σε υψηλότερη τιμή, συγκριτικά με τους βασικούς προμηθευτές, από το πλησιέστερο κατάστημα χονδρικής πώλησης αλκοολούχων ποτών. Η διαδικασία αυτή όμως είναι χρονοβόρα και προκαλεί τη δυσaréσκεια του πελάτη και επίσης εγκυμονεί ο κίνδυνος αμφιβόλου ποιότητας του

προϊόντος. Ένα εξίσου σημαντικό πρόβλημα το οποίο δημιουργείται, είναι ότι οι βασικοί προμηθευτές της επιχείρησης δεν αναγνωρίζουν ως επίσημους αντιπροσώπους τα καταστήματα χονδρικής πώλησης, τα οποία εξυπηρετούν την εταιρεία Eleven I.K.E.. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα για την εταιρεία, να απομακρύνεται από τους στόχους που τέθηκαν και τις συμφωνίες που σύναψε, χάνοντας εκπτώσεις στα προϊόντα και τις επιβραβεύσεις της εταιρείας των προμηθευτών.

1.3 Στόχος της εργασίας

Η εκπόνηση της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας έχει ως στόχο τη δημιουργία ενός μοντέλου που θα παρέχεται ως εργαλείο για την ελαχιστοποίηση του κόστους διαχείρισης των αποθεμάτων. Επίσης, το μοντέλο αυτό θα καταγράφει χρήσιμες πληροφορίες όσον αφορά την πρόβλεψη της ζήτησης, απαραίτητες για την εταιρεία για τη μελλοντική σύναψη συμφωνιών με τους προμηθευτές της.

Η αυτοματοποίηση και βελτιστοποίηση της διαδικασίας που περιεγράφηκε προηγουμένως, όσον αφορά τη μελέτη των αποθεμάτων και τις παραγγελίες, οδηγεί σε πολλαπλά οφέλη για την προς μελέτη επιχείρηση. Αφενός, μειώνεται το κόστος διαχείρισης των αποθεμάτων, συνεπώς μεγαλώνει το κέρδος και γίνεται η εταιρεία πιο ανταγωνιστική, ενώ ταυτόχρονα αυξάνεται το επίπεδο εξυπηρέτησης του πελάτη και αφετέρου αυτοματοποιείται μία χρονοβόρα διαδικασία. Τελικώς εξοικονομείται χρόνος με ένα μοντέλο που θα μπορεί να έχει μια πιο ευρεία χρήση τόσο σε άλλα προϊόντα, όσο και σε άλλες επιχειρήσεις.

Το πρόβλημα που καλείται να επιλύσει η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία είναι, εν τέλει, η εύρεση ενός βέλτιστου ύψους αποθεμάτων το οποίο θα εξασφαλίζει την ομαλή λειτουργία της επιχείρησης με το μικρότερο δυνατό κόστος. Πρόκειται για μία εξισορρόπηση μεταξύ δεσμευμένου κεφαλαίου και ελλείψεων.

Κεφάλαιο 2: Ανάλυση ABC

2.1 Γενικά

Η ανάλυση A, B, C είναι μια καλά εδραιωμένη τεχνική κατηγοριοποίησης που στηρίζεται κατά βάση στην Αρχή του Pareto για τον καθορισμό του ποια προϊόντα πρέπει να λάβουν προτεραιότητα όσον αφορά τη διαχείρισή τους ως αποθέματα. Η επιστήμη της επιχειρησιακής έρευνας και των εφοδιαστικών αλυσίδων επικεντρώνεται στην αξία του αγαθού ως το μοναδικό κριτήριο κατηγοριοποίησης τους. Όμως, η συγκεκριμένη ανάλυση επιχειρεί να ομαδοποιήσει τα προϊόντα με βάση τη σημαντικότητά τους στο σύνολο των εσόδων της επιχείρησης.

Η παραπάνω πολιτική κατηγοριοποίησης γίνεται χωρίζοντας τα προϊόντα σε τρεις βασικές κατηγορίες: (1)

- Κλάση A: τα πιο σημαντικά προϊόντα της επιχείρησης.
- Κλάση B: τα λιγότερο σημαντικά προϊόντα.
- Κλάση Γ: τα πιο ασήμαντα προϊόντα.

Αυτή η μέθοδος έχει ως σκοπό να κατευθύνει τον υπεύθυνο διαχείρισης των αποθεμάτων της κάθε επιχείρησης στο να γνωρίζει σε ποια προϊόντα πρέπει να εστιάσει την προσοχή του διότι η διαχείριση και η βελτιστοποίηση αυτών, θα φέρει τα καλύτερα οικονομικά αποτελέσματα.

2.2 Ανάλυση ABC στην εταιρεία Eleven I.K.E.

Το σύνολο των αγαθών που εμπορεύεται η υπό μελέτη εταιρεία είναι σαράντα έξι (46). Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται το σύνολο των προϊόντων αλλά και οι κωδικοί που έχουν οριστεί για την μελέτη τους.

Πίνακας 2.1 Συνολικά προϊόντα και κωδικοί

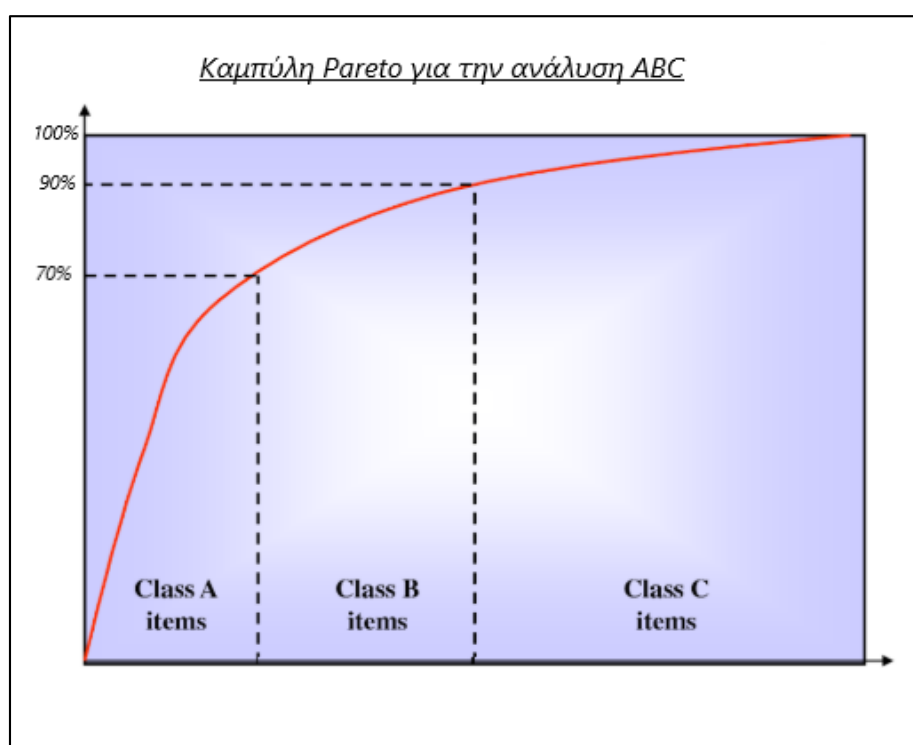
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΕΠΩΝΥΜΙΑ ΠΟΤΟΥ	ΚΩΔΙΚΟΣ	ΕΠΩΝΥΜΙΑ ΠΟΤΟΥ
B1	STOLICHNAYA	S6	FAMOUS
B2	SERKOVA	S7	JACK DANIEL'S
B3	GREY GOOSE	S8	AMARETTO
T1	FINSBURY	S9	JOHNNIE RED
T3	BOMBAY	S10	CARDHU
S12	TULLAMORE	S11	MALIBU
O1	JAMESON	S16	BUSHMILLS
O2	HAIG	S17	BELL'S
S13	JOHNNIE BLACK	S18	KAHLUA
S14	CHIVAS	S19	BALLANTINE'S
P1	BACARDI	S20	BAILEYS
P2	HAVANA	S21	MARTINI
Λ1	CAMPARI	S22	ΚΟΚΑ ΚΟΛΑ
Λ2	JAGERMEISTER	S23	ΠΟΡΤΟΚΑΛΛΑΔΑ
S15	ΛΕΥΚΗ ΤΕΚΙΑΑ	S24	ΛΕΜΟΝΑΔΑ
TE	KITPINH ΤΕΚΙΑΑ	S25	ΣΟΔΑ
Σ1	ASTI MARTINI	S26	ΑΜΙΤΑ ΒΥΣΣΙΝΟ
Σ2	MOET	S27	ΑΜΙΤΑ ΡΟΔΑΚΙΝΟ
S1	GLENFIDDICH	S28	ΑΜΙΤΑ ΠΟΡΤΟΚΑΛΙ
S2	CUTTY SARK	S29	REDBULL
S3	HENDRICK'S	S30	MYTHOS BEER
S4	DRAMBUIE	S31	ΑΤΟΜΙΚΟ ΚΡΑΣΙ ΛΕΥΚΟ
S5	DEWAR'S	S32	ΑΤΟΜΙΚΟ ΚΡΑΣΙ ΚΟΚΚΙΝΟ

Τα παραπάνω προϊόντα όμως δεν συμβάλλουν ομοιόμορφα στο σύνολο των εσόδων της επιχείρησης, για αυτό είναι συνετό να αναλυθούν και κατηγοριοποιηθούν αυτά που όντως είναι σημαντικά για τη λειτουργία της επιχείρησης.

Το βασικό κριτήριο, με βάση το οποίο έγινε η ανάλυση ABC ήταν η συνεισφορά των προϊόντων στα συνολικά έσοδα της επιχείρησης. Οι ιδιοκτήτες της, μεταβίβασαν προς μελέτη παρελθοντικά οικονομικά στοιχεία 9 μηνών (από τον Οκτώβριο του 2018 όπου ήταν και η αρχή λειτουργίας της επιχείρησης μέχρι τον Ιούνιο του 2019).

Ένας κανόνας που προτείνει η αρχή του Pareto είναι η ομάδα A να αντιπροσωπεύει το 70% των συνολικών εσόδων, η ομάδα B το 20% και το υπόλοιπο 10% αναφέρεται στην ομάδα C όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.1.

Εικόνα 3.1 Καμπύλη Pareto για την ανάλυση ABC



Με τον παραπάνω κανόνα και τα οικονομικά στοιχεία που αναλύθηκαν η ανάλυση A, B, C οδηγήθηκε στην ομαδοποίηση των παρακάτω κλάσεων.

2.3 Αποτελέσματα ανάλυσης

Η τελική ομαδοποίηση έγινε όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα 2.2.

Πίνακας 2.2 Τελική ABC ομαδοποίηση

ΟΜΑΔΑ Α		ΟΜΑΔΑ Β		ΟΜΑΔΑ C	
B1	STOLICHNAYA	S12	TULLAMORE	S16	BUSHMILLS
B2	SERKOVA	S13	JOHNNIE BLACK	S17	BELL'S
B3	GREY GOOSE	S14	CHIVAS	S18	KAHLUA
T1	FINSBURY	P1	BACARDI	S19	BALLANTINE'S
T3	BOMBAY	P2	HAVANA	S20	BAILEYS
O1	JAMESON	S15	ΛΕΥΚΗ ΤΕΚΙΛΑ	S21	MARTINI
O2	HAIG	TE	KITPINH ΤΕΚΙΛΑ	S22	KOKA KOLA
Λ1	CAMPARI	Σ2	MOET	S23	ΠΟΠΤΟΚΑΛΛΑΔΑ
Λ2	JAGERMEISTER	S1	GLENFIDDICH	S24	ΛΕΜΟΝΑΔΑ
Σ1	ASTI MARTINI	S2	CUTTY SARK	S25	ΣΟΔΑ
		S3	HENDRICK'S	S26	AMITA ΒΥΣΣΙΝΟ
		S4	DRAMBUIE	S27	AMITA ΡΟΔΑΚΙΝΟ
		S5	DEWAR'S	S28	AMITA ΠΟΠΤΟΚΑΛΙ
		S6	FAMOUS	S29	REDBULL
		S7	JACK DANIEL'S	S30	MYTHOS BEER
		S8	AMARETTO	S31	ΑΤΟΜΙΚΟ ΚΡΑΣΙ ΛΕΥΚΟ
		S9	JOHNNIE RED	S32	ΑΤΟΜΙΚΟ ΚΡΑΣΙ ΚΟΚΚΙΝΟ
		S10	CARDHU		
		S11	MALIBU		

Η εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας ασχολήθηκε με τις ομάδες Α και Β. Στην ομάδα C κατατάχθηκαν τα προϊόντα που δεν απασχολεί ιδιαίτερα η διαχείριση των αποθεμάτων τους για κάποιον από τους παρακάτω λόγους:

- Ελάχιστη συνεισφορά στα συνολικά έσοδα της εταιρείας
- Πολύ χαμηλή αξία απόκτησης
- Μηδενικό κόστος έλλειψης

Κεφάλαιο 3: Έλεγχος καλής προσαρμογής

3.1 Εισαγωγή

Ένα σημαντικό πρόβλημα που καλείται αυτή η εργασία να επιλύσει είναι η ανάλυση των δεδομένων και η στατιστική τους μελέτη. Τα αποτελέσματα από τη συλλογή των στοιχείων όσον αφορά τη ζήτηση πρέπει να αναλυθούν με τέτοιο τρόπο, ώστε η πληροφορία που μας δίνεται να είναι εκμεταλλεύσιμη. Αναλυτικότερα, θα πρέπει να εξεταστεί κατά πόσο τα στατιστικά μας δεδομένα προέρχονται από μια γνωστή και συγκεκριμένη κατανομή για να γίνουν στατιστικώς διαχειρίσιμα. (2)

Για να επιτευχθεί αυτή η εξέταση προβαίνουμε σε ορισμένους ελέγχους. Έλεγχοι αυτής της μορφής καλούνται «έλεγχοι καλής προσαρμογής» και αποτελούν τη διαδικασία ελέγχου υποθέσεως, αναφορικά με το είδος της κατανομής που ακολουθούν τα στατιστικά μας στοιχεία. Το πρώτο βήμα προς την κατεύθυνση ενός τέτοιου ελέγχου είναι να επιλεγεί η κατανομή ως προς την οποία θα κάνουμε το σχετικό έλεγχο και εν συνεχεία να εξεταστεί πόσο καλά προσαρμόζονται τα δεδομένα στη θεωρητική κατανομή. Αφού καταλήξουμε, είμαστε σε θέση να εκτιμήσουμε τις παραμέτρους που είναι απαραίτητες δεδομένου ότι τα στοιχεία ακολουθούν συγκεκριμένη και γνωστή κατανομή.

Οι πιο σημαντικοί έλεγχοι καλής προσαρμογής είναι:

- Το χ^2 τεστ καλής προσαρμογής.
- Ο έλεγχος Kolmogorov – Smirnov.

Στην περίπτωση της εξεταζόμενης μελέτης επιλέχθηκε ο έλεγχος Kolmogorov–Smirnov, διότι το μέγεθος του δείγματος είναι σχετικά μικρό.

3.2 Καταμέτρηση ζήτησης των προϊόντων

3.2.1 Παράθεση στοιχείων

Όπως αναλύθηκε και στο κεφάλαιο 1.1 στη περιγραφή της εταιρείας οι παραγγελίες της επιχείρησης λάμβαναν χώρα την ημέρα Τρίτη και μία μέρα αργότερα γινόταν η παραλαβή τους. Η επιχείρηση λειτουργεί τις ημέρες Πέμπτη, Παρασκευή και Σάββατο.

Για να γίνει, συνεπώς, η ημερήσια καταμέτρηση της ζήτησης έπρεπε να καταγραφεί το επίπεδο των αποθεμάτων την Πέμπτη πριν την έναρξη λειτουργίας της επιχείρησης, την Παρασκευή πριν την έναρξη λειτουργίας (η διαφορά τους μας οδηγεί στον υπολογισμό της ζήτησης της Πέμπτης), και ούτω καθεξής, μέχρι την Κυριακή.

Η επιχείρηση συνήθιζε να συμπληρώνει μια παραγγελία την Παρασκευή ή το Σάββατο. Ένα από τα επιθυμητά αποτελέσματα αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι η εξάλειψη του φαινομένου αυτού και ο προσδιορισμός της βέλτιστης εβδομαδιαίας παραγγελίας χωρίς την ανάγκη συμπληρωματικής παραγγελίας την Παρασκευή ή το Σάββατο.

Κατασκευάστηκε ένα υπολογιστικό φύλλο στο Microsoft Excel όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.1 για να διευκολυνθεί η καταγραφή της ζήτησης.

Πίνακας 3.1: Καταγραφή ζήτησης σε μία εβδομάδα λειτουργίας.

ΠΡΟΪΟΝ	ΑνοιμαΠέμπτη	ΑρχηΠαρασκευής	Παραλαβή	ΑνοιμαΠαρασκευής	ΑρχήΣαββάτου	Παραλαβή	ΑνοιμαΣαββάτου	ΚλείσιμοΣαββάτου	ΖΗΤΗΣΗ		
									ΠΕΜΠΤΗ	ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	ΣΑΒΒΑΤΟ
B1											
B2											
B3											
T1											
T2											
T3											
S12											
O1											
O2											
S13											
S14											
P1											
P2											
Λ1											
Λ2											
S15											
TE											
Σ1											
Σ2											
S1											
S2											
S3											
S4											
S5											
S6											
S7											
S8											
S9											
S10											
S11											

Την Πέμπτη καταγράφεται το επίπεδο των αποθεμάτων (στο οποίο περιλαμβάνεται η παραγγελία που έχει παραλάβει η επιχείρηση την προηγούμενη ημέρα). Την Παρασκευή καταγράφεται επίσης το επίπεδο των αποθεμάτων των προϊόντων στη στήλη ΑρχήΠαρασκευής. Η διαφορά της στήλης ΑρχήΠαρασκευής και

Άνοιγμα Πέμπτης μας δίνει την ζήτηση της Πέμπτης. Η *Αρχή Παρασκευής* προστίθεται με την ενδεχόμενη παραλαβή έκτακτης παραγγελίας και έτσι προκύπτει η στήλη *Άνοιγμα Παρασκευής*. Η ίδια ακριβώς διαδικασία επαναλαμβάνεται και για το Σάββατο και καταλήγουμε, συνεπώς, να έχουμε συγκεντρώσει και για τις τρεις μέρες τη ζήτηση του κάθε προϊόντος. Το άθροισμα των τριών κελιών της ζήτησης για Πέμπτη, Παρασκευή και Σάββατο μας δίνει τα συνολικά τεμάχια που ζητήθηκαν από κάθε προϊόν στο συγκεκριμένο τριήμερο λειτουργίας της επιχείρησης.

Στον Πίνακα 3.2 παρατίθενται η ζήτηση για το σύνολο των 20 εβδομάδων που έγινε η μελέτη, στον κάθε κωδικό προϊόντος ξεχωριστά.

Πίνακας 3.2: Ζήτηση κάθε προϊόντος για 20 εβδομάδες

	<i>1η</i>	<i>2η</i>	<i>3η</i>	<i>4η</i>	<i>5η</i>	<i>6η</i>	<i>7η</i>	<i>8η</i>	<i>9η</i>	<i>10η</i>
B1	28	19.5	21.75	32.75	17	30.25	17	22.3	33.25	20.75
B2	29	22.5	36	29.25	15.25	29.75	27.25	33.5	20.5	27.5
B3	8.5	12	7	10.5	7.75	5.25	10.5	14	12	15.25
T1	13.5	11.5	16.25	14.25	12.75	12	14.25	19.5	12.75	18.75
T3	20.5	19	6.5	20.5	14	17	9.5	9.25	12.25	12
O1	6	7	5	6.5	7.5	4.25	2.75	5.5	8	6.75
O2	4.5	5.5	8.5	7.75	4.75	4.75	3.25	6.25	3.25	3.75
P1	4.5	6	7.25	3.75	2.75	2.5	4	4.5	2.25	5.75
P2	3.5	4.5	3.25	6.25	3.75	8.75	4.25	6.75	3	7
Λ1	5	4.5	6.5	6	6.25	3.25	3.5	5	3.25	5.5
Λ2	4	8.5	9.5	4.25	4.5	6.25	7.75	2.75	7.5	6.5
TE	2	2.5	1.25	2.25	3.5	2.5	4	3.75	1.75	3.75
Σ1	8	9	12	18	8	9	18	15	9	13
Σ2	2	3	5	4	4	3	5.5	3	4	4
S1	0	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0
S2	0.5	0.25	0	0.25	0	0.25	0	0	1.75	0
S3	0.5	0.25	0	0.25	0	0.75	1.25	1	1.75	0
S4	0.5	0.25	0.75	0	0	0.25	0.5	0.5	0	0.5
S5	1	1.5	0.25	0.25	0	0.5	0.5	0	0.25	0.75
S6	0.5	0.5	0	1.75	0.25	0.25	0	1.25	0.25	0.75
S7	0.5	1	0.75	0.75	0	1	1	1.25	0.5	1
S8	0.5	1.5	0.75	0.75	0.25	1.5	1.75	0.5	0.25	1
S9	1	1	0.75	0.75	0.25	2.25	1.75	0.5	0.5	0.5
S10	1.5	1.5	0.75	0.25	0	0.25	0	0.25	0	0.5
S11	0	1.25	1.25	1.25	1	1.5	1.25	1.5	1	2.5
S12	1	2	1.25	0.75	0.25	0.25	0	0.5	1.25	0.25
S13	2.5	2.5	2.5	1.5	0.25	3	0	0.75	2	4
S14	2.75	3	3.25	2	1.25	4	0.5	2.25	1	3.5
S15	1.5	1.25	1.5	2	1.5	4.25	1.25	1.25	1.75	4.25

Πίνακας 3.2 (συνέχεια): Ζήτηση κάθε προϊόντος για 20 εβδομάδες

	11η	12η	13η	14η	15η	16η	17η	18η	19η	20η
B1	22	28.5	36.25	28.5	27.5	29.25	26.75	28	30.5	26.75
B2	35.3	33.75	30.5	32.75	30	32.25	30.75	29.5	28.25	31.75
B3	12.8	4	8	12.75	10.25	9	7.5	9.75	8	11.25
T1	21.8	19.5	20	19.25	20.5	19.25	18.75	17	19.75	17.5
T3	18.5	20.25	18.75	17	19.25	16	17.5	16.8	15	18.5
O1	11.5	12.25	6.75	10.25	9.75	9.75	8	7.5	10.75	7.25
O2	7.5	8.25	5.25	6.25	6.5	5.75	7	4.75	5.5	6.75
P1	4.75	4.5	6.5	5	5.75	5.25	4.75	7	4.5	6
P2	7.5	5.25	6.5	6.25	6.75	6.25	5	4.75	5.75	6.5
Λ1	8.25	10	6.75	8	7.5	8.25	7	7.25	6.5	7.75
Λ2	7.75	7.75	10.25	7.5	8.5	8.25	7.75	8	7.25	6.5
TE	3	4.25	3	3.25	3.5	3.25	4	1.25	4.5	3
Σ1	14	8	11	13	10	9	7	12	9	10
Σ2	3	5	5	4	3	2	4	4	3	6
S1	0.25	0	0.25	0	0.5	0.25	0	0	0.25	0
S2	0	0	0.75	0.25	0	0.25	0.5	0	0.75	0.5
S3	1	0	0.75	0	2	1	0.5	0.75	1.25	0.25
S4	0.75	0.5	0.5	0.25	0	0.5	0.75	1.25	0	0.5
S5	0.75	0.5	1.5	0	0.25	0	0	0.5	0.25	0.75
S6	1	1	0.75	0.25	0.5	0	1.5	1	0.75	0.5
S7	1.75	1.75	1	1.25	0	0.75	0.5	1.5	1.25	1.75
S8	0.5	2.25	0.25	1	1.25	0.75	1	0.25	1.75	0.75
S9	0.5	2	1.25	1.75	0.5	1.25	0.25	0.5	0.75	1.5
S10	0	1.25	1.25	0.25	0.25	0	0.75	1	1.25	0.5
S11	0.5	0	0	1.75	0.75	0.5	1.5	1	0.25	0.25
S12	1.5	1	1.75	1	1.75	1.5	1.25	0.75	2.75	1.75
S13	2.75	1.5	2.25	1.5	2.25	2	1.25	2.5	1.75	2.25
S14	2.5	2.25	2.25	3.75	3.25	2.5	2.25	2.75	2.75	1.75
S15	3.5	1.25	3	2.5	2	1.5	2.5	2.75	1.75	2

3.2.2 Στατιστική ανάλυση συλλεχθέντων στοιχείων

Τα πιο συνηθισμένα στατιστικά εργαλεία που χρησιμοποιούνται για τη περιγραφή, μελέτη και ανάλυση ενός συνόλου δεδομένων είναι η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση. Παρακάτω παρατίθενται οι σχέσεις τους:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n x_i \quad \text{Εξίσωση 3.1}$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{i=0}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad \text{Εξίσωση 3.2}$$

Στον παρακάτω πίνακα 3.3 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι μέσες τιμές και οι τυπικές αποκλίσεις, στρογγυλοποιημένες στο τρίτο δεκαδικό ψηφίο, για τη ζήτηση του συνόλου των είκοσι εννέα (29) προϊόντων της εταιρείας για τα όποια έγινε στατιστική μελέτη και ανάλυση.

Πίνακας 3.3 Μέση τιμή και τυπική απόκλιση όλων των προϊόντων

	Μέση Τιμή	Τυπική Απόκλιση
B1	26.325	5.399
B2	29.263	5.017
B3	9.800	2.886
T1	16.938	3.241
T3	15.900	4.078
O1	7.650	2.459
O2	5.788	1.554
P1	4.863	1.390
P2	5.575	1.546
Λ1	6.300	1.824
Λ2	7.050	1.900
TE	3.013	0.954
Σ1	11.100	3.227
Σ2	3.825	1.092
S1	0.088	0.147
S2	0.300	0.426
S3	0.663	0.598
S4	0.413	0.327
S5	0.475	0.458
S6	0.638	0.497
S7	0.963	0.515
S8	0.925	0.580
S9	0.975	0.601
S10	0.575	0.539
S11	0.950	0.667
S12	1.125	0.695
S13	1.950	0.938
S14	2.475	0.896
S15	2.163	0.954

Η συνηθέστερη κατανομή που περιγράφεται ή που αναμένεται να εμφανιστεί σε ανάλογες περιπτώσεις στατιστικής ανάλυσης της ζήτησης ορισμένων προϊόντων είναι η κανονική κατανομή. Η κανονική κατανομή αποτελεί την πιο σημαντική

κατανομή της στατιστικής μεθοδολογίας. Χρησιμοποιείται ως μία πρώτη προσέγγιση για να περιγραφούν τυχαίες μεταβλητές πραγματικών τιμών, οι οποίες τείνουν να συγκεντρώνονται γύρω από μια μέση τιμή. Στη συγκεκριμένη περίπτωση παρατηρήθηκε, επίσης, ότι καθώς το μέγεθος του δείγματος μας αυξανόταν, στα προϊόντα με υψηλή ζήτηση (με μεγαλύτερη μέση τιμή), έτεινε η ζήτησή τους να κανονικοποιηθεί. Εντούτοις, φαίνεται πως κάποια προϊόντα με πολύ χαμηλή ζήτηση και μεγάλη τυπική απόκλιση, σε πλήθος 20 εβδομάδων, αποκλίνουν από την κανονική κατανομή. Είναι, παρόλα αυτά, επιβεβλημένο οι παραπάνω ισχυρισμοί να ελεγχθούν και μετέπειτα να επιβεβαιωθούν ή να απορριφθούν. Αυτό θα γίνει με τους ελέγχους που αναφέρθηκαν στην εισαγωγή του κεφαλαίου.

Με τη χρήση του λογισμικού πακέτου Minitab, μέσω του ελέγχου Kolmogorov-Smirnov θα ελεγχθεί η «καλή προσαρμογή» στην κανονική κατανομή, των καταγεγραμμένων στοιχείων για τα πρώτα δεκατέσσερα (14) προϊόντα, *B1, B2, B3, T1, T3, O1, O2, P1, P2, A1, A2, TE, Σ1 και Σ2*.

Επίσης, τα υπόλοιπα δεκαπέντε (15) καταναλωτικά αγαθά με πολύ μικρότερες μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις (των οποίων οι τιμές φαίνεται να είναι σχετικά κοντά) θα υποθεθεί ότι ακολουθούν κατανομή Poisson, αν αποδειχτούν ορθές οι αρχικές υποψίες και δεν προσαρμόζονται σε κανονική κατανομή. Η συγκεκριμένη υπόθεση θα ελεγχθεί με τη μέθοδο του ελέγχου X^2 .

3.3 Έλεγχος Kolmogorov-Smirnov

Έστω ότι θέλουμε να ελέγξουμε αν η μεταβλητή X , για την οποία διαθέτουμε ένα δείγμα, ακολουθεί μια ορισμένη κατανομή. Παρακάτω αναφέρονται αναλυτικά τα βήματα εκτέλεσης της μεθόδου Kolmogorov-Smirnov:

- Υποθέτουμε (H_0) ότι τα δεδομένα μας ακολουθούν κανονική κατανομή.
- Ταξινομούνται οι τιμές του δείγματος κατά αύξουσα σειρά.
- Σχηματίζεται η αθροιστική συνάρτηση συχνότητας πιθανότητας του δείγματος για κάθε τιμή x_i και έστω ότι αυτή είναι $\Phi^*(x)$.
- Η $\Phi(x)$ είναι η αθροιστική πιθανότητα μέχρι την τιμή x της προς εξέταση κατανομής. Για κάθε τιμή x_i του δείγματος υπολογίζεται η θεωρητική αθροιστική πιθανότητα.

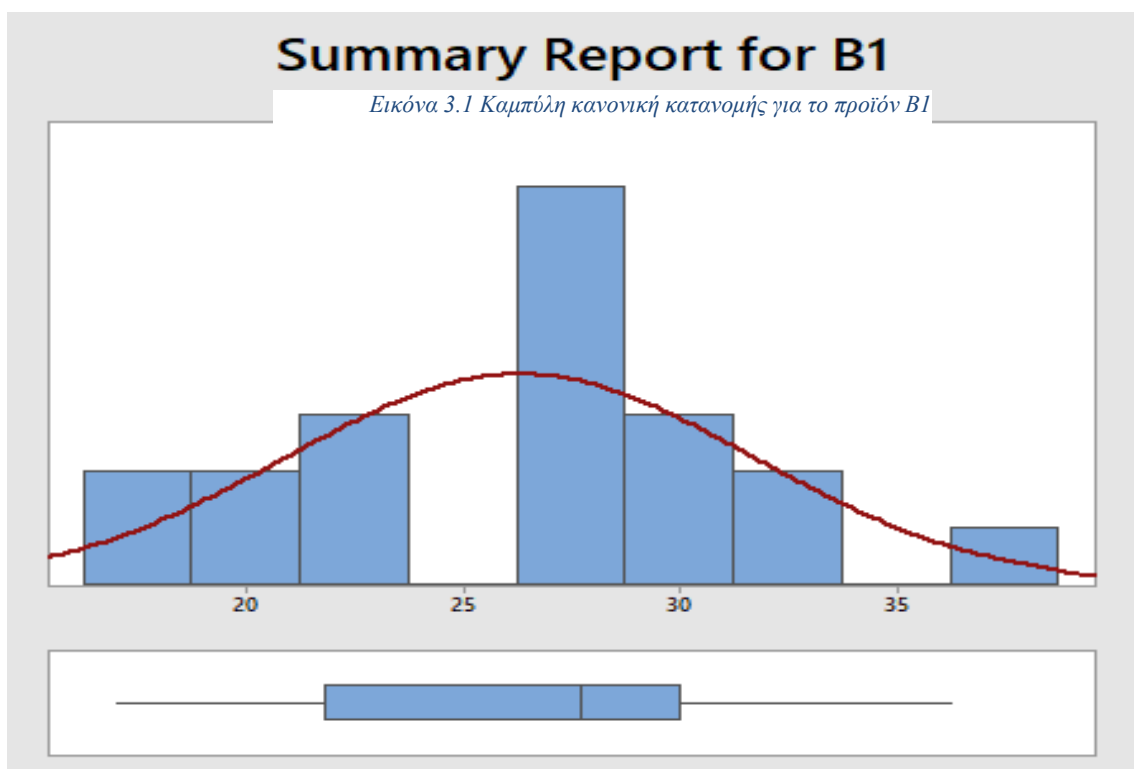
- Η μέγιστη απόλυτη διαφορά ανάμεσα στη θεωρητική και την παρατηρηθείσα τιμή είναι η $D_n(x)$, δηλαδή, $D_n(x) = \max|\Phi^*(x)-\Phi(x)|$ και είναι τυχαία μεταβλητή.
- Αν το $D_n(x) \geq D_x$, τότε απορρίπτεται η αρχική υπόθεση και οι τιμές του δείγματος είναι απίθανο να προέρχονται από την κατανομή που υποθέσαμε.
- Στην αντίθετη περίπτωση, δηλαδή όταν $D_n(x) < D_x$, τότε η αρχική υπόθεση γίνεται αποδεκτή.

Το D_x έχει ορισθεί (υπάρχει σε πίνακες) και η τιμή του εξαρτάται από το επίπεδο σημαντικότητας και το μέγεθος του δείγματος.

Για να διεξαχθεί ο έλεγχος Kolmogorov-Smirnov χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό πακέτο για στατιστικές εφαρμογές Minitab όπως και αναλύεται παρακάτω.

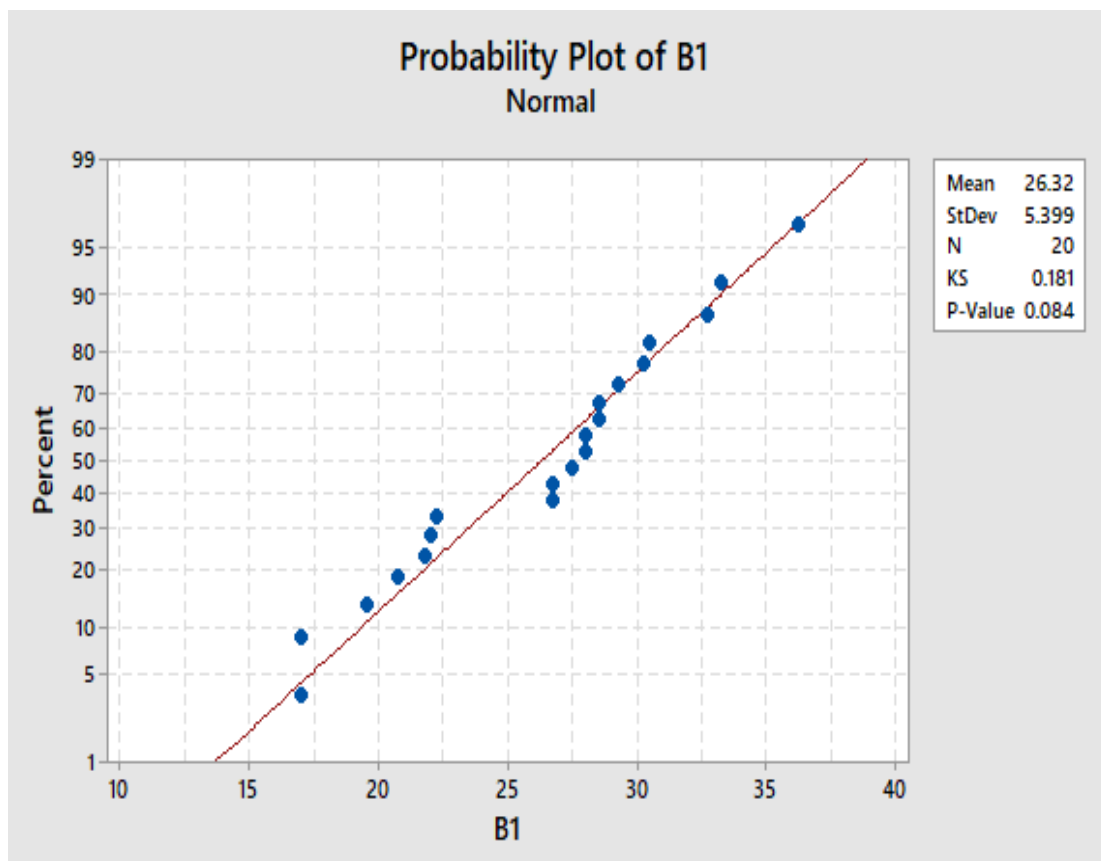
3.3.1 Αποτελέσματα Minitab για τον έλεγχο Kolmogorov-Smirnov

Αρχικά μεταφέρθηκαν όλα τα δεδομένα στο υπολογιστικό περιβάλλον του προγράμματος. Εν συνεχεία, με τη βοήθεια της αυτοματοποιημένης εντολής *normality test*, η οποία εξετάζει αν το δείγμα ακολουθεί κανονική κατανομή, και αφού επιλέχθηκε ως μέθοδος ο έλεγχος Kolmogorov-Smirnov εξήχθησαν για το προϊόν B1 τα εξής



αναλυτικά αποτελέσματα. Σημειώνεται ότι το επίπεδο σημαντικότητας που χρησιμοποιήθηκε σε όλους τους ελέγχους είναι 1%.

Εικόνα 3.2 Διάγραμμα πιθανοτήτων από τον έλεγχο Kolmogorov-Smirnov για το προϊόν B1.



Τα στοιχεία που αξιοποιήθηκαν από τα αποτελέσματα του Minitab είναι η μέση τιμή, η τυπική απόκλιση και το p-value (ελάχιστο επίπεδο σημαντικότητας). Το p-value είναι το πιο χρήσιμο στατιστικό κριτήριο, το οποίο αποτελεί οδηγό για τη λήψη απόφασης προσαρμογής κατανομής.

ΠΡΟΪΟΝ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	P-VALUE	ΚΑΤΑΝΟΜΗ
B1	26,32	5,399	8,4%	ΚΑΝΟΝΙΚΗ

Όταν η τιμή του p-value είναι μικρότερη από το επίπεδο σημαντικότητας που επιλέξαμε για τον έλεγχο (1%) τότε απορρίπτεται η μηδενική μας υπόθεση, αντίθετα αν είναι μεγαλύτερη την αποδεχόμαστε. Ως μηδενική υπόθεση (H_0) τέθηκε η υπόθεση ότι τα δεδομένα ακολουθούν κανονική κατανομή. Στην περίπτωση του προϊόντος B1

το p-value σημειώνεται ότι είναι 8,4% και συνεπώς μεγαλύτερο από το επίπεδο σημαντικότητας που ορίστηκε (1%). Συνεπώς αποδεχόμαστε ότι το προϊόν B1 ακολουθεί την κανονική κατανομή, καθώς δεν έχουμε ισχυρές στατιστικές ενδείξεις να απορρίψουμε τη μηδενική υπόθεση.

Ομοίως ελέγχθηκαν και τα υπόλοιπα προϊόντα και τα αποτελέσματα καταγράφονται στον Πίνακα 3.4.

Πίνακας 3.4 Αποτελέσματα Minitab για έλεγχο καλής προσαρμογής της ζήτησης των προϊόντων στην κανονική κατανομή

ΠΡΟΪΟΝ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	P-VALUE	ΚΑΤΑΝΟΜΗ
B2	29,26	5,017	4,8%	<i>KANONIKH</i>
B3	9,800	2,886	>15,0%	<i>KANONIKH</i>
T1	16,938	3,241	2,8%	<i>KANONIKH</i>
T3	15,900	4,078	6,6%	<i>KANONIKH</i>
O1	7,650	2,459	>15,0%	<i>KANONIKH</i>
O2	5,788	1,554	>15,0%	<i>KANONIKH</i>
P1	4,863	1,390	>15,0%	<i>KANONIKH</i>
P2	5,575	1,546	13,8%	<i>KANONIKH</i>
Λ1	6,300	1,824	>15,0%	<i>KANONIKH</i>
Λ2	7,050	1,900	4,9%	<i>KANONIKH</i>
TE	3,013	0,954	>15,0%	<i>KANONIKH</i>
Σ1	11,100	3,227	5,0%	<i>KANONIKH</i>
Σ2	3,825	1,092	6,9%	<i>KANONIKH</i>

3.4 Έλεγχος X^2

Ο έλεγχος X^2 βασίζεται στην κατανομή X^2 . Ο έλεγχος χρησιμοποιήθηκε ώστε να ελεγχθεί, αν η ζήτηση των προϊόντων $S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9, S10, S11, S12, S13, S14, S15$ ακολουθεί κατανομή Poisson. Προτού, όμως, εφαρμοστεί ο συγκεκριμένος έλεγχος, εξετάστηκε και η περίπτωση η ζήτηση των συγκεκριμένων προϊόντων να ακολουθεί κανονική κατανομή και τα αποτελέσματα ήταν αποτρεπτικά (βλ. παράρτημα σελ.90-97). Ο έλεγχος λοιπόν, χωρίζει τις παρατηρηθείσες τιμές ενός δείγματος σε κλάσεις και συγκρίνει τη συχνότητα των τιμών της ζήτησης κατά κλάση, με τη συχνότητα που αναμένεται για κάθε κλάση με βάση τη θεωρητική κατανομή (Poisson) που υποτίθεται ότι ακολουθεί ο πληθυσμός.

Ας υποθεθεί ότι x_1, x_2, \dots, x_n είναι οι n τιμές ενός δείγματος, που προέρχονται από κάποιον πληθυσμό με άγνωστη κατανομή. Με τις τιμές αυτές σχηματίζεται η κατανομή συχνότητας, που έστω ότι έχει k κλάσεις με συχνότητες f_i για $i=1,2,\dots,k$. Στη συνέχεια διατυπώνεται η υπόθεση που θα ελεγχθεί. Θα υποθεθεί δηλαδή, ότι το δείγμα προέρχεται από πληθυσμό που ακολουθεί κατανομή Poisson. Στη συγκεκριμένη περίπτωση η θεωρητική κατανομή είναι η κατανομή Poisson με συνάρτηση πυκνότητας-πιθανότητας $\varphi(x)$. Υπολογίζεται, στη συνέχεια, η πιθανότητα p_i να παρουσιαστεί μια τιμή στην κλάση i της κατανομής του πληθυσμού και υπολογίζονται οι θεωρητικές τιμές της συχνότητας κάθε κλάσης m_i . (3)

Για να ισχύει η αρχική υπόθεση, ότι δηλαδή το δείγμα προέρχεται όντως από τη θεωρητική κατανομή, θα πρέπει οι διαφορές της παρατηρηθείσας συχνότητας και της θεωρητικής συχνότητας σε κάθε κλάση $f_i - m_i$ να είναι μικρές και να μην είναι στατιστικά σημαντικές σε ορισμένο επίπεδο σημαντικότητας. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, όπως και στον έλεγχο Kolmogorov-Smirnov, το επίπεδο σημαντικότητας που επιλέχθηκε είναι 0,01 ή 1%.

Η μεταβλητή X^2 υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$X^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(f_i - m_i)^2}{m_i} \quad \text{Εξίσωση 3.3}$$

Η κατανομή που ακολουθεί η παραπάνω μεταβλητή είναι η κατανομή X^2 με $k-1$ -λ βαθμούς ελευθερίας, όπου λ είναι ο αριθμός των παραμέτρων της κατανομής Poisson (η κατανομή Poisson έχει μία παράμετρο, τη λ, η οποία δηλώνει τη μέση τιμή αριθμού εμφανίσεων ενός γεγονότος σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα). Για να ισχύει το παραπάνω θα πρέπει να επαληθεύεται το εξής:

- $n p_i \geq 5$ για κάθε i (όπου n είναι το μέγεθος του δείγματος).

Αν $X^2=0$, η παρατηρηθείσα και η προσδοκώμενη συχνότητα συμφωνούν απόλυτα. Αυτό σημαίνει ότι η θεωρητική κατανομή επαληθεύεται και όντως τα δεδομένα ακολουθούν, τελικώς, κατανομή Poisson. Διαφορετικά, αν ισχύει $X^2>0$ τότε πρέπει να ελεγχθεί αρχικά, το μέγεθος της απόκλισης μεταξύ προσδοκώμενης και παρατηρηθείσας τιμής και έπειτα, αν αυτή η απόκλιση είναι μεγάλη και στατιστικώς σημαντική ώστε να απορριφθεί η αρχική υπόθεση, ότι τα δεδομένα ακολουθούν κατανομή Poisson. (2)

Κάθε υπολογιζόμενο X^2 αντιστοιχεί σε συγκεκριμένη αθροιστική πιθανότητα της θεωρητικής κατανομής, για συγκεκριμένους βαθμούς ελευθερίας (3) το συμπληρωματικό της οποίας είναι η τιμή P-value.

Αν η τιμή P-value είναι μεγαλύτερη του επιπέδου σημαντικότητας που τέθηκε ως όριο, τότε ισχύει η αρχική υπόθεση. Στην προκειμένη περίπτωση το επίπεδο σημαντικότητας που τέθηκε ως όριο είναι 1%.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να σημειωθεί ότι τα δεδομένα μας για τη ζήτηση των προϊόντων S1 έως S15 είναι σε δεκαδική μορφή. Όσον αφορά την καταγραφή της ζήτησης στην προσπάθεια ορθής προσέγγισης της ποσότητας του περιεχομένου στις ανοιχτές φιάλες, χωρίστηκαν σε τέταρτα. Συνεπώς, η τιμή της αθροιστικής ζήτησης του τριμήρου ήταν πάντα πολλαπλάσια του 0,25. Η κατανομή Poisson, όμως, για να οριστεί απαιτεί τα δεδομένα της να βρίσκονται σε ακέραιη μορφή. (4)

Επί τούτου, χρησιμοποιήθηκε ως μονάδα μέτρησης το 0,25, έτσι όλα τα συνοπτικά δεδομένα για τα συγκεκριμένα προϊόντα πολλαπλασιάστηκαν επί 4 για να έλθουν σε ακέραιη μορφή και να είναι εφικτό να εκτελέσουμε τον έλεγχο καλής προσαρμογής των δεδομένων στην κατανομή Poisson. Τα μεταποιημένα αποτελέσματα

με μονάδα μέτρησης το 0,25 παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.5. Η αρχική τους μορφή εντοπίζεται στον Πίνακα 3.2.

Πίνακας 3.5: Μεταποιημένα δεδομένα στη μονάδα του 0,25.

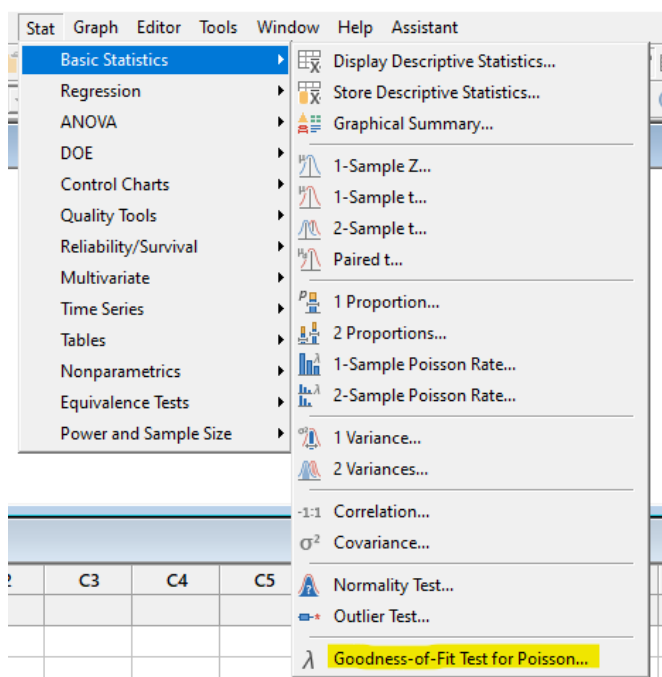
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15
Εβδομάδα 1	0	2	2	2	4	2	2	2	4	6	0	4	10	11	6
Εβδομάδα 2	1	1	1	1	6	2	4	6	4	6	5	8	10	12	5
Εβδομάδα 3	0	0	0	3	1	0	3	3	3	3	5	5	10	13	6
Εβδομάδα 4	0	1	1	0	1	7	3	3	3	1	5	3	6	8	8
Εβδομάδα 5	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	4	1	1	5	6
Εβδομάδα 6	0	1	3	1	2	1	4	6	9	1	6	1	12	16	17
Εβδομάδα 7	0	0	5	2	2	0	4	7	7	0	5	0	0	2	5
Εβδομάδα 8	0	0	4	2	0	5	5	2	2	1	6	2	3	9	5
Εβδομάδα 9	0	7	7	0	1	1	2	1	2	0	4	5	8	4	7
Εβδομάδα 10	0	0	0	2	3	3	4	4	2	2	10	1	16	14	17
Εβδομάδα 11	1	0	4	3	3	4	7	2	2	0	2	6	11	10	14
Εβδομάδα 12	0	0	0	2	2	4	7	9	8	5	0	4	6	9	5
Εβδομάδα 13	1	3	3	2	6	3	4	1	5	5	0	7	9	9	12
Εβδομάδα 14	0	1	0	1	0	1	5	4	7	1	7	4	6	15	10
Εβδομάδα 15	2	0	8	0	1	2	0	5	2	1	3	7	9	13	8
Εβδομάδα 16	1	1	4	2	0	0	3	3	5	0	2	6	8	10	6
Εβδομάδα 17	0	2	2	3	0	6	2	4	1	3	6	5	5	9	10
Εβδομάδα 18	0	0	3	5	2	4	6	1	2	4	4	3	10	11	11
Εβδομάδα 19	1	3	5	0	1	3	5	7	3	5	1	11	7	11	7
Εβδομάδα 20	0	2	1	2	3	2	7	3	6	2	1	7	9	7	8

Όπως και στην περίπτωση του ελέγχου Kolmogorov-Smirnov, για να διεξαχθεί ο έλεγχος X^2 χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό πακέτο για στατιστικές εφαρμογές Minitab όπως αναλύεται παρακάτω.

3.4.1 Αποτελέσματα Minitab για τον έλεγχο X^2

Όπως παρατηρείται στην παρακάτω εικόνα, το λογισμικό πακέτο Minitab διαθέτει την αυτοματοποιημένη εντολή “Goodness-of-Fit Test for Poisson” η οποία λειτουργεί με βάση τον έλεγχο X^2 που αναλύθηκε παραπάνω.

Εικόνα 3.3 Εντολή «Goodness-of-Fit Test for Poisson» στο Minitab



Ακριβώς όπως και στον προηγούμενο έλεγχο που αναλύθηκε, έτσι και ο έλεγχος X^2 θέτει ως μηδενική υπόθεση (H_0) την υπόθεση ότι τα δεδομένα μας ακολουθούν κατανομή Poisson.

Παρακάτω παρατίθενται, ενδεικτικά, τα αποτελέσματα στα οποία οδηγήθηκε το λογισμικό Minitab για το προϊόν *SI*. Σημειωτέο, ότι το επίπεδο σημαντικότητας που κρίθηκε κατάλληλο για τον έλεγχο είναι 1% ή 0,01.

Εικόνα 3.4 Αποτελέσματα ελέγχου χ^2 για το προϊόν S1

Poisson Goodness-of-Fit Test				
Descriptive Statistics				
<u>N</u>	<u>Mean</u>			
20	0.35			
Observed and Expected Counts for C1				
<u>C1</u>	<u>Poisson Probability</u>	<u>Observed Count</u>	<u>Expected Count</u>	<u>Contribution to Chi-Square</u>
0	0.704688	14	14.0938	0.0006238
1	0.246641	5	4.9328	0.0009150
> =2	0.048671	1	0.9734	0.0007257
2 (66.67%) of the expected counts are less than 5.				
Chi-Square Test				
Null hypothesis	H_0 : Data follow a Poisson distribution			
Alternative hypothesis	H_1 : Data do not follow a Poisson distribution			
<u>DF</u>	<u>Chi-Square</u>	<u>P-Value</u>		
1	0.0022645	0.962		

Όπως παρατηρείται στην παραπάνω εικόνα, η τιμή του P-value είναι 0,962 ή 96,2%, το οποίο είναι πολύ μεγαλύτερο από το επίπεδο σημαντικότητας που ορίστηκε (1%). Αυτό σημαίνει ότι οι ενδείξεις να ισχύει η μηδενική υπόθεση H_0 , ότι δηλαδή η ζήτηση του προϊόντος S1 ακολουθεί κατανομή Poisson, είναι στατιστικώς πολύ ισχυρές. Συνεπώς, αποδεχόμαστε ότι το προϊόν S1 ακολουθεί την κατανομή Poisson, καθώς έχουμε ισχυρές στατιστικές ενδείξεις να αποδεχτούμε τη μηδενική υπόθεση. Συνοψίζοντας για το προϊόν S1 καταλήγουμε στα εξής.

ΠΡΟΪΟΝ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ/ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑ/ λ	P-VALUE	ΚΑΤΑΝΟΜΗ
S1	0,35	96,2%	POISSON

Είναι ουσιαστικό να σημειωθεί, σε αυτό το σημείο, ότι το λ δεν έχει προκύψει από τα πραγματικά δεδομένα αλλά από τα μεταποιημένα ακέραια στοιχεία που

χρησιμοποιήθηκαν για να γίνει ο έλεγχος καλής προσαρμογής των δεδομένων στην κατανομή Poisson.

Ομοίως, έγινε ο έλεγχος και για τα υπόλοιπα δεκατέσσερα (14) προϊόντα και τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον Πίνακα 3.6. Σε αυτόν, όμως, τον πίνακα η μέση τιμή λ είναι η μέση τιμή που προκύπτει από τις πραγματικές δεκαδικές μετρήσεις, δηλαδή από τους υπολογισμούς του λογισμικού Minitab διαιρεμένες με το 4.

Πίνακας 3.6 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα ελέγχου χ^2

ΠΡΟΪΟΝ	λ	P-VALUE	ΚΑΤΑΝΟΜΗ
S1	0,0875	96,2%	POISSON
S2	0,3	25,7%	POISSON
S3	0,6625	20,9%	POISSON
S4	0,4125	16,1%	POISSON
S5	0,475	58,4%	POISSON
S6	0,6375	74,4%	POISSON
S7	0,9625	89,6%	POISSON
S8	0,925	13,8%	POISSON
S9	0,975	6,2%	POISSON
S10	0,575	3,5%	POISSON
S11	0,95	10,6%	POISSON
S12	1,125	67,1%	POISSON
S13	1,95	38,4%	POISSON
S14	2,475	97,9%	POISSON
S15	2,1625	48,5%	POISSON

Κεφάλαιο 4: Σύστημα ανάλυσης αποθεμάτων “R,S”

4.1 Εισαγωγή

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, η επιστήμη των αποθεμάτων καλείται να δώσει λύσεις στα ερωτήματα του "πότε" θα παραγγείλουμε και "σε τι ποσότητα". Η αλληλεπίδραση αυτών των δύο ερωτημάτων, σκοπό έχει να ελαχιστοποιήσει το κόστος διαχείρισης αποθεμάτων της εταιρίας.

Το κόστος διαχείρισης των αποθεμάτων μιας επιχείρησης εξαρτάται φυσικά από το κόστος απόκτησης ή παραγωγής του προϊόντος, καθώς και από άλλους τρεις παράγοντες.

- i. το κόστος παραγγελιών για εμπορικές επιχειρήσεις (το οποίο στην περίπτωση της υπό μελέτη εταιρείας είναι μηδενικό) ή αντίστοιχα το κόστος έναρξης παραγωγής (set-up cost) για παραγωγικές επιχειρήσεις,
- ii. το κόστος διατήρησης του αποθέματος και
- iii. το κόστος που υφίσταται η επιχείρηση από την εμφάνιση έλλειψης σε δεδομένη ζήτηση.

Η στάθμιση όλων αυτών των παραμέτρων ωθεί στη ζητούμενη μείωση του κόστους. Κάθε πρόβλημα έχει τις δικές του ιδιαιτερότητες, οπότε για το κάθε πρόβλημα θα πρέπει να εξεταστεί προσεκτικά ποιο από τα αναπτυχθέντα μοντέλα αποθεμάτων ταιριάζει ή εφαρμόζει καλύτερα. (3)

Για τη διαχείριση των αποθεμάτων μιας επιχείρησης έχουν μελετηθεί και εφαρμόζονται αρκετά συστήματα, τα οποία διαφέρουν ως προς το βαθμό παρακολούθησης και ελέγχου των αποθεμάτων. Τα κυριότερα από αυτά είναι τα εξής:

- Σύστημα σταθερής ποσότητας παραγγελίας «Q,s» (ή σύστημα συνεχούς παρακολούθησης αποθέματος).
- Σύστημα σταθερής περιόδου παραγγελίας «R,S» (ή σύστημα περιοδικής παρακολούθησης αποθέματος).

Το σύστημα “R,S”, γνωστό και ως σύστημα κύκλου αναπλήρωσης ή αλλιώς σύστημα περιοδικής παρακολούθησης αποθέματος, προτιμάται συχνά, ιδιαίτερα σε εταιρείες που δε χρησιμοποιούν πληροφοριακά συστήματα. Κύριο χαρακτηριστικό του συστήματος αυτού είναι ότι βασίζεται στον παράγοντα «χρόνο». Σε ένα τέτοιο

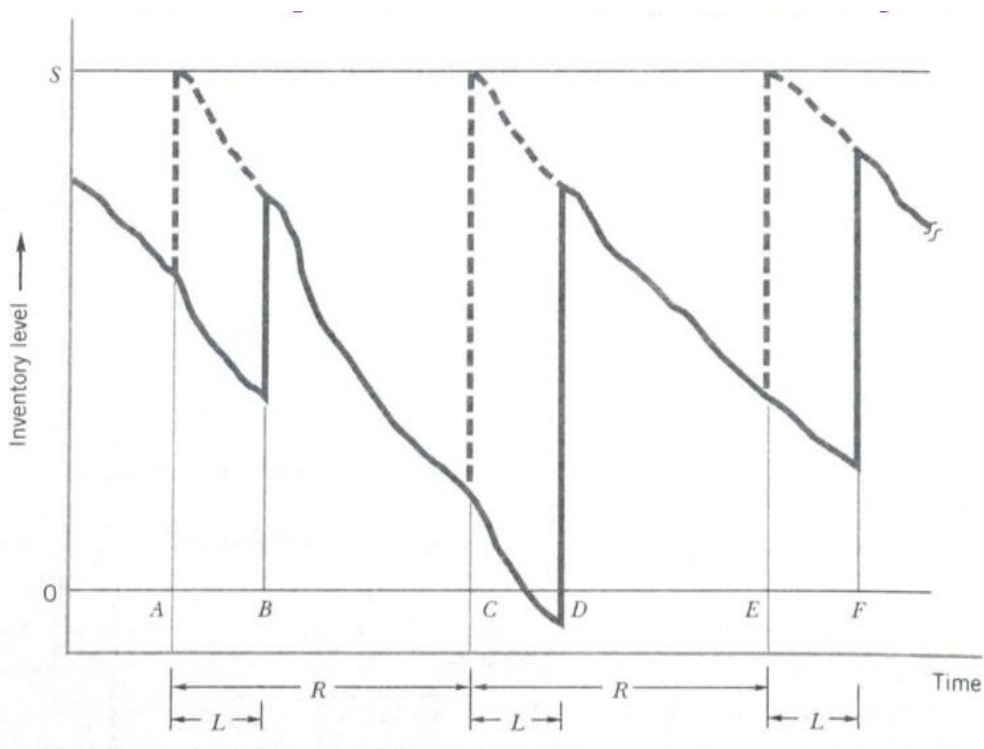
σύστημα, η στάθμη του αποθέματος επιθεωρείται περιοδικά και σε χρόνους που απέχουν μεταξύ τους σταθερό χρονικό διάστημα R . Κάθε μονάδα R του χρόνου (δηλαδή σε κάθε στιγμή της ανασκόπησης) γίνεται καταμέτρηση ή οποία, τελικώς, οδηγεί σε παραγγελία και στην αύξηση της θέσης του αποθέματος στο επίπεδο S . Μια τυπική συμπεριφορά αυτού του τύπου συστήματος φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.

(5)

Εικόνα 4.1 Σύστημα R,S

4.2 Ανάλυση συστήματος « R,S »

Κάθε περίπτωση, όμως, διαχείρισης αποθεμάτων έχει τις δικές της ιδιαιτερότητες. Μία παράμετρος του συστήματος « R,S » είναι ο χρόνος αναμονής της



παραγγελίας (Lead time), το οποίο αναφέρεται στο χρόνο που μεσολαβεί μεταξύ της παραγγελίας και της παραλαβής της. Όπως αναλύεται στη συνέχεια, στην υπό μελέτη εταιρεία ο χρόνος αναμονής της παραγγελίας είναι μηδέν και αυτή είναι η βασική διαφορά στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία, συγκριτικά με άλλες, όπου το σύστημα « R,S » θεωρήθηκε ως το καταλληλότερο.

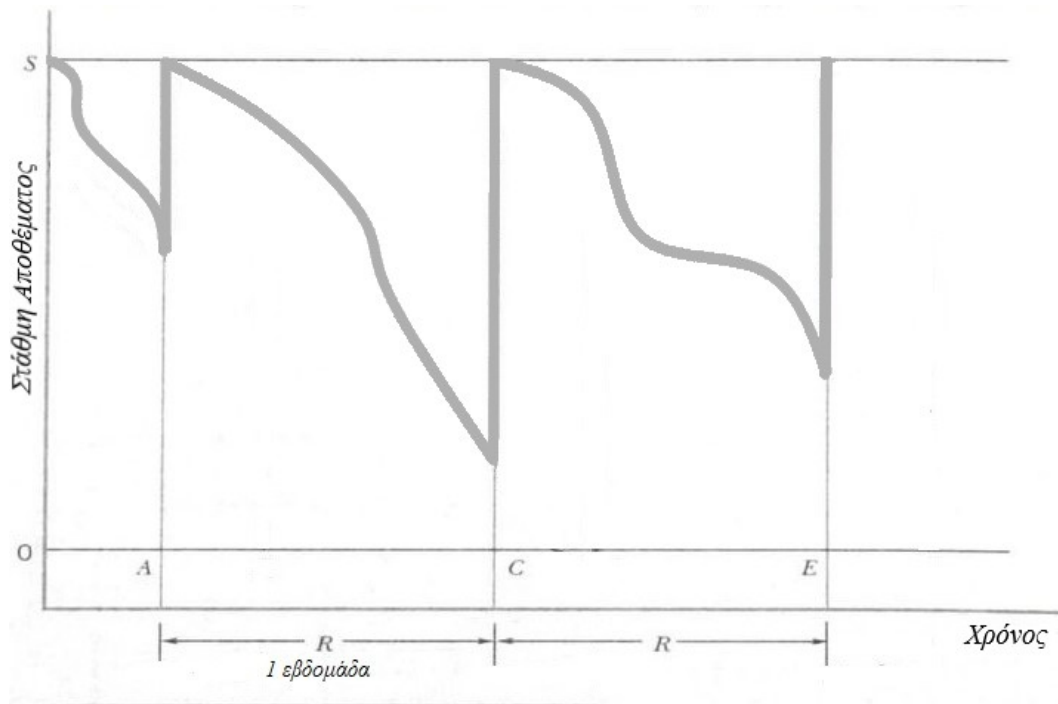
Στη συγκεκριμένη περίπτωση, στην οποία μελετάται η εταιρεία Eleven I.K.E., από το σύνολο των είκοσι εννέα (29) προϊόντων, τα δεκατέσσερα (14) είναι προϊόντα

των οποίων η ζήτηση ακολουθεί κανονική κατανομή και τα υπόλοιπα δεκαπέντε (15) είναι προϊόντα τα οποία ακολουθούν κατανομή Poisson. Αυτό ελέγχθηκε μέσω του λογισμικού πακέτου Minitab και των ελέγχων Kolmogorov Smirnov (κανονική κατανομή) και X^2 (κατανομή Poisson) όπως αναλύεται εκτενέστερα στο κεφάλαιο 3 στην παράγραφο 3.3 και 3.4 αντίστοιχα.

Στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία ο χρόνος R ισούται με μία (1) εβδομάδα. Κατόπιν συμβουλευτικών συζητήσεων με τους ιδιοκτήτες της εταιρείας αποφασίστηκε ότι οι παραγγελίες είναι σωστό να λαμβάνουν χώρα κάθε μία εβδομάδα και συγκεκριμένα την ημέρα Τετάρτη. Τέτοιες αποφάσεις λήφθηκαν εμπειρικά από τους υπεύθυνους της εταιρείας με βάση χρηστικούς και εργασιακούς παράγοντες και περιορισμούς.

Ακόμα, μια ιδιαιτερότητα που παρουσιάζεται στη συγκεκριμένη εργασία είναι ότι η επιχείρηση λειτουργεί μόνο τρεις ημέρες μέσα στην εβδομάδα, την Πέμπτη, την Παρασκευή και το Σάββατο. Οι παραγγελίες που αποστέλλονται στους προμηθευτές την ημέρα Τετάρτη παραλαμβάνονται είτε την ίδια μέρα είτε την επομένη, πριν όμως ξεκινήσει η λειτουργία της επιχείρησης. Συνεπώς στη συγκεκριμένη περίπτωση ο χρόνος που χρειάζεται για να φτάσει η παραγγελία στην εταιρεία μπορεί να θεωρηθεί ίσος με μηδέν. Ταυτίζεται, δηλαδή, η στιγμή που αποστέλλεται η παραγγελία με τη στιγμή που αυτή προστίθεται στα αποθέματα της επιχείρησης. Έτσι, με την παραλαβή των προϊόντων της παραγγελίας, το πραγματικό απόθεμα ισούται με την επιθυμητή στάθμη S. Η περιγραφή του παραπάνω συστήματος “R,S” και το πως αυτό συμπεριφέρεται στη συγκεκριμένη περίπτωση παρουσιάζεται στην εικόνα 4.2.

Εικόνα 4.2 Σύστημα R,S στην υπό μελέτη επιχείρηση



4.3 Κόστη αποθεμάτων στο σύστημα “R,S”

Όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή του παρόντος κεφαλαίου οι παράμετροι που επηρεάζουν το κόστος διαχείρισης των αποθεμάτων είναι οι εξής:

- κόστος απόκτησης αποθέματος
- κόστος παραγγελίας
- κόστος διατήρησης
- κόστος έλλειψης

Παρακάτω αναλύονται εκτενέστερα τα προαναφερθέντα κόστη. Αναλύεται τόσο το πώς αυτά επιδρούν στη λειτουργία της επιχείρησης όσο και πώς συμπεριφέρονται στις ιδιαιτερότητες της περίπτωσης, της μελέτης της εταιρείας Eleven I.K.E.

4.3.1 Κόστος απόκτησης του αποθέματος

Το κόστος απόκτησης αποθέματος εξαρτάται άμεσα από το κόστος απόκτησης προϊόντος. Στην περίπτωση της υπό μελέτη εταιρείας τα παραπάνω δύο κόστη ταυτίζονται. Συμβολίζεται με "ν" και έχει μονάδες μέτρησης [€/τεμάχιο], αν μιλάμε για διακριτά προϊόντα όπως συμβαίνει σε όλα τα προϊόντα της επιχείρησης που μελετάται. Δεν παρουσιάστηκαν ιδιαίτερες δυσκολίες στον προσδιορισμού του κόστους απόκτησης καθώς οι υπεύθυνοι της εταιρείας είχαν στην διάθεση τους στοιχεία με ακριβείς τιμές προϊόντων από τους προμηθευτές, τα οποία και διατέθηκαν κατόπιν σχετικού αιτήματος. Στον Πίνακα 4.1 φαίνονται οι τιμές ανά τεμάχιο προϊόντος και για τους δύο βασικούς προμηθευτές.

Πίνακας 4.1 Τιμές αγοράς (ν) ανά προϊόν για τους δύο βασικούς προμηθευτές

ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΚΩΔΙΚΟΣ	ΠΡΟΜΗΘΕΥΤΗΣ Α	ΠΡΟΜΗΘΕΥΤΗΣ Β
		Κόστος[€/τυγ]	Κόστος[€/τυγ]
STOLICHNAYA	B1	13,25	13,45
SERKOVA	B2	10,8	11,2
GREY GOOSE	B3	37	37,7
FINSBURY	T1	10,9	10,8
BOMBAY	T3	17,9	17,86
JAMESON	O1	15,45	15,3
HAIG	O2	14,66	14,7
BACARDI	P1	19,66	19,46
HAVANA	P2	18,5	17,35
CAMPARI	Λ1	12,8	11
JAGERMEISTER	Λ2	14,85	15,1
KITPINH TEKIAA	TE	16,92	16,89
ASTI MARTINI	Σ1	5,5	6,3
MOET	Σ2	44,5	44,68
GLENFIDDICH	S1	22,4	22,57
CUTTY SARK	S2	12,16	12,5
HENDRICK'S	S3	29,15	29,15
DRAMBUIE	S4	18,54	19,3
DEWAR'S	S5	15,34	14,95
FAMOUS	S6	13,9	13,95
JACK DANIEL'S	S7	17,3	17,18
AMARETTO	S8	6,9	6,4
JOHNNIE RED	S9	11,78	11,82
CARDHU	S10	24,04	24,02
MALIBU	S11	12,89	12,86
TULLAMORE	S12	16,5	16,2
JOHNNIE BLACK	S13	21,3	21,5
CHIVAS	S14	20,75	20,8
ΛΕΥΚΗ ΤΕΚΙΑΑ	S15	17,2	17,8

Οι τιμές που αναφέρονται στον παραπάνω πίνακα είναι τιμές στις οποίες δεν συμπεριλαμβάνεται ο Φόρος Προστιθέμενης Αξίας (Φ.Π.Α). Στη συγκεκριμένη κατηγορία προϊόντων ο Φόρος Προστιθέμενης Αξίας βρίσκεται στο 24% της καθαρής αξίας του προϊόντος (με βάση το Παράρτημα ΙΙΙ του Κώδικα Φορολογίας Προστιθέμενης Αξίας, ο οποίος κυρώθηκε με το άρθρο πρώτο του ν. 2859/2000 (Α' 248)).

Στους δύο (2) παραπάνω προμηθευτές δεν υπήρχαν παράμετροι που επηρεάζουν την αξία απόκτησης, όπως για παράδειγμα, εκπτώσεις για όρια παραγγελίας ή έξοδα παραγγελίας, άρα καθίσταται σαφές ότι επιλέγεται ο προμηθευτής με τη χαμηλότερη τιμή για το αντίστοιχο προϊόν. Στον Πίνακα 4.2 στη συνέχεια παρατίθενται τα προϊόντα και η τελική τιμή απόκτησής τους μετά την επιλογή του οικονομικότερου προμηθευτή.

Πίνακας 4.2 Τελικές τιμές αγοράς ανά προϊόν

ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΚΩΔΙΚΟΣ	Κόστος[€/τυγ]	ΠΡΟΜΗΘΕΥΤΗΣ
STOLICHNAYA	B1	13,25	A
SERKOVA	B2	10,8	A
GREY GOOSE	B3	37	A
FINSBURY	T1	10,8	B
BOMBAY	T3	17,86	B
JAMESON	O1	15,3	B
HAIG	O2	14,66	A
BACARDI	P1	19,46	B
HAVANA	P2	17,35	B
CAMPARI	Λ1	11	A
JAGERMEISTER	Λ2	14,85	A
KITPINH TEKIAA	TE	16,89	B
ASTI MARTINI	Σ1	5,5	A
MOET	Σ2	44,5	A
GLENFIDDICH	S1	22,4	A
CUTTY SARK	S2	12,16	A
HENDRICK'S	S3	29,15	A
DRAMBUIE	S4	18,54	A
DEWAR'S	S5	14,95	B
FAMOUS	S6	13,9	A
JACK DANIEL'S	S7	17,18	B
AMARETTO	S8	6,4	B
JOHNNIE RED	S9	11,78	A
CARDHU	S10	24,02	B
MALIBU	S11	12,86	B
TULLAMORE	S12	16,2	B
JOHNNIE BLACK	S13	21,3	A
CHIVAS	S14	20,75	A
ΛΕΥΚΗ ΤΕΚΙΑΑ	S15	17,2	A

4.3.2 Κόστος παραγγελίας

Η σχετική ενημέρωση τόσο από τους ιδιοκτήτες της επιχείρησης όσο και από τις ίδιες τις προμηθεύτριες εταιρείες είναι, ότι καμία από αυτές δεν επιβαρύνει την εταιρεία Eleven I.K.E. με κόστος παραγγελίας. Αυτό είναι σύνηθες σε τέτοιου είδους επιχειρήσεις καθώς το μέγεθος της παραγγελίας σε χρηματική αξία σπανίως είναι ιδιαίτερα μικρό. Επίσης, οι προμηθευτές, δεδομένου και του μεταξύ τους ανταγωνισμού, προσπαθούν να διασφαλίσουν ότι οι πελάτες τους και οι επιχειρήσεις που συνεργάζονται θα τους προτιμήσουν.

Στην προκειμένη, έγινε μια έρευνα αγοράς στην περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας και, όπως αποδείχτηκε, κανένας έμπορος χονδρικής πώλησης αλκοολούχων ποτών δεν χρέωνε τις επιχειρήσεις που ανεφοδίαζε με κανένα κόστος παραγγελίας ή έξοδα αποστολής της.

4.3.3 Κόστος διατήρησης

Το κόστος διατήρησης αναφέρεται σε μία παράμετρο ή οποία είναι δύσκολο να καθοριστεί με ακρίβεια. Εκφράζεται σε ποσοστό, συμβολίζεται με r , και περιλαμβάνει το κόστος του δεσμευμένου κεφαλαίου σε απόθεμα και επιπλέον τα γενικά έξοδα της αποθήκης.

Ο χώρος στον οποίο στεγάζεται η αποθήκη της επιχείρησης, όπου και αποθηκεύεται η κάβα του μαγαζιού, είναι αρκετά μικρός σε σχέση με το συνολικό εμβαδόν της επιχείρησης (10 τετραγωνικά μέτρα έναντι 220 τετραγωνικών μέτρων αντίστοιχα). Για αυτό το λόγο δεν είναι συνετό να θεωρηθεί ότι λαμβάνει αξιόλογο μερίδιο στα έξοδα του ενοικίου της επιχείρησης. Για την ίδια ακριβώς αιτιολογία, όμως, προκύπτει ένας περιορισμός, που αφορά το μικρό χώρο για αποθήκευση, και γίνεται αναλυτικότερη αναφορά στο επόμενο κεφάλαιο.

Το κόστος του δεσμευμένου κεφαλαίου είναι πάντα ίσο ή μεγαλύτερο της απόδοσης που θα είχε η επιχείρηση εάν είχε επενδύσει τα κεφάλαια της σε χρηματοοικονομικά προϊόντα πολύ χαμηλού κινδύνου. (6) Ένα τέτοιο προϊόν είναι το επιτόκιο που προσδίδουν οι τραπεζικές καταθέσεις. Το μήνα Δεκέμβριο του έτους 2019 (όπου και υπάρχουν τα πιο πρόσφατα στοιχεία) τα τραπεζικά επιτόκια καταθέσεων για επιχειρήσεις κυμαίνονται μεταξύ 0,15% και 0,20%. (7) Δηλαδή, για να καθοριστεί σαφέστερα, έστω ότι, για παράδειγμα, η επιχείρηση είχε 4.000€, για ένα έτος κατά μέσο όρο, απόθεμα στην αποθήκη της και καταφέρνει να το μειώσει σε 3.000€. Αυτή η διαφορά των 1.000€ θα μπορούσε να υφίσταται ως τραπεζική κατάθεση και να το τοκίζεται ετησίως.

Έτσι θα κέρδιζε η επιχείρηση 2 €/έτος. Γίνεται όμως εύκολα κατανοητό ότι τα επιτόκια είναι τόσο χαμηλά που δεν αξίζει να μελετηθεί ένα τέτοιο κόστος.

Επιπροσθέτως, τα συγκεκριμένα προϊόντα, με την πάροδο του χρόνου, μπορούν να πωληθούν με την ίδια χρηματική αξία. Ένας λόγος που συμβαίνει αυτό είναι ότι τα συγκεκριμένα προϊόντα δεν ανήκουν σε ευπαθείς ομάδες καταναλωτικών αγαθών και για αυτό το λόγο δεν διαθέτουν ημερομηνία λήξης. Επιπλέον οι εταιρείες παραγωγής τέτοιων ποτών δεν κάνουν συχνά μετατροπές στα προϊόντα τους. Τελικώς, η αξία των συγκεκριμένων προϊόντων δεν μειώνεται.

Συνεπώς, εφόσον και για τους τρεις παράγοντες που αφορούν το κόστος διατήρησης κρίνεται αμελητέα η συνεισφορά τους, μπορούμε να καταλήξουμε με σχετική ασφάλεια στο συμπέρασμα ότι το κόστος διατήρησης στην υπό μελέτη εταιρεία μπορεί να θεωρηθεί μηδέν ($r = 0$).

4.3.4 Κόστος έλλειψης

Όλα τα επιμέρους κόστη που επιβαρύνουν μια εταιρεία όταν παρουσιάζεται έλλειψη, μετεφρασμένα σε χρηματικές μονάδες, αθροίζουν τελικώς στο κόστος έλλειψης. Αν κατά τη διάρκεια λειτουργίας της επιχείρησης παρουσιαστεί έλλειψη, τότε αυτή αναπληρώνεται με την εξής διαδικασία. Κάποιος υπάλληλος της επιχείρησης μεταβαίνει στην εταιρεία του προμηθευτή Γ (διαφορετικός προμηθευτή από τους δύο βασικούς προμηθευτές που εφοδιάζουν την επιχείρηση κατόπιν παραγγελίας) και αγοράζει το προϊόν που εμφάνισε έλλειψη.

Όταν, όμως, συμβαίνει αυτό παρουσιάζονται αρκετές αρνητικές συνέπειες για την επιχείρηση. Αρχικά, ένας υπάλληλος της επιχείρησης απασχολείται με αυτή τη διαδικασία για περίπου 15 λεπτά της ώρας από το σύνολο των οχτώ (8) ωρών που εργάζεται. Η μέση τιμή των ημερομισθίων των υπαλλήλων της επιχείρησης είναι 50€ (μεικτά έξοδα για κάθε ημερομίσθιο όπως αυτά συλλέχθηκαν από τον λογιστή της εταιρείας). Συνεπώς, επωμίζεται με αυτόν τον τρόπο η επιχείρηση 1,56€ ως κόστος έλλειψης ανά τεμάχιο όπως περιγράφεται στην παρακάτω εξίσωση.

$$[50€ \div (8 \times 60)\text{λεπτά}] \times 15\text{λεπτά} = 1,56€$$

Το παραπάνω κόστος εκφράζεται ως χρέωση ενός σταθερού ποσού (B1) σε περίπτωση εμφάνισης έλλειψης, ανεξαρτήτως ποσότητας. Όμως στην περίπτωση της εταιρείας Eleven πάντα η ποσότητα της έλλειψης μπορεί να θεωρηθεί ως ένα (1) τεμάχιο αφού θα αναπληρώνεται πριν εμφανιστεί άλλη έλλειψη.

Επιπλέον, ο προμηθευτής Γ παρέχει τα προϊόντα του με διαφορετική τιμή από τους βασικούς προμηθευτές Α και Β. Αυτό εκφράζεται με τη χρέωση ενός ποσού για κάθε τεμάχιο έλλειψης ($B2 \cdot v$). Στον Πίνακα 4.3 φαίνονται στην τρίτη στήλη οι τιμές του προμηθευτή Γ και στην τέταρτη στήλη παρουσιάζεται η διαφορά στην τιμή του προμηθευτή Γ σε σχέση με τον οικονομικότερο προμηθευτή από τους Α και Β (όπως και στις περιπτώσεις των προμηθευτών Α και Β οι τιμές που παρουσιάζονται είναι χωρίς τον Φόρο Προστιθέμενης Αξίας).

Πίνακας 4.3: Διαφορά προμηθευτή Γ με το τελικό κόστος αγοράς ανά προϊόν όπως προέκυψε από τους προμηθευτές Α ή Β.

	ΠΡΟΜΗΘΕΥΤΗΣ Γ	Διαφορά προμηθευτή Γ με (Α ή Β)
ΚΩΔΙΚΟΣ	Κόστος [€/τμχ]	[€/τμχ]
B1	17	3,75
B2	14,5	3,7
B3	48,21	11,21
T1	13,73	2,93
T3	23,15	5,29
O1	19,59	4,29
O2	18,65	3,99
P1	25,14	5,68
P2	23,4	6,05
Λ1	16,44	5,44
Λ2	19,41	4,56
TE	23	6,11
Σ1	7,5	2
Σ2	59,5	15
S1	29,37	6,97
S2	16,6	4,44
S3	36,75	7,6
S4	27	8,46
S5	19,4	4,45
S6	18,08	4,18
S7	21,9	4,72
S8	9,11	2,71
S9	17,7	5,92
S10	31	6,98
S11	16,1	3,24
S12	20,8	4,6
S13	28	6,7
S14	26,8	6,05
S15	23	5,8

Υπάρχουν, παρ' όλα αυτά, ακόμα δύο περιπτώσεις στις οποίες επηρεάζεται αρνητικά η επιχείρηση όταν παρουσιάζεται έλλειψη. Η πρώτη αναφέρεται στην κακή και χρονοβόρα εξυπηρέτηση του πελάτη. Αυτό δημιουργεί κακή φήμη για την επιχείρηση και μπορεί ενδεχομένως να οδηγήσει, μακροπρόθεσμα, σε απώλεια πελατών εξαιτίας της κακής εξυπηρέτησής τους. Η δεύτερη αφορά το γεγονός ότι ο προμηθευτής Γ δεν αναγνωρίζεται από τους επίσημους εισαγωγείς στην Ελλάδα των συγκεκριμένων ποτών. Αυτό σημαίνει ότι η εταιρεία Eleven δεν μπορεί να επωμιστεί ότι αγόρασε και πούλησε τα συγκεκριμένα προϊόντα και ενδεχομένως είτε να μην καταφέρει να επιτύχει συγκεκριμένες εκπτώσεις είτε να μην κλείσει ιδιαίτερα ευνοϊκές για αυτή συμφωνίες ή χορηγίες (τα αναλυτικά δεδομένα δεν ήταν εφικτό να διατεθούν από την επιχείρηση). Στις παραπάνω δύο περιπτώσεις είναι πολύ δύσκολο όμως να ποσοτικοποιηθεί το κόστος σε χρηματικές μονάδες. Για το λόγο αυτό, δεν συμπεριλαμβάνονται στην ανάλυση και μελέτη του κόστους έλλειψης.

Το κόστος B1 που υπολογίστηκε παραπάνω, εφόσον εμφανίζεται για κάθε τεμάχιο προϊόντος που εμφανίζει έλλειψη μπορεί να συμπεριληφθεί στο κόστος B2*ν. Παρακάτω παρατίθενται τα συνολικά στοιχεία για το κόστος έλλειψης, όπως αυτά προέκυψαν από την παραπάνω ανάλυση.

Πίνακας 4.4 Κόστος έλλειψης ανά προϊόν

ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΚΩΔΙΚΟΣ	B2*ν [€/τμχ.]
STOLICHNAYA	B1	5,31
SERKOVA	B2	5,26
GREY GOOSE	B3	12,77
FINSBURY	T1	4,49
BOMBAY	T3	6,85
JAMESON	O1	5,85
HAIG	O2	5,55
BACARDI	P1	7,24
HAVANA	P2	7,61
CAMPARI	Λ1	7
JAGERMEISTER	Λ2	6,12
KITPINH TEKIAA	TE	7,67
ASTI MARTINI	Σ1	3,56
MOET	Σ2	16,56
GLENFIDDICH	S1	8,53
CUTTY SARK	S2	6
HENDRICK'S	S3	9,16
DRAMBUIE	S4	10,02
DEWAR'S	S5	6,01
FAMOUS	S6	5,74
JACK DANIEL'S	S7	6,28
AMARETTO	S8	4,27
JOHNNIE RED	S9	7,48
CARDHU	S10	8,54
MALIBU	S11	4,8
TULLAMORE	S12	6,16
JOHNNIE BLACK	S13	8,26
CHIVAS	S14	7,61
ΛΕΥΚΗ ΤΕΚΙΑΑ	S15	7,36

Για το σύνολο των 20 εβδομάδων που καταγράφηκαν οι καταναλώσεις για τα είκοσι εννέα (29) προϊόντα, σημειώθηκαν ταυτόχρονα οι ελλείψεις που εμφανίστηκαν σε κάθε προϊόν. Το συνολικό κόστος έλλειψης για την μελετηθείσα περίοδο αναλύεται και υπολογίζεται σε επόμενο κεφάλαιο.

Κεφάλαιο 5: Μοντέλο βελτιστοποίησης

5.1 Εισαγωγή

Στα μέσα του 19^{ου} αιώνα συναντάμε τις πρώτες αναφορές (Fourier) που αποτέλεσαν τον ακρογωνιαίο λίθο για την περαιτέρω ανάπτυξη της έννοιας του μαθηματικού προγραμματισμού. Πρόκειται για μια ανάγκη που δημιουργήθηκε για την επίλυση απλών, θεωρητικά, προβλημάτων για τη λύση των οποίων λαμβάνονται υπ' όψιν διάφοροι περιορισμοί. Οι δύο (2) κατηγορίες στις οποίες μπορεί να αναφερθεί κανείς, είναι αυτές του γραμμικού και μη γραμμικού προγραμματισμού. Το πρώτο θέμα που αντιμετωπίστηκε ήταν η μοντελοποίηση του προς επίλυση προβλήματος και στη συνέχεια η βελτιστοποίηση του (8). Με τον όρο βελτιστοποίηση καλείται η διαδικασία μεγιστοποίησης κέρδους (όπου κέρδος, τα οφέλη που μπορεί να αποκομίσει κανείς από μια διαδικασία) ή ελαχιστοποίησης κόστους αντίστοιχα. Η έννοια της βελτιστοποίησης εφαρμόζεται σε προβλήματα λήψης αποφάσεων. Κάθε επιλογή που καλύπτει τους περιορισμούς λέγεται εφικτή και το σύνολο των εφικτών λύσεων, χώρος αποφάσεων. Κατά γενική ορολογία «Ένα σύστημα είναι βέλτιστο ως προς ένα μέτρο επίδοσης και ένα σύνολο περιορισμών, εφόσον λειτουργεί/αποδίδει τουλάχιστον ίσα, αν όχι καλύτερα, από κάθε άλλο σύστημα που ικανοποιεί τους ίδιους περιορισμούς». (9)

Την ίδια χρονική στιγμή ο Charles Babbage θέτει τις βάσεις για την ανάπτυξη της επιχειρησιακής έρευνας. Η έρευνα του για το κόστος μεταφοράς και το κόστος για την ταξινόμηση της αλληλογραφίας οδήγησε στη δημιουργία του γενικού αγγλικού "Ταχυδρομείου της πέννας" το 1840. Στη συνέχεια το 1917, ο Agner Krarup Erlang μελετούσε προβλήματα σχετικά με το χρόνο απασχόλησης των τηλεφωνικών κέντρων, και το 1920 ο Horac Levinson ασχολήθηκε με τη μελέτη προβλημάτων πωλήσεων και εμπορίου. (10)

Αυτή η διαδικασία ανά τα χρόνια αναπτυσσόταν και τελικά τελεσφόρησε κατά τη διάρκεια του Β' παγκοσμίου πολέμου. Για την τελική έκβαση του πολέμου, επιστρατεύτηκαν όλες οι διαθέσιμες δυνάμεις συμπεριλαμβανομένων και των επιστημόνων. Ηνωμένο βασίλειο, Ηνωμένες Πολιτείες αλλά και σοβιετικοί ρίχτηκαν σε αυτή τη μάχη. Η Μεγάλη Βρετανία χρειαζόταν βοήθεια για την εξεύρεση των πιο αποτελεσματικών μεθόδων για τον εντοπισμό των εχθρικών αεροσκαφών, η οποία εν όψει πολέμου χρειαζόταν να συμβάλει δραστικά. Οπότε ιδρύει δύο ιδρύματα στήριξης

της ανάπτυξης της επιχειρησιακής έρευνας, με τους καρπούς αυτών, να οδηγείται στην επιτυχημένη αναχαίτιση των Γερμανών στη μάχη της Βρετανίας. Αμερικάνοι και Βρετανοί συνεργάζονται με στόχο τη βελτιστοποίηση της ακρίβειας πλήξης στόχων γεγονός που οδηγεί τους Αμερικανούς σε νίκη στη μάχη του Ατλαντικού. Με την ίδια αποτελεσματικότητα, ο σοβιετικός Leonid Kantorovich πρότεινε ένα τρόπο επίλυσης αντίστοιχων προβλημάτων. Στην ουσία κατάφερε να σχεδιάσει αποτελεσματικά τις δαπάνες αλλά και την απόδοση των στρατιωτικών επιχειρήσεων, με σκοπό τη μεγαλύτερη αποτελεσματικότητά τους απέναντι στις εχθρικές δυνάμεις (11).

Δεδομένου πως αποδείχτηκαν καταλυτικής σημασίας παρεμβάσεις, μετά το πέρας του πολέμου αυτή η γνώση εφαρμόστηκε και στις επιχειρήσεις. Οι ανάγκες για την καλύτερη δυνατή αξιοποίηση των περιορισμένων διαθέσιμων πόρων σε συνδυασμό με τη γρήγορη βιομηχανική ανάπτυξη, έκανε τους ερευνητές της επιχειρησιακής έρευνας, που είχαν εργαστεί κατά τη διάρκεια του πολέμου, να αντιληφθούν τη χρησιμότητα της επιχειρησιακής έρευνας, στις επιχειρήσεις. Έτσι η επιτυχημένη εφαρμογή της επιχειρησιακής έρευνας στο στρατιωτικό τομέα, έκανε τη βιομηχανία να ενδιαφέρεται για αυτό το νέο κλάδο.

Εν κατακλείδι, το πρόβλημα που καλείται να λύσει αυτή η διπλωματική εργασία απαίτησε, την κατασκευή ενός μοντέλου βελτιστοποίησης, το οποίο λόγω της φύσης της προς μελέτη εταιρείας βασίστηκε στο μη γραμμικό προγραμματισμό.

5.2 Ανάλυση μοντέλου βελτιστοποίησης

Για να αποδειχτεί χρήσιμη όλη η μελέτη της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας, κρίθηκε ορθό να κατασκευαστεί ένα αυτοματοποιημένο μοντέλο το οποίο λαμβάνοντας υπ' όψιν τα παρελθοντικά στοιχεία της ζήτησης, το τρέχον απόθεμα και τους υπαρκτούς περιορισμούς που οριοθετούν τις παραγγελίες της εταιρείας, να καταλήγει, τελικώς, σε μία βέλτιστη προτεινόμενη παραγγελία.

Τα προϊόντα που μελετώνται έχουν χωριστεί σε δύο κατηγορίες με βάση την κατανομή που ακολουθεί η ζήτηση τους. Έχει καταστρωθεί με τη βοήθεια του Microsoft Excel ένα μοντέλο βελτιστοποίησης για το σύνολο των είκοσι εννέα (29) προϊόντων που μελετήθηκαν. Το συγκεκριμένο μοντέλο χωρίζεται σε δύο μέρη, το πρώτο αναλύει τα προϊόντα των οποίων η ζήτηση ακολουθεί κανονική κατανομή και το δεύτερο εκείνα των οποίων η ζήτηση ακολουθεί κατανομή Poisson. Στη συνέχεια,

θα γίνει λεπτομερέστερη ανάλυση των παραπάνω δύο υποκατηγοριών του μοντέλου βελτιστοποίησης.

Αξίζει να σημειωθεί ότι, παρόλο που τα δύο αυτά συστήματα είναι ετερόμορφα στη λειτουργία τους, ταυτόχρονα αλληλοεπιδρούν για να μην καταλήγουν σε ξεχωριστές λύσεις το καθένα, αλλά σε ένα συνολικό αποτέλεσμα που καλύπτει ταυτόχρονα όλους τους απαιτούμενους περιορισμούς.

5.2.1 Ανάλυση μοντέλου βελτιστοποίησης κανονικής κατανομής.

Στον Πίνακα 5.1, παρατίθεται η απεικόνιση του συστήματος που κατασκευάστηκε στο Microsoft Excel για τα προϊόντα των οποίων η ζήτηση ακολουθεί κανονική κατανομή.

Πίνακας 5.1 Απεικόνιση μοντέλου βελτιστοποίησης για προϊόντα που ακολουθούν κανονική κατανομή

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Κωδικός ποτού	B1	B2	B3	T1	T3	O1	O2	P1	P2	Λ1	Λ2	TE	Σ1	Σ2
2	Μέση τιμή														
3	Τυπική απόκλιση														
4	$B2 * v =$														
5	$k\sigma =$														
6	$k =$														
7	$G(k) =$														
8	$v (\text{€}) =$														
9															
10	Shortage Cost =														
11															
12	Υπολειπόμενη κάθα =														
13	Στάθμη αποθέματος														
14	Στάθμη μετά την παραγγελία =														
15	Παραγγελία =														
16	Αξία κάθας (€) =														
17	Αξία παραγγελίας (€)														

Στις πρώτες δύο γραμμές του πίνακα θα παρατεθούν οι μέσες τιμές και οι τυπικές αποκλίσεις των συγκεκριμένων προϊόντων, όπως αυτές φαίνονται στον Πίνακα 3.3 στο κεφάλαιο 3, οι οποίες έχουν προκύψει από την ανάλυση των συλλεχθέντων στοιχείων της ζήτησης για τις 20 εβδομάδες που μελετήθηκαν.

Το κόστος «B2 × ν» είναι το μοναδιαίο κόστος έλλειψης (€/τεμάχιο) όπως αυτό έχει προκύψει στον Πίνακα 4.4 και αναφέρεται στο κόστος ανά τεμάχιο προϊόντος που εμφανίζεται σε κάθε μία έλλειψη του συγκεκριμένου προϊόντος.

Το απόθεμα ασφαλείας (ss/safety stock) συμβολίζεται με «k × σ» (ή ss). Τα κελία αυτής της γραμμής θα συμπληρωθούν από το εργαλείο «επίλυση» όπως θα αναλυθεί στη συνέχεια.

Ο συντελεστής ασφαλείας k, για το προϊόν B1 παραδείγματος χάριν, υπολογίζεται από την διαίρεση των κελιών B5 με B3 ($k = \{k \times \sigma / \sigma\}$).

Ο υπολογισμός του G(k) προκύπτει από την Εξίσωση 5.1.

$$G(k) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1 \times k^2}{2}} - k \times (1 - \Phi(k)) \quad \text{Εξίσωση 5.1}$$

Το πρώτο κομμάτι της παραπάνω εξίσωσης εκφράζει τη συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας της ανηγμένης κανονικής κατανομής και το Φ(k) εκφράζει την αθροιστική πιθανότητα ανηγμένης κανονικής κατανομής.

Με τη βοήθεια των αυτοματοποιημένων εντολών του Microsoft Excel, NORMDIST και NORMSDIST, η εξίσωση 5.1 συντάσσεται ως εξής, «NORMDIST(x, μέση_τιμή, τυπική_απόκλιση, αθροιστική)». Η εντολή NORMSDIST επιστρέφει την αθροιστική πιθανότητα της ανηγμένης κανονικής κατανομής μια τιμής z (=NORMSDIST(z)). Συνεπώς, η εντολή που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό του G(k) για το προϊόν B1 γράφτηκε ως εξής, «=(NORMDIST(B6,0,1,0)-B6*(1-NORMSDIST(B6)))».

Στη σειρά 8 του Πίνακα 5.1 φαίνονται οι αξίες απόκτησης των προϊόντων όπως αυτές υπολογίστηκαν στον Πίνακα 4.2 του κεφαλαίου 4.

Η μέση έλλειψη υπολογίζεται από το γινόμενο της τυπικής απόκλισης σ και του G(k). Η μέση έλλειψη αν πολλαπλασιαστεί με το κόστος έλλειψης ανά προϊόν καταλήγουμε στο μέσο κόστος έλλειψης (ανά προϊόν σε μία εβδομάδα λειτουργίας της επιχείρησης). Στη σειρά 10 του Πίνακα 5.1 υπολογίζεται το μέσο κόστος έλλειψης για κάθε προϊόν. Ο μαθηματικός τύπος που υπολογίζει το προαναφερθέν κόστος περιγράφεται από την παρακάτω εξίσωσή.

$$\text{Μέσο Κόστος Έλλειψης} = \sigma \times G(k) \times B2 \times \nu \quad \text{Εξίσωση 5.2}$$

Συνεπώς, για την περίπτωση του προϊόντος B1 στο κελί B10 γράφτηκε η εντολή «=B3*B4*B7».

Η υπολειπόμενη κάβα είναι το μόνο δεδομένο που ζητείται από το χρήστη και αυτό γίνεται κάθε φορά μετά την εβδομαδιαία καταμέτρηση των αποθεμάτων των προϊόντων από τους υπεύθυνους της επιχείρησης.

Η στάθμη αποθέματος υπολογίζεται από το άθροισμα της μέσης τιμής και του αποθέματος ασφαλείας. Άρα, στο κελί B13 υπολογίζεται το άθροισμα «=B2+B5»

Η στάθμη αποθέματος μετά την παραλαβή της παραγγελίας, γίνεται κατανοητό πως, θα είναι η μέγιστη τιμή μεταξύ της σειράς 12 και 13 για κάθε προϊόν αντίστοιχα. Αν η υπολειπόμενη κάβα για ένα προϊόν είναι μεγαλύτερη από τη βέλτιστη προτεινόμενη στάθμη τότε δεν θα χρειαστεί να προστεθεί παραγγελία για το εν λόγω προϊόν και η στάθμη αποθέματος θα παραμείνει η υπολειπόμενη κάβα. Σε αντίθετη περίπτωση θα χρειαστεί να παραγγελθούν τόσα τεμάχια ώστε να φτάσει το απόθεμα του προϊόντος τη βέλτιστη στάθμη S. Τότε, η στάθμη αποθέματος μετά την παραλαβή της παραγγελίας θα είναι ίση με τη στάθμη S.

Το ζητούμενο από το συγκεκριμένο μοντέλο βελτιστοποίησης είναι να καταλήξει στη βέλτιστη παραγγελία για την επιχείρηση. Αφού έχει υπολογιστεί το βέλτιστο k το οποίο έχει οδηγήσει στο απόθεμα ασφαλείας και συνεπώς στη βέλτιστη στάθμη αποθεμάτων τότε είναι εύκολο να προκύψει η ζητούμενη παραγγελία αποθεμάτων. Έτσι στο κελί B15 η εντολή που θα επιστρέψει το ζητούμενο αποτέλεσμα είναι η «=MAX(B13-B12,0)».

Η αξία της κάβας προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό της τιμής του κάθε τεμαχίου για κάθε προϊόντος (v) και της στάθμης των αποθεμάτων μετά την παραλαβή της παραγγελίας. Συνεπώς, η αξία της κάβας αναφέρεται στο σύνολο του δεσμευμένου κεφαλαίου από τα αποθέματα των προϊόντων της επιχείρησης. Επιπλέον, η αξία της παραγγελίας υπολογίζεται από το γινόμενο των τεμαχίων των παραγγελιών και της αξίας απόκτησης κάθε προϊόντος.

Με την ίδιο τρόπο διεξήχθη η παραπάνω διαδικασία για τα προϊόντα B1, B2, B3, T1, T3, O1, O2, P1, P2, Λ1, Λ2, TE, Σ1 και Σ2.

5.2.2 Ανάλυση μοντέλου βελτιστοποίησης κατανομής Poisson.

Το παραπάνω μοντέλο που κατασκευάστηκε στο Microsoft Excel δεν είναι αυτόνομο καθώς είναι αναγκαίο να συνυπολογίζονται και τα προϊόντα των οποίων η ζήτηση ακολουθεί κατανομή Poisson. Ο Πίνακας 5.1 συνεχίζεται με την προσθήκη των προϊόντων των οποίων η ζήτηση ακολουθεί κατανομή Poisson. Στην περίπτωση της κατανομής Poisson διαφέρουν, τόσο κάποια στατιστικά μεγέθη, όσο και ο τρόπος υπολογισμού τους. Στον Πίνακα 5.2 παρατίθενται το σύστημα που καταστρώθηκε για τα συγκεκριμένα προϊόντα.

Πίνακας 5.2 Απεικόνιση μοντέλου βελτιστοποίησης για προϊόντα που ακολουθούν κανονική κατανομή

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	Κωδικός ποτού	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15
2	Μέση τιμή λ=															
3																
4	B2*ν =															
5																
6																
7	Μέση Έλλειψη=															
8	ν (€) =															
9																
10	Μέσο Κόστος Έλλειψης=															
11																
12	Υπολειπόμενη κάβα =															
13	Στάθμη αποθέματος (S) =															
14	Στάθμη μετά την παραγγελία=															
15	Παραγγελία =															
16	Αξία κάβας (€) =															
17	Αξία παραγγελίας (€) =															

Η μέση τιμή (λ) έχει προκύψει από τη στατιστική ανάλυση της ζήτησης, για τα προϊόντα που ακολουθούν κατανομή Poisson, όπως υπολογίστηκε στο κεφάλαιο 3 και φαίνεται στον Πίνακα 3.6.

Το κόστος «B2×ν» δεν εξαρτάται από την κατανομή που ακολουθεί η ζήτηση και έχει αναλυθεί στον Πίνακα 4.4.

Για τον υπολογισμό της γραμμής «Μέση Έλλειψη» χρησιμοποιήθηκε όπως αναλύεται στη συνέχεια η βοήθεια του λογισμικού MATLAB. Η συνάρτηση POISSON.DIST επιστρέφει την αθροιστική πιθανότητα για συγκεκριμένη βέλτιστη στάθμη αποθεμάτων (S) και την αντίστοιχη μέση τιμή λ.

Το μέσο κόστος έλλειψης που αναφέρεται στη γραμμή 10 προκύπτει από την Εξίσωση 5.3.

$$\text{Μέσο Κόστος Έλλειψης} = \text{Μέση Έλλειψη} \times B2 \times v \quad \text{Εξίσωση 5.3}$$

Συνεπώς, για το προϊόν S1, για παράδειγμα, το μέσο κόστος έλλειψης υπολογίζεται από το γινόμενο των κελιών B4 και B7.

Όπως αναφέρθηκε και στην προηγούμενη παράγραφο του κεφαλαίου η υπολειπόμενη κάβα είναι ένα δεδομένο που θα συμπληρώνεται ανάλογα με την εβδομαδιαία καταμέτρηση των αποθεμάτων των προϊόντων από τους υπεύθυνους της επιχείρησης.

Η βέλτιστη στάθμη αποθεμάτων (S) είναι ένα μέγεθος, για το οποίο κρίθηκε ορθό να βελτιστοποιηθεί για την κατανομή Poisson βάσει στατιστικών κριτηρίων και όχι οικονομικών. Αυτό έγινε καθώς η ζήτηση των συγκεκριμένων προϊόντων είναι αρκετά χαμηλή. Αποτελούν την κατηγορία των "slow-moving items", με μικρές μέσες ελλείψεις ανά εβδομάδα. Για την εταιρεία το κόστος έλλειψής τους θεωρείται πρακτικά αμελητέο. Για αυτό το λόγο δεν μας ενδιαφέρει τόσο το κόστος διαχείρισής τους, όσο το να είναι σε ένα ικανοποιητικό επίπεδο εξυπηρέτησης. Κατόπιν συνεννόησης με τους ιδιοκτήτες της επιχείρησης, έθεσαν το υψηλό επίπεδο εξυπηρέτησης ως προτεραιότητα. Μέσω της βοήθειας του λογισμικού MATLAB γράφηκε ένας κώδικας να διεκπεραιώσει αυτή τη βελτιστοποίηση.

Κατόπιν συμβουλευτικών συζητήσεων με τους ιδιοκτήτες της εταιρείας κρίθηκε ορθό, για προϊόντα των οποίων η ζήτηση ακολουθεί κατανομή Poisson (slow-moving items), να τεθεί ως ελάχιστο επίπεδο εξυπηρέτησης της ζήτησης το $P_{cr}=80\%$. Αυτό, αναλυτικότερα, σημαίνει τουλάχιστον στο 80% των εβδομάδων κατά μέσο όρο να μην παρουσιαστεί έλλειψη (για το κάθε προϊόν ξεχωριστά). Στην Εικόνα 5.1 παρατίθεται ο κώδικας του MATLAB που υπολογίζει τη βέλτιστη στάθμη αποθέματος s και την πιθανότητα έλλειψης P_{el} για το προϊόν S1 με μέση τιμή $\lambda=0.0875$.

Με τη διαφοροποίηση στη μέση τιμή λ έγιναν αντιστοίχως οι υπολογισμοί για

Εικόνα 5.1 Κώδικας MATLAB για υπολογισμό βέλτιστης στάθμης αποθέματος πιθανότητα έλλειψης

```

1 - clear all;
2 - clc;
3 - l=0,0875;
4 - S=1;
5 - P=poisspdf(0,l)+poisspdf(1,l);
6 - ME=1-l+poisspdf(0,l);
7 - while P<0.8
8 -     S=S+1;
9 -     P=P+poisspdf(S,l);
10 -    sum=0;
11 -    for x=0:S
12 -        sum=sum+(S-x)*poisspdf(x,l);
13 -    end
14 -    ME=1-S+sum;
15 - end
16 - S
17 - P
18 - ME

```

τα υπόλοιπα προϊόντα. Στον Πίνακα 5.3 φαίνονται συγκεντρωτικά οι βέλτιστες στάθμες παραγγελίας και οι πιθανότητες έλλειψης P_{el} για τα αντίστοιχα προϊόντα.

Πίνακας 5.3 Αποτελέσματα MATLAB για βέλτιστη στάθμη S και μέση έλλειψη

Κωδικός	Μέση τιμή λ	Βέλτιστη στάθμη S	Μέση Έλλειψη ME
S1	0,0875	1	0.0037
S2	0,3	1	0.0408
S3	0,6625	1	0.1781
S4	0,4125	1	0.0745
S5	0,475	1	0.0969
S6	0,6375	1	0.1661
S7	0,9625	2	0.0940
S8	0,925	2	0.0849
S9	0,975	2	0.0971
S10	0,575	1	0.1377
S11	0,95	2	0.0909
S12	1,125	2	0.1395
S13	1,95	3	0.2022
S14	2,475	4	0.1648
S15	2,1625	3	0.2741

Η στάθμη αποθέματος μετά την παραλαβή της παραγγελίας, η παραγγελία, η αξία της κάβας όπως και η αξία της παραγγελίας υπολογίζονται με τον ίδιο ακριβώς τρόπο όπως και στα προϊόντα της παραγράφου 5.2.1.

5.2.3 Συνολικό μοντέλο βελτιστοποίησης αποθεμάτων

5.2.3.1 Περιορισμοί μοντέλου

Στην υπό μελέτη εταιρεία Eleven I.K.E, αλλά και σε κάθε εταιρεία που εμπορεύεται προϊόντα και χρειάζεται να ανανεώνει τα αποθέματα της, υπάρχουν ορισμένοι περιορισμοί οι οποίοι καθορίζουν το μέγεθος της παραγγελίας.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, οι περιορισμοί οι οποίοι οριοθετούν τη βελτιστοποίηση της παραγγελίας είναι τρεις (3).

- Ένας χωροταξικός περιορισμός που αναφέρεται στο μέγιστο αριθμό αποθεμάτων που χωράνε στις αποθήκες της επιχείρησης (όλες οι φιάλες των προϊόντων έχουν σχεδόν το ίδιο μέγεθος). Είναι το άθροισμα της στάθμης των αποθεμάτων του κάθε προϊόντος., μετά την παραλαβή της παραγγελίας.

- Το μέγιστο κόστος κάβας το οποίο είναι, πρακτικά όλο το δεσμευμένο κεφάλαιο της επιχείρησης όσον αφορά τα αποθέματά της σε φιάλες προϊόντων. Αναφέρθηκε στην παράγραφο 5.3.3 ότι στην εταιρεία Eleven I.K.E δεν υφίσταται κόστος διατήρησης των αποθεμάτων. Παρόλα αυτά, η επιχείρηση δεν επιθυμεί να αναλώσει όλη την οικονομική της ρευστότητα στο να έχει μεγάλο όγκο δεσμευμένου κεφαλαίου στις αποθήκες της.
- Ο κυριότερος περιορισμός στην περίπτωση της υπό μελέτη εταιρείας είναι το μέγιστο χρηματικό ποσό που μπορεί να διατεθεί εβδομαδιαία για την ανανέωση των αποθεμάτων της. Αυτό είναι ένα σύνηθες πρόβλημα που εμφανίζεται σε τέτοιου είδους επιχειρήσεις καθώς η έλλειψη ρευστότητας είναι συχνά ένα σημαντικό εμπόδιο στη λειτουργία τους.

Ο ορισμός του επιπέδου των προαναφερθέντων περιορισμών μπορεί κάθε φορά να μεταβάλλεται ανάλογα με την κρίση των υπευθύνων της επιχείρησης και να προκύπτει κάθε φορά η ανάλογη βέλτιστη παραγγελία.

Στον παρακάτω Πίνακα 5.4 φαίνονται τα κελιά των περιορισμών όπως αυτά καταστρώθηκαν σε συνδυασμό με το μοντέλο βελτιστοποίησης.

Πίνακας 5.4 Απεικόνιση των περιορισμών από μοντέλο βελτιστοποίησης στο Excel

Cost (€) =					
Σύνολο αποθεμάτων =			Max απόθεμα =		
Συνολικό κόστος κάβας (€) =			Max κόστος κάβας (€) =		
Συνολικό κόστος παραγγελίας (€) =			Max κόστος παραγγελίας (€) =		

Στο κελί «Cost (€)» αθροίζεται το συνολικό ShortageCost για όλα τα προϊόντα. Στα κελιά με κίτρινο χρώμα το Microsoft Excel αθροίζει κάθε φορά τα αντίστοιχα μεγέθη για το σύνολο των είκοσι εννέα (29) προϊόντων. Δεξιά, στα κελιά με μπλε χρώμα ο χρήστης μπορεί να ορίζει, κάθε φορά που επιθυμεί να βελτιστοποιήσει μια παραγγελία, το επίπεδο των συγκεκριμένων περιορισμών.

5.2.3.2 Εργαλείο «Επίλυση» του Microsoft Excel

Το «Μοντέλο βελτιστοποίησης κανονικής κατανομής» και το «Μοντέλο βελτιστοποίησης κατανομής Poisson», όπως αυτά αναλύθηκαν προηγουμένως, οφείλουν να λειτουργούν ταυτόχρονα και να αλληλεπιδρούν με σκοπό τη διευκόλυνση της επιχείρησης στην αυτοματοποίηση της διαδικασίας παραγγελίας. Στον Πίνακα 5.5 φαίνεται συνολικά το σύστημα που καταστρώθηκε.

Πίνακας 5.5 Απεικόνιση βελτιστοποίησης για το σύνολο των προϊόντων

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Κωδικός ποτού	B1	B2	B3	T1	T3	O1	O2	P1	P2	Λ1	Λ2	TE	Σ1	Σ2
2	μ(κανονική κατανομή) /λ(κατανομή Poisson)														
3	Τυπική απόκλιση														
4	$B2 \cdot v =$														
5	$k\sigma =$														
6	$k =$														
7	$G(k) =$														
8	Μέση Έλλειψη =	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	$v (\text{€}) =$														
10	Μέσο Κόστος Έλλειψης =														
11															
12	Υπολειπόμενη κάβα =														
13	Στάθμη αποθέματος (S) =														
14	Στάθμη μετά την παραγγελία =														
15	Παραγγελία =														
16	Αξία κάβας (€) =														
17	Αξία παραγγελίας (€) =														
18															
19															
20	Cost (€) =														
21	Σύνολο αποθεμάτων =														
22	Συνολικό κόστος κάβας (€) =														
23	Συνολικό κόστος παραγγελίας (€) =														

Πίνακας 5.5 (Συνέχεια) Απεικόνιση βελτιστοποίησης για το σύνολο των προϊόντων

	A	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD
1	Κωδικός ποτού	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15
2	μ(κανονική κατανομή) /λ(κατανομή Poisson)															
3	Τυπική απόκλιση	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	$B2*v =$															
5	$k\sigma =$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	$k =$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	$G(k) =$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	Μέση Έλλειψη =															
9	$v (\text{€}) =$															
10	Μέσο Κόστος Έλλειψης =															
11																
12	Υπολειπόμενη κάθα =															
13	Στάθμη αποθέματος (S) =															
14	Στάθμη μετά την παραγγελία =															
15	Παραγγελία =															
16	Αξία κάθας (€) =															
17	Αξία παραγγελίας (€) =															

Για τη βελτιστοποίηση του παραπάνω συνολικού μοντέλου χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο «Επίλυση» του Microsoft Excel.

Η «Επίλυση» είναι ένα πρόσθετο πρόγραμμα του Microsoft Excel που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη βελτιστοποίηση τόσο γραμμικών, όσο και μη γραμμικών προβλημάτων μαθηματικού προγραμματισμού. Η «Επίλυση» επιτρέπει την εύρεση της βέλτιστης (μέγιστης ή ελάχιστης) τιμής για τον τύπο ενός κελιού, το οποίο ονομάζεται κελί στόχου, που υπόκειται σε περιορισμούς ή όρια στις τιμές άλλων κελιών τύπων σε ένα φύλλο εργασίας (12). Ως κελί στόχου στη συγκεκριμένη περίπτωση ορίζεται το κελί D20 το οποίο αθροίζει, για όλα τα προϊόντα, το μέσο κόστος έλλειψης.

Το συγκεκριμένο εργαλείο λειτουργεί με μια ομάδα κελιών, τα οποία ονομάζονται μεταβλητές αποφάσεων ή απλώς μεταβλητά κελιά, που συμμετέχουν στον υπολογισμό των τιμών στα κελιά στόχου και στα κελιά περιορισμού. Ως μεταβλητά

κελιά ορίστηκαν τα κελιά B5 μέχρι O5 και ως περιορισμοί ορίστηκαν οι τιμές των κελιών I21, I22 και I23 (αυτές οι τιμές θα ορίζονται από το χρήστη) να είναι μικρότερες από τις τιμές των κελιών D21, D22 και D23 αντίστοιχα. Η «Επίλυση» προσαρμόζει τις τιμές στα μεταβλητά κελιά απόφασης ώστε να ανταποκρίνονται στα όρια των κελιών περιορισμού και να δημιουργηθεί το βέλτιστο επιθυμητό αποτέλεσμα για το κελί προορισμού.

Συνοψίζοντας, η «Επίλυση» χρησιμοποιείται για να καθοριστεί η ελάχιστη τιμή του κελίου D20 (συνολικό κόστος έλλειψης) αλλάζοντας τα κελιά B5 μέχρι O5 (δοκιμάζοντας επί της ουσίας διαφορετικούς συντελεστές ασφαλείας k) αλλά, ταυτόχρονα, τηρώντας τους τρεις (3) περιορισμούς που έχουν τεθεί.

Να σημειωθεί, σε αυτό το σημείο, ότι η μέθοδος επίλυσης που χρησιμοποιήθηκε είναι ο μηχανισμός GRG μη γραμμικού προγραμματισμού για μη γραμμικά ομάλα προβλήματα.

Στην παρακάτω εικόνα, παρατηρείται πως ρυθμίστηκε το εργαλείο «Επίλυση» στο Microsoft Excel.

Εικόνα 5.1 Απεικόνιση της παραμετροποίησης του εργαλείου «Επίλυση» στο Microsoft Excel

Παραμετροί επίλυσης

Ορισμός στόχου:

Σε: Μέγιστη Ελάχιστη Ίση του:

Με αλλαγή μεταβλητών κελιών:

Σύμφωνα με τους περιορισμούς:

\$D\$21 <= \$I\$21
\$D\$22 <= \$I\$22
\$D\$23 <= \$I\$23

Καταστήστε τις μεταβλητές που δεν έχουν περιορισμούς μη αρνητι

Επιλέξτε μια μέθοδο επίλυσης:

Μέθοδος επίλυσης
Επιλέξτε το μη γραμμικό GRG μηχανισμό για προβλήματα της Επίλυσης που είναι ομαλά μη γραμμικά. Επιλέξτε το μηχανισμό LP Simplex για γραμμικά προβλήματα της Επίλυσης και επιλέξτε το μηχανισμό Evolutionary για προβλήματα της Επίλυσης που δεν είναι ομαλά.

Κεφάλαιο 6: Αξιολόγηση τρέχοντος και προτεινόμενου συστήματος.

6.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό, εμπεριέχονται τα αριθμητικά αποτελέσματα των αναλύσεων που προηγήθηκαν στα πρώτα κεφάλαια. Θα αναλυθούν με ακρίβεια τα κόστη που επιβαρύνουν την υπό μελέτη εταιρεία, για τους κωδικούς που υποδείχθηκαν από την ABC ανάλυση. Βέβαια τα αποτελέσματα που αναμένονταν με την ανάπτυξη αυτής της διπλωματικής εργασίας, θα υπολογιστούν σε αυτό το κεφάλαιο και θα συγκριθούν τα οικονομικά αποτελέσματα του τρέχοντος και του προτεινόμενου συστήματος. Επίσης, θα υπολογιστεί με ακρίβεια η βελτίωση που μπορεί να επιτευχθεί από τη χρήση του προτεινόμενου συστήματος.

Οι υποενότητες που ακολουθούν, εμπεριέχουν την κατάσταση και τους υπολογισμούς του μοντέλου για τα καθοριστικά αποτελέσματα των συστημάτων διαχείρισης, του τρέχοντος και του προτεινόμενου. Για την κατάσταση του μοντέλου αυτού επιλέχθηκε το Microsoft EXCEL. Παρακάτω, παρατίθενται αναλυτικά οι υπολογισμοί του κάθε κόστους και ο τρόπος που λειτούργησε η καθοριστική προσομοίωση.

6.2 Υπολογισμός κόστους τρέχοντος συστήματος

Όπως αναφέρθηκε, η επιχείρηση που μελετάται είναι νεοσύστατη, της οποίας η λειτουργία ξεκινά τον Σεπτέμβριο του 2018. Συνεπώς, τα στοιχεία που συλλέχθηκαν προκειμένου να χρησιμοποιηθούν για τη στατιστική ανάλυση της ζήτησης των προϊόντων, είναι περιορισμένα. Τα ίδια στοιχεία στα οποία βασίστηκε η στατιστική ανάλυση, χρησιμοποιήθηκαν και προκειμένου να εκτιμηθεί το κόστος λειτουργίας της εταιρείας.

Ας αναφερθούν λοιπόν, αναλυτικά τα κόστη που επιβάρυναν την επιχείρηση, και ο τρόπος με τον οποίο το καθένα υπολογίστηκε. Στο σημείο αυτό, για να γίνει σαφής η διαφοροποίηση και οι ιδιαιτερότητες της συγκεκριμένης διπλωματικής

εργασίας, αξίζει να σημειωθεί ότι η επιχείρηση είναι απαλλαγμένη από το κόστος μεταφοράς, παραγγελίας και διατήρησης. Πριν τον υπολογισμό του κόστους έλλειψης, που επιβαρύνει την υπό μελέτη εταιρεία, δημιουργήθηκε ένας πίνακας, που συνοψίζει το κόστος αγοράς όλων των προϊόντων για τις 20εβδομάδες. Ο πίνακας αυτός συνοψίζει το σύνολο των τεμαχίων του κάθε κωδικού, όπως αυτό προέκυψε αθροιστικά από τους προμηθευτές Α,Β και Γ. Η αξία απόκτησης που αναγράφεται βέβαια, αφορά την αξία που θα προέκυπτε αν οι αγορές προέρχονταν από τους βασικούς προμηθευτές, Α και Β. Επί της ουσίας είναι η συνολική αξία αγοράς των προϊόντων στις 20 εβδομάδες χωρίς το κόστος έλλειψης. Παρακάτω φαίνεται αναλυτικά ο συνοπτικός αυτός πίνακας.

Πίνακας 6.1:Συνολική αξία αγοράς

Κωδικός	Σύνολο τεμαχίων	Αξία απόκτησης	Συνολική αξία
B1	527	13,25	6982,75
B2	586	10,8	6328,8
B3	196	37	7252
T1	339	10,8	3661,2
T3	318	17,86	5679,48
O1	153	15,3	2340,9
O2	116	14,66	1700,56
P1	98	19,46	1907,08
P2	112	17,35	1943,2
Λ1	126	11	1386
Λ2	141	14,85	2093,85
TE	61	16,89	1030,29
Σ1	222	5,5	1221
Σ2	77	44,5	3426,5
S1	2	22,4	44,8
S2	6	12,16	72,96
S3	14	29,15	408,1
S4	9	18,54	166,86
S5	10	14,95	149,5
S6	13	13,9	180,7
S7	20	17,18	343,6
S8	19	6,4	121,6
S9	20	11,78	235,6
S10	12	24,02	288,24
S11	19	12,86	244,34
S12	23	16,2	372,6
S13	39	21,3	830,7
S14	50	20,75	1037,5
S15	44	17,2	756,8
Σύνολο(€)			52207,51

Από τη συνολική αξία αγοράς που προκύπτει από τον Πίνακα 6.1, προσεγγίστηκε κατά μέσο όρο το ποσό που διέθετε η εταιρεία στην εβδομαδιαία της παραγωγή. Αυτό χρησιμοποιήθηκε μεταγενέστερα, στο μοντέλο βελτιστοποίησης, για τη σύγκριση του τρέχοντος με το προτεινόμενο σύστημα και υπολογίστηκε σε $52207,51/20=2610,37\text{€}$.

Στόχος της εργασίας αυτής, όπως έχει ήδη αναφερθεί, ήταν η ελαχιστοποίηση του κόστους έλλειψης των προϊόντων. Το εν λόγω κόστος, όπως αναλύθηκε στην παράγραφο 5.3.4, είναι μία παράμετρος που απαιτεί προσεκτική προσέγγιση, διότι είναι δύσκολο να υπολογισθεί. Η φύση του υπό μελέτη προβλήματος, επέτρεψε τον εύκολο υπολογισμό του κόστους έλλειψης, μέσω της αυξημένης τιμής αγοράς από τον προμηθευτή Γ, σε σχέση με τους προμηθευτές Α και Β, όπως έχει ήδη αναλυθεί. Σημαντικό είναι να τονιστεί ότι το μοναδιαίο κόστος (στήλη 1), προσαυξήθηκε με το κόστος του χρόνου που αφιερώνει ο υπάλληλος κάθε φορά που εμφανίζεται έλλειψη, όπως αναλύθηκε στο Κεφάλαιο 4.3.4. Το κόστος έλλειψης καταγράφηκε στο σύνολο των είκοσι εβδομάδων και περιγράφεται αναλυτικά στον Πίνακα 6.2.

Πίνακας 6.2: Συνολικό κόστος ελλείψεων

Κωδικός	B2*ν	Σύνολο Ελλείψεων(τμχ)	Κόστος Ελλείψεων(€)
B1	5,31	10	53,1
B2	5,26	25	131,5
B3	12,77	14	178,78
T1	4,49	2	8,98
T3	6,85	19	130,15
O1	5,85	5	29,25
O2	5,55	11	61,05
P1	7,24	6	43,44
P2	7,61	1	7,61
Λ1	7	22	154
Λ2	6,12	9	55,08
TE	7,67	5	38,35
Σ1	3,56	2	7,12
Σ2	16,56	4	66,24
S1	8,53	3	25,59
S2	6	4	24
S3	9,16	6	54,96
S4	10,02	5	50,1
S5	6,01	1	6,01
S6	5,74	6	34,44
S7	6,28	6	37,68
S8	4,27	12	51,24
S9	7,48	11	82,28
S10	8,54	6	51,24
S11	4,8	12	57,6
S12	6,16	10	61,6
S13	8,26	2	16,52
S14	7,61	4	30,44
S15	7,36	1	7,36
Αθροισμα		224	1555,71

Συνοψίζοντας, το συνολικό κόστος του τρέχοντος συστήματος ισούται μόνο με αυτό του συνολικού κόστους έλλειψης, που αντιστοιχεί σε **1555,71 €**.

6.3 Προσομοίωση προτεινόμενου συστήματος

Στην προηγούμενη ενότητα υπολογίστηκε αναλυτικά το κόστος του τρέχοντος συστήματος. Για την εξέταση της αποδοτικότητας του προτεινόμενου συστήματος, θα πραγματοποιηθεί ανάλογη διαδικασία. Η ανάγκη μιας καθοριστικής προσομοίωσης, οδήγησε στη δημιουργία ενός προτύπου που με σαφήνεια και ακρίβεια, υπολόγισε τα οφέλη της εφαρμογής του προτεινόμενου συστήματος.

Κατ' αρχάς παρουσιάζεται ο Πίνακας 3.2 του Κεφαλαίου 3 που φανερώνει την πολιτική διαχείρισης των αποθεμάτων της υπό μελέτη εταιρείας. Πρόκειται για ένα πίνακα 29 σειρών, όσοι και οι κωδικοί που μελετήθηκαν, και 20 στηλών, όσες και οι εβδομάδες όπου καταγράφονταν αναλυτικά οι κινήσεις των προϊόντων. Επί της ουσίας, ο πίνακας αυτός καταγράφει τη ζήτηση των προϊόντων και παρατίθεται ξανά παρακάτω για ευκολία κατανόησης του προτύπου.

Πίνακας 3.2: Ζήτηση κάθε προϊόντος για 20 εβδομάδες

	1η	2η	3η	4η	5η	6η	7η	8η	9η	10η
B1	28	19.5	21.75	32.75	17	30.25	17	22.3	33.25	20.75
B2	29	22.5	36	29.25	15.25	29.75	27.25	33.5	20.5	27.5
B3	8.5	12	7	10.5	7.75	5.25	10.5	14	12	15.25
T1	13.5	11.5	16.25	14.25	12.75	12	14.25	19.5	12.75	18.75
T3	20.5	19	6.5	20.5	14	17	9.5	9.25	12.25	12
O1	6	7	5	6.5	7.5	4.25	2.75	5.5	8	6.75
O2	4.5	5.5	8.5	7.75	4.75	4.75	3.25	6.25	3.25	3.75
P1	4.5	6	7.25	3.75	2.75	2.5	4	4.5	2.25	5.75
P2	3.5	4.5	3.25	6.25	3.75	8.75	4.25	6.75	3	7
Λ1	5	4.5	6.5	6	6.25	3.25	3.5	5	3.25	5.5
Λ2	4	8.5	9.5	4.25	4.5	6.25	7.75	2.75	7.5	6.5
TE	2	2.5	1.25	2.25	3.5	2.5	4	3.75	1.75	3.75
Σ1	8	9	12	18	8	9	18	15	9	13
Σ2	2	3	5	4	4	3	5.5	3	4	4
S1	0	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0
S2	0.5	0.25	0	0.25	0	0.25	0	0	1.75	0
S3	0.5	0.25	0	0.25	0	0.75	1.25	1	1.75	0
S4	0.5	0.25	0.75	0	0	0.25	0.5	0.5	0	0.5
S5	1	1.5	0.25	0.25	0	0.5	0.5	0	0.25	0.75
S6	0.5	0.5	0	1.75	0.25	0.25	0	1.25	0.25	0.75
S7	0.5	1	0.75	0.75	0	1	1	1.25	0.5	1
S8	0.5	1.5	0.75	0.75	0.25	1.5	1.75	0.5	0.25	1
S9	1	1	0.75	0.75	0.25	2.25	1.75	0.5	0.5	0.5
S10	1.5	1.5	0.75	0.25	0	0.25	0	0.25	0	0.5
S11	0	1.25	1.25	1.25	1	1.5	1.25	1.5	1	2.5
S12	1	2	1.25	0.75	0.25	0.25	0	0.5	1.25	0.25
S13	2.5	2.5	2.5	1.5	0.25	3	0	0.75	2	4
S14	2.75	3	3.25	2	1.25	4	0.5	2.25	1	3.5
S15	1.5	1.25	1.5	2	1.5	4.25	1.25	1.25	1.75	4.25

Πίνακας 3.2 (συνέχεια): Ζήτηση κάθε προϊόντος για 20 εβδομάδες

	11η	12η	13η	14η	15η	16η	17η	18η	19η	20η
B1	22	28.5	36.25	28.5	27.5	29.25	26.75	28	30.5	26.75
B2	35.3	33.75	30.5	32.75	30	32.25	30.75	29.5	28.25	31.75
B3	12.8	4	8	12.75	10.25	9	7.5	9.75	8	11.25
T1	21.8	19.5	20	19.25	20.5	19.25	18.75	17	19.75	17.5
T3	18.5	20.25	18.75	17	19.25	16	17.5	16.8	15	18.5
O1	11.5	12.25	6.75	10.25	9.75	9.75	8	7.5	10.75	7.25
O2	7.5	8.25	5.25	6.25	6.5	5.75	7	4.75	5.5	6.75
P1	4.75	4.5	6.5	5	5.75	5.25	4.75	7	4.5	6
P2	7.5	5.25	6.5	6.25	6.75	6.25	5	4.75	5.75	6.5
Λ1	8.25	10	6.75	8	7.5	8.25	7	7.25	6.5	7.75
Λ2	7.75	7.75	10.25	7.5	8.5	8.25	7.75	8	7.25	6.5
TE	3	4.25	3	3.25	3.5	3.25	4	1.25	4.5	3
Σ1	14	8	11	13	10	9	7	12	9	10
Σ2	3	5	5	4	3	2	4	4	3	6
S1	0.25	0	0.25	0	0.5	0.25	0	0	0.25	0
S2	0	0	0.75	0.25	0	0.25	0.5	0	0.75	0.5
S3	1	0	0.75	0	2	1	0.5	0.75	1.25	0.25
S4	0.75	0.5	0.5	0.25	0	0.5	0.75	1.25	0	0.5
S5	0.75	0.5	1.5	0	0.25	0	0	0.5	0.25	0.75
S6	1	1	0.75	0.25	0.5	0	1.5	1	0.75	0.5
S7	1.75	1.75	1	1.25	0	0.75	0.5	1.5	1.25	1.75
S8	0.5	2.25	0.25	1	1.25	0.75	1	0.25	1.75	0.75
S9	0.5	2	1.25	1.75	0.5	1.25	0.25	0.5	0.75	1.5
S10	0	1.25	1.25	0.25	0.25	0	0.75	1	1.25	0.5
S11	0.5	0	0	1.75	0.75	0.5	1.5	1	0.25	0.25
S12	1.5	1	1.75	1	1.75	1.5	1.25	0.75	2.75	1.75
S13	2.75	1.5	2.25	1.5	2.25	2	1.25	2.5	1.75	2.25
S14	2.5	2.25	2.25	3.75	3.25	2.5	2.25	2.75	2.75	1.75
S15	3.5	1.25	3	2.5	2	1.5	2.5	2.75	1.75	2

Το επόμενο βήμα ήταν η αξιοποίηση των στοιχείων του πίνακα, για τη δημιουργία ενός νέου πίνακα όπου καταγράφηκαν οι απαιτήσεις των προϊόντων, όπως αυτές προέκυψαν από το μοντέλο βελτιστοποίησης που αναπτύχθηκε στο κεφάλαιο 5. Ο νέος αυτός πίνακας, που συνοψίζει τη διαδικασία αυτή, παρατίθεται παρακάτω.

Πίνακας 6.3: Διαδικασία υπολογισμού κρίσιμων στοιχείων

		<i>Iη</i>				
	B2*v	Bottle(S)	Ζήτηση	Διαφορά	Υπ.Κάβα	Κόστος Έλλ.
B1						
B2						
B3						
T1						
T3						
O1						
O2						
P1						
P2						
Λ1						
Λ2						
TE						
Σ1						
Σ2						
S1						
S2						
S3						
S4						
S5						
S6						
S7						
S8						
S9						
S10						
S11						
S12						
S13						
S14						
S15						
SC, MAN	//////////	//////////	//////////	//////////	//////////	

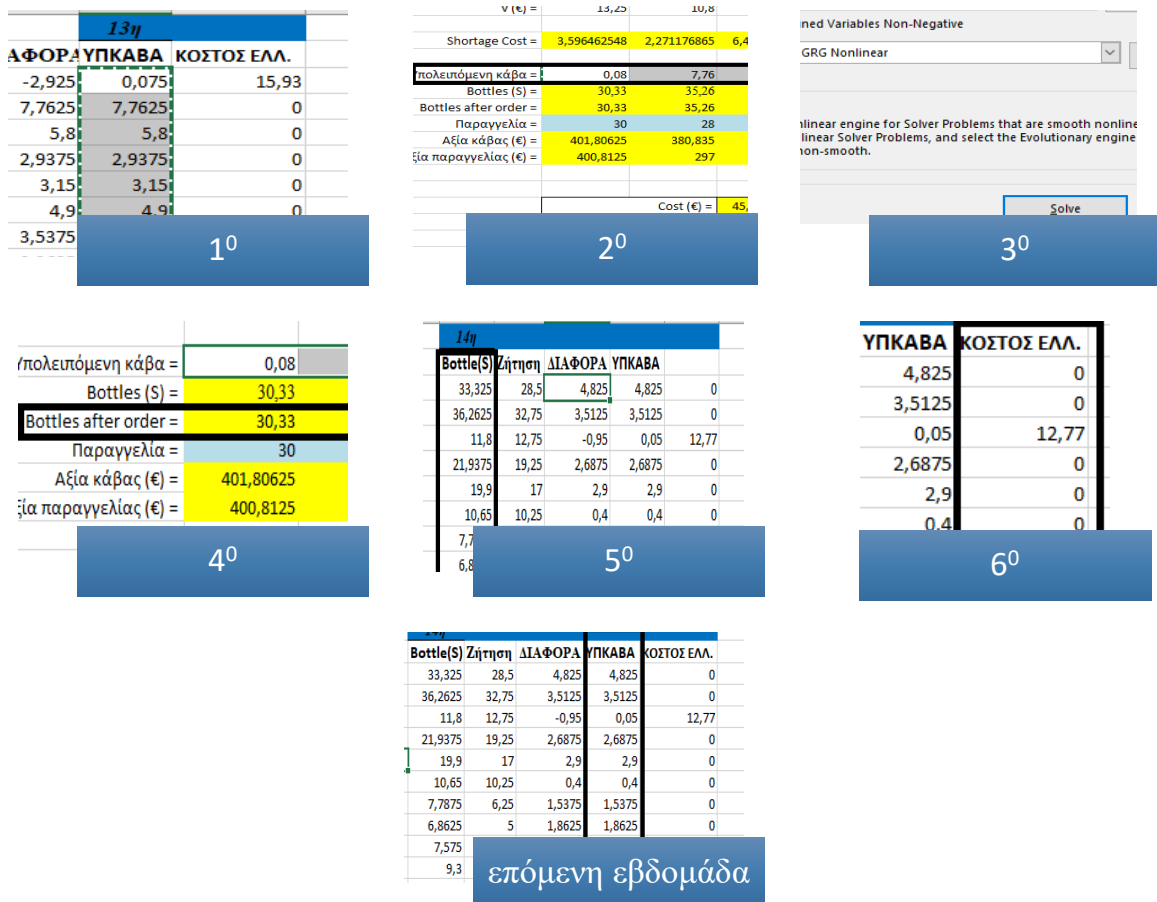
Η πρώτη και η δεύτερη στήλη του πίνακα παρέμειναν σταθερές, διότι η μία εμπεριέχει τον κωδικό του προϊόντος και η άλλη το μοναδιαίο κόστος έλλειψης. Οι επόμενες στήλες είναι αυτές που μεταβάλλονταν ανάλογα με την εβδομάδα που μελετήθηκε. Άρα, η τρίτη στήλη (Bottle(S)) φιλοξενεί στα κελιά της το άθροισμα των προϊόντων και της υπολειπόμενης κάβας, της κάθε εβδομάδας. Η στήλη αυτή σχετίζεται άμεσα με το μοντέλο βελτιστοποίησης, όπως θα δούμε σε επόμενη παράγραφο. Πρακτικά, πρόκειται για τη δυναμική του κάθε προϊόντος πριν την έναρξη της εβδομάδας. Η τέταρτη στήλη (ζήτηση) προέρχεται από τον πίνακα 3.2 και η πέμπτη στήλη (διαφορά) υπολογίζει τη διαφορά των δύο προηγούμενων. Η στήλη αυτή, επομένως, μπορεί να πάρει και αρνητικές τιμές. Οι μη αρνητικές τιμές δείχνουν ότι το προϊόν μετά το πέρας της εβδομάδας δεν παρουσίασε έλλειψη ενώ οι αρνητικές ότι παρουσίασε. Οι δύο τελευταίες στήλες αποτέλεσαν τις πιο «χρήσιμες» για την ανάπτυξη του προτύπου μας.

Η κατασκευή της πέμπτης στήλης (υπολειπόμενη κάβα) δημιουργήθηκε με την ακόλουθη εντολή: $=IF(ΔΙΑΦΟΡΑ<0;ROUNDUP(ABS(ΔΙΑΦΟΡΑ);0)+ΔΙΑΦΟΡΑ;ΔΙΑΦΟΡΑ$. Για την ανάγκη των υπολογισμών έπρεπε για τις αρνητικές διαφορές ($ΔΙΑΦΟΡΑ<0$) να στρογγυλοποιήσουμε προς τα πάνω τα απόλυτα των αρνητικών τιμών (roundup, abs) και να προσθέσουμε στις τιμές αυτές την τιμή που είχαν, με το αρνητικό πρόσημο, έτσι ώστε ως τελικό νούμερο, το κελί να δέχεται τη διαφορά από τον κωδικό αυτό. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργήθηκε μια στήλη, η οποία αν η ζήτηση εξυπηρετούνταν δεχόταν σαν τιμή τη διαφορά της ζήτησης από τη στήλη Bottle(S). Στην περίπτωση της μη εξυπηρέτησης, παρουσιαζόταν έλλειψη, η διαφορά δηλαδή της ζήτησης από τη στήλη Bottle(S) ήταν με αρνητικό πρόσημο. Άρα η ζητούμενη υπολειπόμενη κάβα, στη συγκεκριμένη περίπτωση ισοδυναμούσε με το αποτέλεσμα της πρόσθεσης της τιμής αυτής από τον αμέσως επόμενο, ακέραιο, θετικό αριθμό. Για παράδειγμα έστω ότι ο κωδικός T2 παρουσίαζε έλλειψη ίση με -1,5 τεμάχια. Για την κάλυψη αυτής της έλλειψης η εταιρεία προμηθευόταν από τον προμηθευτή Γ, 2 τεμάχια του κωδικού T3, άρα η υπολειπόμενη κάβα διαμορφώνεται σε 0,5. Σημειωτέο, και η στήλη αυτή σχετίζεται άμεσα με το μοντέλο βελτιστοποίησης, όπως αποτυπώνεται σε επόμενη παράγραφο.

Αντίστοιχα για την επόμενη στήλη (κόστος έλλειψης) χρησιμοποιήθηκε η ακόλουθη εντολή: $=IF(ΔΙΑΦΟΡΑ<0;B2*n*(ROUNDUP(ABS(ΔΙΑΦΟΡΑ);0));0)$. Στην περίπτωση αυτή, ενδιέφερε να ποσοτικοποιηθεί το κόστος έλλειψης, άρα για τις αρνητικές τιμές δημιουργήθηκε η στήλη, που με την εντολή της στρογγυλοποίησης προς τα πάνω και εμφάνιση των απόλυτων τιμών τους, πολλαπλασιάζοντας με την τιμή του μοναδιαίου κόστους, προέκυπτε το κόστος έλλειψης του κάθε κωδικού. Παραδείγματος χάριν, αν η τιμή ήταν -0,6, η εταιρεία προμηθεύτηκε 1 τεμάχιο του κωδικού αυτού. Στο τελευταίο κελί της στήλης αυτής αθροίστηκε με τον ορθό τρόπο επομένως το συνολικό κόστος έλλειψης όλης της εβδομάδας. Σε αυτό το σημείο πρέπει να τονιστεί ότι το άθροισμα των κελιών αυτών ήταν που συγκρίθηκε με τα αντίστοιχα του τρέχοντος συστήματος.

Συνοψίζοντας, η κάθε επόμενη εβδομάδα, στην τρίτη στήλη άλλαζε το περιεχόμενό της μέσω των αποτελεσμάτων που προέκυπταν από το μοντέλο βελτιστοποίησης. Η πληροφορία που χρειαζόταν το μοντέλο ήταν η στήλη της υπολειπόμενης κάβας. Ανατρέχοντας στο κεφάλαιο 5 όπου αναλύεται το μοντέλο, η γραμμή 12 έπαιρνε τιμές από τη στήλη του πίνακα 6.3, υπολειπόμενη κάβα. Με το πέρας των υπολογισμών του μοντέλου στο Microsoft Excel, χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα της γραμμής 14 του μοντέλου, τα οποία συμπλήρωναν την τρίτη στήλη(Bottle(S)) του πίνακα 6.3. Για την πρώτη εβδομάδα, στο μοντέλο βελτιστοποίησης στη γραμμή 14 χρησιμοποιήθηκε η υπολειπόμενη κάβα του τρέχοντος συστήματος διαχείρισης. Αυτή η διαδικασία επαναλήφθηκε έως την τελευταία εβδομάδα, και έτσι υπολογίστηκε με ακρίβεια το εβδομαδιαίο κόστος έλλειψης. Η εικόνα 6.1 παρουσιάζει την επαναληπτική διαδικασία, σε βήματα.

Εικόνα 6.1: Επαναληπτική διαδικασία



Συγκεντρωτικά το σύνολο των ελλείψεων αλλά και το κόστος τους, που προέκυψαν από την επαναληπτική διαδικασία που εξηγήθηκε παραπάνω, αναγράφονται στον Πίνακα 6.4

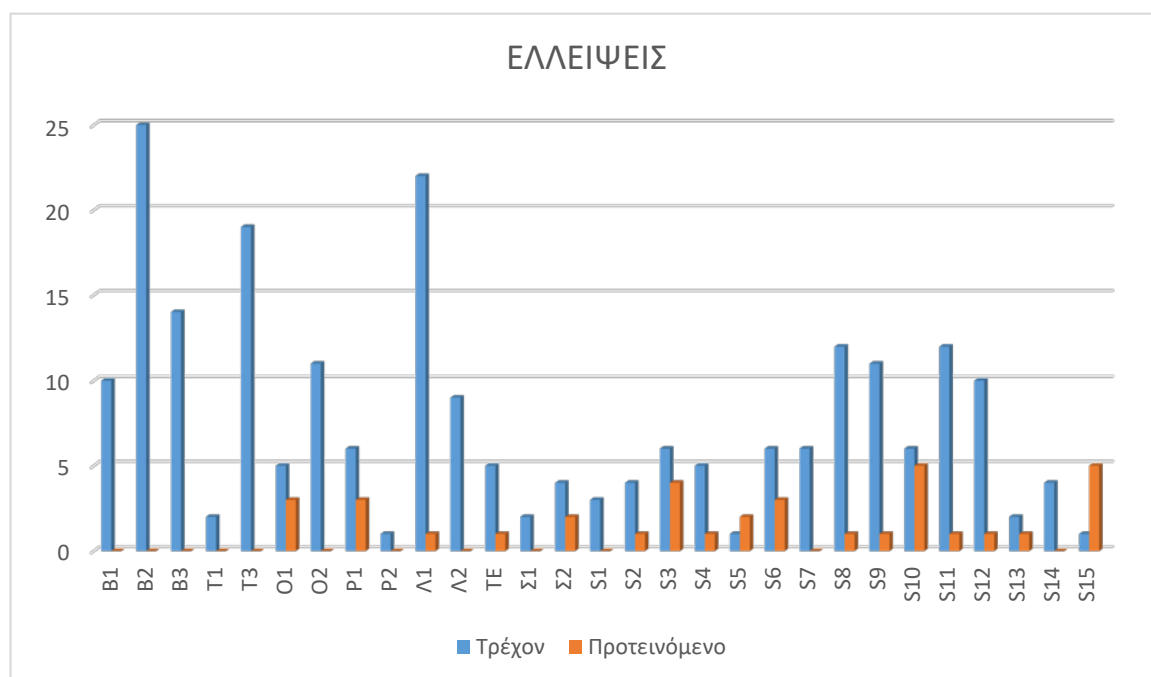
Πίνακας 6.4: Σύνολικό κόστος ελλείψεων προτεινόμενου συστήματος

Κωδικός	B2*ν	Σύνολο Ελλείψεων(τμχ)	Κόστος Ελλείψεων(€)
B1	5,31	0	0
B2	5,26	0	0
B3	12,77	0	0
T1	4,49	0	0
T3	6,85	0	0
O1	5,85	3	17,55
O2	5,55	0	0
P1	7,24	3	21,72
P2	7,61	0	0
Λ1	7	1	7
Λ2	6,12	0	0
TE	7,67	1	7,67
Σ1	3,56	0	0
Σ2	16,56	2	33,12
S1	8,53	0	0
S2	6	1	6
S3	9,16	4	36,64
S4	10,02	1	10,02
S5	6,01	2	12,02
S6	5,74	3	17,22
S7	6,28	0	0
S8	4,27	1	4,27
S9	7,48	1	7,48
S10	8,54	5	42,7
S11	4,8	1	4,8
S12	6,16	1	6,16
S13	8,26	1	8,26
S14	7,61	0	0
S15	7,36	5	36,8
Άθροισμα		36	279,43

6.4 Σύγκριση τρέχοντος και προτεινόμενου συστήματος διαχείρισης

Μετά τον υπολογισμό όλων των παραμέτρων που καθιστούν τη σύγκριση των δύο συστημάτων εφικτή, παρουσιάζεται στο παρακάτω γράφημα το σύνολο των ελλείψεων ανά κωδικό για τα δύο συστήματα.

Εικόνα 6.1: Σύγκριση ελλείψεων τρέχοντος και προτεινόμενου συστήματος



Από την εικόνα 6.1 φαίνεται ότι βάσει του προτεινόμενου μοντέλου οι συνολικές ελλείψεις μειώνονται αισθητά. Από τις διακόσιες είκοσι τέσσερις (224) συνολικά ελλείψεις που είχε η εταιρεία, με το προτεινόμενο μοντέλο θα είχε τριάντα έξι (36). Αναλυτικά, από τους είκοσι εννέα (29) κωδικούς οι ελλείψεις μειώθηκαν στους είκοσι επτά (27). Επίσης, παρατηρείται ό,τι μόνο σε δύο (2) από τα είκοσι εννέα (29) προϊόντα η έλλειψη είναι μεγαλύτερη στο προτεινόμενο μοντέλο.

Τα δύο (2) αυτά προϊόντα, είναι προϊόντα χαμηλής ζήτησης που προσεγγίστηκαν με την κατανομή Poisson και στατιστική βελτιστοποίηση. Άρα, είναι

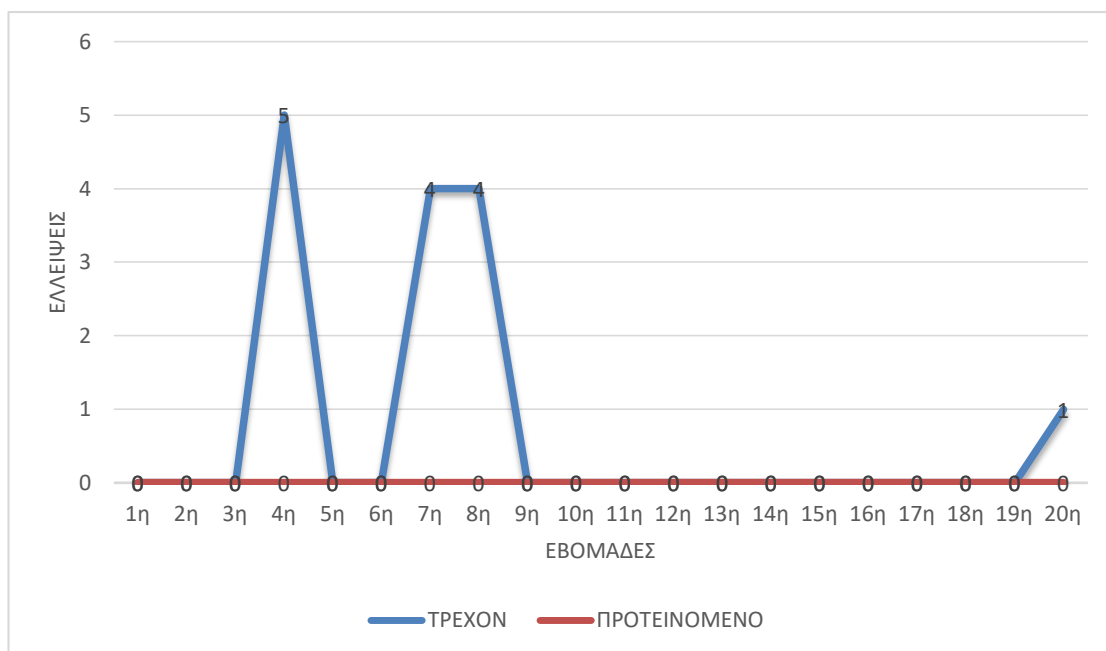
λογικό να εμφανίζονται περισσότερες ελλείψεις σε προϊόντα αυτού του είδους, ακόμα και περισσότερες σχετικά με το τρέχον σύστημα, σε κάποιες περιπτώσεις. Αποτελούν προϊόντα δευτερεύουσας σημασίας, λόγω της χαμηλής τους ζήτησης. Ο κωδικός S15, στον οποίο αυξήθηκαν οι ελλείψεις, έχει υψηλή μέση τιμή και την υψηλότερη μέση έλλειψη των προϊόντων αυτών. Είναι πιθανό δηλαδή να εμφανίζει πιο συχνά ελλείψεις. Τέλος, ο προγραμματισμός έγινε με τέτοιο τρόπο, έτσι ώστε οι ελλείψεις να συγκεντρώνονται περισσότερο σε αυτούς τους κωδικούς.

Προφανώς, δεν αποφεύχθηκαν οι ελλείψεις στους κωδικούς που προσεγγίστηκαν με κανονική κατανομή. Με το προτεινόμενο μοντέλο στόχος ήταν ο καταμερισμός των ίδιων χρημάτων, που δαπανούσε η εταιρεία, να γίνεται με τέτοιο τρόπο, έτσι ώστε οι ελλείψεις που εμφανίζονταν στους κωδικούς που περιγράφηκαν από την κανονική κατανομή, να μειωθούν και στους υπόλοιπους, να καλύπτονται τα στατιστικά κριτήρια που τέθηκαν. Δεδομένου λοιπόν του κόστους έλλειψης, αλλά και της μέσης τιμής, διαμορφώθηκαν στους διάφορους κωδικούς οι ελλείψεις που προέκυψαν. Στους κωδικούς με υψηλό κόστος έλλειψης και υψηλή ζήτηση, οι ελλείψεις σχεδόν εκμηδενίστηκαν. Οι κωδικοί με χαμηλή ζήτηση ακόμη και στην περίπτωση της κανονικής κατανομής, είναι αυτοί που συγκέντρωσαν τις περισσότερες ελλείψεις.

Συνοψίζοντας, οι ελλείψεις συγκεντρώθηκαν στους κωδικούς που προσεγγίστηκαν με την κατανομή Poisson. Στην περίπτωση αυτή οι ελλείψεις μοιράστηκαν στους κωδικούς με καταλυτικό παράγοντα τη στάθμη που είχε οριστεί από το επίπεδο εξυπηρέτησης. Οι ελλείψεις που εμφανίστηκαν στους κωδικούς που περιγράφηκαν με την κανονική κατανομή μοιράστηκαν με τέτοιο τρόπο, έτσι ώστε να ελαττωθούν στους κωδικούς με υψηλό κόστος έλλειψης.

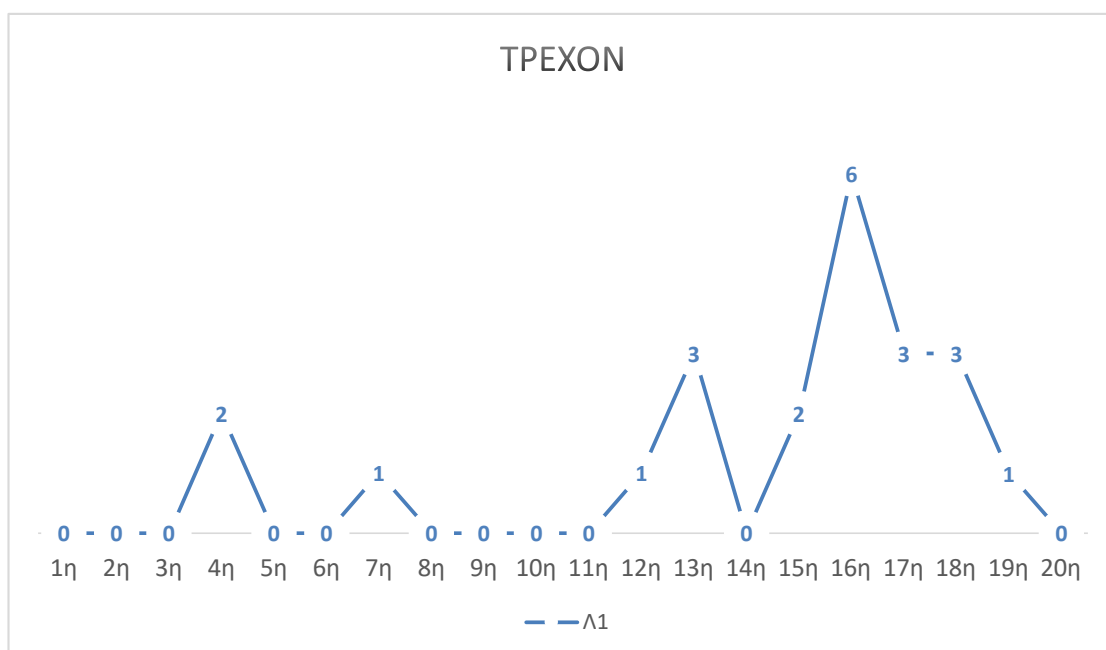
Ήδη, από τα οικονομικά αποτελέσματα των πινάκων 6.2 και 6.4, έγινε αντιληπτό το μέγεθος της μείωσης του κόστους έλλειψης. Μία από τις ισχυρότερες παρεμβάσεις του μοντέλου βελτιστοποίησης, είναι στον κωδικό B3. Πρόκειται για τον κωδικό με το υψηλότερο κόστος έλλειψης συνολικά για την εταιρεία. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται πως μειώθηκαν οι ελλείψεις για τον κωδικό αυτό σε όλη την έκταση της μελέτης.

Εικόνα 6.2: Σύγκριση ελλείψεων για τον κωδικό Β3.

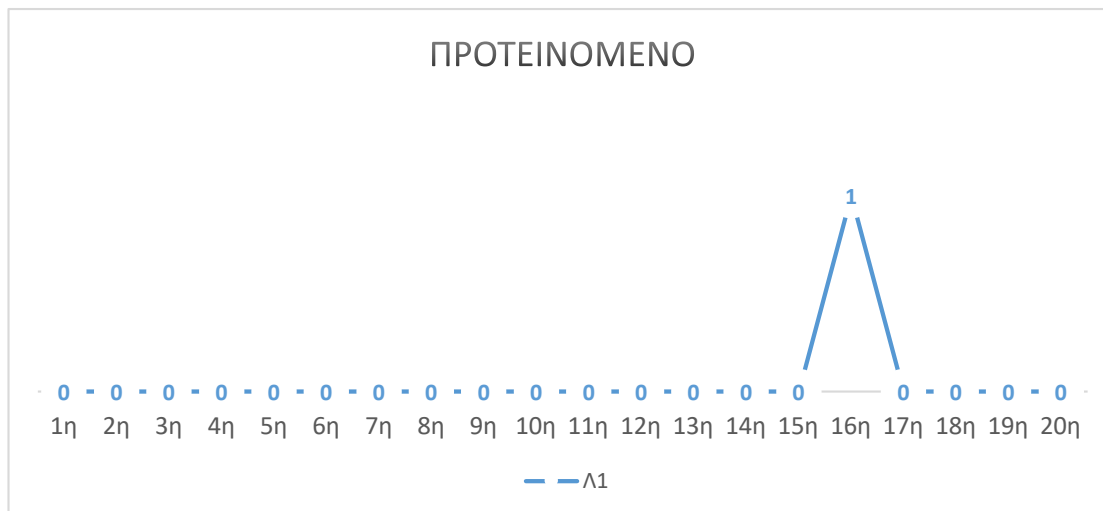


Μια ακόμη ισχυρή παρέμβαση του μοντέλου είναι στον κωδικό Λ1, όπου οι ελλείψεις από είκοσι δύο (22), περιορίστηκαν στη μία (1). Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται εβδομαδιαία η καταγραφή των ελλείψεων με το τρέχον σύστημα και αμέσως μετά με το προτεινόμενο.

Εικόνα 6.3: Σύνολο ελλείψεων για τον κωδικό Λ1 στο τρέχον σύστημα.



Εικόνα 6.4: Σύνολο ελλείψεων για τον κωδικό Λ1 στο προτεινόμενο σύστημα



Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό, οι ελλείψεις μειώθηκαν σημαντικά και το προτεινόμενο σύστημα μειώνει σημαντικά το κόστος έλλειψης.

Σε αυτό το σημείο θα ήταν χρήσιμο να ανάγουμε τα κόστη, σε ετήσια. Συγκεκριμένα το κόστος έλλειψης του τρέχοντος συστήματος υπολογίσθηκε στα 1555,71 τις 20 εβδομάδες, άρα το ετήσιο $(1555,71/20)*52=4044,846€$. Για το προτεινόμενο σύστημα, $(13,9715/20)*52=726,518€$. Επομένως με την εφαρμογή του προτεινόμενου συστήματος επιτυγχάνεται μείωση ύψους $4044,846-726,518=3318,328€$. Η ποσοστιαία αποτύπωση του, $\frac{4044,846-726,518}{4044,846} = 82,03\%$.

Κεφάλαιο 7: Μελέτη του μοντέλου βελτιστοποίησης υπό διαφορετικές συνθήκες

7.1 Περιγραφή διαφοροποίησης συνθηκών

Η βελτιστοποίηση που έλαβε χώρα στα προηγούμενα κεφάλαια κατασκευάστηκε κάτω υπό ορισμένες συνθήκες και περιορισμούς στους οποίους υπόκειται σήμερα η λειτουργία της επιχείρησης «Eleven IKE». Οι περιορισμοί και οι συνθήκες αυτές ορίστηκαν σε μεγάλο βαθμό από τους υπεύθυνους της επιχείρησης και από τους ιδιοκτήτες. Γνώμονας πολλές φορές στη λήψη των αποφάσεων ήταν η εμπειρική γνώση που είχαν στο χώρο της πώλησης ποτών. Σε αυτό το σημείο κρίθηκε ορθό, παρόλα αυτά, να μελετηθεί το πως θα συμπεριφερόταν το μοντέλο βελτιστοποίησης αν οι εμπειρικές αποφάσεις, μας όριζαν με διαφορετικό τρόπο τις συνθήκες του προβλήματος που κληθήκαμε να επιλύσουμε.

7.2 Διαφοροποίηση κόστους εβδομαδιαίας παραγγελίας

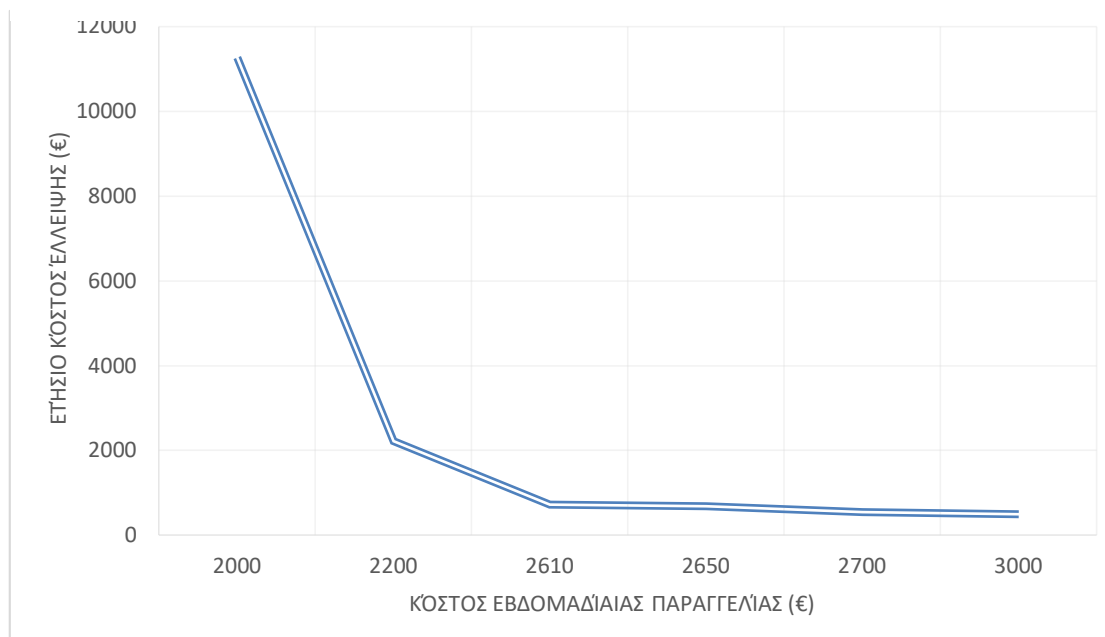
Ένα πρώτο εναλλακτικό σενάριο που μελετήθηκε απαντάει στο εξής ερώτημα.

- Τι θα γινόταν αν διέθετε η επιχείρηση περισσότερα ή λιγότερα χρήματα στην εβδομαδιαία παραγγελία της;

Σε αυτό το σημείο να σημειωθεί ότι μακροπρόθεσμα τα λεφτά που ξοδεύει η επιχείρηση για να ικανοποιήσει την ζήτηση δεν εξαρτώνται από το πόσα θα διαθέσει για την εβδομαδιαία της, βασική, παραγγελία. Όσο και να μεταβάλλεται η ζήτηση, η επιχείρηση θα την καλύψει είτε σε πρώτο χρόνο (από τους βασικούς προμηθευτές) είτε σε δεύτερο (από τον τρίτο προμηθευτή την στιγμή που θα παρουσιαστεί έλλειψη). Αυτό που όμως μεταβάλλεται είναι το κόστος έλλειψης καθώς όπως έχει αναλυθεί και σε προγενέστερα κεφάλαια αυτής της διπλωματικής η αγορά αλκοολούχων ποτών από τον προμηθευτή Γ μας επιβαρύνει με το κόστος έλλειψης (Πίνακας 3.1).

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται ο τρόπος με τον οποίο συνδέεται το κόστος έλλειψης με τη μεταβολή του ποσού που διατίθεται για τις εβδομαδιαίες παραγγελίες.

Διάγραμμα 7.1 Καμπύλη ετήσιου κόστους έλλειψης συναρτήσει του κόστους της εβδομαδιαίας παραγγελίας



Αναλυτικότερα τα αποτελέσματα όπως παρατείνονται στον Πίνακα 7.1.

Πίνακας 7.1 Αποτελέσματα προσομοιώσεων για το ετήσιο κόστος έλλειψης συναρτήσει του κόστους της εβδομαδιαίας παραγγελίας

ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΑ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΑ (€)	ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΛΛΕΙΨΗΣ (€)
2000	11262,9
2200	2222,5
2610	726,4
2650	687,4
2700	543,1
3000	500

Για να προκύψει ο παραπάνω πίνακας έγιναν 6 διαφορετικές προσομοιώσεις με τον ίδιο τρόπο που έλαβε χώρα η προσομοίωση στο κεφάλαιο 6. Τα ποσά της εβδομαδιαίας παραγγελίας που επιλέχθηκαν για να μελετηθεί το κόστος έλλειψης δεν είναι τυχαία. Προέκυψαν από μελέτη των παρελθοντικών στοιχείων της επιχείρησης και κατόπιν συμβουλευτικών συζητήσεων με τους ιδιοκτήτες. Είναι η στάθμη που είχε επιλέξει η επιχείρηση να διαθέτει κατά περιόδους.

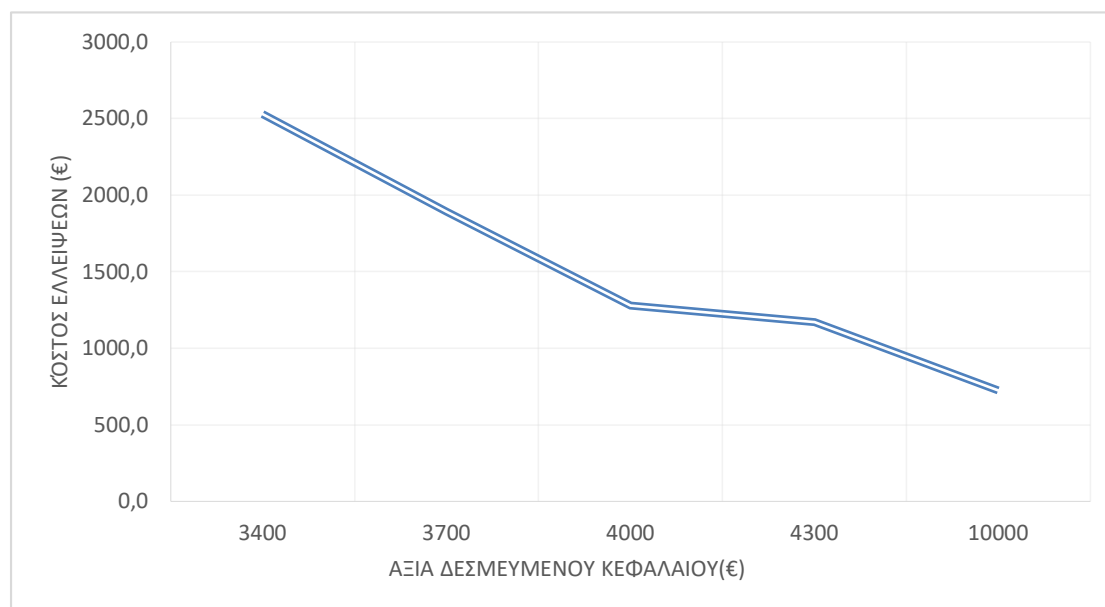
Όπως παρατηρείται στο παραπάνω διάγραμμα όσο μεγαλύτερο το ποσό που είναι διαθέσιμο για παραγγελίες από τους βασικούς προμηθευτές τόσο μειώνεται το κόστος έλλειψης. Το συγκεκριμένο αποτέλεσμα ίσως να θεωρηθεί αναμενόμενο όμως θα μπορούσε να έχει θετική επίδραση στη λήψη μελλοντικών αποφάσεων για τη λειτουργία της επιχείρησης.

7.3 Διαφοροποίηση δεσμευμένου κεφαλαίου

Κατά τη διάρκεια εκτέλεσης των προσομοιώσεων ο δεύτερος περιορισμός “max κόστος παραγγελίας”, αναφέρεται στο κόστος της κάβας μετά την παραγγελία. Την Πέμπτη, πριν την έναρξη λειτουργίας της επιχείρησης, το ποσό που είναι δεσμευμένο σε εμπόρευμα ισοδυναμεί, με το άθροισμα του κόστους της υπολειπόμενης κάβας, του προηγούμενου τριημέρου, συν το κόστος της παραγγελίας που κατέφθασε. Ο συγκεκριμένος περιορισμός, ο οποίος αφορά το κόστος δεσμευμένου κεφαλαίου λοιπόν, δεν εξαντλείτο σχεδόν ποτέ. Οι οδηγίες από την εταιρεία ήταν ότι το ποσό του δεσμευμένου κεφαλαίου που θα βρίσκεται στις αποθήκες της επιχείρησης θα μπορούσε να είναι μέχρι 10.000 €. Θα ήταν, παρόλα αυτά ιδιαίτερα ενδιαφέρον να μελετηθεί πώς η μείωση του συγκεκριμένου περιορισμού θα επηρέαζε τα αποτελέσματα του μοντέλου ως προς το κόστος έλλειψης.

Στο διάγραμμα 7.2 φαίνεται ο τρόπος που συνδέεται η διαφοροποίηση του περιορισμού δεσμευμένου κεφαλαίου με το ετήσιο κόστος έλλειψης.

Διάγραμμα 7.2 Καμπύλη ετήσιου κόστους έλλειψης συναρτήσει του δεσμευμένου κεφαλαίου



Συγκεντρωτικά, παρακάτω παρατίθενται τα συνολικά αποτελέσματα των προσομοιώσεων. Να σημειωθεί ότι οι άλλοι δύο περιορισμοί, το κόστος της εβδομαδιαίας παραγγελίας αλλά και η ποσότητα των φιαλών, ορίστηκαν ακριβώς στις

ίδιες τιμές όπως και στα προηγούμενα κεφάλαια χωρίς να εξεταστεί στην συγκεκριμένη περίπτωση η μεταβολή τους.

Πίνακας 7.2 Αποτελέσματα προσομοιώσεων για το ετήσιο κόστος έλλειψης συναρτήσει της αξίας του δεσμευμένου κεφαλαίου

ΔΕΣΜΕΥΜΕΝΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ (€)	ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΛΛΕΙΨΗΣ (€)
3400	2529,5
3700	1891,0
4000	1279,7
4300	1121,8
10000	726,5

Όπως ήταν αναμενόμενο η σταδιακή μείωση του ορίου του δεσμευμένου κεφαλαίου επιφέρει εκθετική αύξηση στο κόστος έλλειψης.

Αυτό που έχει ιδιαίτερη σημασία είναι από την αύξηση του ορίου από 3400 σε 3700, μας επιφέρει μείωση ετήσιου κόστους κατά **638,5€**, δηλαδή μείωση κατά **25,64%**. Όμως αν το όριο των 4000€ μεταβληθεί σε 4300 € έχουμε μείωση **157€**, δηλαδή κατά **12,34%**. Συνεπώς, όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 7.2 το κόστος μειώνεται με όλο και πιο αργούς ρυθμούς όσο αυξάνεται το δεσμευμένο κεφάλαιο για τα αποθέματα της επιχείρησης.

7.4 Διαφοροποίηση στο επίπεδο εξυπηρέτησης

Το κεφάλαιο αυτό, ήταν απόρροια του προηγούμενου έκτου κεφαλαίου και των αποτελεσμάτων του. Παρατηρήθηκε κατά την εκτέλεση των προσομοιώσεων ότι οι ελλείψεις στους κωδικούς που ακολουθούσαν την κανονική κατανομή σχεδόν εκμηδενίστηκαν και οι ελλείψεις που προέκυψαν, συγκεντρώθηκαν στους κωδικούς που ακολουθούσαν την κατανομή Poisson. Αυτό που παρατηρήθηκε επίσης ήταν, ότι οι υπόλοιποι κωδικοί παρουσίαζαν μεγάλο απόθεμα. Οπότε δημιουργήθηκε το ερώτημα:

- μήπως θα μπορούσε να μειωθεί το απόθεμα αυτό, έτσι ώστε το υπολειπόμενο κεφάλαιο που θα προέκυπτε, να ελαττώσει και άλλο τις ελλείψεις.

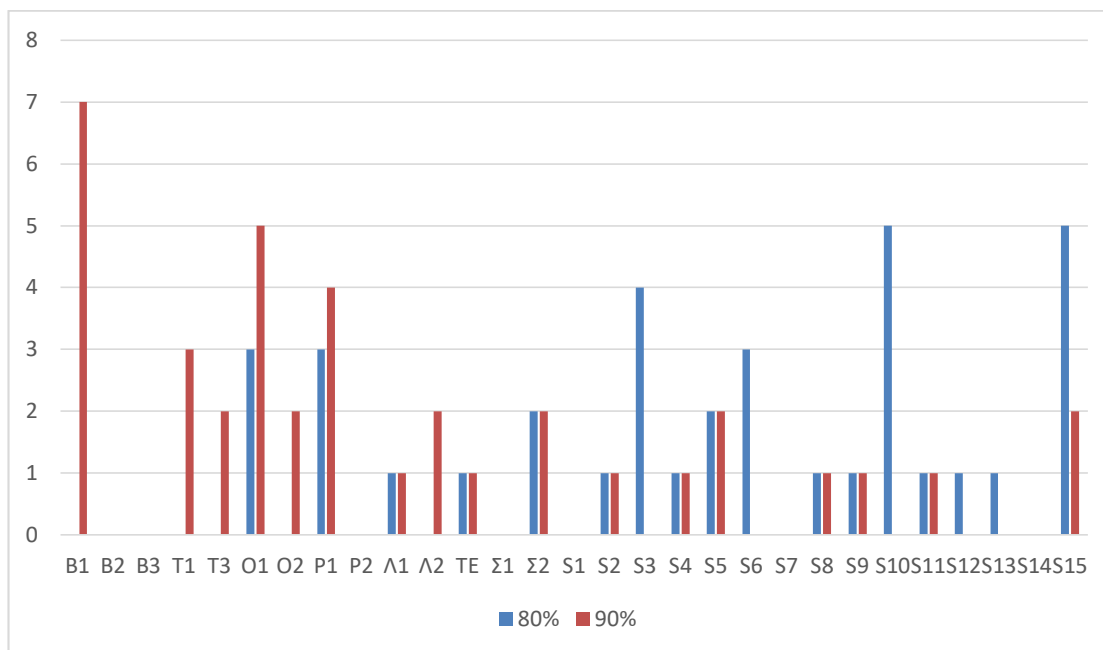
Για το λόγο αυτό υπολογίστηκαν ξανά όπως αναλύθηκε στο κεφάλαιο 5.2.2, η στάθμη S και η μέση έλλειψη κάθε κωδικού. Τέθηκε σαν επίπεδο εξυπηρέτησης το 90%. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται αναλυτικά τα νέα αποτελέσματα.

Πίνακας 7.3: Αποτελέσματα σε ποσοστό εξυπηρέτησης 90%.

Κωδικός ποτού	Μέση τιμή	Βέλτιστη στάθμη	Μέση Έλλειψη
	λ	S	ME
S1	0,0875	1	0,0037
S2	0,3	1	0,0408
S3	0,6625	2	0,0325
S4	0,4125	1	0,0745
S5	0,475	1	0,0969
S6	0,6375	2	0,0317
S7	0,9625	2	0,094
S8	0,925	2	0,0849
S9	0,975	2	0,0971
S10	0,575	2	0,024
S11	0,95	2	0,0909
S12	1,125	3	0,0349
S13	1,95	4	0,0682
S14	2,475	5	0,0593
S15	2,1625	4	0,1012

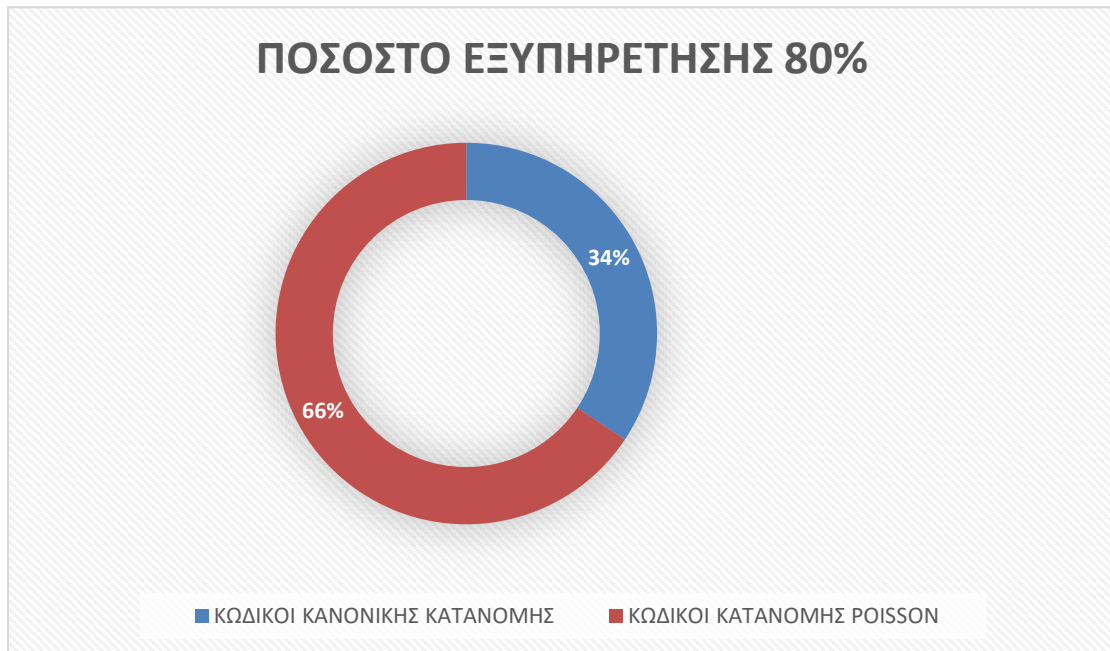
Δεδομένου των νέων αποτελεσμάτων εκτελέστηκαν εκ νέου οι προσομοιώσεις και το κόστος έλλειψης διαμορφώθηκε σε **252,99€**. Μειώθηκε κατά $\frac{279,43-252,99}{279,43} = 9,4\%$. Εκ πρώτης όψεων πρόκειται για ικανοποιητική μείωση, αλλά σε συνεννόηση με την εταιρεία, έτσι όπως διαμορφώθηκαν οι ελλείψεις, αντιτίθενται στο ζητούμενό τους. Το παρακάτω σχεδιάγραμμα παρουσιάζει πως μοιράστηκαν οι ελλείψεις στους διάφορους κωδικούς σε επίπεδο εξυπηρέτησης 80% και 90%.

Εικόνα 7.1: Διαμόρφωση ελλείψεων στα δύο επίπεδα εξυπηρέτησης.

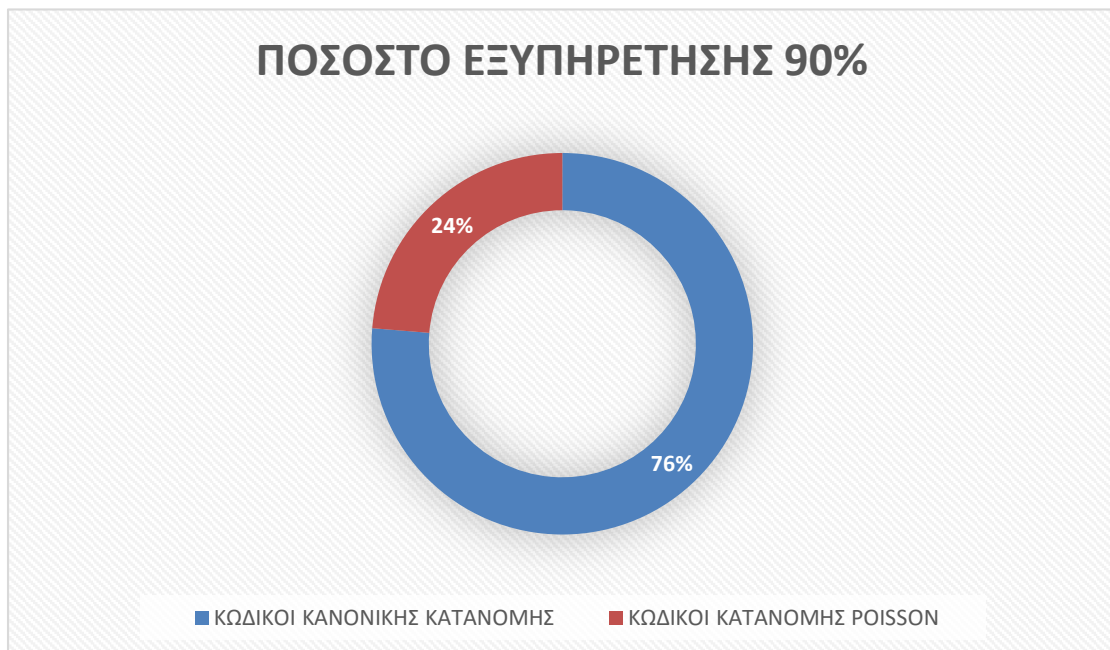


Αυτό που διακρίνεται από το παραπάνω διάγραμμα είναι, ότι στην πρώτη περίπτωση οι ελλείψεις συγκεντρώθηκαν στους κωδικούς που ακολουθούν την κατανομή Poisson. Στη δεύτερη περίπτωση, η αύξηση του επιπέδου εξυπηρέτησης από 80 σε 90%, οδήγησε σε μείωση του κόστους έλλειψης αλλά "μετακίνησε" τις ελλείψεις στους κωδικούς που ακολουθούν την κανονική κατανομή. Συγκεκριμένα στην πρώτη περίπτωση παρουσιάστηκαν τριάντα έξι (36) ελλείψεις συνολικά, από τις οποίες οι είκοσι έξι (26), δηλαδή ποσοστιαία, $\frac{26}{36} = 72,2\%$, εμφανίστηκαν στους κωδικούς της κατανομής Poisson. Στη δεύτερη περίπτωση, του ποσοστού εξυπηρέτησης στο 90%, οι ελλείψεις στους κωδικούς που προσεγγίστηκαν με κανονική κατανομή φτάνει το $\frac{29}{38} = 76,3\%$. Όπως έχει τονιστεί σε αυτή τη διπλωματική εργασία, οι κωδικοί αυτοί ήταν επιθυμητό να εξυπηρετούνται άμεσα και να ελαττωθεί σημαντικά το κόστος έλλειψής τους. Αυτό επιτυγχάνεται στην πρώτη περίπτωση και αποτυπώνεται με σαφήνεια στα παρακάτω διαγράμματα.

Εικόνα 7.2: Ελλείψεις σε ποσοστό εξυπηρέτησης 80%



Εικόνα 7.3: Ελλείψεις σε ποσοστό εξυπηρέτησης 90%



Όσον αφορά τις ελλείψεις, ο τρόπος που διαμορφώθηκαν στις δύο περιπτώσεις, είναι ανεστραμμένος. Συνοψίζοντας, οι απαιτήσεις της υπό μελέτη εταιρείας ικανοποιήθηκαν στην πρώτη περίπτωση.

Κεφάλαιο 8: Συμπεράσματα

8.1 Συμπεράσματα

Η συγγραφή αυτής της διπλωματικής εργασίας επιχείρησε, συνοψίζοντας διάφορες έννοιες και εργαλεία επίλυσης προβλημάτων, να εξάγει συμπεράσματα σχετικά με τη διαχείριση των αποθεμάτων. Όλο και περισσότερες εταιρείες εντάσσονται στην υπάρχουσα αγορά, γεγονός που οδηγεί τον ανταγωνισμό να εντοπίζεται στην ελαχιστοποίηση του κόστους. Στα κεφάλαια που προηγήθηκαν, σχολιάστηκαν τα διάφορα κόστη που επιβαρύνουν τη λειτουργία μιας εταιρείας. Ιδιαίτερη προσοχή εστιάζεται λοιπόν στην εσωτερική διαχείριση του λειτουργικού κόστους, η οποία δύναται να χρήσει την εκάστοτε εταιρεία υγιή. Οι ισχυρισμοί αυτοί απαντήθηκαν με μαθηματικά μοντέλα, δίνοντας ένα επιστημονικό βάρος στα συμπεράσματα που ακολούθησαν.

Ξεκινώντας, η μελέτη αυτής της διπλωματικής εργασίας εστίασε στη διαχείριση των αποθεμάτων. Η υπό μελέτη επιχείρηση, απαλλαγμένη από το κόστος παραγγελίας και διατήρησης, επικεντρώθηκε στο κόστος έλλειψης και την ελαχιστοποίησή του. Κατασκευάστηκε ένα μαθηματικό μοντέλο βελτιστοποίησης, με στόχο την ελαχιστοποίηση του κόστους έλλειψης. Από την παρούσα διπλωματική εργασία το σημαντικότερο συμπέρασμα είναι πως μειώνεται ιδιαίτερα το κόστος έλλειψης της εταιρείας με έναν βέλτιστο τρόπο καταμερισμού των χρημάτων που διέθετε. Επίσης, ενισχύεται η πεποίθηση, του «κόστους της εμπειρικής παραγγελίας». Η εμπειρική προσέγγιση των πραγμάτων αποτέλεσε αναπόσπαστο κομμάτι της διπλωματικής αυτής εργασίας, αλλά τα τελικά αποτελέσματα κατέδειξαν την ανάγκη παραμερισμού του εγωισμού γύρω από τον τρόπο παραγγελιών και της συμφιλίωσής του με την επιστημονική προσέγγιση.

Με το προτεινόμενο σύστημα η επιχείρηση είναι σε θέση να έχει ξεκάθαρη εικόνα για τα αποθέματά της. Μειώνει το χρόνο παρακολούθησης των αποθεμάτων της, καθώς οι παραγγελίες ορίστηκαν σε εβδομαδιαίες. Οι ελλείψεις μειώθηκαν κατακόρυφα όπως επίσης και ο χρόνος που δαπανούσαν οι εργαζόμενοι για την κάλυψη των ελλείψεων. Το κομμάτι των εργαζόμενων δεν προσεγγίστηκε, αλλά το γεγονός ότι

κατά τη διάρκεια της βάρδιάς τους ασχολούνται πιο ουσιαστικά με τα καθήκοντά τους, τους καθιστά πιο παραγωγικούς.

8.2 Προτάσεις

Η άμεση υιοθέτηση και λειτουργία του προτεινόμενου μοντέλου βελτιστοποίησης από την επιχείρηση «Eleven IKE» αποτελεί μεγάλη ηθική ικανοποίηση για την προσπάθεια που καταβλήθηκε όλο αυτό το διάστημα. Παρ' όλα αυτά οι αυξανόμενες απαιτήσεις της αγοράς επιβάλλουν να γίνεται προσπάθεια για συνεχή βελτίωση.

Αρχικά, είναι πολύ σημαντικό να συνεχιστεί η καταγραφή των δεδομένων για τη ζήτηση όλων των προϊόντων της επιχείρησης. Αυτό θα απλουστευόταν, με τη κατασκευή μιας εύχρηστης εφαρμογής, με φιλικό γραφικό περιβάλλον προς το χρήστη, στην οποία θα καταχωρίζονται οι μετρήσεις των αποθεμάτων της επιχείρησης. Στη συνέχεια, η εφαρμογή θα ανανεώνει τα δεδομένα για τη ζήτηση των προϊόντων όπως επίσης και τα στατιστικά στοιχεία για κάθε προϊόν, όπως τη μέση τιμή, την τυπική απόκλιση και τη μέση τιμή λ.

Έπειτα, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί το μοντέλο βελτιστοποίησης που έχει δημιουργηθεί στο Microsoft Excel σε αυτή τη διπλωματική εργασία και να μετατραπεί σε μία δεύτερη εφαρμογή. Τα δεδομένα από την πρώτη εφαρμογή θα συνδέονται με τη δεύτερη και τελικώς ο χρήστης θα σχεδιάζει αυτόματα την επόμενη παραγγελία. Έτσι, τα αποτελέσματα θα είναι πιο ακριβή καθώς θα έχουν συλλεχθεί ακόμα περισσότερα στοιχεία, και επιπλέον η χρήση του μοντέλου καθίσταται ιδιαίτερα πιο απλή.

Επίσης, αξίζει να μελετηθεί η περίπτωση να διέκοπτε η επιχείρηση την πώληση ορισμένων προϊόντων και την αντικατάστασή τους με διαφορετικά. Δηλαδή να κάλυπτε τις ελλείψεις της με παρόμοιους κωδικούς, έτσι ώστε να περιορίσει τελείως τον προμηθευτή Γ. Κάτι τέτοιο θα απαιτούσε μεγάλη έρευνα τόσο για την ικανοποίηση των πελατών της όσο και για το αντίκτυπο που θα είχε στη λειτουργία της.

Τέλος, θεωρούμε πολύ σημαντικό να ερευνηθεί η λειτουργία της επιχείρησης και η ζήτηση των προϊόντων της σε εποχιακό επίπεδο. Είναι ενδιαφέρον να παρατηρηθεί αν ορισμένοι μήνες του έτους παρουσιάζουν στατιστικώς σημαντικές

διαφορές μεταξύ τους. Η εν λόγω παρατήρηση θα βοηθούσε στην κατάλληλη τροποποίηση του προτεινόμενου μοντέλου για ακόμα ακριβέστερα αποτελέσματα.

Όλα τα παραπάνω μπορούν να συμβάλουν σημαντικά τόσο στη διατήρηση της εταιρείας «Eleven ΙΚΕ» σε υψηλό επίπεδο στην αγορά της Κοζάνης όσο και στη μακροπρόθεσμη εύρυθμη και κερδοφόρα λειτουργία της.

Βιβλιογραφία

1. **Ravinder, Handanhal και Misra, Ram B.** ABC ANALYSIS FOR INVENTORY MANAGEMENT: BRIDGING THE GAP BETWEEN RESEARCH AND CLASS. *American Journal of Business Education*. 2014, Τόμ. ΙΙΙ, 3.
2. **Ψωινός, Δημήτρης.** ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ. Θεσσαλονίκη : ΖΗΤΗ, 1999.
3. **Κολονέλος, Παναγιώτης.** ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΣΕ ΕΜΠΟΡΙΑ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ. Κοζάνη : Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, 2016.
4. **Νικολαΐδης, Αθανάσιος.** ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΣΕ ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΕΙΔΩΝ. Κοζάνη : Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, 2019.
5. **Silver, Edward, Pyke, David και Peterson, Rein.** INVENTORY MANAGEMENT AND PRODUCTION PLANNING AND SCHEDULING. New York : JOHN WILEY & SONS, 1998.
6. **Σταύρου, Σταύρος και Μακρής Δημήτριος.** ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΚΡΙΣΙΜΩΝ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΣΕ ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΕΜΠΟΡΙΑΣ ΞΥΛΕΙΑΣ. Κοζάνη : Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, 2012.
7. **Τράπεζα της Ελλάδος.** Bank of Greece. <https://www.bankofgreece.gr/statistika/xrhmatopistwtikes-agores/epitokia-katathesewn-kai-daneiwn>. [Ηλεκτρονικό]
8. **Prekopa, Andreas.** ON THE DEVELOPMENT OF OPTIMIZATION THEORY. *The American mathematical monthly*. 1980, 87.
9. **Wang, Gary.** BRIEF HISTORY OF OPTIMIZATION. *Empower Operations*. [Ηλεκτρονικό] 7 December 2018. <https://empowerops.com/>.
10. **Κολέτσος, Ιωάννης και Στογιάννης, Δημήτρης.** ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗ ΕΡΕΥΝΑ. ΑΘΗΝΑ : s.n., 2015.

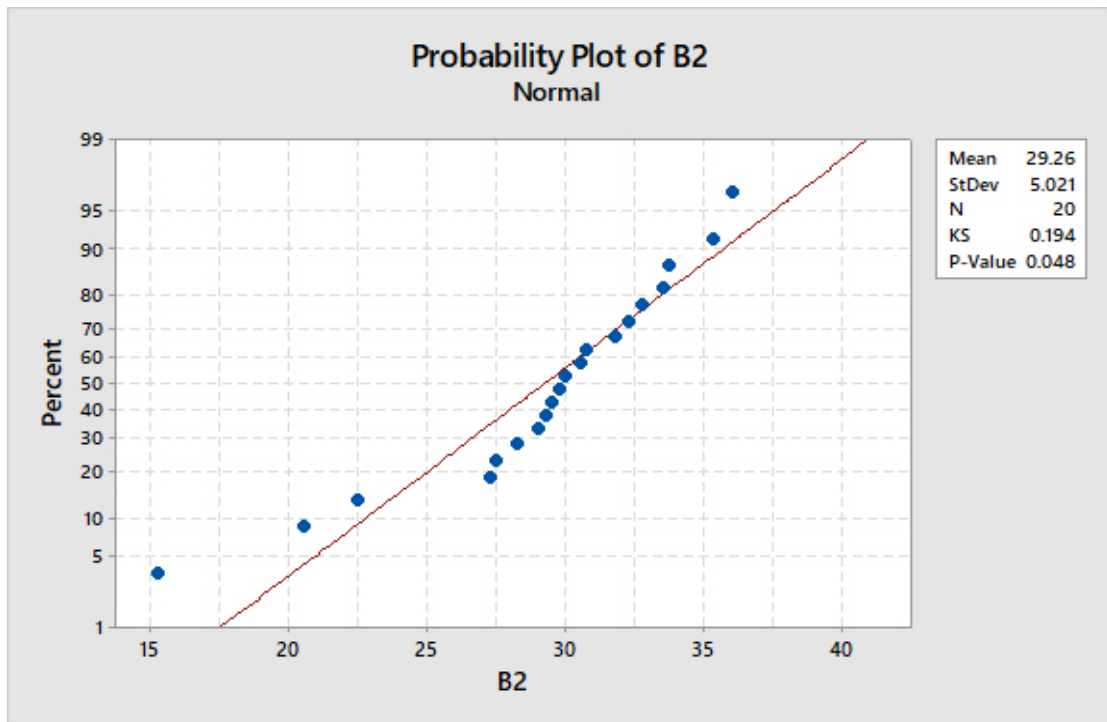
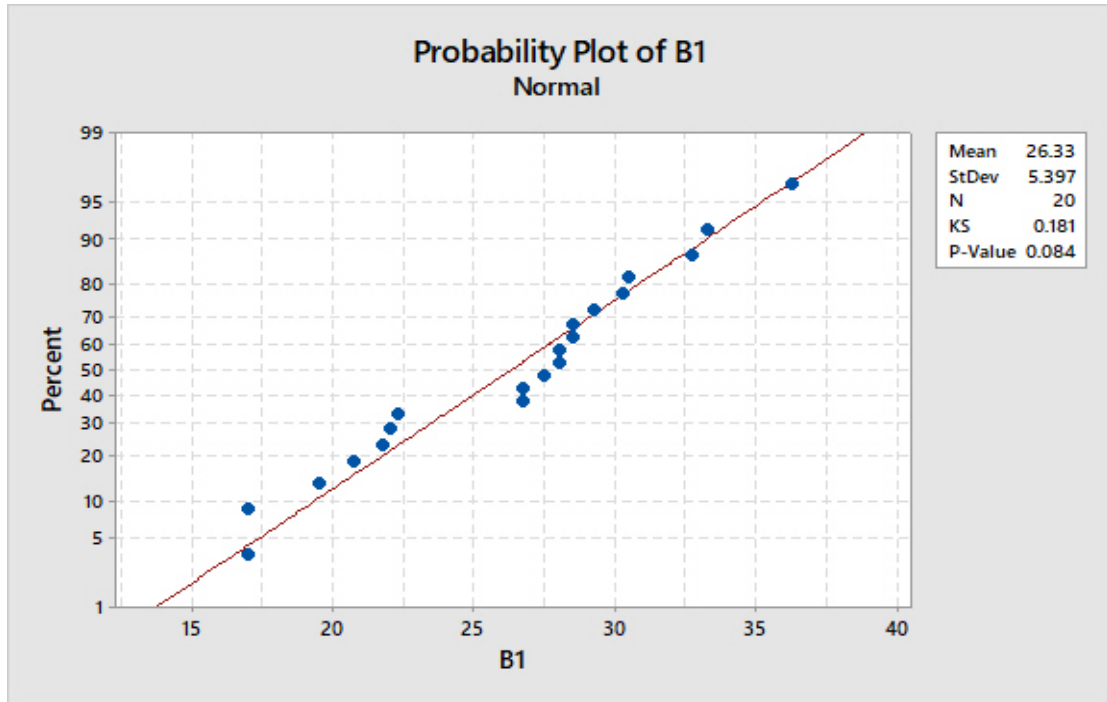
11. **Schrijver, Alexander.** *THEORY OF LINEAR AND INTEGER PROGRAMMING.* Amsterdam : s.n., 1998.

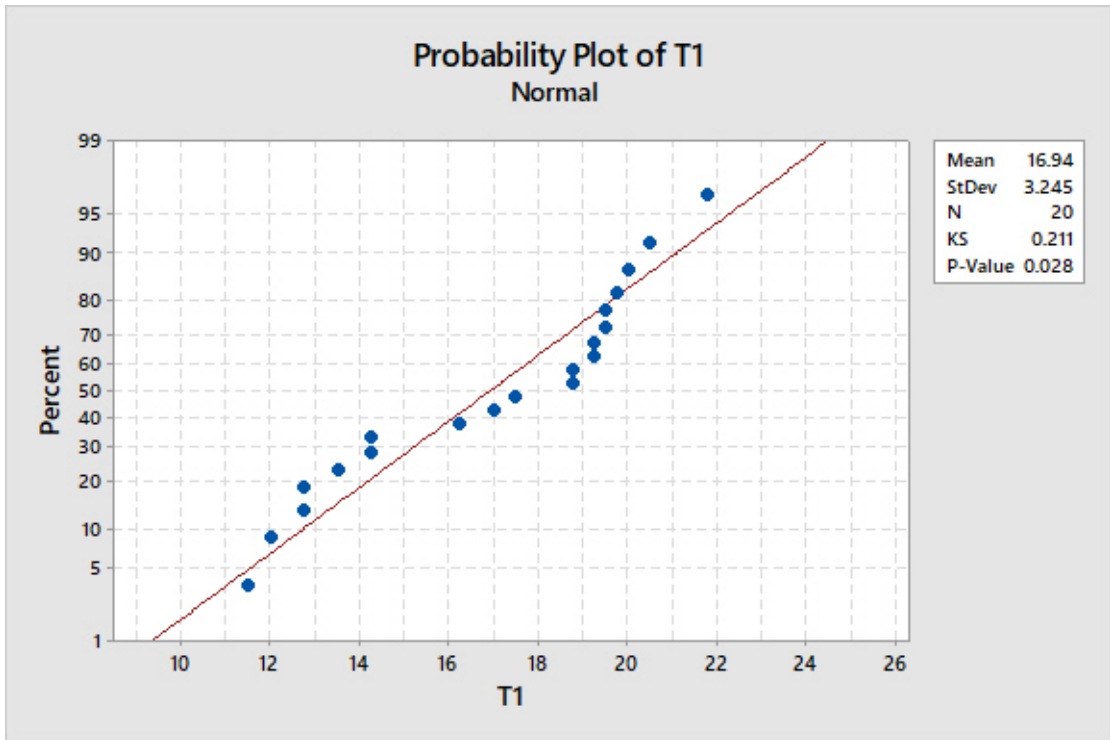
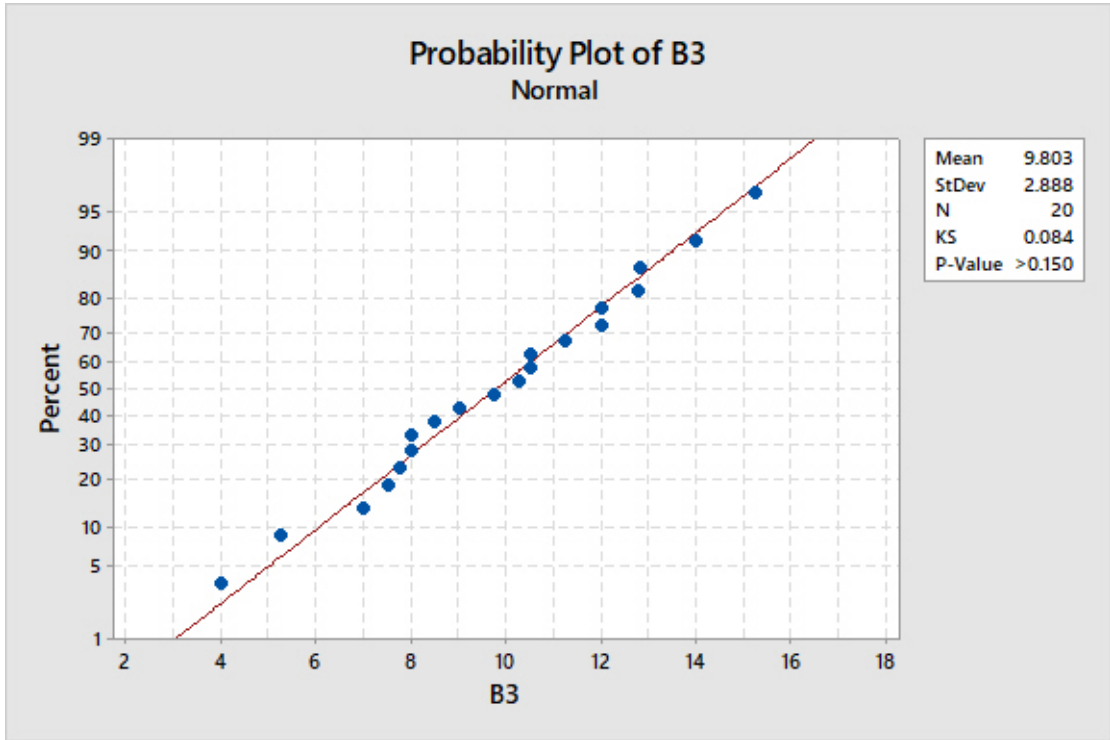
12. **Office support.** *Microsoft Office Support.* 2019.

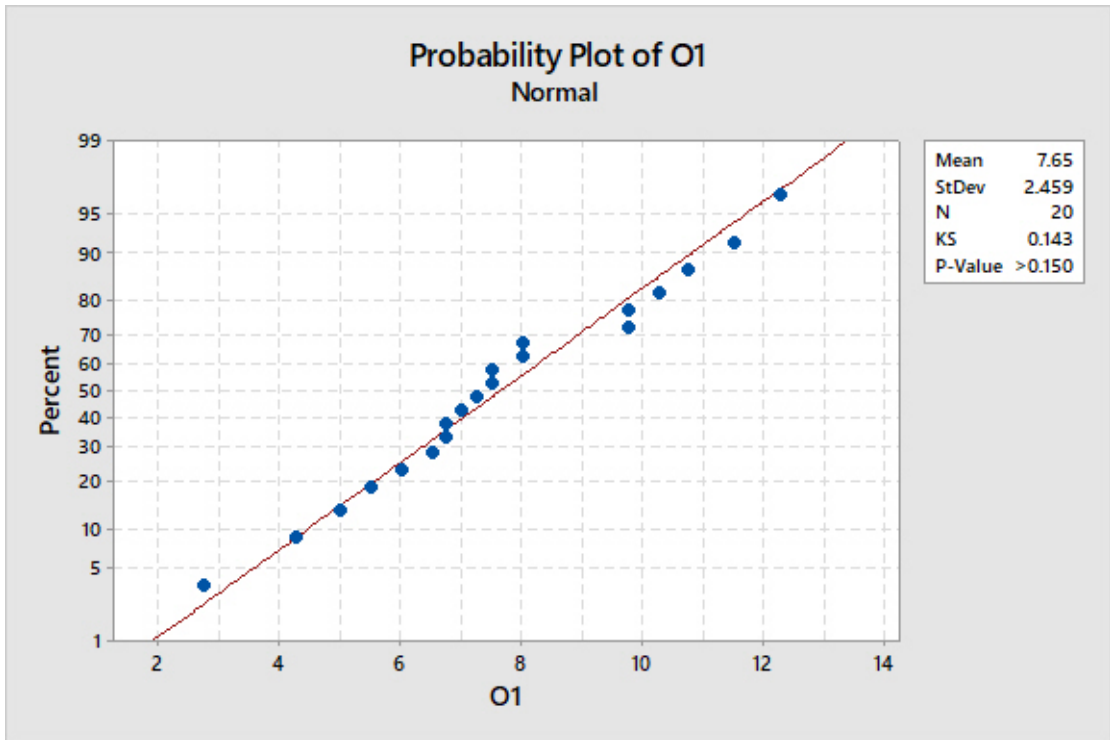
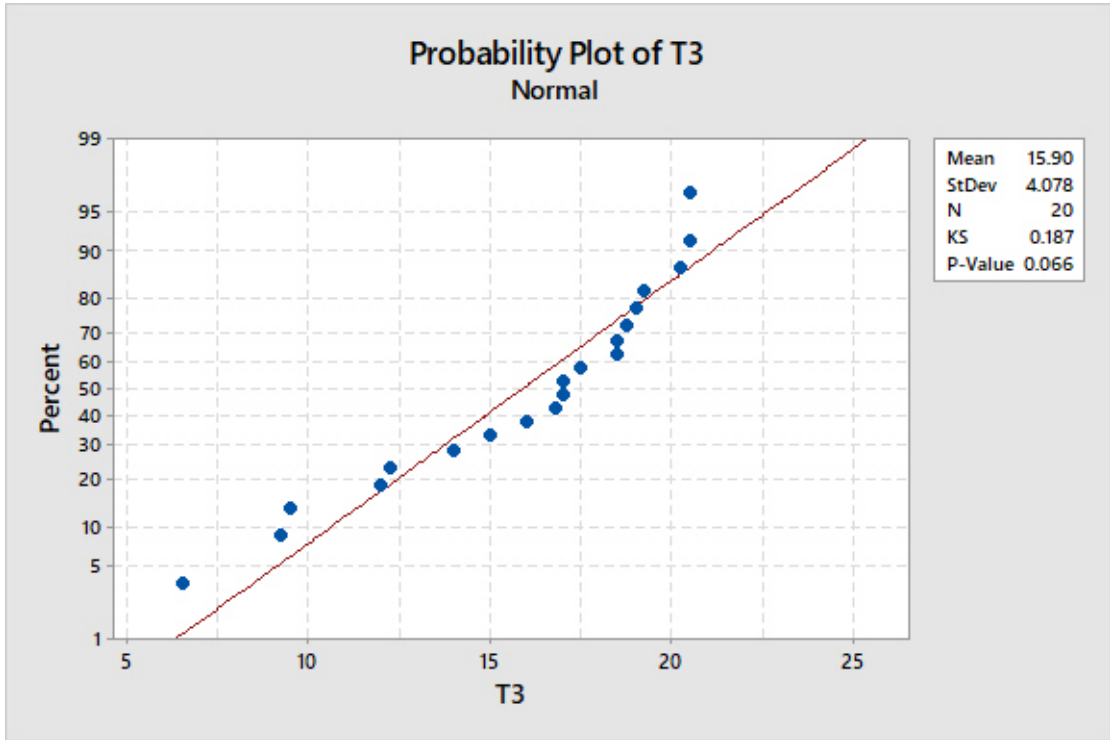
13. **Nahmias, Steven και Olsen, Tava Lennon.** *PRODUCTION & OPERATIONS ANALYSIS.* s.l. : Waveland Press, 2015.

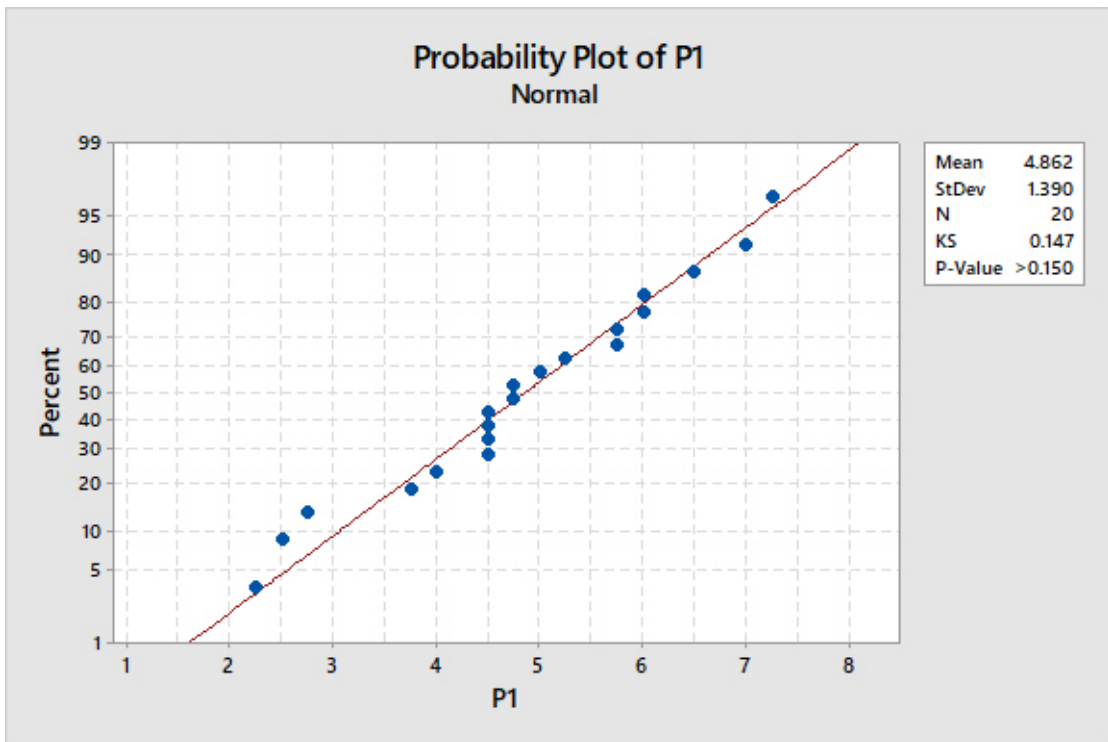
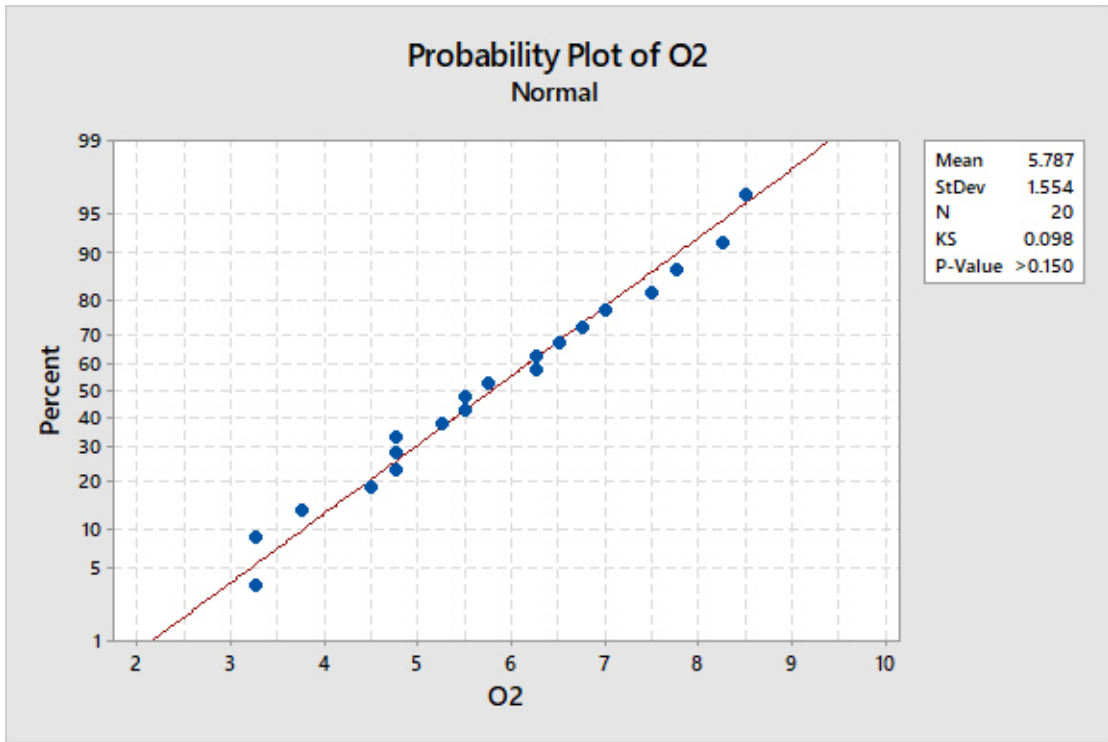
Παραρτήματα

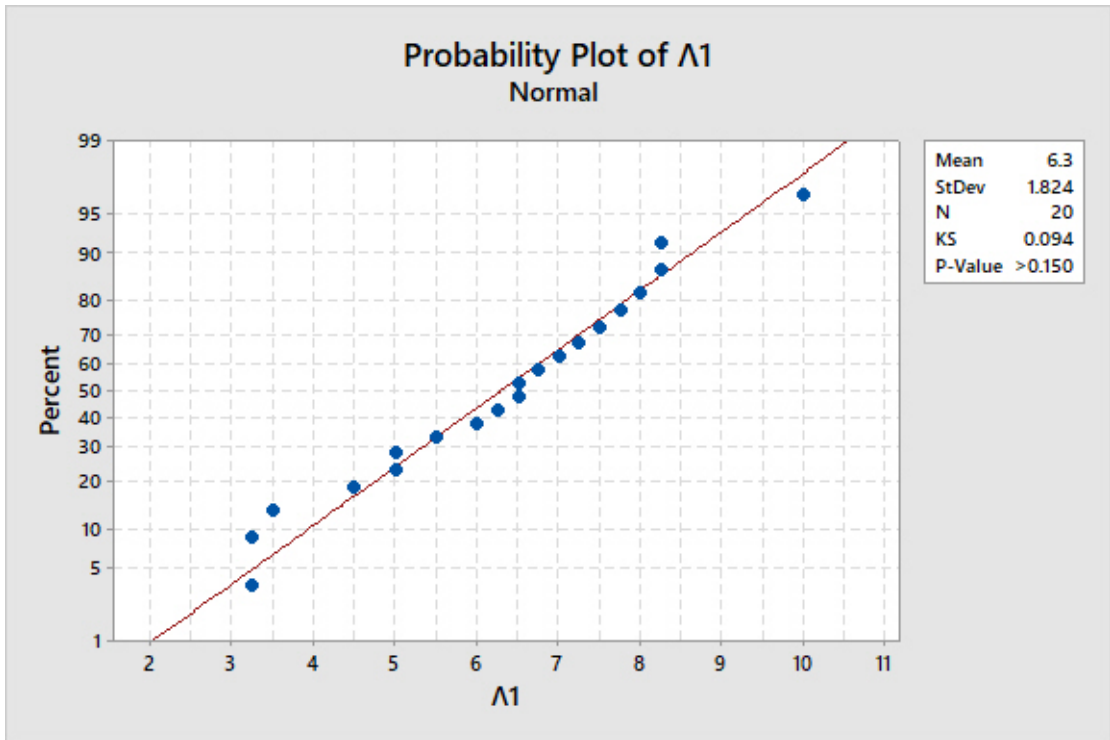
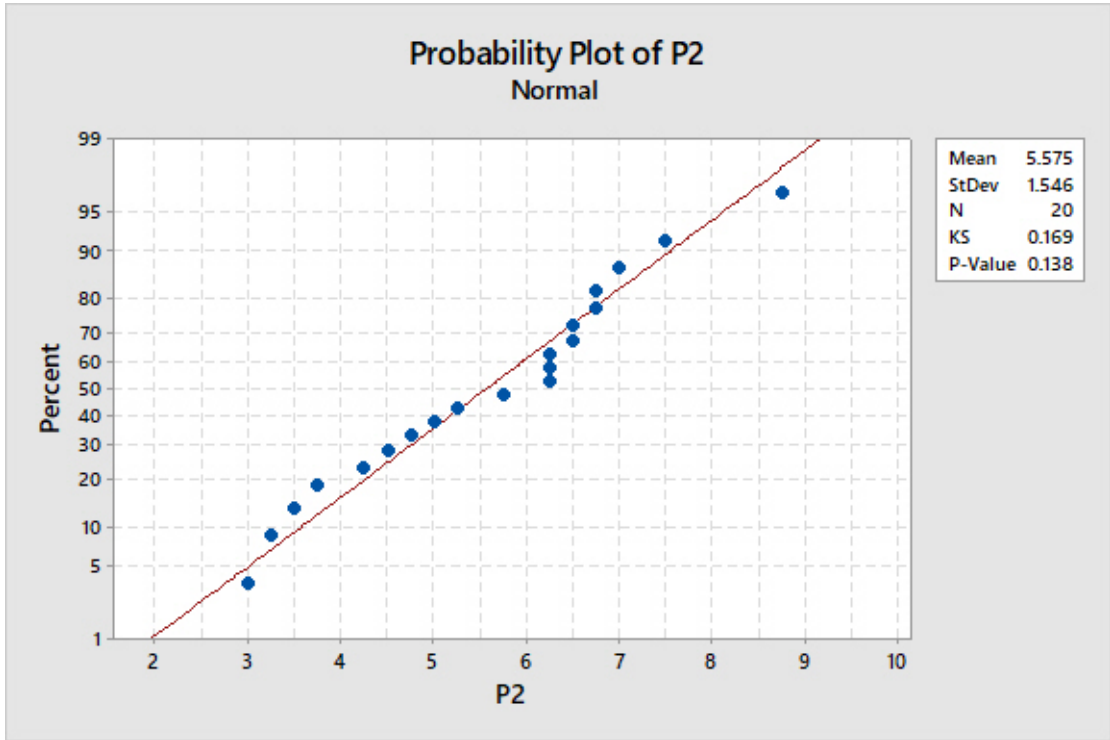
Έλεγχος Kolmogorov-Smirnov

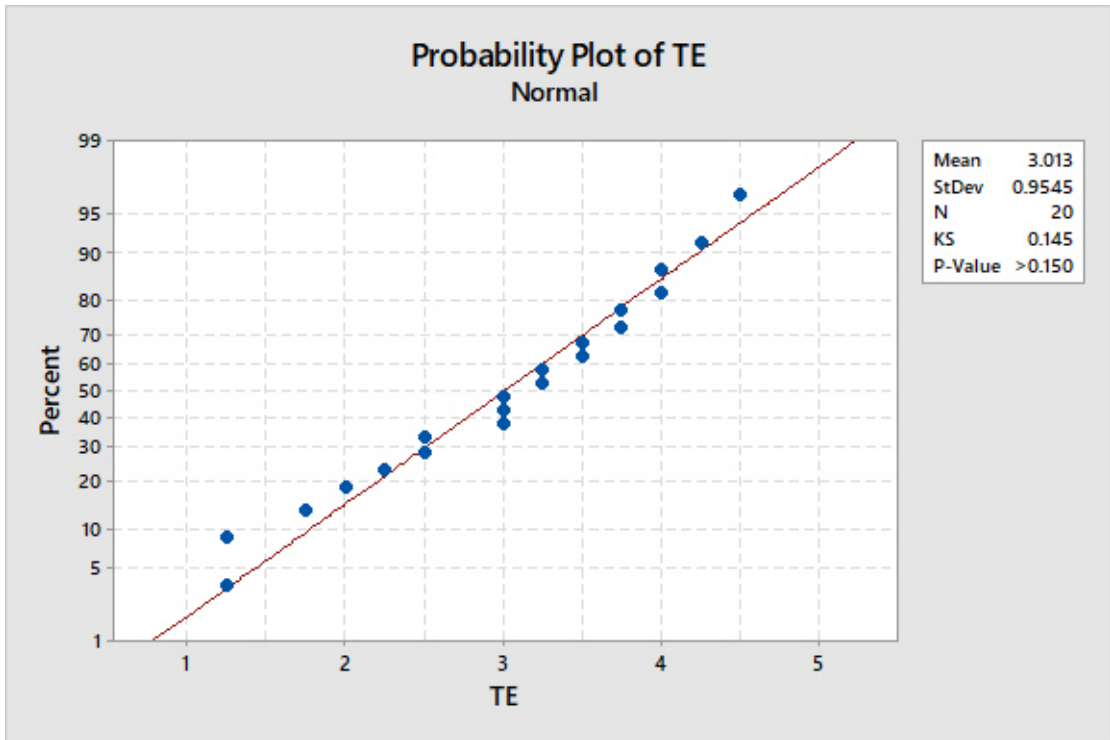
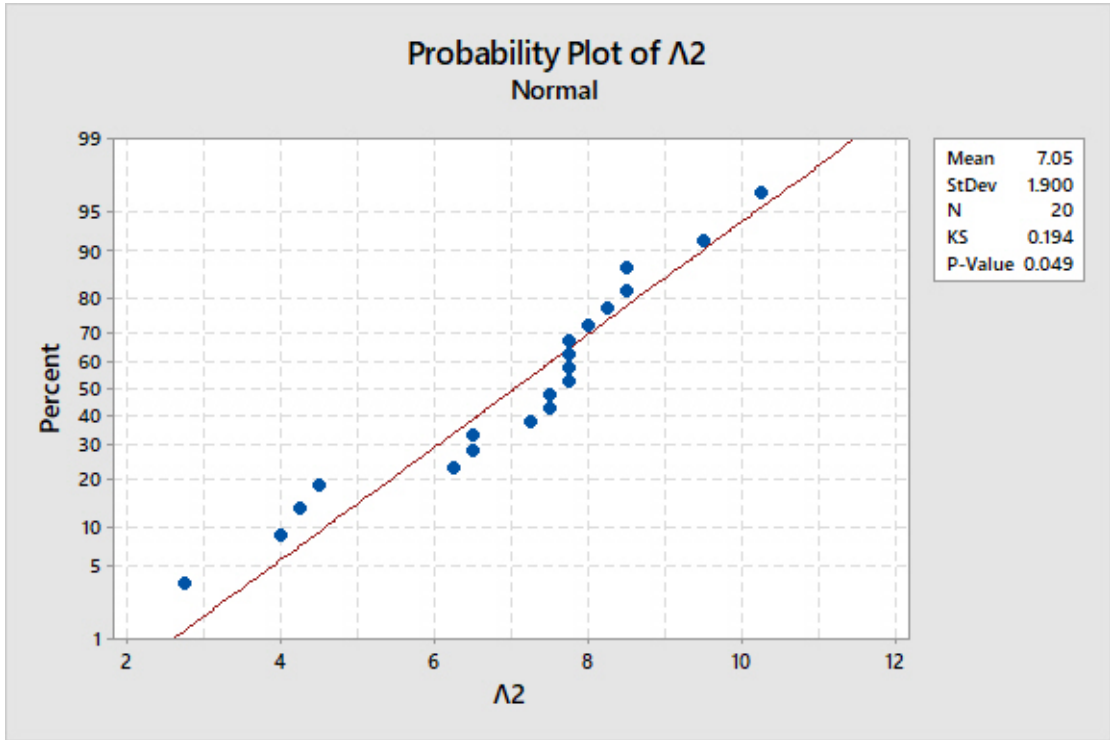


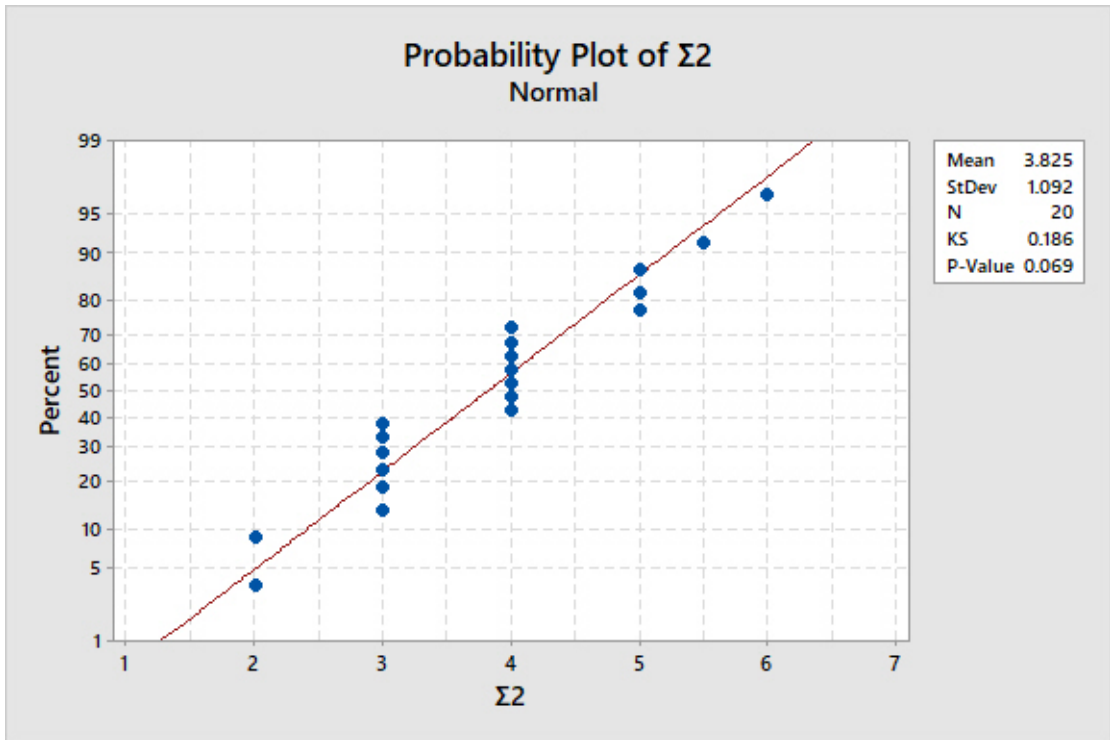
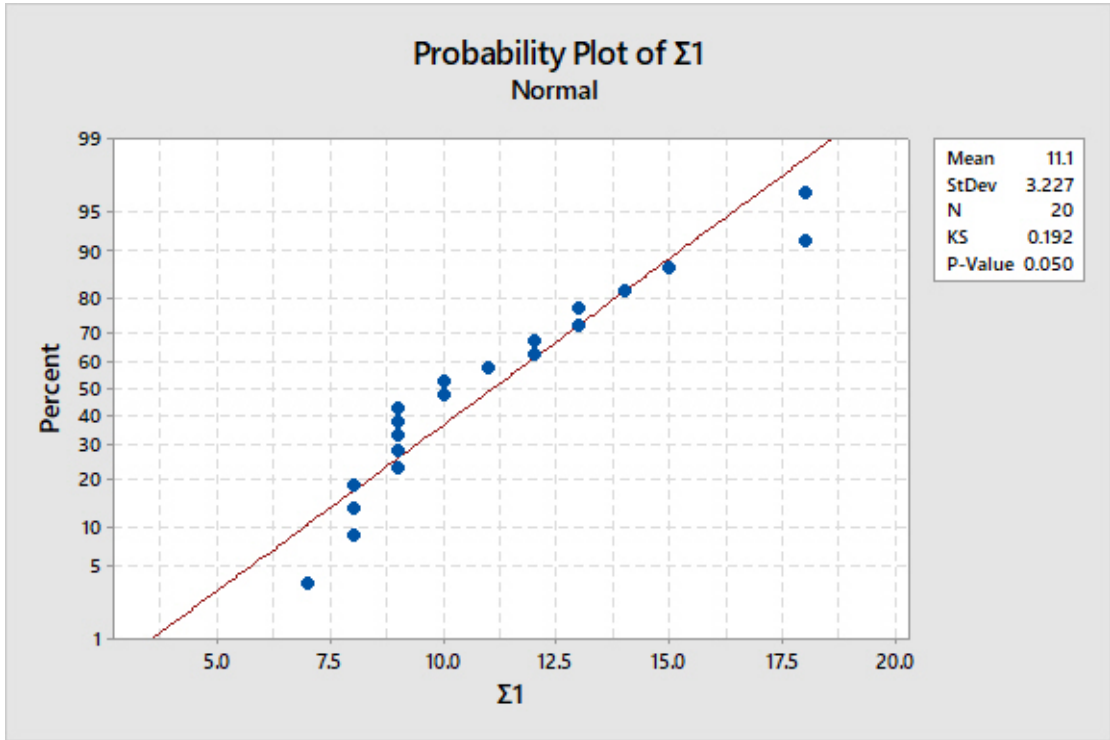


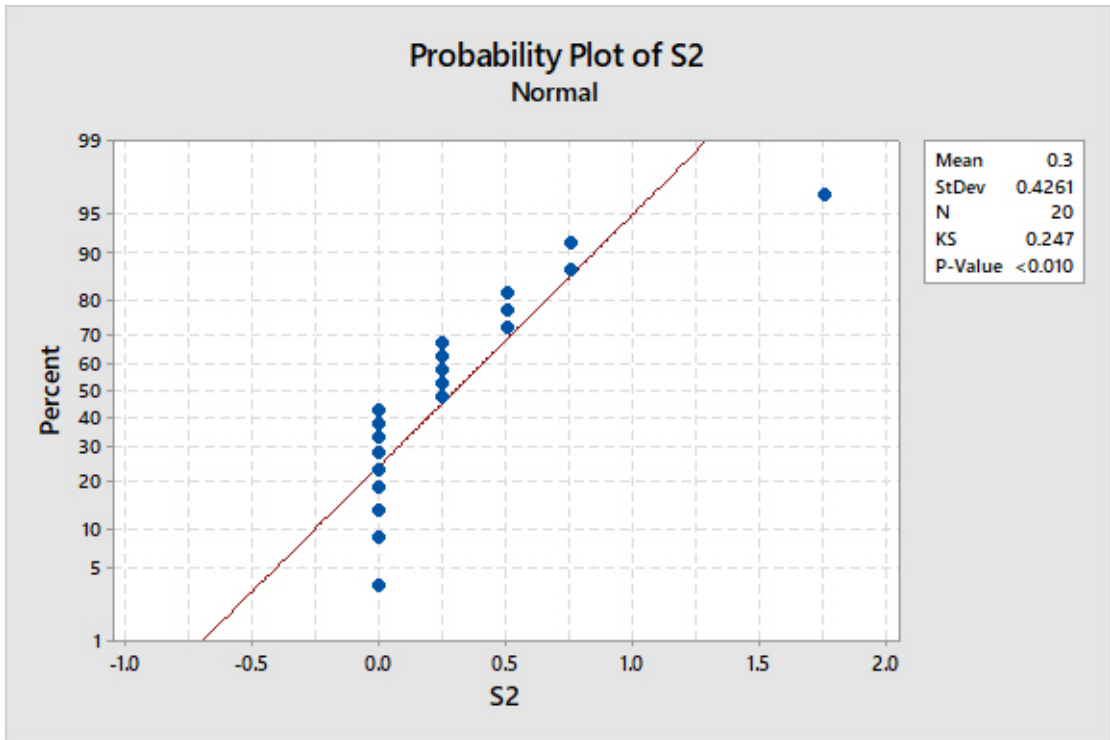
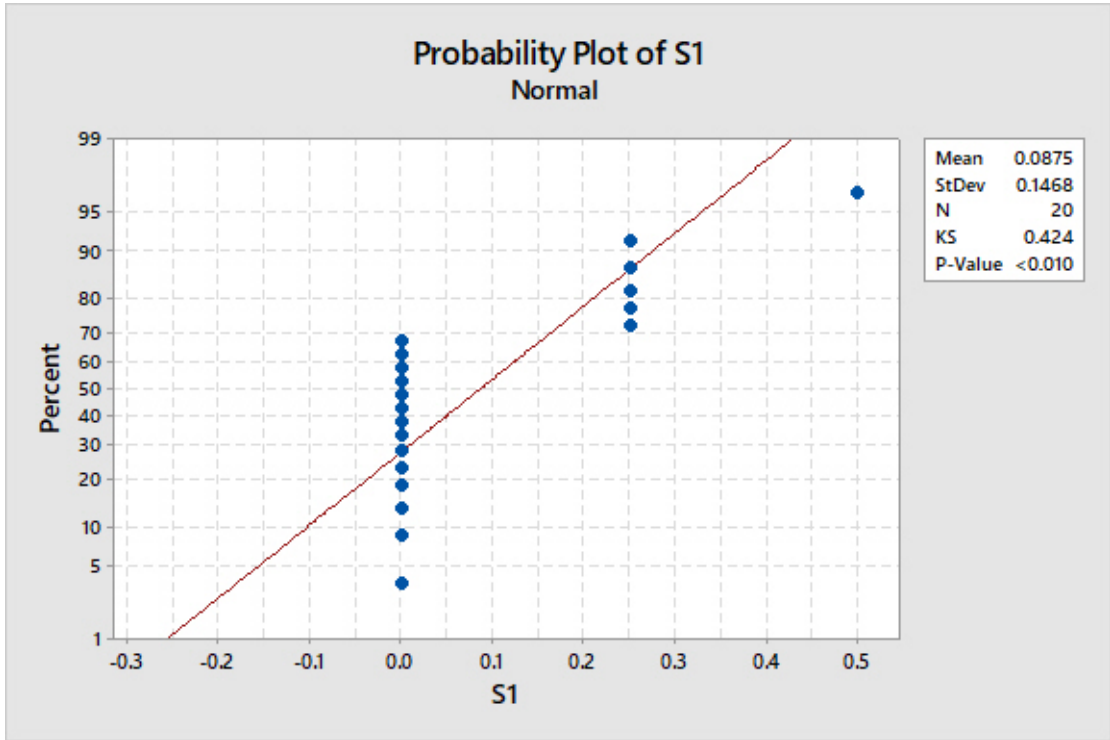


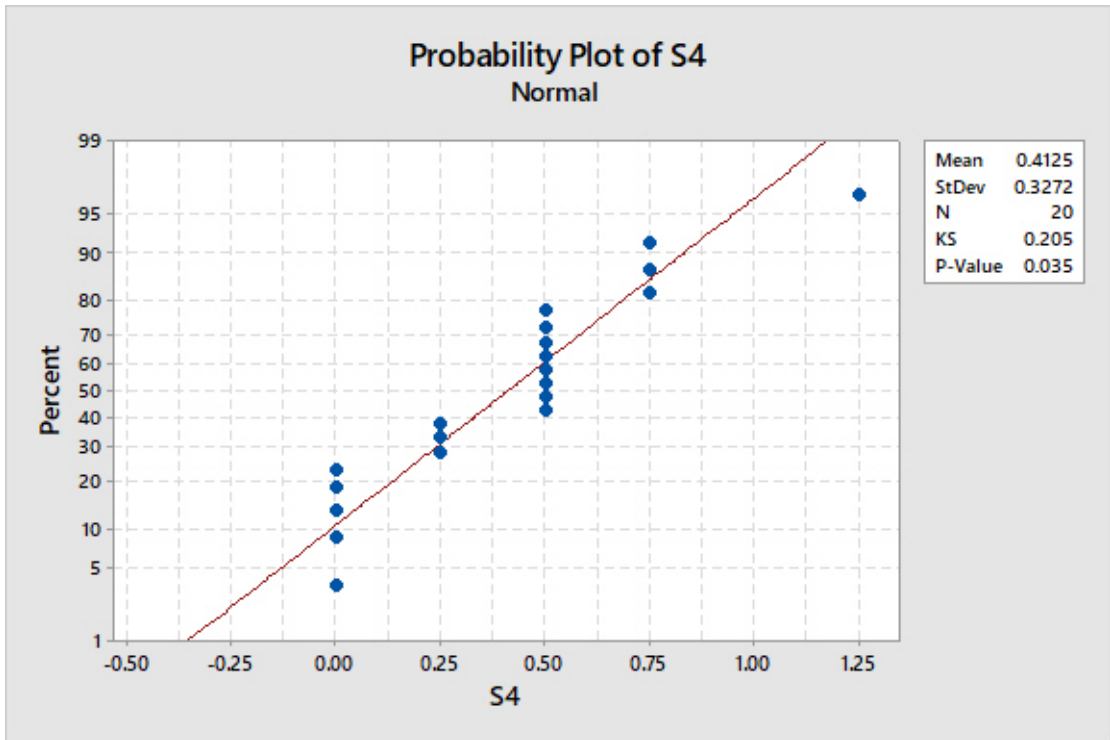
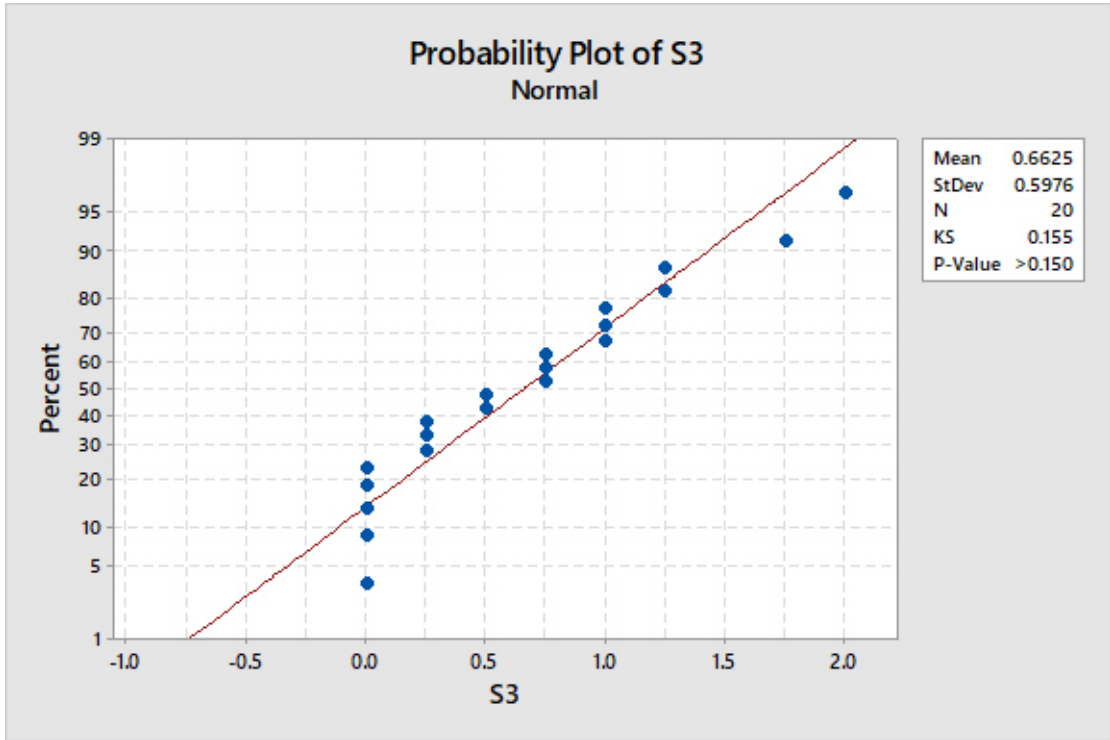


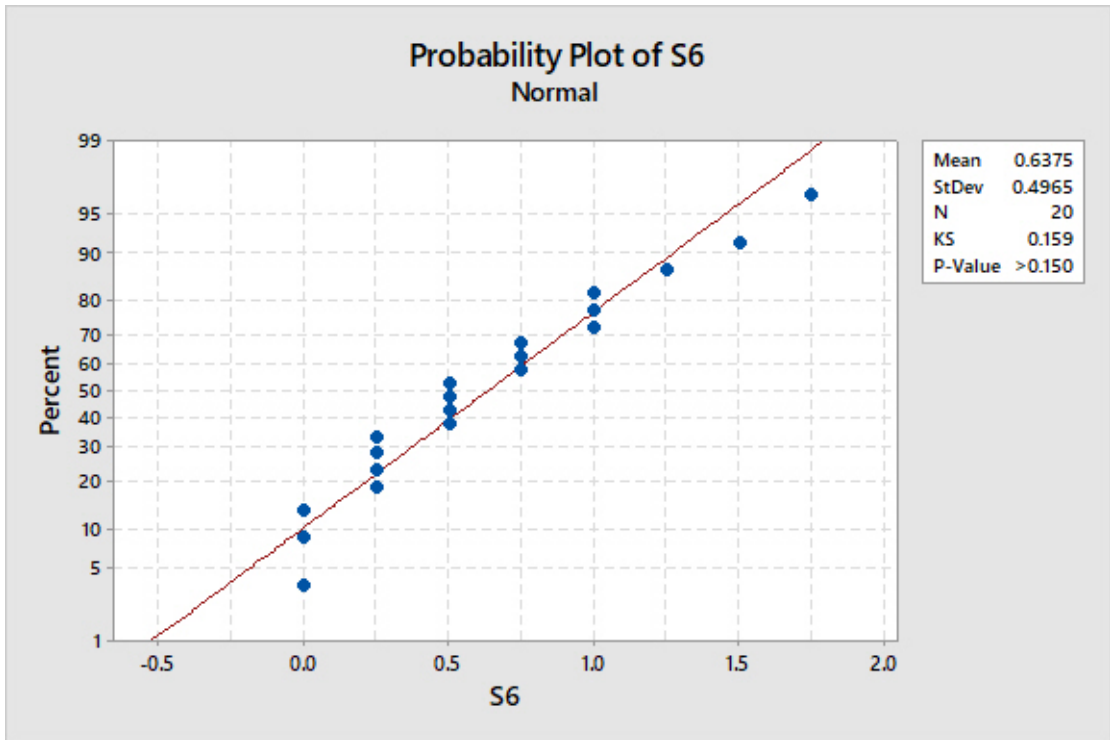
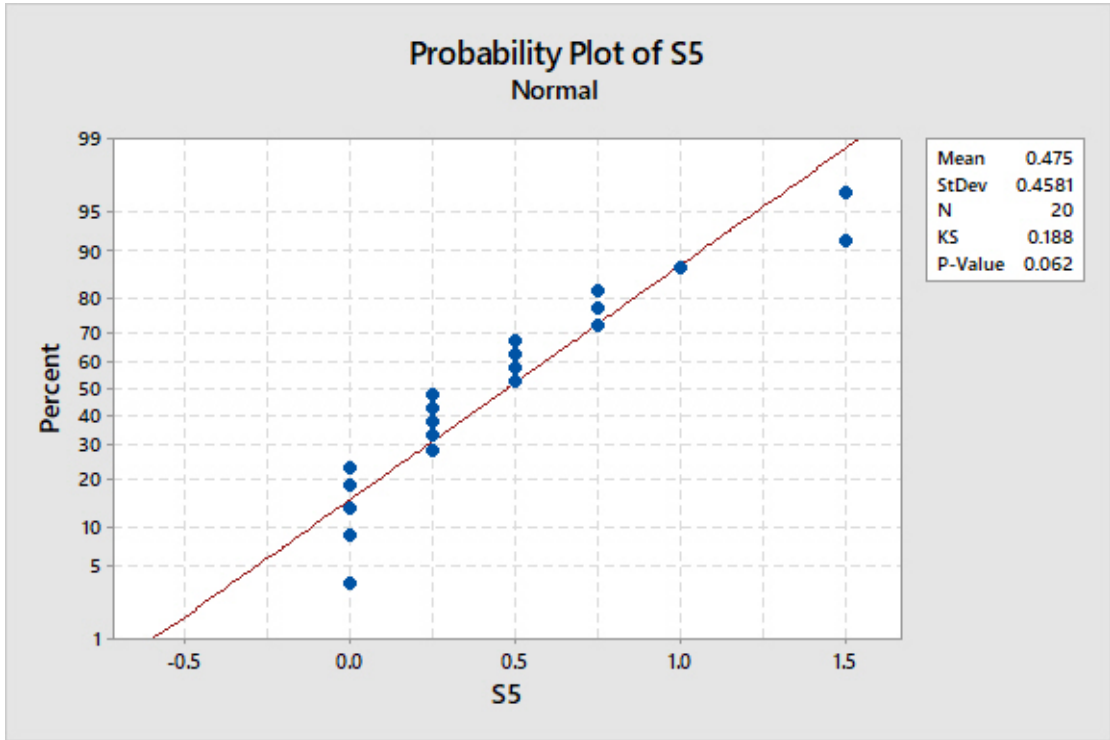


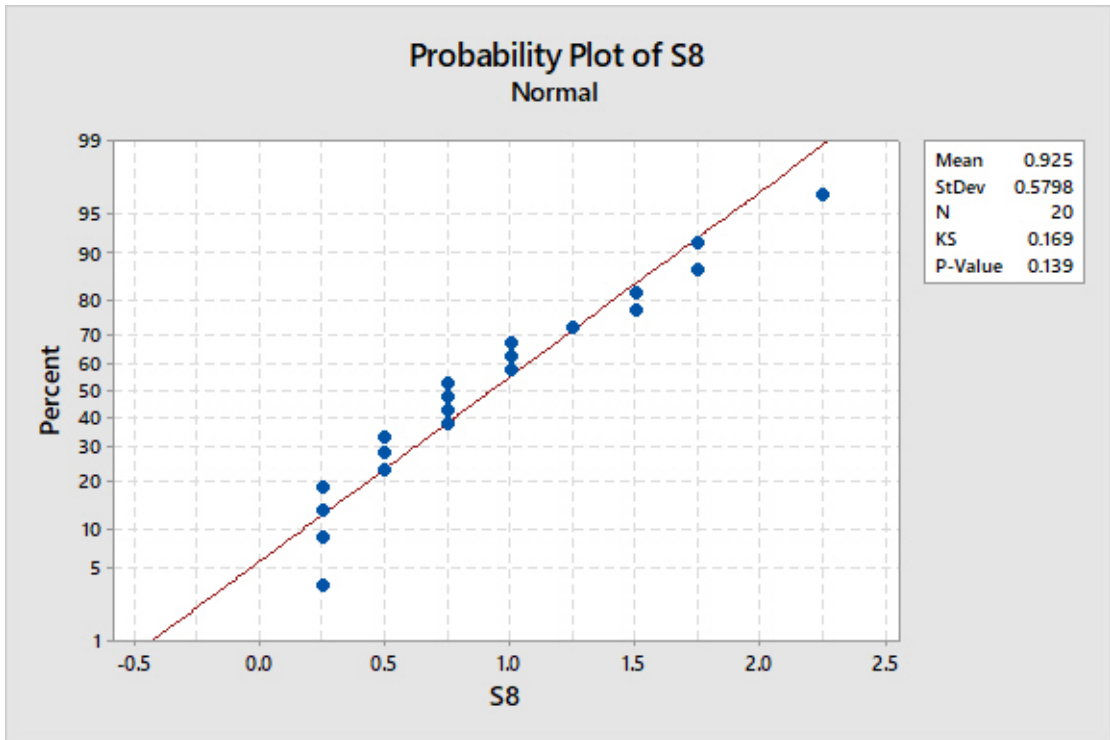
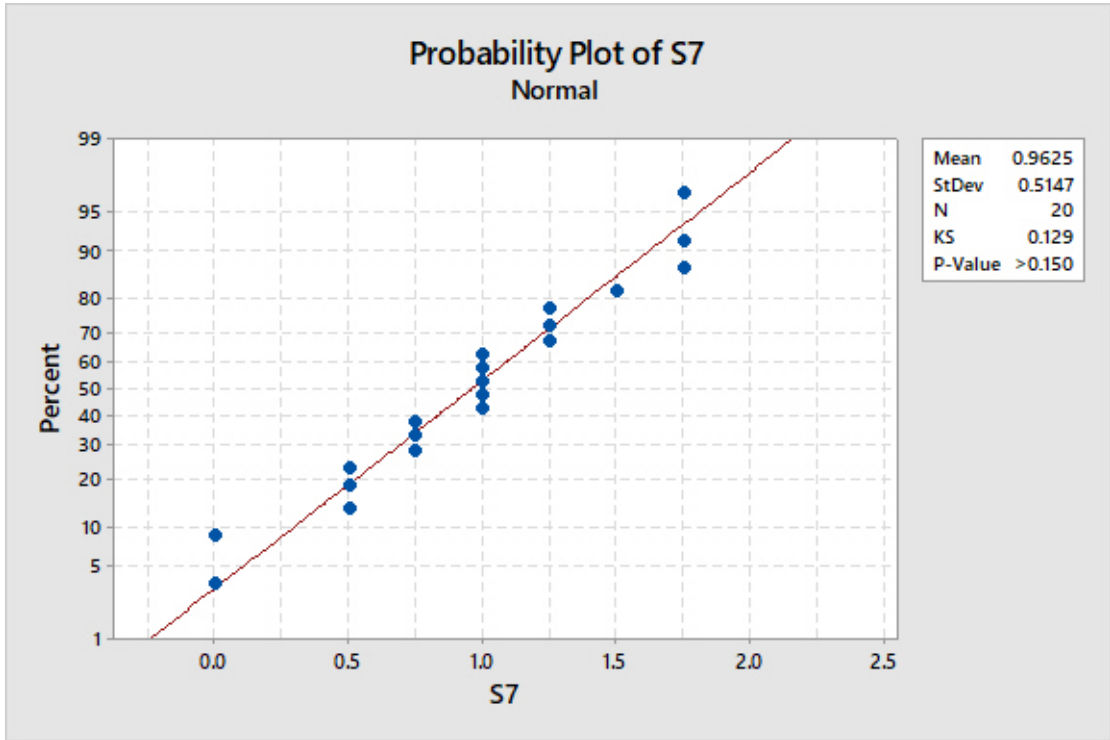


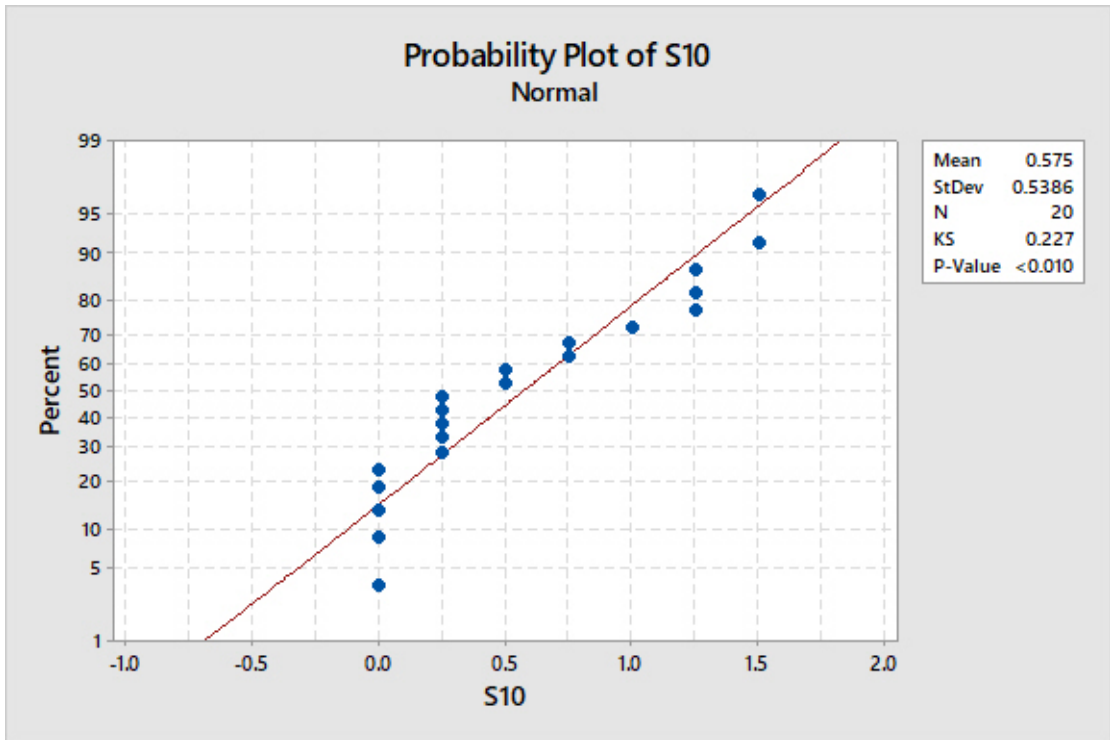
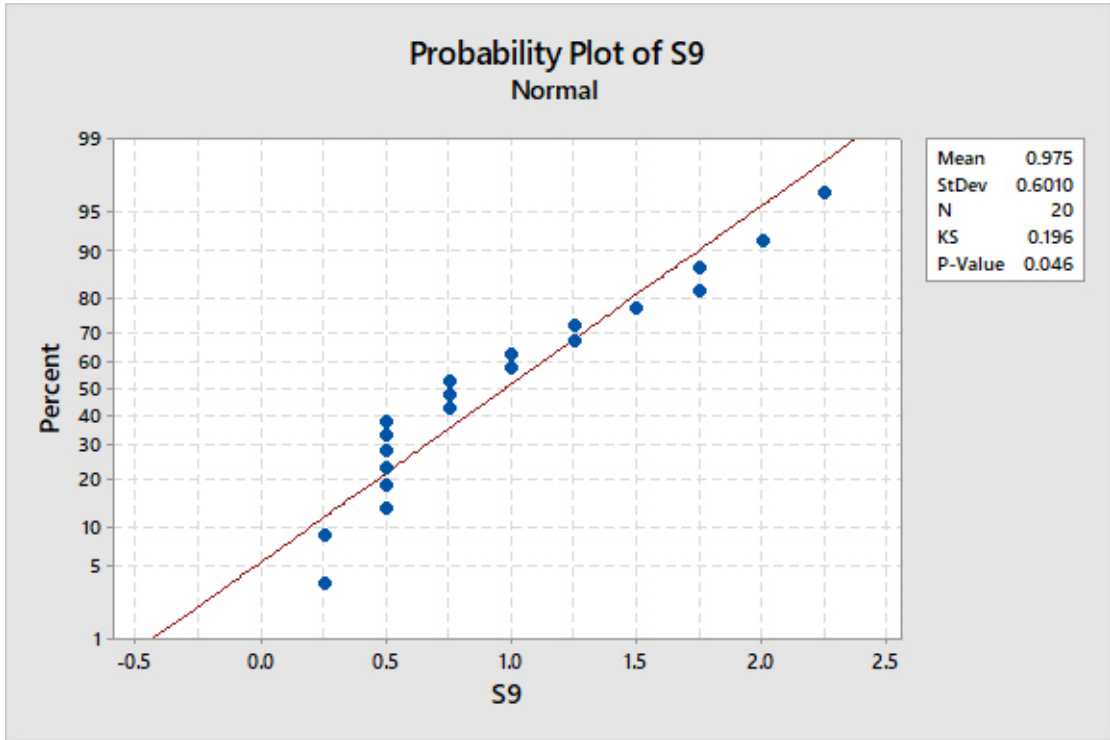


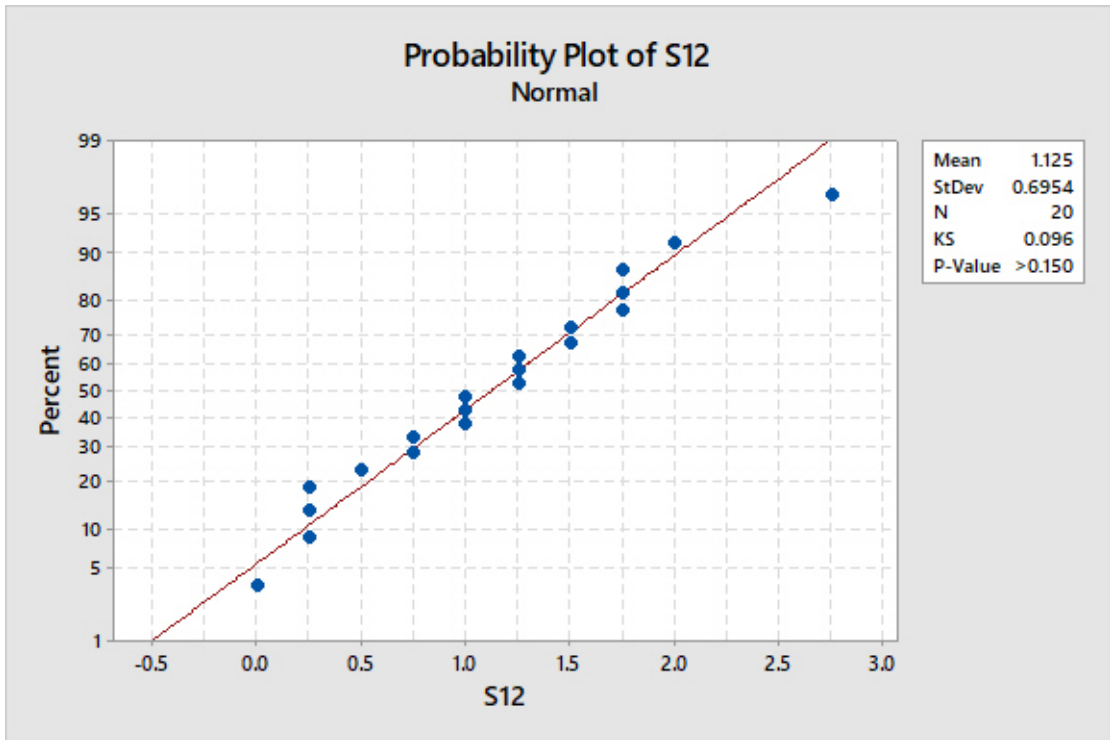
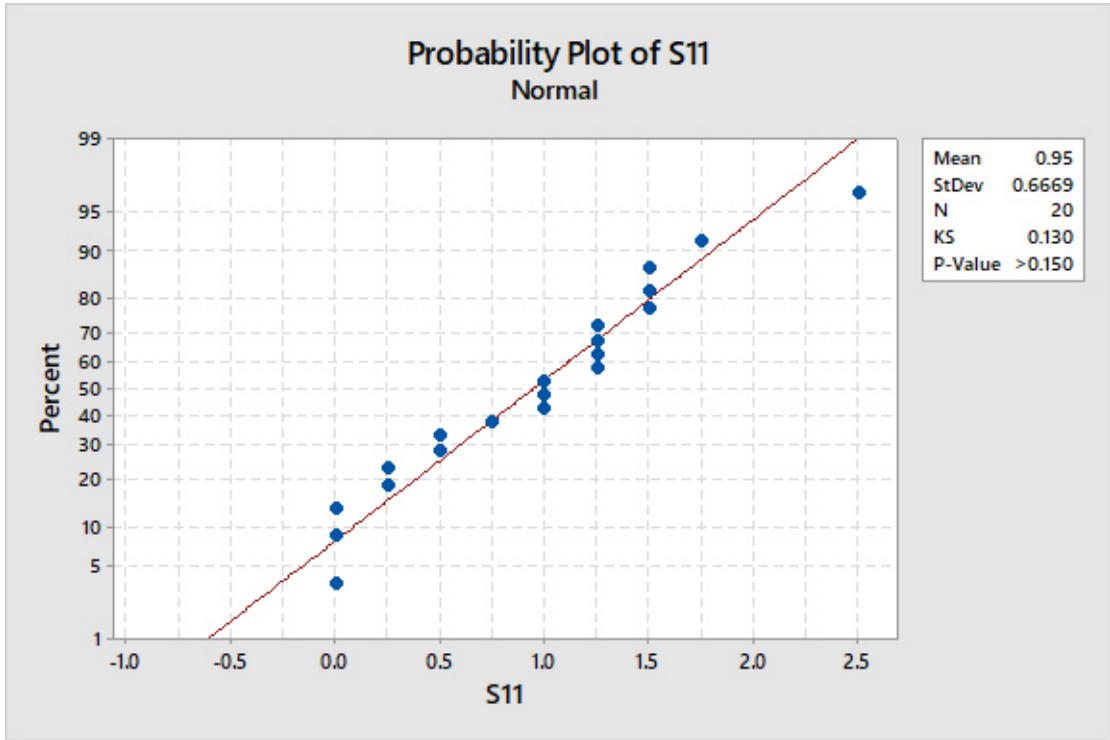


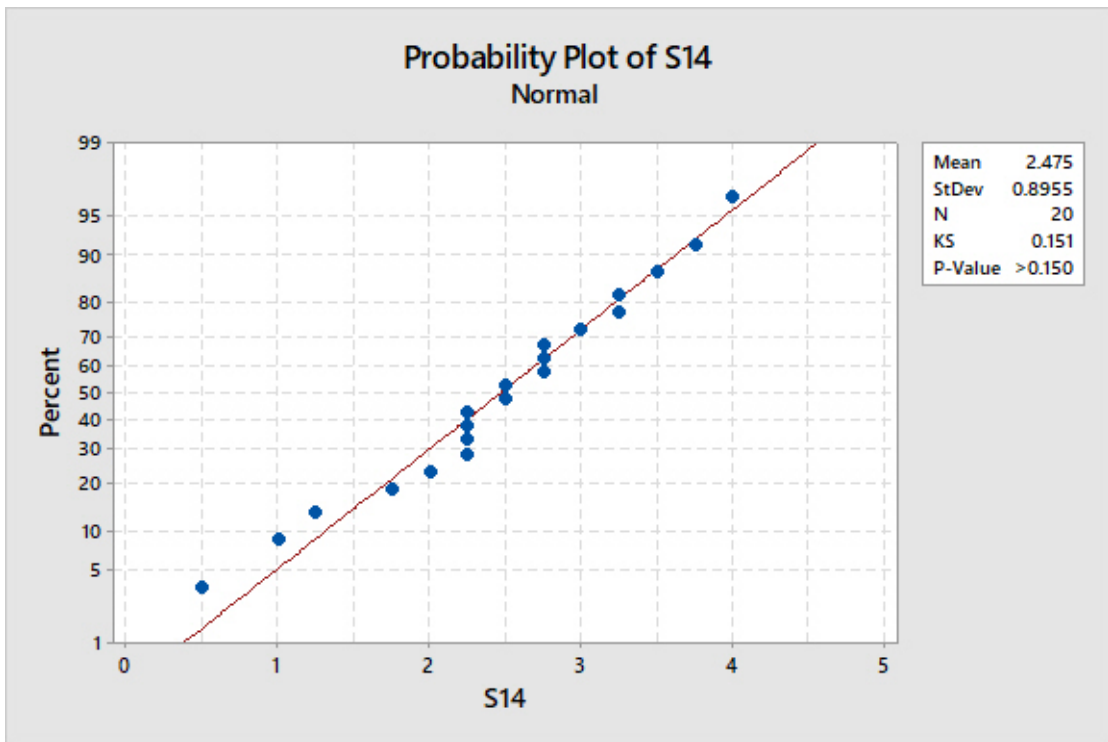
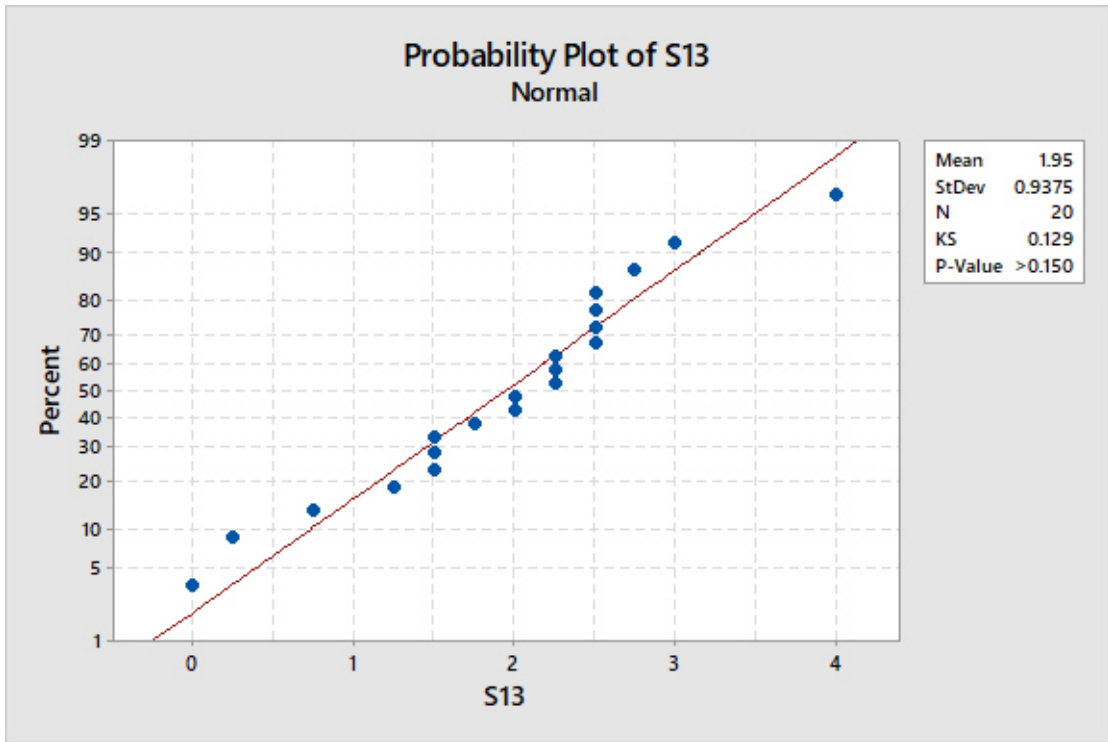




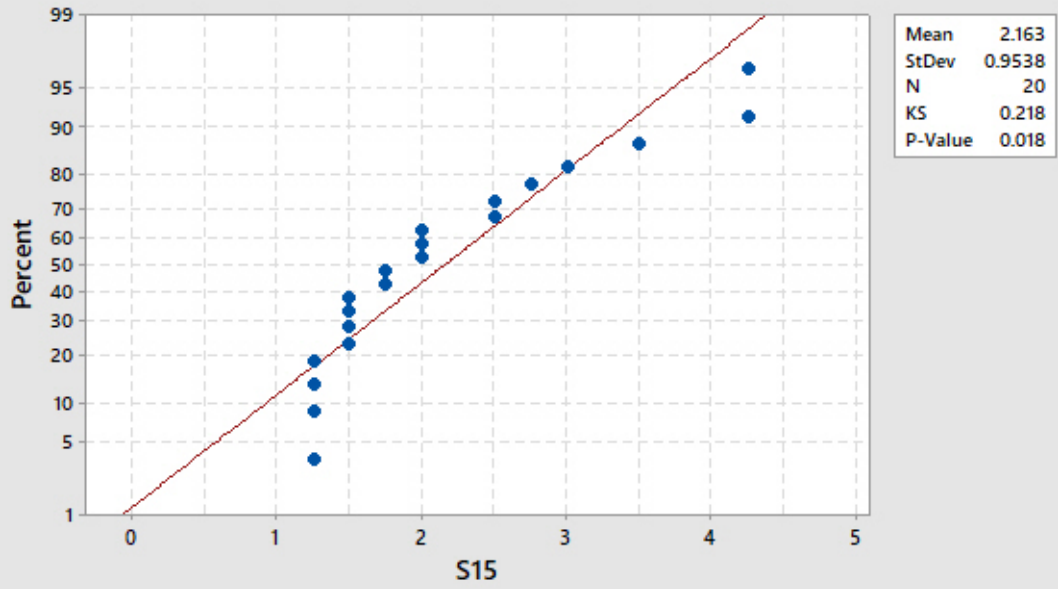




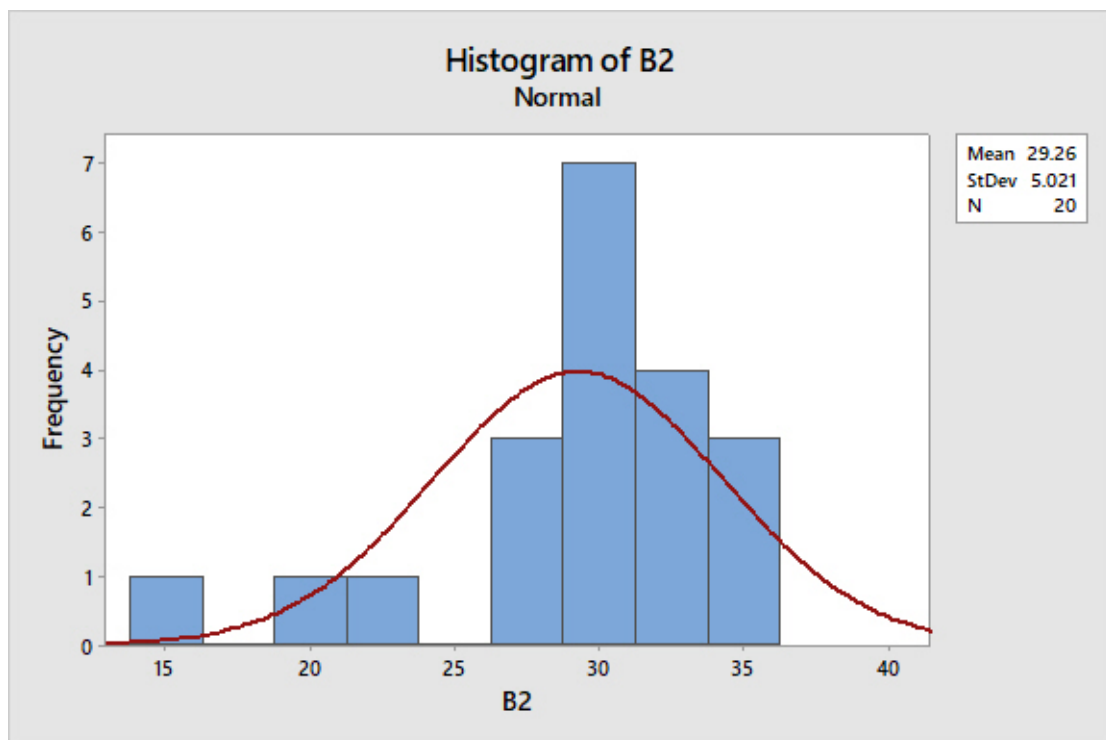
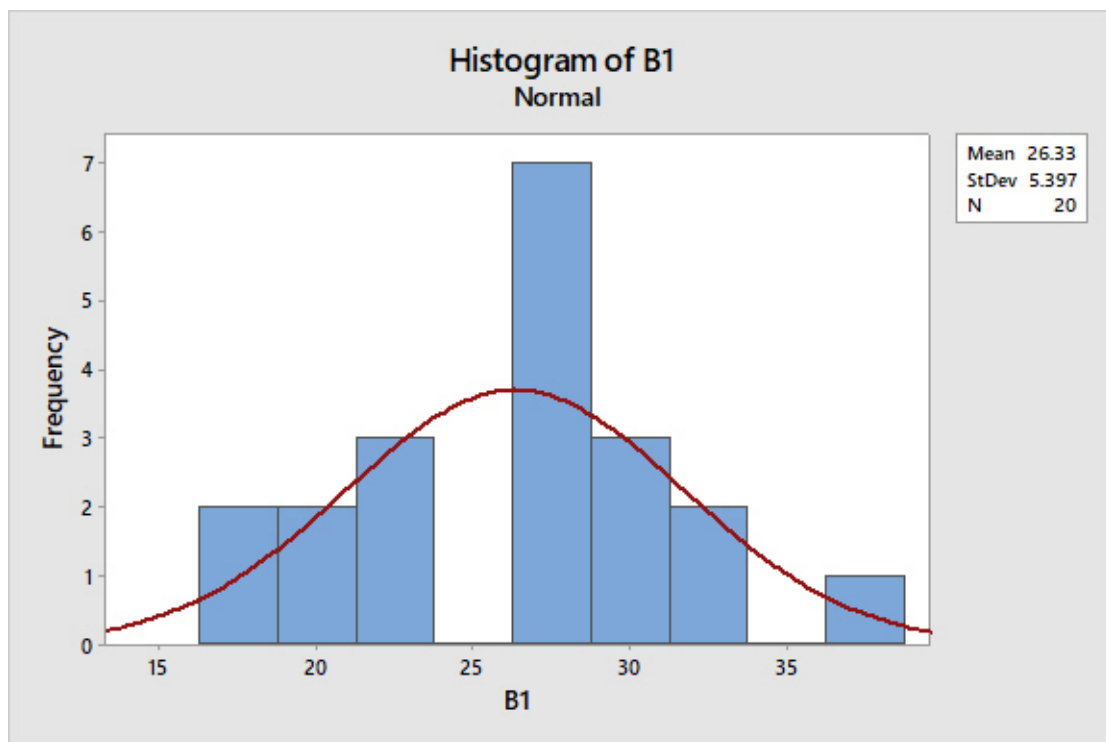


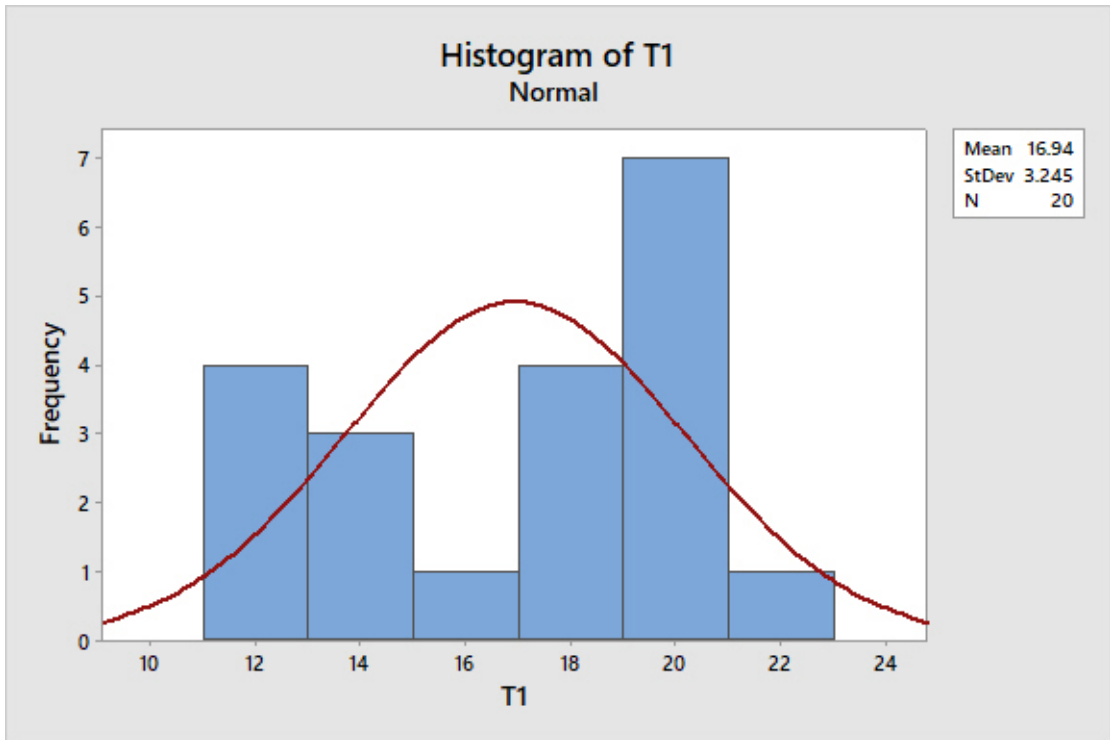
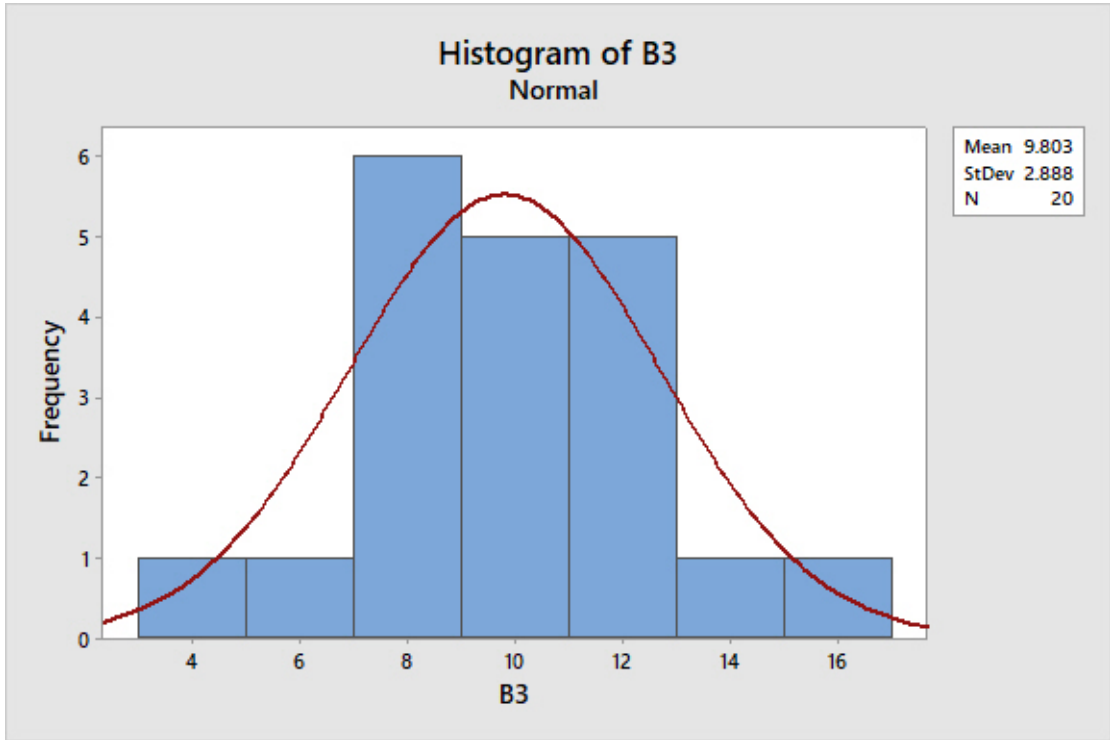


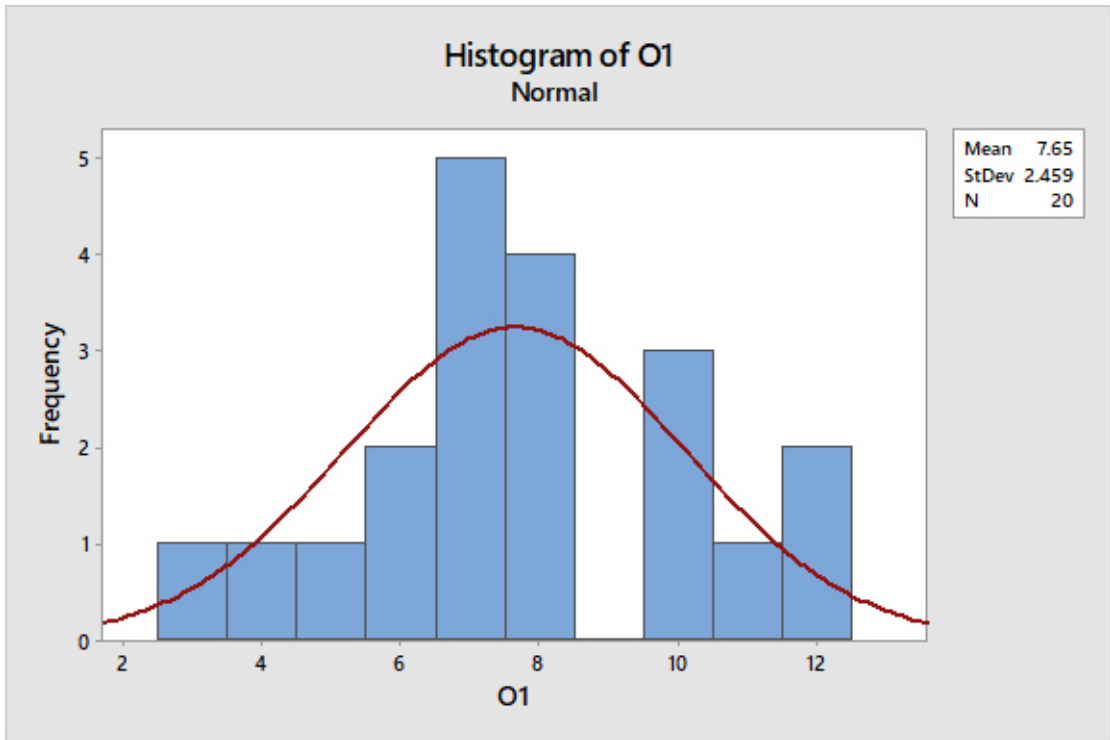
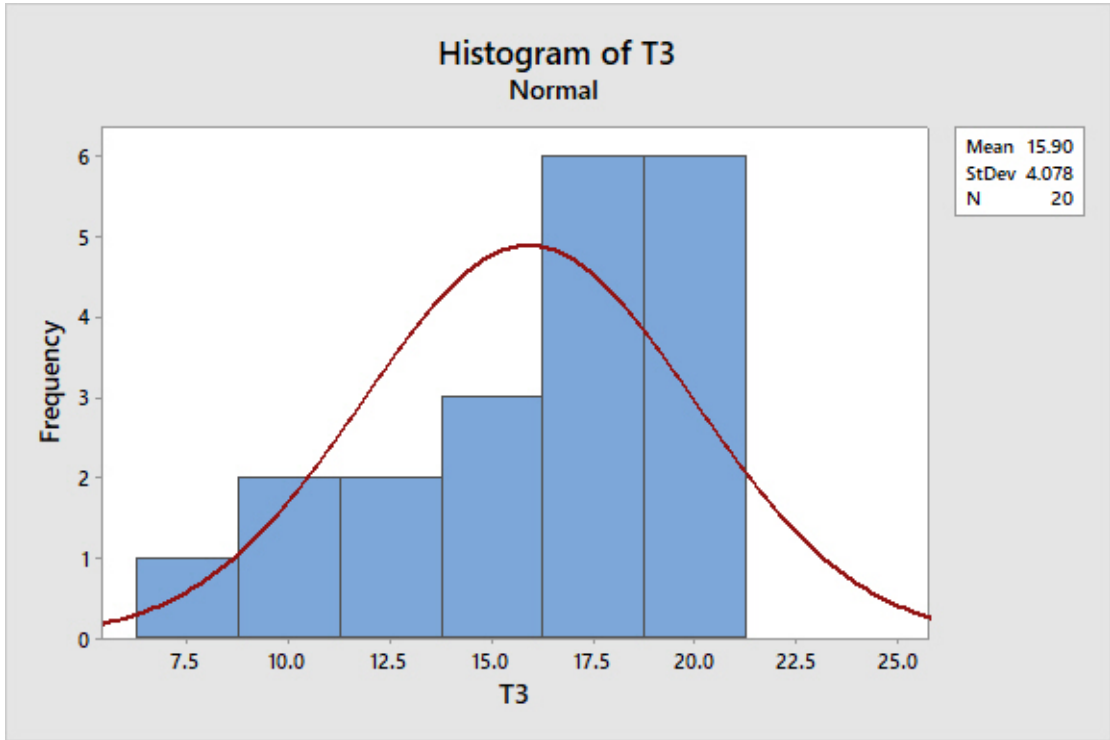
Probability Plot of S15
Normal

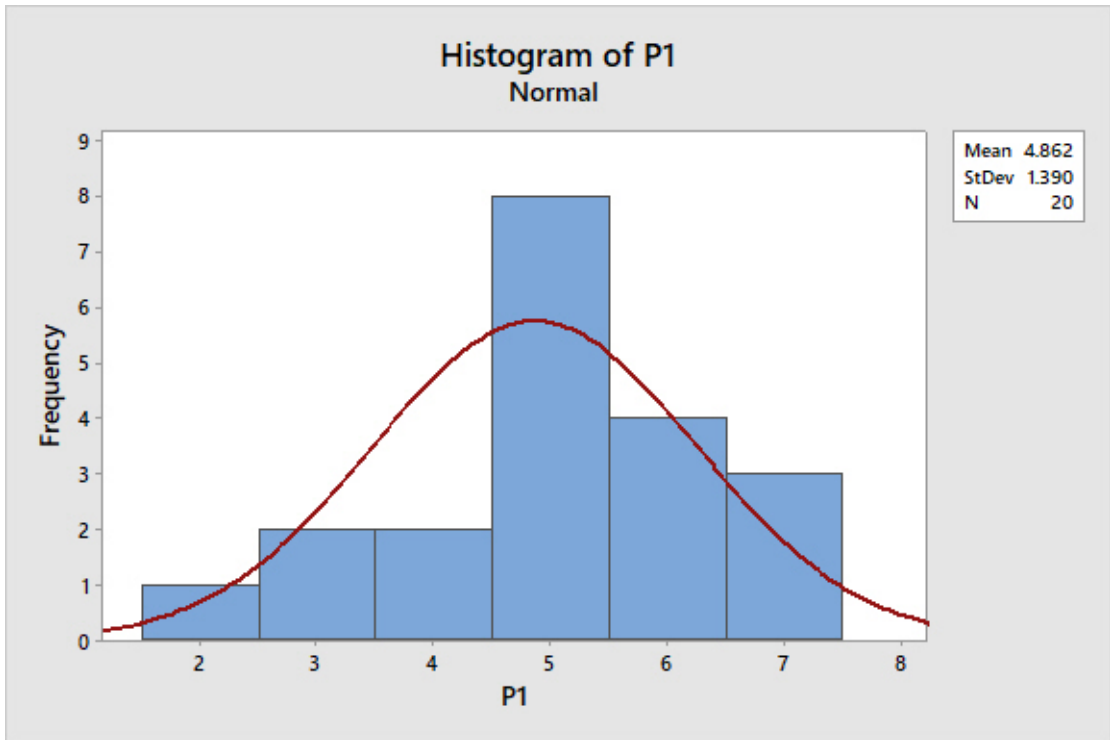
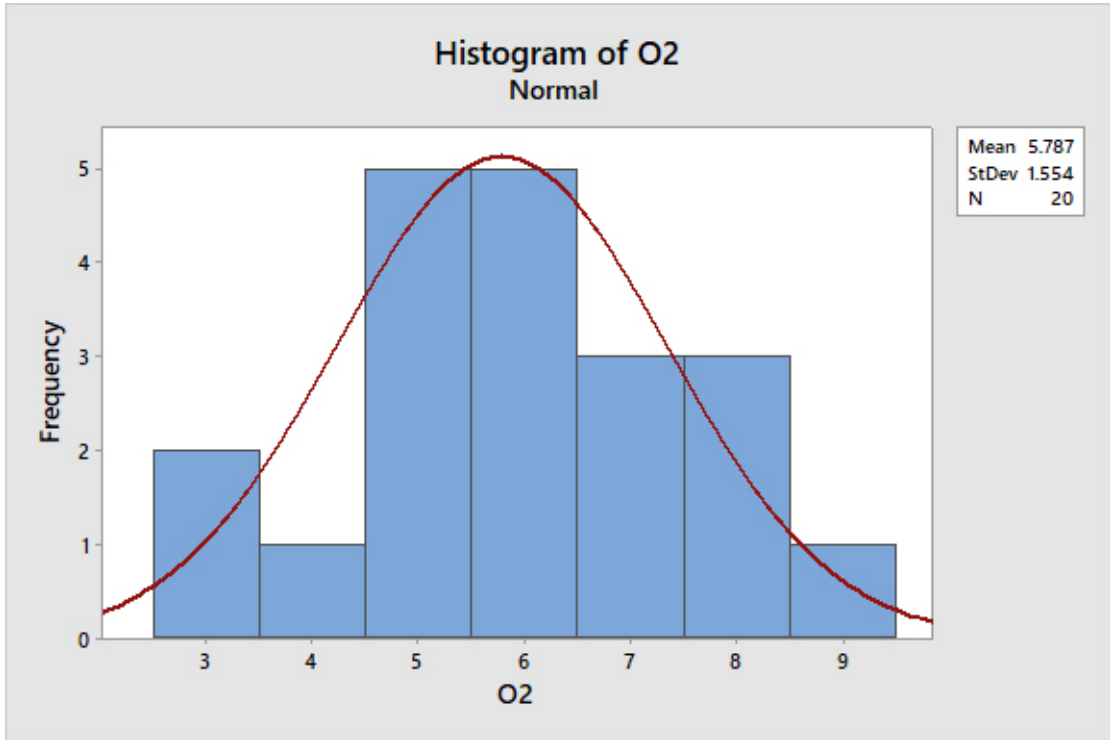


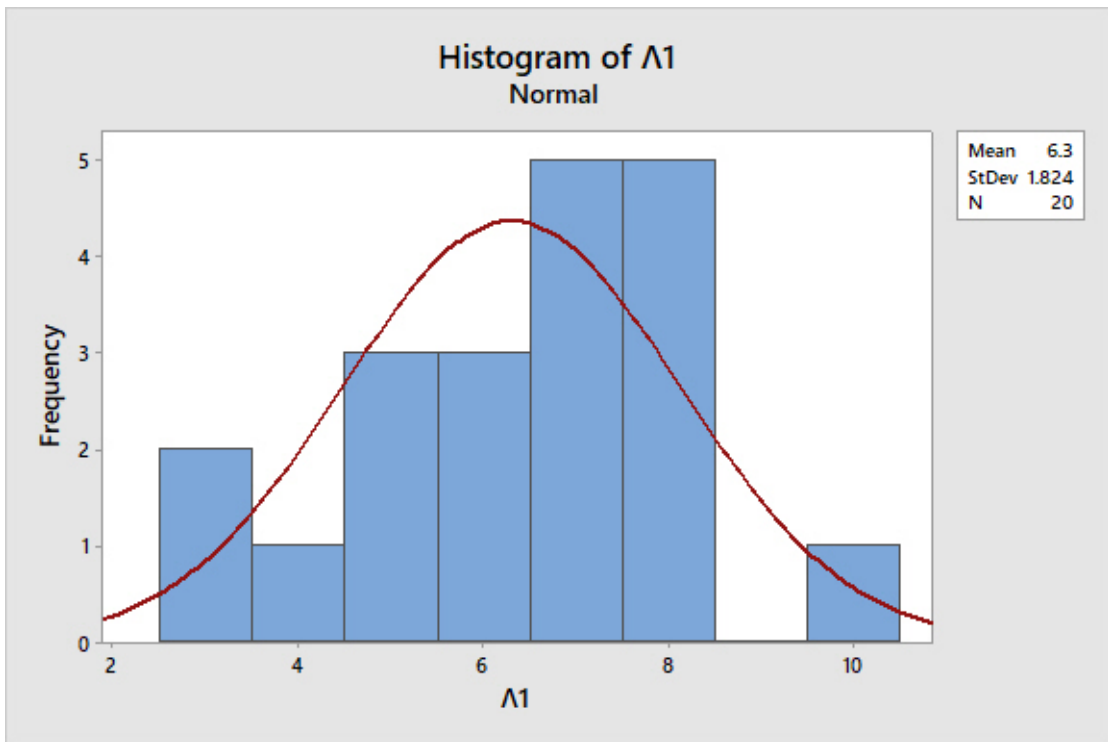
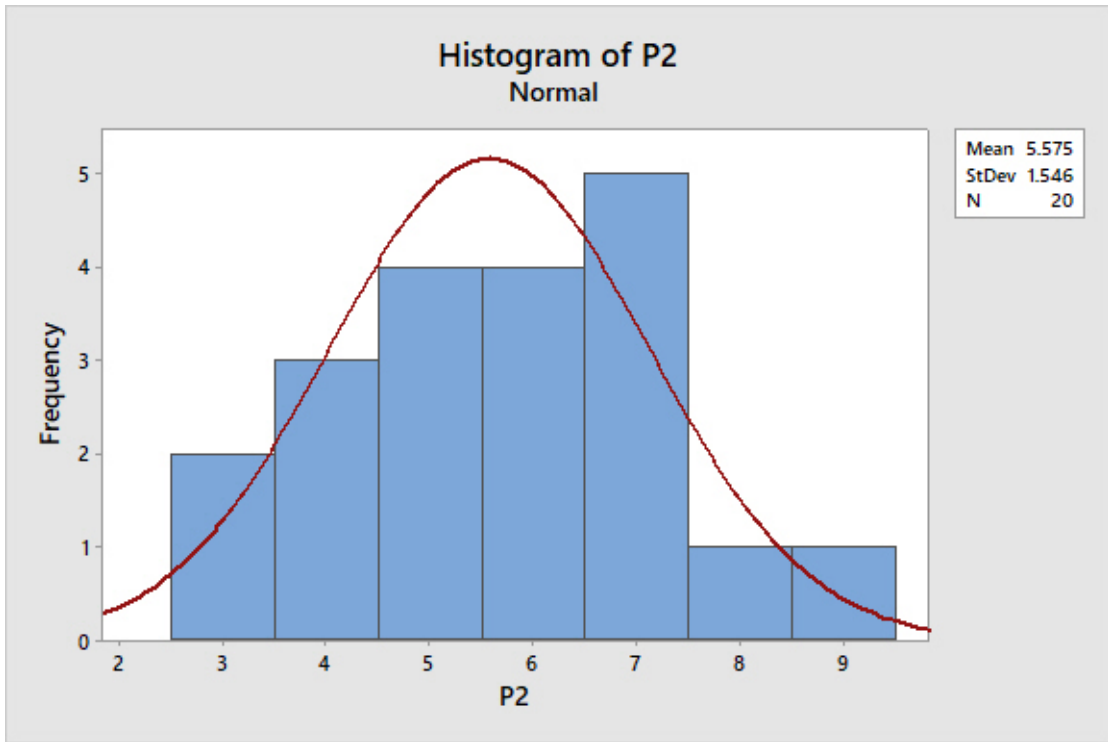
Ιστογράμματα κανονικής κατανομής

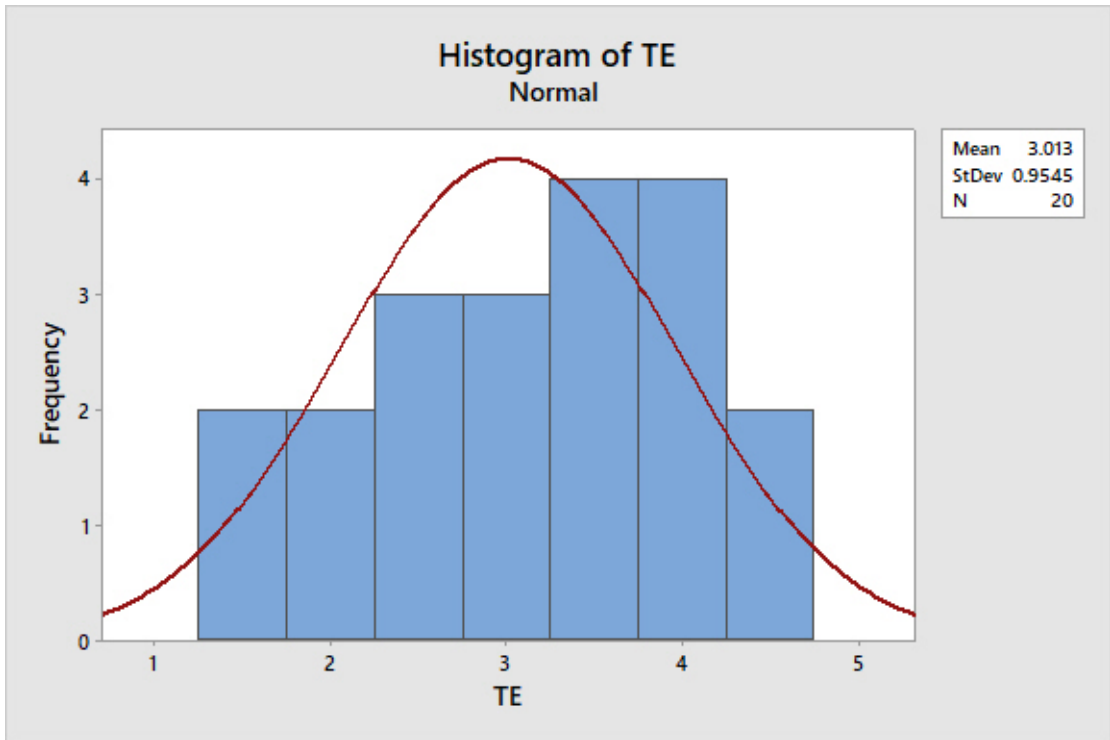
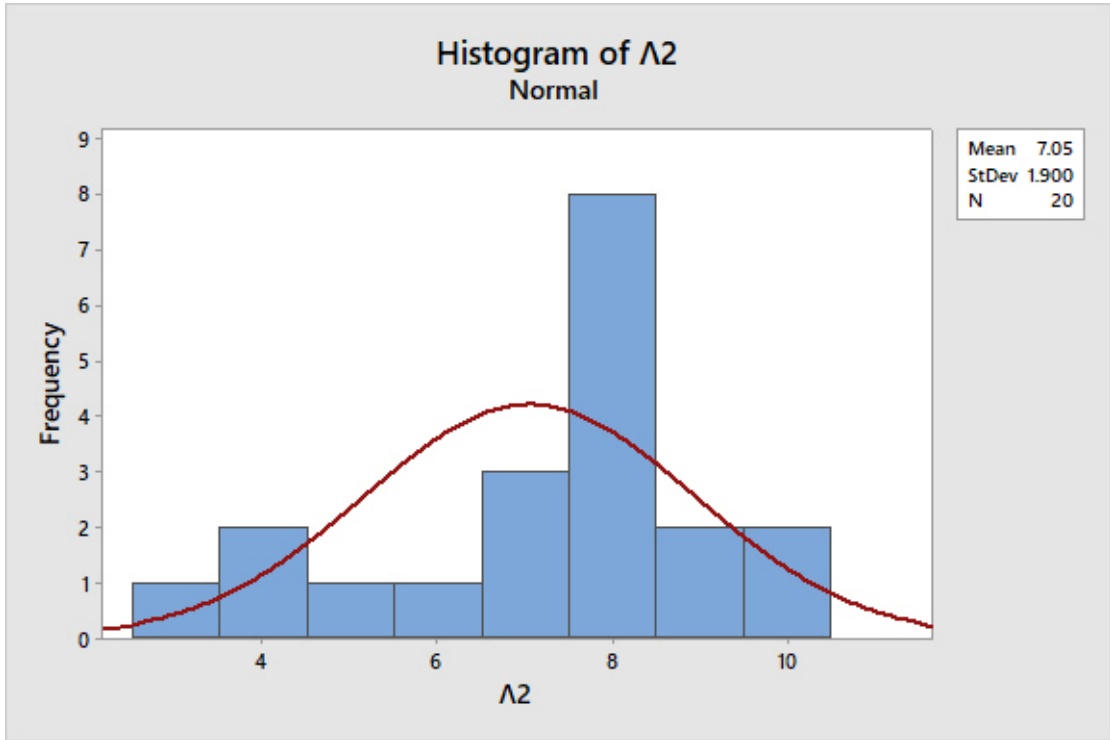


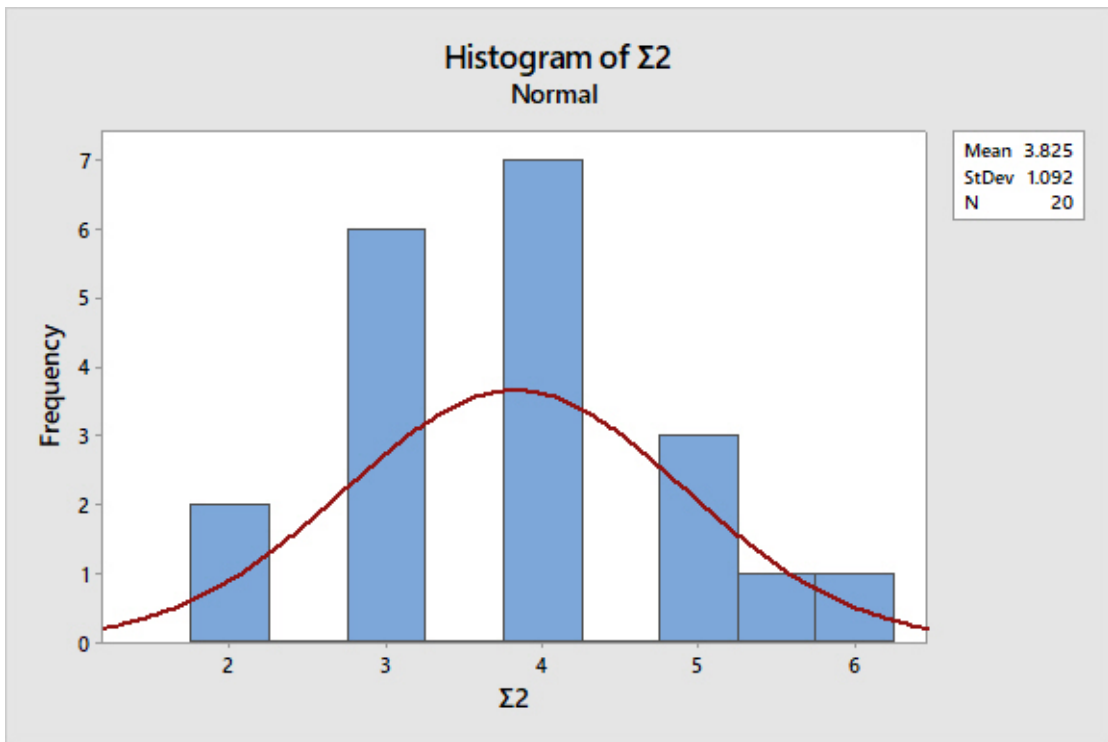
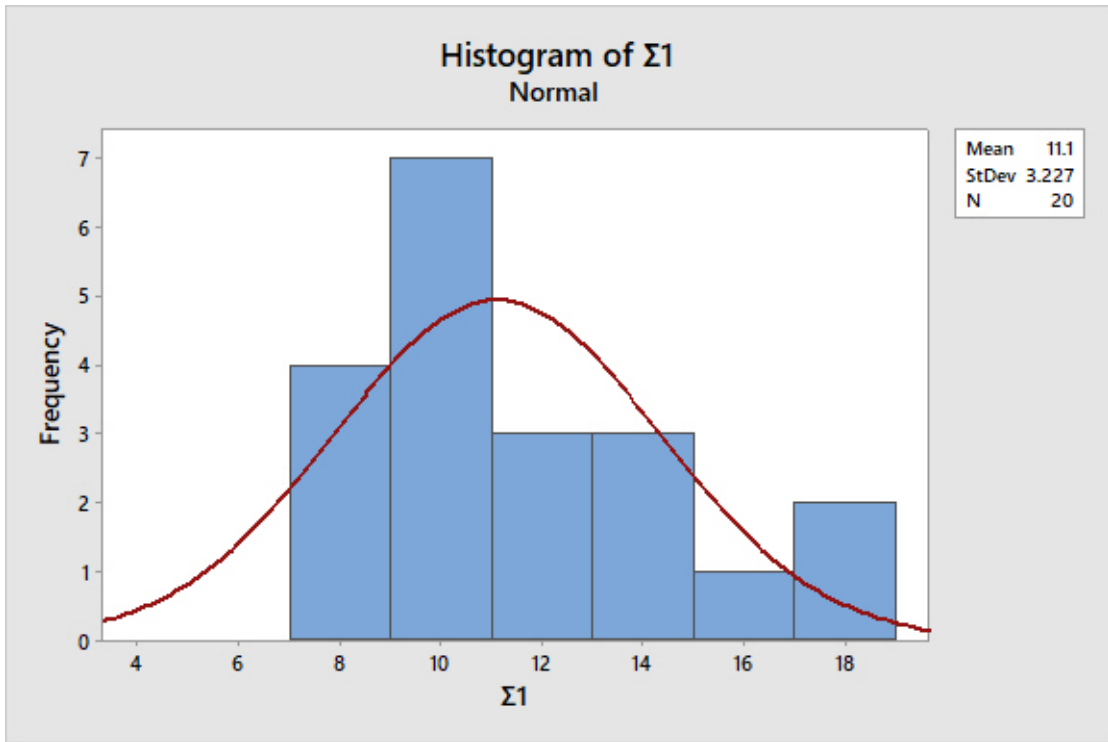




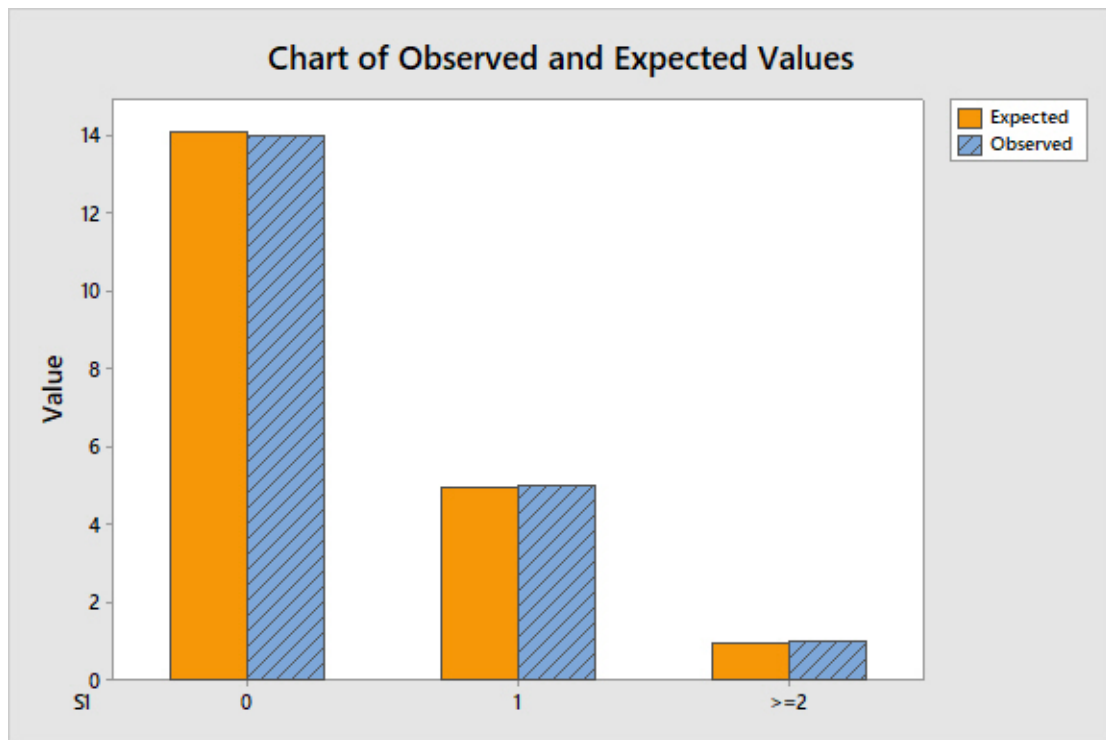








Έλεγχος Χ²



Poisson Goodness-of-Fit Test: S1

Descriptive Statistics

N	Mean
20	0.35

Observed and Expected Counts for S1

S1	Poisson Probability	Observed Count	Expected Count	Contribution to Chi-Square
0	0.704688	14	14.0938	0.0006238
1	0.246641	5	4.9328	0.0009150
>=2	0.048671	1	0.9734	0.0007257

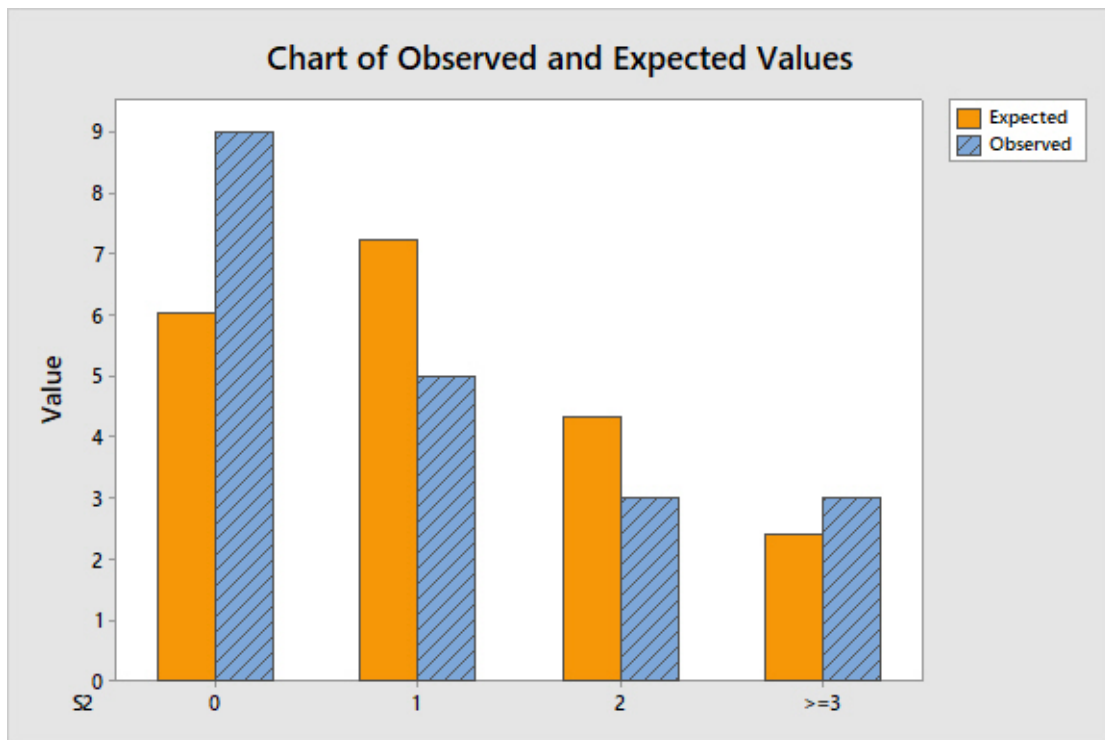
2 (66.67%) of the expected counts are less than 5.

Chi-Square Test

Null hypothesis H_0 : Data follow a Poisson distribution

Alternative hypothesis H_1 : Data do not follow a Poisson distribution

DF	Chi-Square	P-Value
1	0.0022645	0.962



Poisson Goodness-of-Fit Test: S2

Descriptive Statistics

N	Mean
20	1.2

Observed and Expected Counts for S2

S2	Poisson Probability	Observed Count	Expected Count	Contribution to Chi-Square
0	0.301194	9	6.02388	1.47036
1	0.361433	5	7.22866	0.68712
2	0.216860	3	4.33720	0.41227
>=3	0.120513	3	2.41026	0.14430

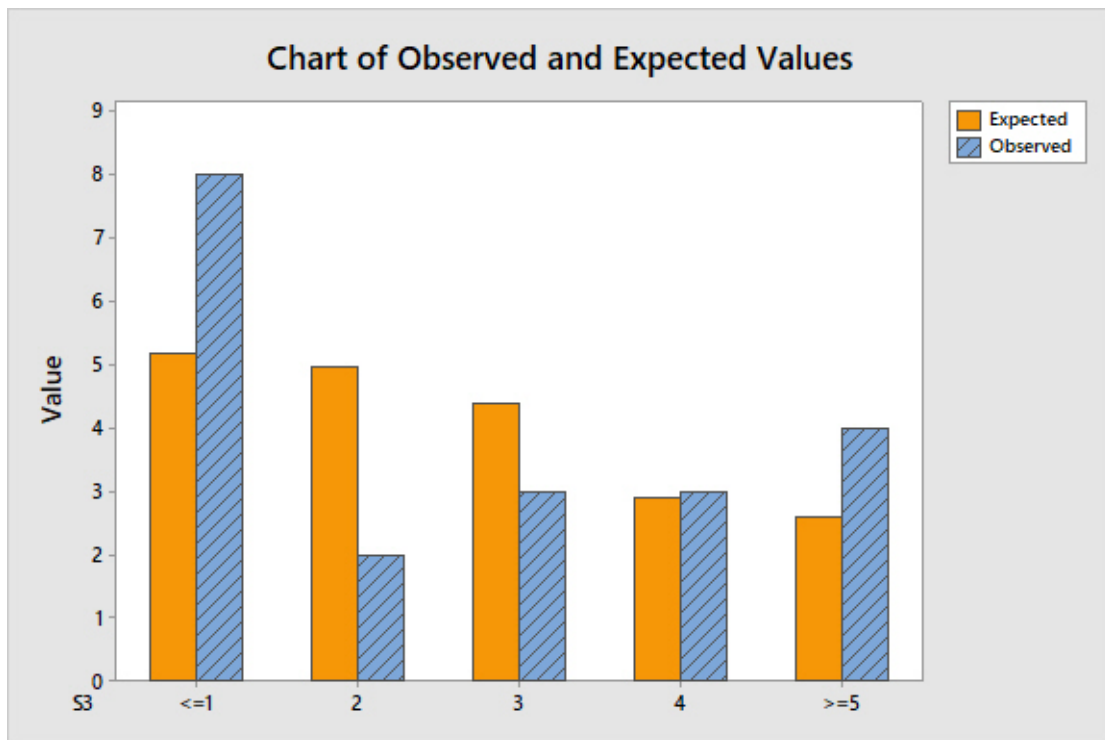
2 (50.00%) of the expected counts are less than 5.

Chi-Square Test

Null hypothesis H_0 : Data follow a Poisson distribution

Alternative hypothesis H_1 : Data do not follow a Poisson distribution

DF	Chi-Square	P-Value
2	2.71404	0.257



Poisson Goodness-of-Fit Test: S3

Descriptive Statistics

N	Mean
20	2.65

Observed and Expected Counts for S3

S3	Poisson Probability	Observed Count	Expected Count	Contribution to Chi-Square
<=1	0.257877	8	5.15754	1.56656
2	0.248074	2	4.96148	1.76769
3	0.219132	3	4.38264	0.43620
4	0.145175	3	2.90350	0.00321
>=5	0.129742	4	2.59484	0.76093

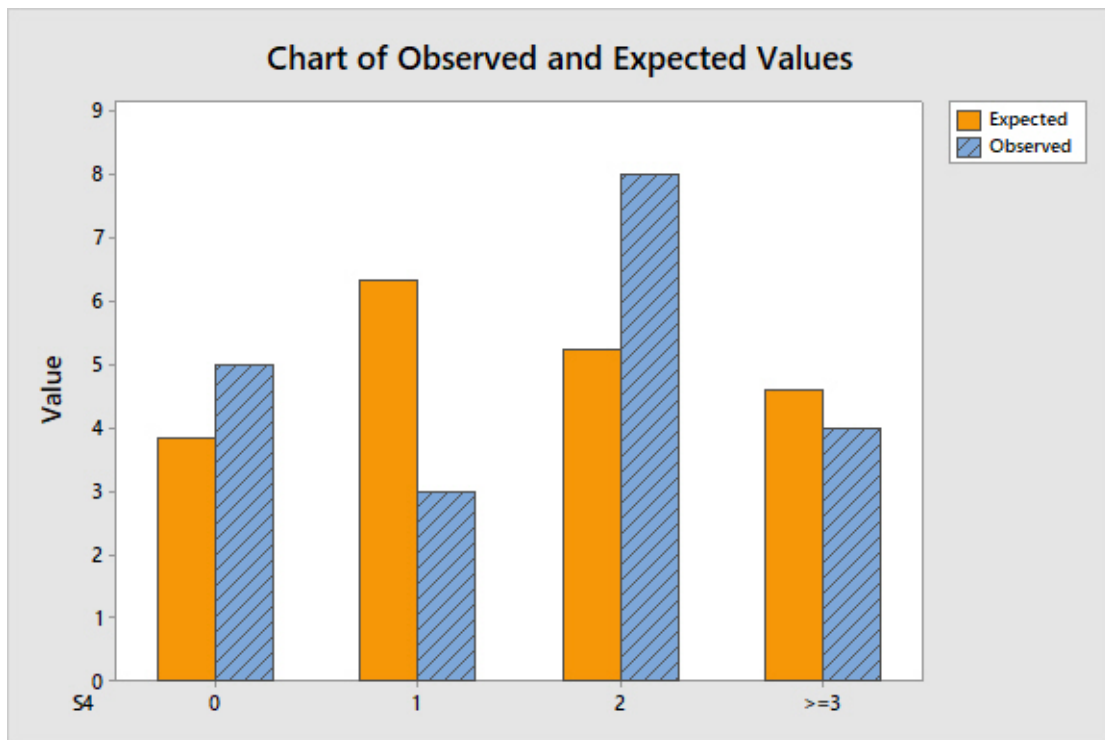
4 (80.00%) of the expected counts are less than 5.

Chi-Square Test

Null hypothesis H_0 : Data follow a Poisson distribution

Alternative hypothesis H_1 : Data do not follow a Poisson distribution

DF	Chi-Square	P-Value
3	4.53458	0.209



Poisson Goodness-of-Fit Test: S4

Descriptive Statistics

N	Mean
20	1.65

Observed and Expected Counts for S4

S4	Poisson Probability	Observed Count	Expected Count	Contribution to Chi-Square
0	0.192050	5	3.84100	0.34972
1	0.316882	3	6.33765	1.75773
2	0.261428	8	5.22856	1.46903
>=3	0.229640	4	4.59280	0.07651

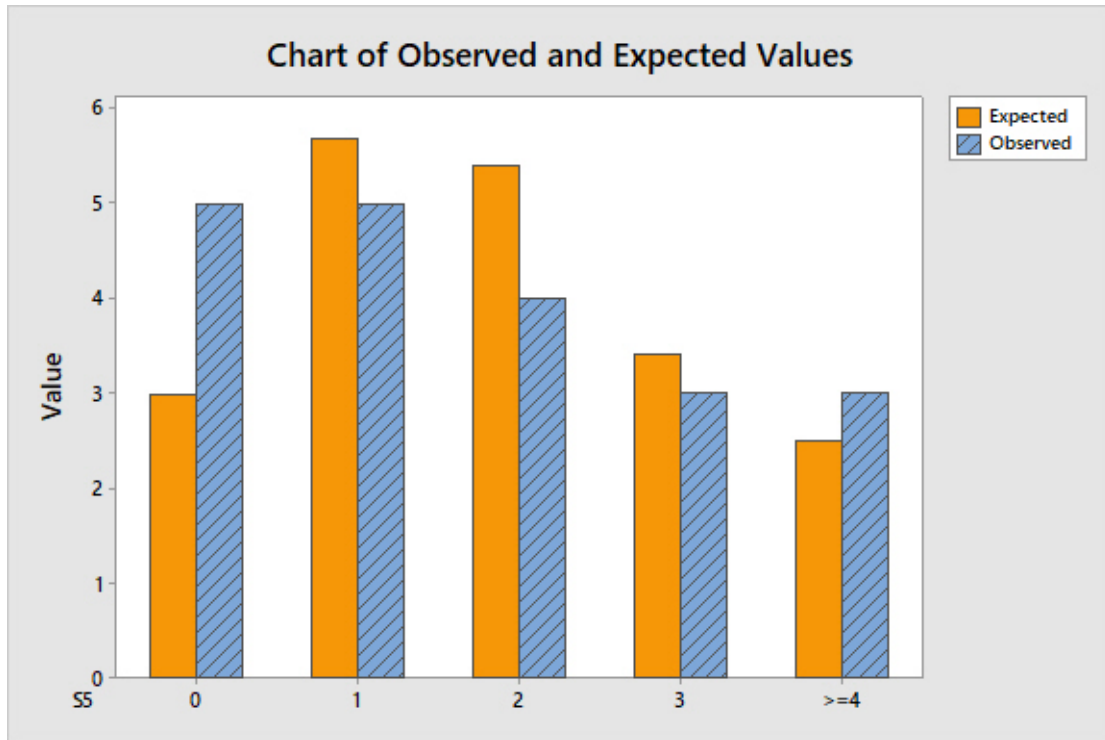
2 (50.00%) of the expected counts are less than 5.

Chi-Square Test

Null hypothesis H_0 : Data follow a Poisson distribution

Alternative hypothesis H_1 : Data do not follow a Poisson distribution

DF	Chi-Square	P-Value
2	3.65299	0.161



Poisson Goodness-of-Fit Test: S5

Descriptive Statistics

N	Mean
20	1.9

Observed and Expected Counts for S5

S5	Poisson Probability	Observed Count	Expected Count	Contribution to Chi-Square
0	0.149569	5	2.99137	1.34874
1	0.284180	5	5.68361	0.08222
2	0.269971	4	5.39943	0.36270
3	0.170982	3	3.41964	0.05150
>=4	0.125298	3	2.50596	0.09740

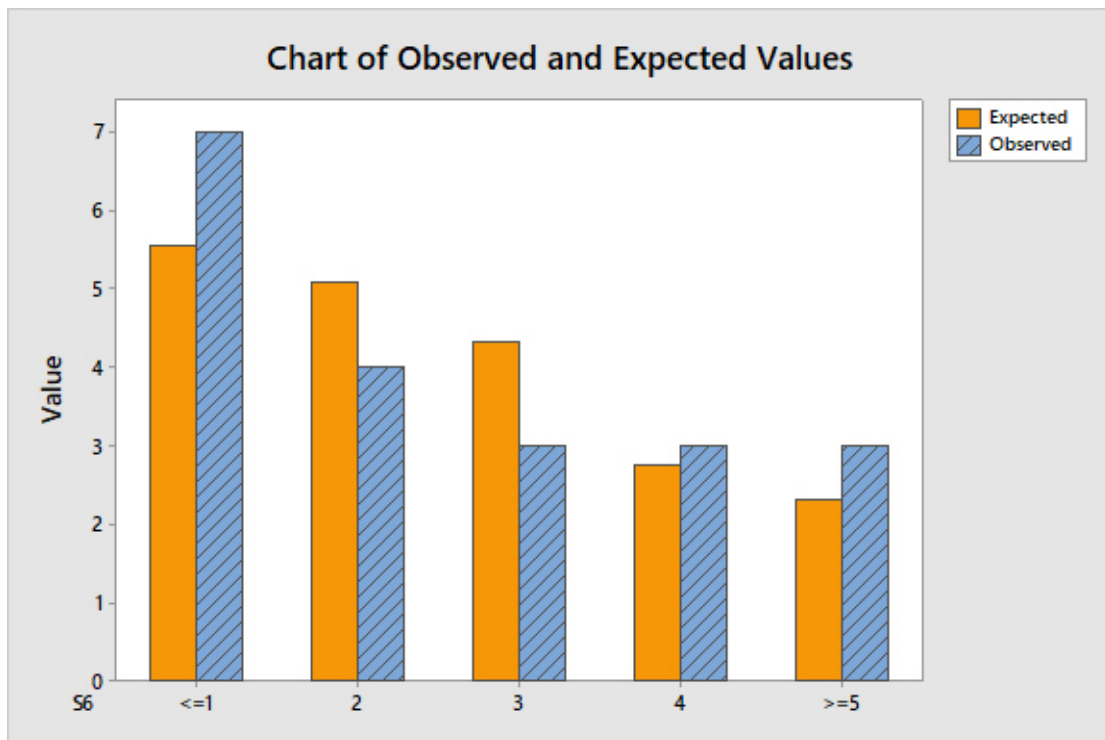
3 (60.00%) of the expected counts are less than 5.

Chi-Square Test

Null hypothesis H_0 : Data follow a Poisson distribution

Alternative hypothesis H_1 : Data do not follow a Poisson distribution

DF	Chi-Square	P-Value
3	1.94256	0.584



Poisson Goodness-of-Fit Test: S6

Descriptive Statistics

N	Mean
20	2.55

Observed and Expected Counts for S6

S6	Poisson Probability	Observed Count	Expected Count	Contribution to Chi-Square
<=1	0.277190	7	5.54380	0.382504
2	0.253863	4	5.07726	0.228566
3	0.215784	3	4.31567	0.401094
4	0.137562	3	2.75124	0.022492
>=5	0.115601	3	2.31203	0.204713

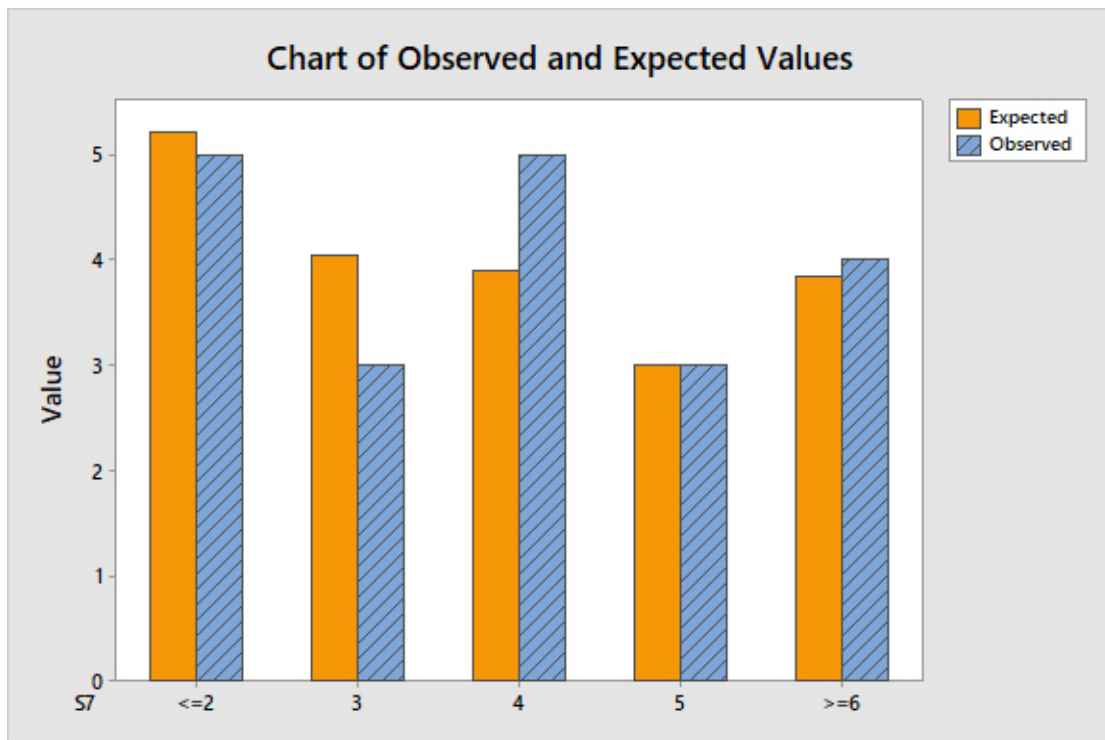
3 (60.00%) of the expected counts are less than 5.

Chi-Square Test

Null hypothesis H_0 : Data follow a Poisson distribution

Alternative hypothesis H_1 : Data do not follow a Poisson distribution

DF	Chi-Square	P-Value
3	1.23937	0.744



Poisson Goodness-of-Fit Test: S7

Descriptive Statistics

N	Mean
20	3.85

Observed and Expected Counts for S7

S7	Poisson Probability	Observed Count	Expected Count	Contribution to Chi-Square
<=2	0.260916	5	5.21832	0.009134
3	0.202394	3	4.04788	0.271264
4	0.194804	5	3.89608	0.312786
5	0.149999	3	2.99998	0.000000
>=6	0.191887	4	3.83774	0.006861

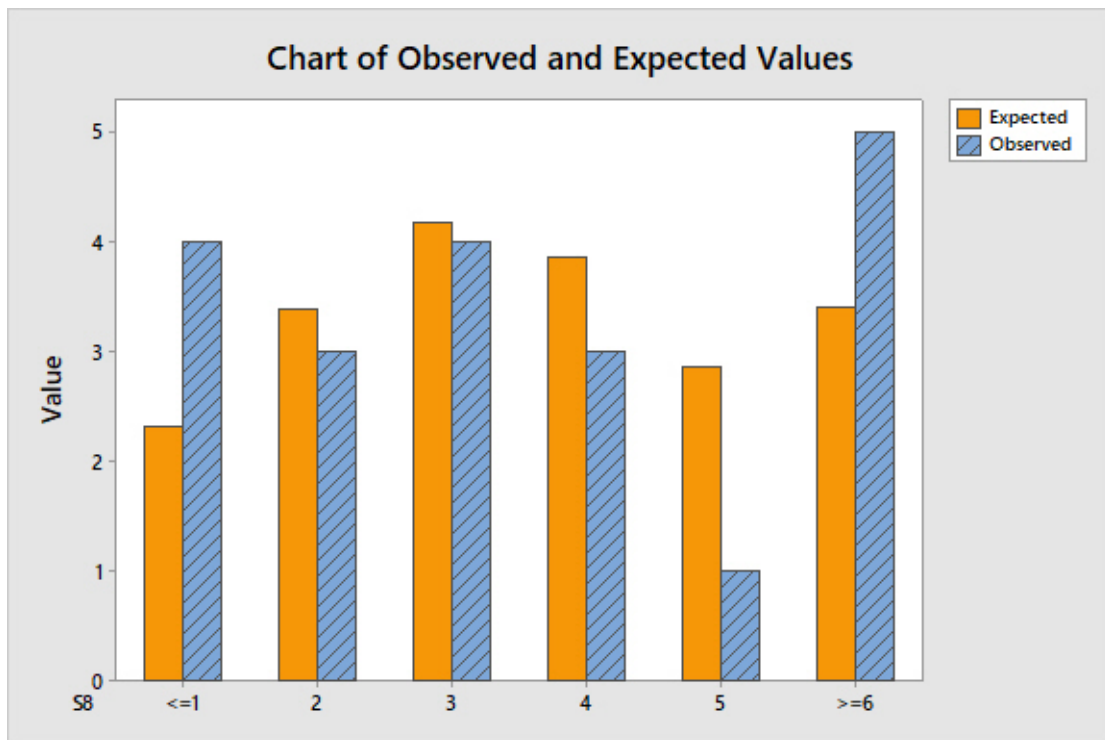
4 (80.00%) of the expected counts are less than 5.

Chi-Square Test

Null hypothesis H_0 : Data follow a Poisson distribution

Alternative hypothesis H_1 : Data do not follow a Poisson distribution

DF	Chi-Square	P-Value
3	0.600045	0.896



Poisson Goodness-of-Fit Test: S8

Descriptive Statistics

N	Mean
20	3.7

Observed and Expected Counts for S8

S8	Poisson Probability	Observed Count	Expected Count	Contribution to Chi-Square
<=1	0.116201	4	2.32401	1.20866
2	0.169233	3	3.38465	0.04371
3	0.208720	4	4.17440	0.00729
4	0.193066	3	3.86132	0.19213
5	0.142869	1	2.85738	1.20735
>=6	0.169912	5	3.39823	0.75500

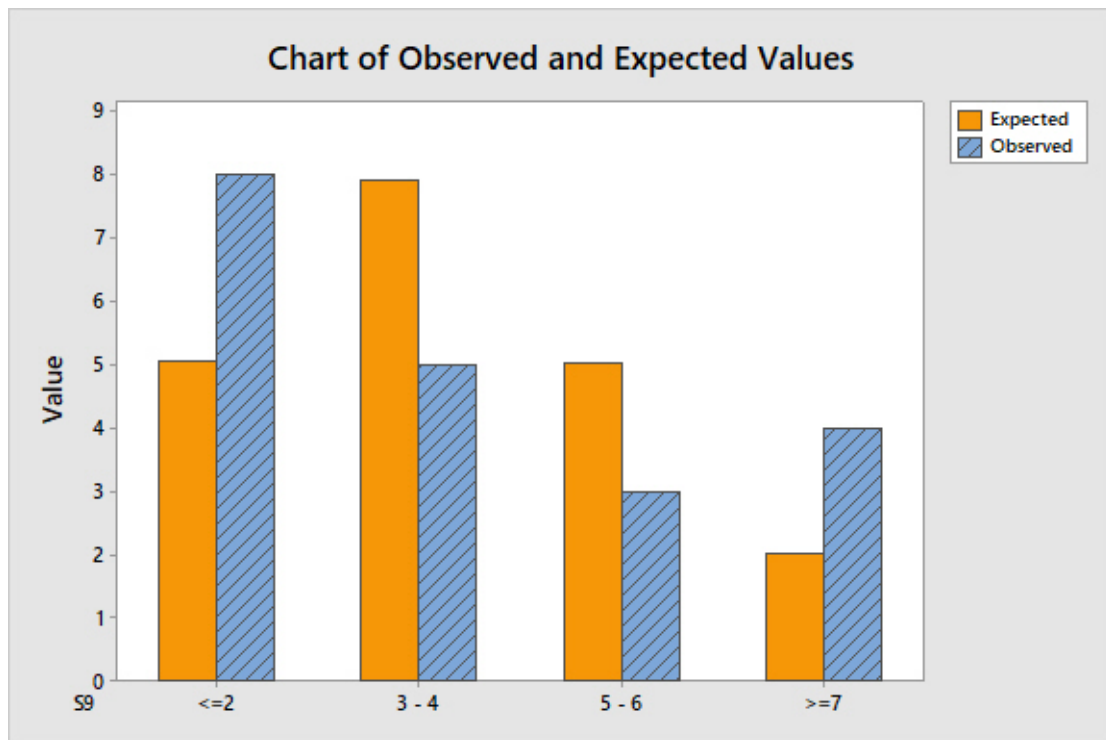
6 (100.00%) of the expected counts are less than 5.

Chi-Square Test

Null hypothesis H_0 : Data follow a Poisson distribution

Alternative hypothesis H_1 : Data do not follow a Poisson distribution

DF	Chi-Square	P-Value
4	3.41414	0.491



Poisson Goodness-of-Fit Test: S9

Descriptive Statistics

N	Mean
20	3.9

Observed and Expected Counts for S9

S9	Poisson Probability	Observed Count	Expected Count	Contribution to Chi-Square
<=2	0.253125	8	5.06250	1.70447
3 - 4	0.395240	5	7.90481	1.06744
5 - 6	0.251118	3	5.02235	0.81434
>=7	0.100517	4	2.01034	1.96919

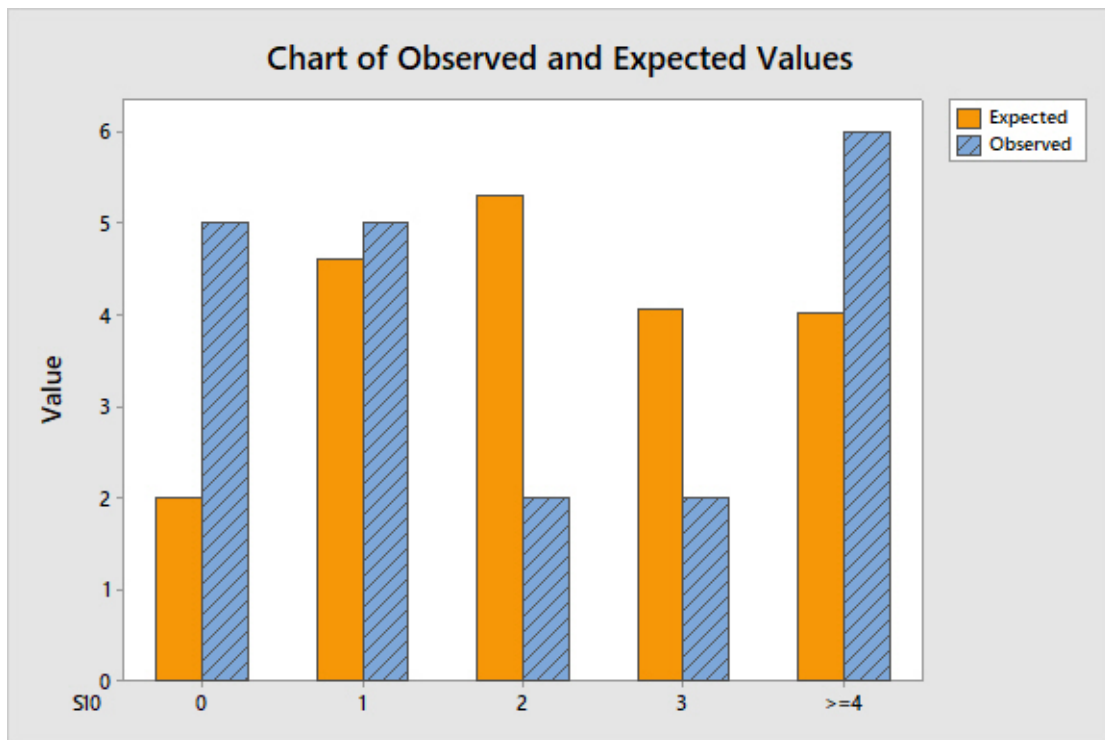
1 (25.00%) of the expected counts are less than 5.

Chi-Square Test

Null hypothesis H_0 : Data follow a Poisson distribution

Alternative hypothesis H_1 : Data do not follow a Poisson distribution

DF	Chi-Square	P-Value
2	5.55545	0.062



Poisson Goodness-of-Fit Test: S10

Descriptive Statistics

N	Mean
20	2.3

Observed and Expected Counts for S10

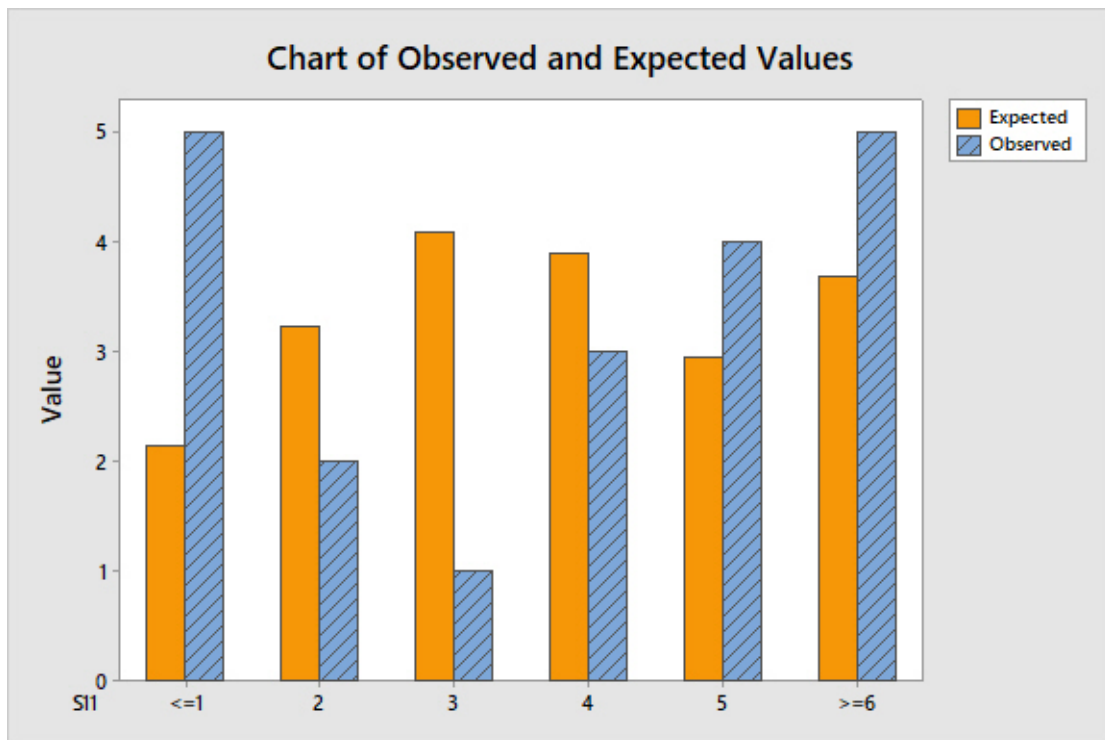
S10	Poisson Probability	Observed Count	Expected Count	Contribution to Chi-Square
0	0.100259	5	2.00518	4.47290
1	0.230595	5	4.61191	0.03266
2	0.265185	2	5.30369	2.05788
3	0.203308	2	4.06616	1.04989
>=4	0.200653	6	4.01306	0.98377

4 (80.00%) of the expected counts are less than 5.

Chi-Square Test

Null hypothesis H_0 : Data follow a Poisson distribution
 Alternative hypothesis H_1 : Data do not follow a Poisson distribution

DF	Chi-Square	P-Value
3	8.59711	0.035



Poisson Goodness-of-Fit Test: S11

Descriptive Statistics

N	Mean
20	3.8

Observed and Expected Counts for S11

S11	Poisson Probability	Observed Count	Expected Count	Contribution to Chi-Square
<=1	0.107380	5	2.14759	3.78853
2	0.161517	2	3.23034	0.46860
3	0.204588	1	4.09176	2.33616
4	0.194359	3	3.88718	0.20248
5	0.147713	4	2.95425	0.37017
>=6	0.184444	5	3.68887	0.46601

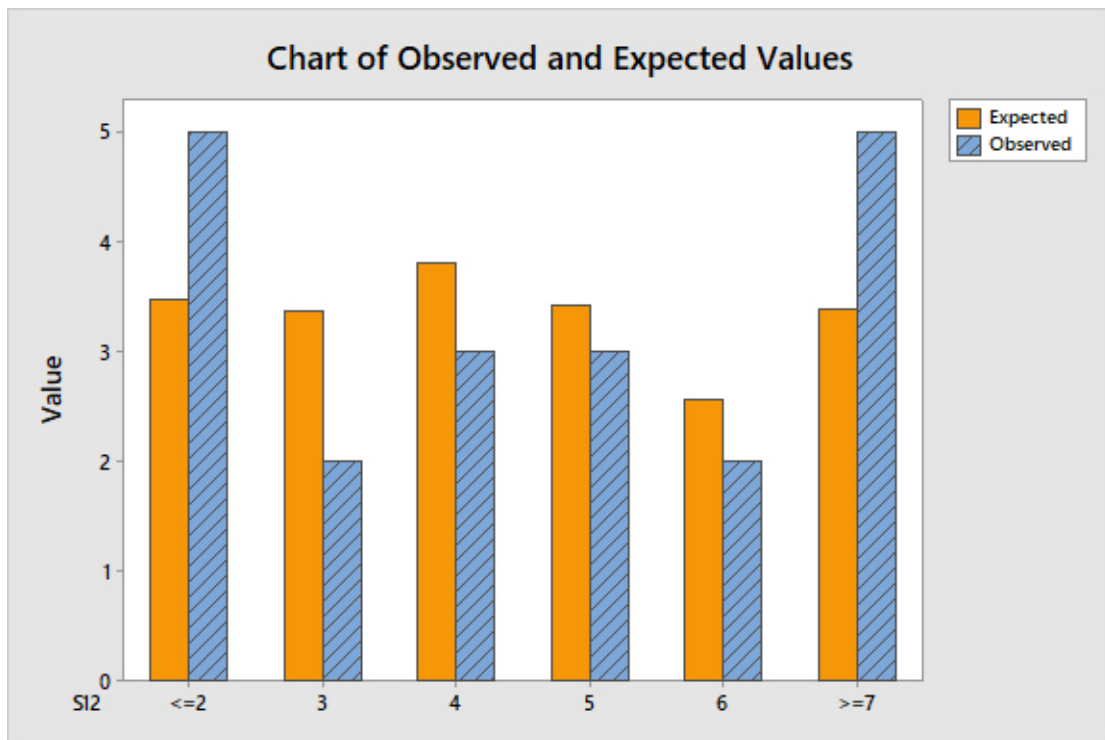
6 (100.00%) of the expected counts are less than 5.

Chi-Square Test

Null hypothesis H_0 : Data follow a Poisson distribution

Alternative hypothesis H_1 : Data do not follow a Poisson distribution

DF	Chi-Square	P-Value
4	7.63195	0.106



Poisson Goodness-of-Fit Test: S12

Descriptive Statistics

N	Mean
20	4.5

Observed and Expected Counts for S12

S12	Poisson Probability	Observed Count	Expected Count	Contribution to Chi-Square
<=2	0.173578	5	3.47156	0.672932
3	0.168718	2	3.37436	0.559768
4	0.189808	3	3.79615	0.166974
5	0.170827	3	3.41654	0.050783
6	0.128120	2	2.56240	0.123438
>=7	0.168949	5	3.37899	0.777652

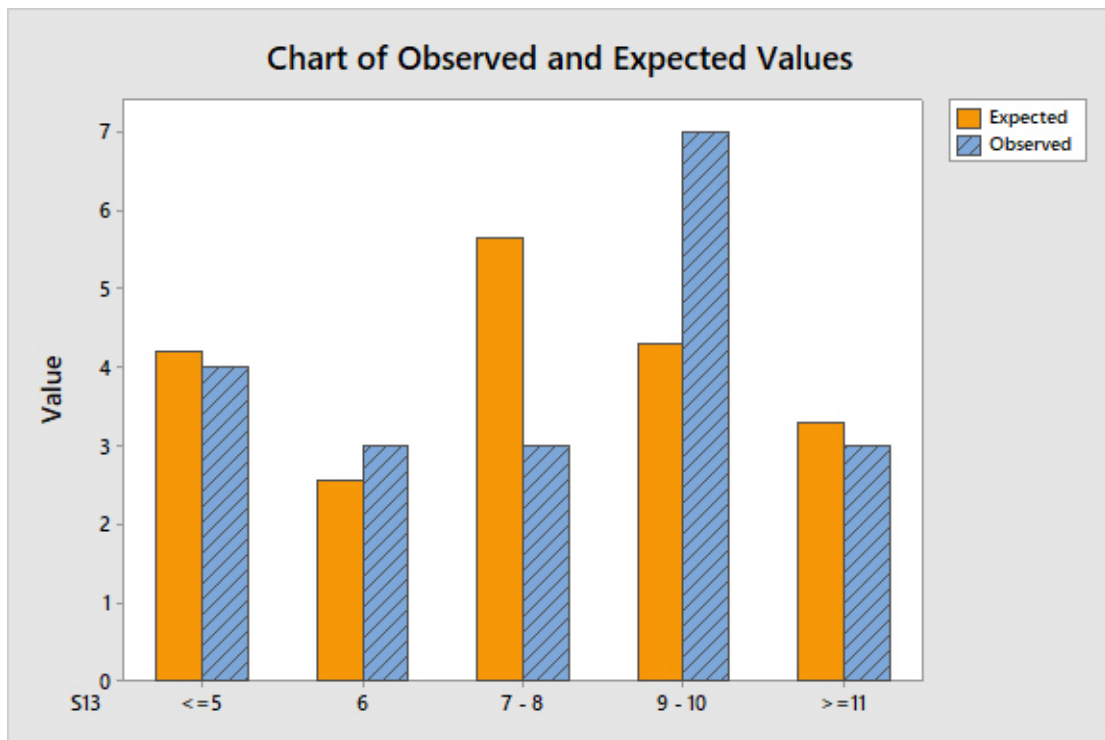
6 (100.00%) of the expected counts are less than 5.

Chi-Square Test

Null hypothesis H_0 : Data follow a Poisson distribution

Alternative hypothesis H_1 : Data do not follow a Poisson distribution

DF	Chi-Square	P-Value
4	2.35155	0.671



Poisson Goodness-of-Fit Test: S13

Descriptive Statistics

N	Mean
20	7.8

Observed and Expected Counts for S13

S13	Poisson Probability	Observed Count	Expected Count	Contribution to Chi-Square
<=5	0.210251	4	4.20502	0.01000
6	0.128156	3	2.56312	0.07447
7 - 8	0.282034	3	5.64068	1.23624
9 - 10	0.214789	7	4.29577	1.70233
>=11	0.164770	3	3.29540	0.02648

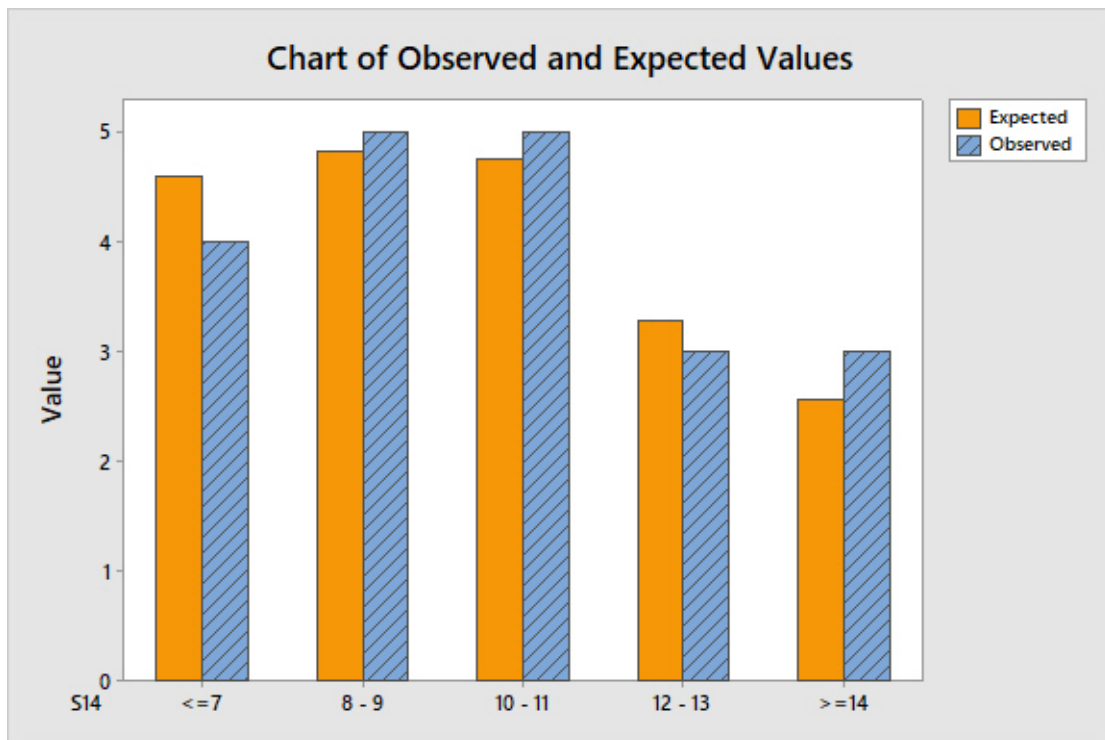
4 (80.00%) of the expected counts are less than 5.

Chi-Square Test

Null hypothesis H_0 : Data follow a Poisson distribution

Alternative hypothesis H_1 : Data do not follow a Poisson distribution

DF	Chi-Square	P-Value
3	3.04951	0.384



Poisson Goodness-of-Fit Test: S14

Descriptive Statistics

N	Mean
20	9.9

Observed and Expected Counts for S14

S14	Poisson Probability	Observed Count	Expected Count	Contribution to Chi-Square
<=7	0.229364	4	4.58728	0.0751855
8 - 9	0.241138	5	4.82275	0.0065143
10 - 11	0.237589	5	4.75179	0.0129654
12 - 13	0.163554	3	3.27109	0.0224660
>=14	0.128355	3	2.56709	0.0730044

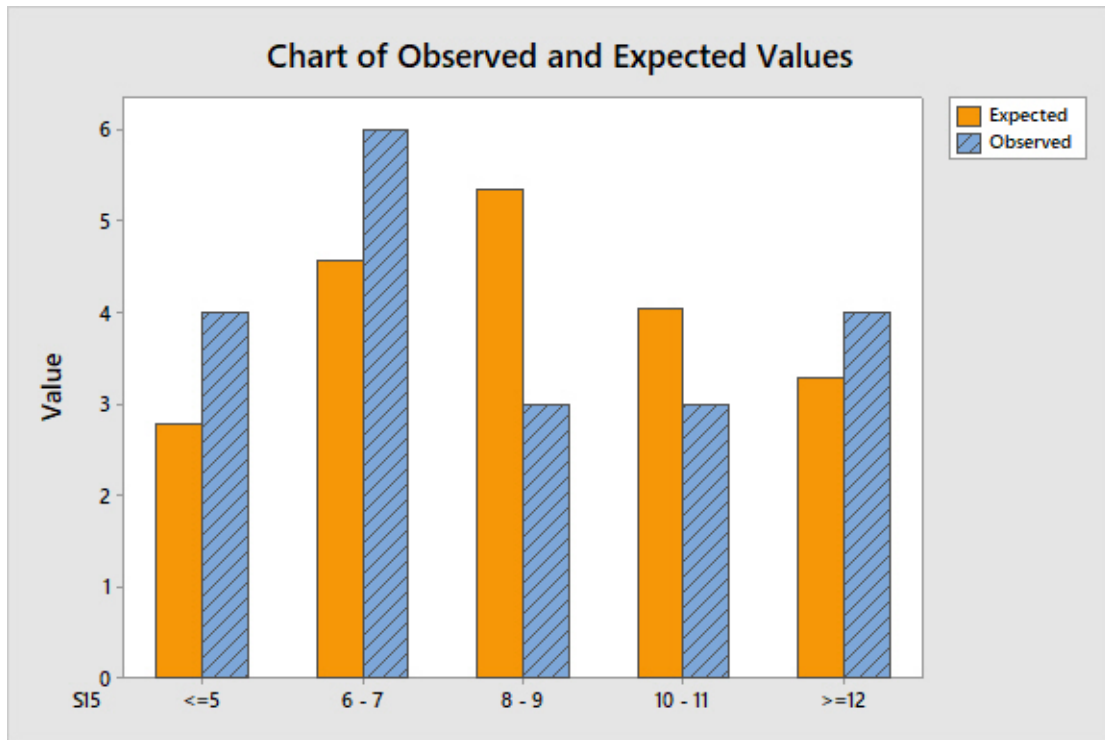
5 (100.00%) of the expected counts are less than 5.

Chi-Square Test

Null hypothesis H_0 : Data follow a Poisson distribution

Alternative hypothesis H_1 : Data do not follow a Poisson distribution

DF	Chi-Square	P-Value
3	0.190136	0.979



Poisson Goodness-of-Fit Test: S15

Descriptive Statistics

N	Mean
20	8.65

Observed and Expected Counts for S15

S15	Poisson Probability	Observed Count	Expected Count	Contribution to Chi-Square
<=5	0.138657	4	2.77313	0.54278
6 - 7	0.227789	6	4.55578	0.45783
8 - 9	0.266970	3	5.33941	1.02499
10 - 11	0.202172	3	4.04344	0.26927
>=12	0.164412	4	3.28824	0.15407

4 (80.00%) of the expected counts are less than 5.

Chi-Square Test

Null hypothesis H_0 : Data follow a Poisson distribution

Alternative hypothesis H_1 : Data do not follow a Poisson distribution

DF	Chi-Square	P-Value
3	2.44893	0.485



Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

Μπακόλα & Σιαλβέρα, 50132, Κοζάνη | Τηλ. – Fax: +30 24610 56600 – 01 | <http://mech.uowm.gr> | mech@uowm.gr



Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας