



ΣΤΡΑΤΙΩΤΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΕΥΕΛΠΙΔΩΝ
Τμήμα Στρατιωτικών Επιστημών

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΔΙΔΡΥΜΑΤΙΚΟ ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΥ ΕΤΟΥΣ 2016-17

ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗ ΕΡΕΥΝΑ & ΑΝΑΛΥΣΗ

(ΠΔ 97 /2015/ΦΕΚ 163Α'/20.08.2014)



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΜΕ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ ΣΤΗ ΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΤΑΘΕΡΑ ΚΟΣΤΗ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΩΝ

Διατριβή που υπεβλήθη για την μερική ικανοποίηση των απαιτήσεων για την
απόκτηση Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης

Υπό:

Αντώνιου Μάριου Γκίκα

ΑΜ: 20140180025

ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2018

Η Μεταπτυχιακή Διατριβή του Αντώνιου Μάριου Γκίκα εγκρίνεται:

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Καθηγητής (Επιβλέπων) , Απόστολος Μπουρνέτας

Καθηγητής , Νικόλαος Δάρας

Καθηγητής , Στέλιος Τσαφαράκης

ΣΕΛΙΔΑ ΣΚΟΠΙΜΑ ΚΕΝΗ

Αφιερώσεις

Την παρούσα διατριβή την αφιερώνω στη μνήμη του πατέρα μου Παναγιώτη Γκίκα.

ΣΕΛΙΔΑ ΣΚΟΠΙΜΑ ΚΕΝΗ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στον επιβλέποντα καθηγητή μου, Δρ Απόστολο Μπουρνέτα, καταρχάς για τη δυνατότητα που μου έδωσε να πραγματοποιήσω την μεταπτυχιακή μου διατριβή και στη συνέχεια για την πολύτιμη βοήθειά του, την καθοδήγησή του και τη συνεχή υποστήριξή του για την εκπόνηση αυτής της διατριβής. Η πόρτα του ήταν πάντα ανοιχτή και ήταν διαθέσιμος οποτεδήποτε αντιμετώπιζα δυσκολίες και με οδηγούσε στη σωστή κατεύθυνση κάθε φορά που θεωρούσε ότι το χρειαζόμουν.

Επίσης θέλω να εκφράσω την βαθιά μου ευγνωμοσύνη στη μητέρα μου, το φίλο μου Αντώνη Καραγιαννόπουλο και τη σύντροφο μου Ευαγγελία Νεοφύτου, για την αδιάκοπη υποστήριξή τους και συνεχούς ενθάρρυνσης καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΣΕΛΙΔΑ ΣΚΟΠΙΜΑ ΚΕΝΗ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

§1. Γενικά (Ορισμοί Αποθεμάτων)	11
§2. Σημασία και ρόλος Αποθέματος.	12
§3. Σημασία πρόβλεψης της ζήτησης.	14

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΚΥΡΙΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ

§1. Κόστος Διατήρησης Αποθέματος (Holding Cost).	15
§2. Κόστος Αναπλήρωσης. (Ordering Cost/Setup Cost)	15
§3. Κόστος έλλειψης. (Shortage Cost).	15

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΑΣ

§1. Γενικά	17
§2. Πολιτική (R,Q)	18
§3. Πολιτική (s,S)	18

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ ΣΤΗ ΖΗΤΗΣΗ

§1. Γενικά	20
§2. Σύγκριση συνεχούς και περιοδικής επιθεώρησης αποθεμάτων	20
§3. Ανάγκη καθορισμού αποθέματος ασφαλείας	21
§4. Οικονομικά και στατιστικά κριτήρια προσδιορισμού αποθέματος ασφαλείας	21

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΑΠΛΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

A. Εισαγωγή στην προσομοίωση	23
B. Κατηγορίες συστημάτων	24
§1. Σύστημα διακριτού χρόνου	24
§2. Σύστημα συνεχούς χρόνου	24
§3. Υβριδικό σύστημα	24
Γ. Προσομοίωση Monte Carlo	25
Δ. Λογισμικά Προσομοίωσης	26
§1. YASAI Simulator	26
§2. ARENA Simulation	27

§2.1	Αρχική Οθόνη ARENA	27
§2.2	Ενότητες του ARENA (Modules)	28
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5		
ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ		
§1.	Περίληψη	29
§2.	Προσομοίωση με στοχαστική ζήτηση και σταθερό χρόνο επαναπαραγωγής.	29
	§2.1 Ανάλυση Διαδικασίας Επίλυσης.	31
	§2.2 Συμπεράσματα – Παρατηρήσεις.	51
§3.	Προσομοίωση με στοχαστική ζήτηση και στοχαστικό χρόνο επαναπαραγωγής.	53
	§3.1 Ανάλυση Διαδικασίας Επίλυσης.	53
	§3.2 Συμπεράσματα – Παρατηρήσεις.	57
§4.	Εναλλακτική Διαδικασία Επίλυσης.	59
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6		
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ–ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ-ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ		
§1.	Γενικά Συμπεράσματα	64
§2.	Επεκτάσεις Μοντέλου Προσομοίωσης	68
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	70

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή έχει ως στόχο την εύρεση του καταλληλότερου συστήματος διαχείρισης αποθέματος, όπως αυτό παρουσιάζεται μέσα από μοντέλα προσομοίωσης, προκειμένου να επιτευχθεί η αποφυγή χρονοβόρων και πολύπλοκων μαθηματικών συναρτήσεων.

Στην διατριβή παρουσιάζονται γενικοί ορισμοί, συστήματα μοντέλων προσομοίωσης, καθώς και ο τρόπος επίλυσης προβλημάτων παραγωγής όταν η ζήτηση είναι στοχαστική.

Τέλος αναφέρονται εναλλακτικός τρόπος επίλυσης αυτών και δυνατότητες επέκτασης των δημιουργηθέντων μοντέλων προσομοίωσης

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

§1. Γενικά

Η εισαγωγή παρέχει μία γρήγορη ματιά στους ορισμούς των βασικών εννοιών της θεωρίας αποθεμάτων όπως αυτά περιγράφονται από τον Sven Axsäter.

Τα αποθέματα, σύμφωνα με τον ορισμό, είναι ποσότητες προϊόντων οι οποίες φυλάσσονται σε αποθήκες μιας εταιρείας ως αποτέλεσμα της παραγωγικής διαδικασίας και είναι διαθέσιμα ή προετοιμάζονται προς πώληση. Τα προϊόντα αυτά μπορεί να είναι πρώτες ύλες, ημικατεργασμένα ή έτοιμα προϊόντα, κεφάλαια, μηχανές κτλ. Τα αποθέματα παίζουν μεγάλο ρόλο στο μέγεθος του κέρδους αλλά και στην αξιοπιστία μιας εταιρείας. Επομένως, για όλες τις επιχειρήσεις η διαχείριση αποθεμάτων αποτελεί έναν τομέα, ο οποίος επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες και θα πρέπει να αντιμετωπίζεται με τον πιο συμφέροντα για την επιχείρηση τρόπο.

Εάν μια επιχείρηση διατηρεί μεγάλη ποσότητα αποθέματος τότε μπορεί εύκολα να αντιμετωπίσει μια τυχόν αύξηση στη ζήτηση και θα ικανοποιεί πλήρως τις απαιτήσεις της αγοράς, αλλά για να αποκτήσει και να διατηρήσει τον όγκο του αποθέματος θα πρέπει να δεσμευτούν μεγάλα ποσά κεφαλαίων. Αντίθετα εάν διατηρεί χαμηλό ή και μηδενικό απόθεμα το κόστος διατήρησης μειώνεται, όπως επίσης και το απαιτούμενο επενδυτικό κεφάλαιο, αλλά εμφανίζεται ο κίνδυνος πιθανής έλλειψης αποθεμάτων που συνεπάγεται απώλεια κερδών και αξιοπιστίας.

Επομένως, για μια επιχείρηση τίθεται το πρόβλημα του ελέγχου και της διαχείρισης των αποθεμάτων με τέτοιο τρόπο, ώστε να εξασφαλίζονται για την επιχείρηση τα μεγαλύτερα δυνατά κέρδη. Ο βασικός σκοπός ενός συστήματος διαχείρισης αποθεμάτων είναι ο καθορισμός του σημείου παραγγελίας(ελάχιστο διατηρούμενο απόθεμα πριν τη στιγμή της παραγγελίας), το μέγεθος της ποσότητας κάθε παραγγελίας και σε ποια χρονική στιγμή θα πρέπει να γίνει η παραγγελία. Ένα αποτελεσματικό σύστημα διαχείρισης αποθεμάτων, εξοικονομεί πόρους για την επιχείρηση ελαχιστοποιώντας το κόστος.

Σε ένα σύστημα αποθεμάτων, ο έλεγχος μπορεί να γίνει με δύο τρόπους:

α) Με σύστημα αποθεμάτων συνεχούς επιθεώρησης όπου ο έλεγχος των αποθεμάτων είναι διαρκής, και

β) Με σύστημα αποθεμάτων περιοδικής επιθεώρησης, όπου ο έλεγχος των αποθεμάτων γίνεται ανά τακτά χρονικά διαστήματα.

Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν τον τρόπο διατήρησης αποθεμάτων σε μια επιχείρηση. Οι σπουδαιότεροι από τους οποίους είναι οι κάτωθι:

α) Αβεβαιότητα. Η ζήτηση ενός προϊόντος δεν μπορεί να προβλεφθεί πάντοτε με ακρίβεια, διότι υπάρχουν πολλοί λόγοι, όπως αλλαγή στην οικονομική κατάσταση μια χώρας, αλλαγή πληθυσμιακής κατανομής, αλλαγή προτεραιοτήτων των αγοραστών, εμφάνιση ανταγωνισμού κλπ.

β) Κέρδος. Η διατήρηση αποθεμάτων συμβάλλει στη δημιουργία κέρδους από τυχόν αυξήσεις των τιμών των προϊόντων που διατηρεί ή παράγει, καθώς επίσης και λόγω εκπτώσεων που παρέχει η αγορά μεγάλων ποσοτήτων από ένα προϊόν.

γ) Χρόνος παράδοσης των προϊόντων. Επειδή η παραγωγή ενός προϊόντος απαιτεί μια ορισμένη χρονική περίοδο, υπάρχει η πιθανότητα κατά το χρονικό αυτό διάστημα να δημιουργηθεί ο κίνδυνος έλλειψης με αποτέλεσμα την απώλεια πελατών που δεν έχουν την δυνατότητα ή δεν επιθυμούν να περιμένουν για το προϊόν το οποίο παράγεται.

δ) Ανταγωνισμός. Ο ανταγωνισμός μεταξύ επιχειρήσεων που παράγουν ή πουλούν ίδια προϊόντα, επιβάλλει, πολλές φορές, την άμεση παράδοση προϊόντων στους πελάτες. Κάτι το οποίο προσθέτει στην εταιρεία επιπλέον κόστος προκειμένου να ανταπεξέλθει.

ε) Αποφυγή υπέρογκων ποσών για εξοπλισμό. Όταν παράγεται ένα προϊόν σε καθημερινή βάση και για την παραγωγή του χρειάζεται ειδική προετοιμασία των μέσων παραγωγής και απαιτείται ειδικό κόστος εξοπλισμού καθώς και αρκετός χρόνος, τότε, εάν δεν υπάρχει απόθεμα, η επιχείρηση είναι υποχρεωμένη να πληρώνει καθημερινά υπέρογκα ποσά για προετοιμασία και εξοπλισμό. Εάν ένα προϊόν παράγεται ανά δύο μέρες και σε διπλή ποσότητα κρατώντας το προϊόν της μίας ως απόθεμα, τότε το κόστος προετοιμασίας και εξοπλισμού μειώνεται κατά το ήμισυ

§2. Σημασία και ρόλος Αποθέματος.

Καθώς για όλους τους οργανισμούς σε οποιοδήποτε τομέα της οικονομίας, η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, δηλαδή ο έλεγχος της ροής υλικού από προμηθευτές πρώτης ύλης έως τον τελικό αποδέκτη(Πελάτη) ,είναι ένα κρίσιμο πρόβλημα, στην παρούσα παράγραφο θα αποτυπωθεί η σημασία καθώς και ο ρόλος του αποθέματος για έναν οργανισμό.

Η συνολική επένδυση σε αποθέματα είναι τεράστια και ο έλεγχος του κεφαλαίου που συνδέεται με τις πρώτες ύλες, τις συνεχιζόμενες εργασίες και τα τελικά προϊόντα προσφέρει μια πολύ σημαντική δυνατότητα βελτίωσης. Επιστημονικές μέθοδοι για τον

έλεγχο και την απογραφή των αποθεμάτων μπορούν να δώσουν ένα σημαντικό ανταγωνιστικό πλεονέκτημα.

Τα αποθέματα δεν μπορούν να αποσυνδεθούν από άλλες λειτουργίες, όπως για παράδειγμα η αγορά, η παραγωγή και το μάρκετινγκ. Στην πραγματικότητα, ο στόχος του ελέγχου αποθεμάτων είναι συχνά η εξισορρόπηση αντικρουόμενων στόχων. Ένας στόχος, φυσικά, είναι να διατηρήσουμε τα επίπεδα των αποθεμάτων χαμηλά για να εξοικονομήσουμε κεφάλαιο για άλλους σκοπούς. Ο διαχειριστής αγοράς μπορεί να θέλει να παραγγείλει μεγάλες παρτίδες για να λάβει εκπτώσεις από τον όγκο της παραγγελίας. Ο διευθυντής παραγωγής, παρομοίως, θέλει μεγάλες σειρές παραγωγής για να αποφύγει τα κόστη της έναρξης της παραγωγής. Προτιμά επίσης να έχει ένα μεγάλο απόθεμα πρώτων υλών για να αποφευχθεί η διακοπή της παραγωγής λόγω έλλειψης υλικών. Ο διαχειριστής μάρκετινγκ θα ήθελε να έχει υψηλό απόθεμα τελικών προϊόντων για να είναι σε θέση να παρέχουν στους πελάτες υψηλό επίπεδο υπηρεσιών.

Ένας τρόπος για να κατανοήσουμε το ρόλο που μπορούν να παίζουν τα αποθέματα είναι να χρησιμοποιήσετε μια λειτουργική ταξινόμηση. Silver et al. (1998),

Για παράδειγμα, ας εξετάσουμε έξι ευρείες κατηγορίες αποφάσεων:

Στην πράξη, είναι συνηθισμένη η παραγωγή σε παρτίδες λόγω των δαπανών επαναπαραγγελίας με βάση την ποσότητα (Ordering Cost) ή/και κάποιο σταθερό κόστος παραγγελίας ανεξάρτητο της ποσότητας (Setup Cost). Η αύξηση που προκύπτει στο ύψος του αποθέματος ονομάζεται συνήθως κυκλικό απόθεμα (Cycle Inventory ή Cycle Stock).

Η αβεβαιότητα στην προσφορά και τη ζήτηση, σε συνδυασμό με το χρόνο που χρειάζεται από την ώρα που θα δοθεί παραγγελία μέχρι την παραγωγή και τη μεταφορά, δημιουργούν αναπόφευκτα την ανάγκη για αποθέματα ασφαλείας (Safety Stock). Το απόθεμα ασφαλείας είναι το ποσό των αποθεμάτων που διατηρούνται, κατά μέσο όρο, ώστε να επιτρέπονται μεταβολές στη ζήτηση και δυνατότητα προσφοράς.

Το απόθεμα πρόβλεψης (Anticipation inventory) είναι απόθεμα που θα χρησιμοποιηθεί σε αναμενόμενη μέγιστη αύξηση στις πωλήσεις.

Το απόθεμα τύπου σωλήνα (Pipeline Inventory) είναι απόθεμα που έχει παραγγελθεί αλλά δεν έχει ακόμη παραδοθεί. Περιλαμβάνει εργασίες σε εξέλιξη (Work-In-Process, WIP).

Το απόθεμα αποσύνδεσης (Decoupling Inventory) χρησιμοποιείται για να επιτρέψει την αποκέντρωση του ελέγχου αποθεμάτων με διαχωρισμό της λήψης αποφάσεων σε διαφορετικά αποθέματα.

Παρόλο που μια τέτοια ταξινόμηση μπορεί να είναι πολύ χρήσιμη, είναι επίσης σημαντικό να κατανοήσουμε ότι οι διάφοροι τύποι αποθεμάτων αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους.

Ας υποθέσουμε ότι αποφασίζουμε να χρησιμοποιήσουμε μεγαλύτερη ποσότητα παρτίδας για κάποιο στοιχείο. Αυτό σημαίνει μεγαλύτερο κυκλικό απόθεμα. Αλλά

μεγαλύτερες παρτίδες επίσης σημαίνουν ότι χρειαζόμαστε λιγότερα αποθέματα ασφαλείας για να εξασφαλίσουμε το ίδιο επίπεδο εξυπηρέτησης πελατών. Άρα, μεγαλύτερο απόθεμα ασφαλείας και μεγαλύτερο κυκλικό απόθεμα μας δίνει μεγαλύτερο επίπεδο εξυπηρέτησης.

Οι περισσότεροι οργανισμοί μπορούν να μειώσουν τα αποθέματά τους χωρίς να αυξήσουν το υπόλοιπο κόστος χρησιμοποιώντας αποτελεσματικότερα εργαλεία ελέγχου αποθεμάτων. Επιπλέον, η πρόοδος της τεχνολογίας πληροφοριών έχει αλλάξει δραματικά τις δυνατότητες εφαρμογής αποτελεσματικών τεχνικών ελέγχου αποθέματος

Ο σύγχρονος έλεγχος αποθέματος βασίζεται σε αρκετά προηγμένα και σύνθετα μοντέλα αποφάσεων.

§3. Σημασία πρόβλεψης της ζήτησης.

Υπάρχουν δύο κύριοι λόγοι για τους οποίους ένα σύστημα ελέγχου αποθεμάτων πρέπει να παραγγείλει αντικείμενα κάποια στιγμή πριν τους ζητήσουν οι πελάτες. Πρώτον, υπάρχει σχεδόν πάντα μια χρονική περίοδος μεταξύ του χρόνου παραγγελίας και του χρόνου παράδοσης (Lead Time). Δεύτερον, αν λάβουμε υπόψη κόστη που οφείλονται στην παραγγελία (Ordering/setup Costs), είναι συχνά απαραίτητο να παραγγείλουμε σε παρτίδες αντί για μονάδες. Αυτοί οι δυο λόγοι, επισημαίνουν την ανάγκη να προβλεφθεί η μελλοντική ζήτηση. Μια απαίτηση στην πρόβλεψη είναι ένας εκτιμώμενος μέσος όρος του μεγέθους της ζήτησης σε κάποια μελλοντική περίοδο. Αλλά δεν αρκεί να υπολογισθεί η μέση ζήτηση. Πρέπει επίσης να καθορισθεί και το πόσο αβέβαιη είναι η πρόβλεψη. Εάν η πρόβλεψη είναι πιο αβέβαιη πρέπει υπάρχει μεγαλύτερο απόθεμα ασφαλείας. Κατά συνέπεια, είναι επίσης απαραίτητο να εκτιμηθεί το σφάλμα πρόβλεψης, το οποίο μπορεί να αντιπροσωπεύεται από την τυπική απόκλιση ή τη λεγόμενη μέση απόλυτη απόκλιση (Mean Absolute Deviation, MAD).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Κύριες Δαπάνες

§1. Κόστος Διατήρησης Αποθέματος (Holding Cost)

Διατηρώντας απόθεμα ως στοκ, έχουμε ένα κόστος ευκαιρίας το οποίο είναι άμεσα συνδεδεμένο με το επενδεδυμένο κεφάλαιο. Αυτό το μέρος του κόστους διατήρησης πρέπει, κατ' αρχήν, να συνδέεται στενά με την απόδοση μιας εναλλακτικής επένδυσης. Δεν είναι κατ' ανάγκη ίσο με την αναμενόμενη απόδοση, διότι πρέπει να ληφθούν υπόψη οι χρηματοοικονομικοί κινδύνοι που συνδέονται με τις εναλλακτικές επενδύσεις. Το κόστος κεφαλαίου θεωρείται συνήθως το κυρίαρχο μέρος του κόστους διατήρησης. Άλλα μέρη μπορεί να είναι ο χειρισμός υλικών, η αποθήκευση, η ζημιά και η απαξίωση, η ασφάλιση, και οι φόροι. Θα πρέπει να ληφθούν υπόψη όλες οι μεταβλητές που επηρεάζουν το ύψος του διατηρούμενου αποθέματος.

Το κόστος διατήρησης ανά μονάδα και χρόνο συχνά προσδιορίζεται ως ποσοστό της αξίας του προϊόντος.

§2. Κόστος Αναπλήρωσης. (Ordering Cost/Setup Cost)

Συνήθως υπάρχουν πάγιες δαπάνες που συνδέονται με την αναπλήρωση (ανεξάρτητα από το μέγεθος παρτίδας). Στην παραγωγή, οι συνήθεις λόγοι είναι τα έξοδα εγκατάστασης και εκμάθησης, αλλά και διοικητικά έξοδα που συνδέονται με τη διαχείριση των παραγγελιών. Άλλα πάγια έξοδα αφορούν τη μεταφορά και το χειρισμό του υλικού. Κατά την παραγγελία από εξωτερικό προμηθευτή υπάρχουν και διάφορα σταθερά έξοδα όπως τα έξοδα των εντύπων παραγγελίας, της έγκρισης, της παραλαβής, της επιθεώρησης και του χειρισμού των τιμολογίων από τον προμηθευτή.

§3. Κόστος έλλειψης (Shortage Cost).

Αν ένα προϊόν ζητείται και δεν μπορεί να παραδοθεί λόγω έλλειψης υπάρχει η πιθανότητα εμφάνισης κόστους. Υπάρχουν περιπτώσεις κατά τις οποίες ο πελάτης συμφωνεί να περιμένει την παραγγελία του αλλά και περιπτώσεις όπου ο πελάτης επιλέγει κάποιο άλλο προμηθευτή. Εάν η παραγγελία του πελάτη είναι καθυστερημένη, υπάρχουν συχνά επιπλέον έξοδα για τη διοίκηση, όπως εκπτώσεις για καθυστερημένες παραδόσεις, χειρισμό υλικού και μεταφορά. Σε κάθε περίπτωση, συνήθως σημαίνει απώλεια της αξιοπιστίας και αυτό

μπορεί να επηρεάσει τις πωλήσεις μακροπρόθεσμα. Το μεγαλύτερο μέρος αυτού του κόστους είναι δύσκολο να εκτιμηθεί.

Το κόστος έλλειψης είναι γενικά δύσκολο να εκτιμηθεί. Αν για παράδειγμα ένα εξάρτημα από ένα τελικό προϊόν εκλείψει, αυτό μπορεί να προκαλέσει μια αλυσίδα αρνητικών συνεπειών όπως καθυστερήσεις, επαναπρογραμματισμό κ.λ.π.

Υπάρχουν επίσης περιπτώσεις όπου το κόστος της έλλειψης είναι εύκολο να αξιολογηθεί. Αν για παράδειγμα, ένα στοιχείο που λείπει μπορεί να αγοραστεί σε υψηλότερη τιμή σε ένα ανταγωνιστικό κατάστημα. Τότε μπορεί να θεωρηθεί αυτό το επιπλέον κόστος ως δικό μας κόστος έλλειψης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Συστήματα Παραγγελίας

§1. Γενικά

Όπως έχει ήδη αναφερθεί ο σκοπός ενός συστήματος ελέγχου του αποθέματος είναι να καθορισθεί το πότε και πόσο θα παραγγείλουμε. Η απόφαση αυτή λαμβάνεται σύμφωνα με την κατάσταση του αποθέματος, την πιθανή ζήτηση και διάφορους δαπανηρούς παράγοντες.

Η κατάσταση του αποθέματος δεν αφορά μόνο το απόθεμα που διατηρεί μια εταιρεία ως stock. Πρέπει να συμπεριληφθεί και η ποσότητα της παραγγελίας που αναμένεται (outstanding orders) καθώς και ποσότητα από τυχόν προϊόντα που έχουν προπαραγγελθεί ήδη αλλά δεν έχουν παραδοθεί (backorders). Στον έλεγχο αποθεμάτων αυτή η κατάσταση του αποθέματος ορίζεται ως Inventory Position και ισούται με $\text{Inventory Position} = \text{Stock on Hand} + \text{Outstanding Orders} - \text{Backorders}$.

Παρόλο που οι παραγγελίες αποφασίζονται σύμφωνα με το Inventory Position, τα κόστη διατήρησης και έλλειψης εξαρτώνται από το Inventory Level. Το επίπεδο δηλαδή του αποθέματος που διατηρείται αν από αυτό εξαιρέσουμε τη ζήτηση που ακόμα δεν έχει εξυπηρετηθεί. Σε ορισμένες περιπτώσεις το κόστος διατήρησης περιλαμβάνει και τις αναμενόμενες παραγγελίες.

Σε ένα σύστημα αποθέματος συνεχούς παρακολούθησης η παραγγελία γίνεται μόλις το Inventory Position φτάσει σε εξαιρετικά χαμηλά επίπεδα, και θα παραδοθεί μετά από συγκεκριμένο χρόνο, ο χρόνος αυτός αναπλήρωσης ορίζεται ως Lead Time και αφορά το χρόνο από τη στιγμή που θα δοθεί η παραγγελία μέχρι τη στιγμή που θα είναι διαθέσιμη προς πώληση.

Αντίστοιχα σε ένα σύστημα περιοδικής παρακολούθησης η θέση του αποθέματος (Inventory Position) ελέγχεται σε συγκεκριμένα χρονικά σημεία. Έστω T = χρόνος περιοδικής παρακολούθησης. Επομένως και ο χρόνος αναπλήρωσης ισούται με $T+L$.

Και τα δύο συστήματα έχουν και θετικά και αρνητικά. Ένα σύστημα συνεχούς παρακολούθησης για παράδειγμα μειώνει το απόθεμα ασφαλείας το οποίο πρέπει να διατηρείται, αφού υπολογίζονται μεταβλητές ζήτησης για χρόνο L . Το σύστημα περιοδικής παρακολούθησης έχει πλεονεκτήματα όταν πρόκειται για παραγγελίες διαφορετικών

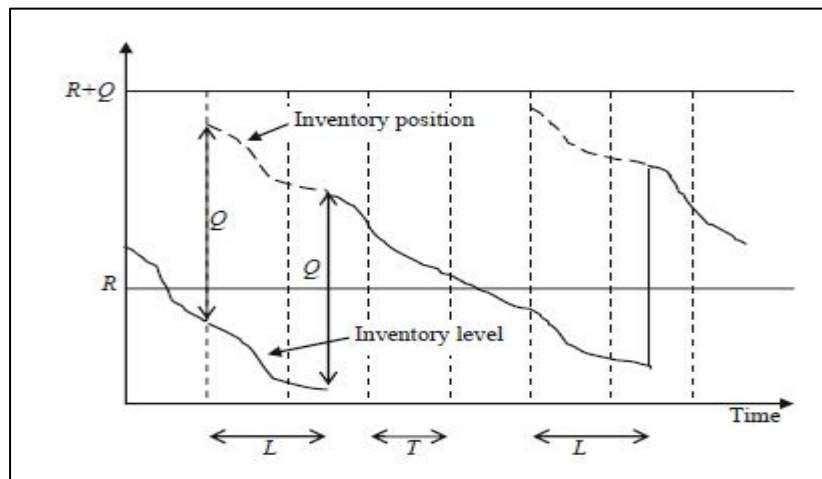
προϊόντων και κυρίως προϊόντων μεγάλης ζήτησης μειώνοντας το κόστος επιθεώρησης του αποθέματος, εφόσον υπάρχει.

Οι πιο γνωστές πολιτικές παραγγελίας είναι η (R,Q) και η (s, S) .

§2. Πολιτική (R,Q)

Όταν η θέση του αποθέματος πέσει κάτω από το σημείο επαναπαραγγελίας (reorder point) R , τότε παραγγέλλεται μια ποσότητα μεγέθους Q . Σε περιπτώσεις όπου η θέση του αποθέματος είναι εξαιρετικά χαμηλή δύναται να παραγγελθούν περισσότερες ποσότητες Q . Έτσι η συγκεκριμένη πολιτική αναφέρεται επίσης και ως (R, nQ) . Αν η ζήτηση είναι συνεχής ή αφορά ένα προϊόν τη φορά τότε η παραγγελία θα δίνεται ακριβώς στο σημείο επαναπαραγγελίας σε ένα σύστημα συνεχούς παρακολούθησης.

Αν το σύστημα παρακολούθησης είναι περιοδικό ή η ζήτηση αφορά πάνω από μια μονάδα προϊόντος τότε συχνά η θέση του αποθέματος θα βρίσκεται χαμηλότερα από το σημείο επαναπαραγγελίας. Σε αυτή την περίπτωση δε θα φτάσει ποτέ στο σημείο $R+Q$. Σε αυτή την πολιτική δεν λαμβάνεται υπόψη ο χρόνος αναπλήρωσης.

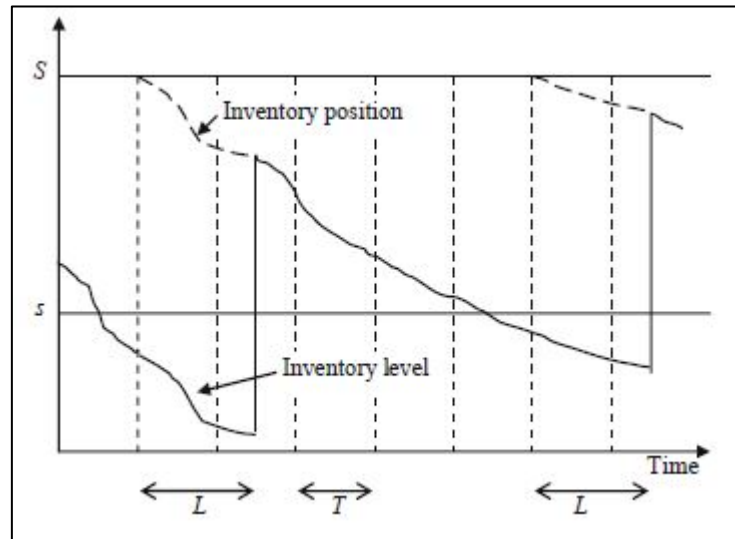


Σχήμα 1: (R,Q) πολιτική με περιοδική παρακολούθηση (πηγή: Sven Axsäter, Inventory Control, Third Edition)

§3. Πολιτική (s,S)

Μία ακόμη πολιτική παραγγελιών η οποία είναι αρκετά όμοια με την (R,Q) πολιτική, είναι η πολιτική (s,S) . Το σημείο επαναπαραγγελίας αναφέρεται ως s , και η διαφορά με την παραπάνω πολιτική είναι πως μόλις η θέση του αποθέματος φτάσει το

σημείο επαναπαραγγελίας τότε παραγγέλνεται ποσότητα τέτοια ώστε να επανέλθει η θέση του αποθέματος στο μέγιστο. Δηλαδή $S-s$ ποσότητα. Αν στην πολιτική (R,Q) πετυχαίναμε ακριβώς το σημείο επαναπαραγγελίας τότε οι δύο πολιτικές θα ήταν ίδιες, αφού τότε θα ίσχυε $s=R$ και $S=R+Q$.



Σχήμα 2: (s,S) πολιτική με περιοδική παρακολούθηση (πηγή: Sven Axsäter, Inventory Control, Third Edition)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Αβεβαιότητα στη ζήτηση

§1. Γενικά

Στο παρόν Κεφάλαιο θα αναφερθούμε στο ενδεχόμενο εμφάνισης κόστους έλλειψης ή αυξημένου κόστους αποθήκευσης όταν η ζήτηση είναι τυχαία (στοχαστική).

Προκύπτουν λοιπόν ερωτήματα που πρέπει να απαντηθούν. Τα κυριότερα εξ αυτών είναι:

- α. Πόσο συχνά χρειάζεται επιθεώρηση το απόθεμα μας;
- β. Πότε δίνεται η εντολή παραγγελίας;
- γ. Τι μέγεθος θα έχει η ποσότητα της παραγγελίας;

Για να απαντηθούν αυτά τα ερωτήματα θα πρέπει να τεθούν πρώτα κάποια κριτήρια, όπως:

- α. Μπορεί το απόθεμα να επιθεωρείται διαρκώς ή περιοδικά;
- β. Ποια θα είναι η πολιτική αποθεμάτων; Πως θα καθοριστεί δηλαδή ο χρόνος επαναπαραγγελίας και το μέγεθος της παραγγελθέας ποσότητας;
- γ. Αντικειμενικός σκοπός είναι η μείωση του κόστους ή η αύξηση του βαθμού εξυπηρέτησης; Ή η εύρεση της χρυσής τομής των δύο αυτών παραγόντων, μη έχοντας το μέγιστο πιθανό κέρδος ή τον μέγιστο πιθανό βαθμό εξυπηρέτησης.

§2. Σύγκριση συνεχούς και περιοδικής επιθεώρησης αποθεμάτων.

Η συνεχής επιθεώρηση προϋποθέτει συνεχή καταγραφή των αποθεμάτων, σε αντίθεση με την περιοδική επιθεώρηση κατά την οποία η στάθμη του αποθέματος ενημερώνεται σε τακτά χρονικά διαστήματα. Ενώ φαίνεται ως καλύτερη μέθοδος η συνεχής επιθεώρηση, αφού προσφέρει διαρκή και έγκαιρη πληροφόρηση, οδηγώντας σε μικρότερο κόστος διαχείρισης και καλύτερο βαθμό εξυπηρέτησης, η περιοδική επιθεώρηση προσφέρει το πλεονέκτημα της δυνατότητας του συντονισμού παραγγελιών πολλών προϊόντων καθώς και της ανίχνευσης φαινομένων απωλειών ή παλαιώσης μεταξύ άλλων.

§3. Ανάγκη καθορισμού αποθέματος ασφαλείας

Η αβεβαιότητα στη ζήτηση σε συνδυασμό πολλές φορές με το χρόνο επαναπαραγγελίας παράγει την ανάγκη δημιουργίας ενός αποθέματος ασφαλείας (safety stock). Το απόθεμα ασφαλείας είναι το διαθέσιμο απόθεμα (on hand) ,κατά μέσο όρο, που θα επιτρέπει τις μεταβολές στην ζήτηση και στον εφοδιασμό.

Έχοντας υπόψη τα ανωτέρω κεφάλαια γίνεται αντιληπτό ότι, το απόθεμα ασφαλείας είναι ανάλογο της πρόβλεψης, αφού όσο πιο αβέβαιη είναι η πρόβλεψη της ζήτησης τόσο μεγαλύτερο θα είναι το απαιτούμενο απόθεμα ασφαλείας.

Σε περίπτωση όπου έχουμε συνεχή ζήτηση και συνεχή επιθεώρηση το απόθεμα ασφαλείας θα είναι ίσο με το σημείο επαναπαραγγελίας R μείον τη μέση ζήτηση κατά το διάστημα του χρόνου επαναπαραγγελίας L . Αν για παράδειγμα η μέση ζήτηση σε ένα διάστημα τριών ημερών (χρόνος επαναπαραγγελίας) είναι 25 τότε στο σημείο επαναπαραγγελίας (reorder point) θα πρέπει να προστεθεί ένα απόθεμα ασφαλείας ίσο με $\mu'=25$. Μεγαλύτερος χρόνος επαναπαραγγελίας (lead time) σημαίνει και μεγαλύτερο απόθεμα ασφαλείας.

§4. Οικονομικά και στατιστικά κριτήρια προσδιορισμού αποθέματος ασφαλείας

Η επιδίωξη μέσα από την επιλογή στατιστικών κριτηρίων είναι μέσα από αυτά να ελαχιστοποιηθεί το κόστος παραγγελιών ή/και διατήρησης του αποθέματος σε συνδυασμό με τον βαθμό ικανοποίησης-εξυπηρέτησης. Τα κριτήρια αυτά είναι

- α. Το επίπεδο εξυπηρέτησης ανά κύκλο (πιθανότητα έλλειψης)
- β. Ποσοστό της ζήτησης που ικανοποιείται άμεσα,
- γ. Ποσοστό χρόνου με θετικό διαθέσιμο απόθεμα χωρίς τον υπολογισμό του καθυστερούμενου,
- δ. Ο μέσος χρόνος μεταξύ της εμφάνισης των ελλείψεων, καθώς και ο μέσος αυτός χρόνος ανά μονάδα χρόνου.

Μέσα από τα οικονομικά κριτήρια επιδιώκουμε την ελαχιστοποίηση του μέσου κόστους παραγγελιών, διατήρησης και έλλειψης του αποθέματος. Για τον προσδιορισμό του αποθέματος ασφαλείας επιλέγονται τα κάτωθι οικονομικά κριτήρια:

α. Ένα σταθερό κόστος σε περίπτωση έλλειψης αποθέματος το οποίο θα είναι ανεξάρτητο της ποσότητας και της διάρκειας της έλλειψης.

β. Κόστος ανά μονάδα έλλειψης, καθώς επίσης και το κόστος αυτό να μονάδα χρόνου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Προσομοίωση απλών συστημάτων

Εδάφιο Α. Εισαγωγή στην προσομοίωση

Όπως αναφέρουν, μεταξύ άλλων, οι Βασίλης Κουϊκόγλου και Δημήτρης Κωνσταντάς, προσομοίωση είναι η μίμηση με τη βοήθεια υπολογιστή, μέσα από ευρεία συλλογή μεθόδων και εφαρμογών, της λειτουργίας ενός συστήματος ή της εξέλιξης μιας διαδικασίας ή φαινομένου στον χρόνο.

Διαδικασία ή σύστημα ονομάζεται ένα σύνολο στοιχείων τα οποία εξελίσσονται και αλληλοεπιδρούν σύμφωνα με κάποιους κανόνες. Οι κανόνες αυτοί εκφράζονται με μαθηματικές ή λογικές σχέσεις, και αποτελούν το μοντέλο συστήματος.

Κατάσταση είναι το σύνολο των μεταβλητών οι οποίες δίνουν την απαραίτητη πληροφορία για την περιγραφή του συστήματος.

Η προσομοίωση συνίσταται:

- α. στην ανάπτυξη ενός μοντέλου του υπό εξέταση συστήματος με τη μορφή προγράμματος σε υπολογιστή,
- β. στην εκτέλεση του προγράμματος το οποίο καταγράφει την κατάσταση του συστήματος σε διαδοχικές χρονικές στιγμές, αποτυπώνοντας ένα πιθανό σενάριο εξέλιξης του συστήματος στο χρόνο,
- γ. σε δοκιμές διάφορων σεναρίων, καθένα από τα οποία προκύπτει όταν ορισμένες παράμετροι σχεδίασης ή ελέγχου του συστήματος αλλαχθούν προκειμένου να βελτιστοποιηθεί η λειτουργία του.

Με την προσομοίωση αξιολογείται η αποτελεσματικότητα ή απόδοση ενός συστήματος πριν αυτό κατασκευασθεί με σκοπό τη βέλτιστη σχεδίαση του και τον βέλτιστο έλεγχο λειτουργίας του.

Η προσομοίωση βρίσκει εφαρμογές μεταξύ άλλων,

- α. στην ανάλυση και σχεδίαση συστημάτων παραγωγής και τον έλεγχο αποθεμάτων,
- β. στην μελέτη συστημάτων εξυπηρέτησης,
- γ. στην αξιολόγηση επενδυτικών αποφάσεων υπό αβεβαιότητα,
- δ. στην υπολογιστική δυναμική,

ε. στην μελέτη συζευγμένων και πολύπλοκων φυσικών και ανθρωπινων συστημάτων.

Για περαιτέρω λεπτομέρειες σχετικά με τα παραπάνω ο ενδιαφερόμενος μπορεί να ανατρέχει στις «Σημειώσεις στη Διαχείριση Αποθεμάτων» του Δρ. Δημήτρη Βλάχου.

Εδάφιο Β. Κατηγορίες συστημάτων.

Οι Βασίλης Κουϊκόγλου -Δημήτρης Κωνσταντάς αναφέρουν πως, ανάλογα με το αν παρουσιάζουν διαχρονική εξέλιξη, τα συστήματα προσομοίωσης διακρίνονται σε δυναμικά και στατικά.

Δυναμικά είναι τα συστήματα των οποίων η κατάσταση είναι συνάρτηση του χρόνου. Διακρίνονται σε συστήματα διακριτού χρόνου, συστήματα συνεχούς χρόνου και σε υβριδικά συστήματα.

§1. Σύστημα διακριτού χρόνου.

Στα συστήματα διακριτού χρόνου η κατάσταση μεταβάλλεται βηματικά σε διακριτές χρονικές στιγμές, ενώ παραμένει σταθερή στα διαστήματα ανάμεσα στις χρονικές αυτές στιγμές.

§2. Σύστημα συνεχούς χρόνου.

Στο σύστημα συνεχούς χρόνου η κατάσταση είναι διαρκής συνάρτηση του χρόνου.

§3. Υβριδικό Σύστημα.

Στην πραγματικότητα σπάνια θα συναντήσουμε αμιγώς διακριτά ή αμιγώς συνεχή συστήματα. Το πιο σύνηθες σε ένα σύστημα είναι μια κατάσταση η οποία θα μεταβάλλεται βηματικά κατά διαστήματα ενώ σε άλλα διαστήματα θα είναι συνεχής συνάρτηση του χρόνου. Τέτοια συστήματα ονομάζονται υβριδικά.

Τα παραπάνω συστήματα διακρίνονται επίσης σε αιτιοκρατικά και στοχαστικά.

Σε ένα αιτιοκρατικό σύστημα οι παράμετροι του συστήματος είναι γνωστές, ενώ όταν κάποιες παράμετροι παρουσιάζουν μεταβολές τυχαία στη διάρκεια του χρόνου μιλάμε για στοχαστικό σύστημα.

Εδάφιο Γ. Προσομοίωση Monte Carlo

Σύμφωνα με τον Δρ. Μπουρνέτα Απόστολο, με τον όρο Monte Carlo χαρακτηρίζεται κάθε αλγόριθμος προσομοίωσης που χρησιμοποιεί γεννήτριες τυχαίων αριθμών. Ως τέτοια γεννήτρια θεωρείται και η ρουλέτα του καζίνο από το οποίο πήρε και η μέθοδος το όνομα της.

Η βασική ιδέα της μεθόδου Monte-Carlo είναι η εκτίμηση της μέσης τιμής μιας τυχαίας μεταβλητής μέσω προσομοίωσης ανεξάρτητων παρατηρήσεων από την κατανομή της μεταβλητής αυτής.

Ο τύπος υπολογισμού μιας θεωρητικής μέσης τιμής θ εξαρτάται από τον τύπο μιας τυχαίας μεταβλητής X , δηλαδή αν είναι διακριτή ή συνεχής.

Το πρόβλημα σε πολλές πραγματικές εφαρμογές είναι ότι είτε η κατανομή της X είναι πολύ δύσκολο ή αδύνατο να εκφραστεί αναλυτικά, ή ακόμα και αν αυτό είναι δυνατό, ο αναλυτικός υπολογισμός του αθροίσματος ή ολοκληρώματος είναι αδύνατος. Ενώ στη περίπτωση που είναι συνεχής μπορεί κανείς να καταφύγει σε προσεγγιστικό υπολογισμό της μέσης τιμής με αριθμητικές μεθόδους, στην περίπτωση διακριτής ακόμα και αυτό μπορεί να μην είναι δυνατό, καθώς η συνάρτηση πιθανότητας ή η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας δεν έχουν αναλυτικές εκφράσεις.

Σε τέτοιες περιπτώσεις η μέθοδος Monte-Carlo δίνει μια εναλλακτική μέθοδο προσέγγισης με βάση την προσομοίωση.

Πρέπει επίσης να σημειώσουμε ότι η μέθοδος Monte-Carlo μπορεί να εφαρμοστεί και για τον υπολογισμό πιθανοτήτων που σχετίζονται με την τυχαία μεταβλητή X . Στην πραγματικότητα, η πιθανότητα οποιουδήποτε γεγονότος που αφορά την τυχαία μεταβλητή X μπορεί να εκφραστεί ως μέση τιμή μιας κατάλληλα ορισμένης συνάρτησης της X , γεγονός που επιτρέπει άμεση εφαρμογή της παραπάνω μεθόδου για την εκτίμηση της πιθανότητας αυτής μέσω προσομοίωσης.

Η μέθοδος Monte-Carlo έχει γνωρίσει πληθώρα εφαρμογών σε πολύ διαφορετικούς κλάδους όπως π.χ. Στατιστική, Οικονομικά, Χρηματοοικονομικά, Βιολογία, Οργάνωση και Διοίκηση Επιχειρήσεων, κλπ. Ο λόγος είναι ότι σε πολλές ρεαλιστικές εφαρμογές όπου υπάρχει αβεβαιότητα, οι σχετικές κατανομές πιθανότητας είναι συνήθως υπερβολικά πολύπλοκες για αναλυτικούς υπολογισμούς.

Εδάφιο Δ. Λογισμικά προσομοίωσης.

Ενδεικτικά παρατίθενται δύο από τα λογισμικά προσομοίωσης, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για τον σκοπό της παρούσας διατριβής και διατίθενται δωρεάν, το ARENA Simulation και το YASAI Simulator το οποίο λειτουργεί ως Add-In του Microsoft Office Excel.

§1. YASAI Simulator

Το YASAI (Λαχανικά στα Ιαπωνικά) αναπτύχθηκε στο Τμήμα MSIS της Rutgers Business School. Το πρόσθετο έχει σχεδιαστεί για τη διδασκαλία της στοιχειώδους προσομοίωσης Monte Carlo στο Microsoft Excel. Το Τμήμα Οικολογίας της Πολιτείας της Ουάσιγκτον έχει αναπτύξει επίσης και μια βιομηχανική έκδοση του YASAI που ονομάζεται YASAI.

Το YASAI παρέχει λειτουργίες του Excel που επιστρέφουν τυχαίους αριθμούς με καθορισμένες διανομές. Γενικά, θα επιστρέφουν διαφορετικές, τυχαία επιλεγμένες τιμές κάθε φορά που υπολογίζεται εκ νέου ένα υπολογιστικό φύλλο.

Κάποιες από τις τρέχουσες λειτουργίες δημιουργίας τυχαίων αριθμών είναι οι:

1. GENUNIFORM(a,b) όπου επιστρέφεται μια τιμή ανάμεσα στο a και στο b με $a \leq x < b$
2. GENNORMAL(m,s) όπου επιστρέφεται κανονική κατανομή με μέσο m και τυπική απόκλιση s.

Εκτός από τη δημιουργία τυχαίων τιμών το YASAI μπορεί να δεχτεί τιμές ως παραμέτρους και να εξάγει αποτελέσματα για κάθε δυνατό συνδυασμό αυτών των παραμέτρων.

Για αυτή τη λειτουργία το YASAI διαθέτει δύο συναρτήσεις:

1. SIMPARAMETER ({L}, name, group) ή PARAMETER ({L}, group, name) όπου L είναι η λίστα των τιμών που επιθυμούμε να χρησιμοποιήσουμε στα σενάρια προσομοίωσης, name το όνομα που θα δοθεί στη συγκεκριμένη παράμετρο, και group ένας αριθμός από το 1 έως το 20 ο οποίος αντιπροσωπεύει πόσες φορές θα χρησιμοποιηθεί κάθε αριθμός από τη λίστα L κατά τη δημιουργία των σεναρίων.
2. SIMOUTPUT (x, name), όπου x είναι η τιμή που θέλουμε ως αποτέλεσμα για κάθε συνδυασμό των παραμέτρων όπως αυτοί ορίστηκαν και name το όνομα που επιθυμούμε να δώσουμε σε αυτό το αποτέλεσμα.

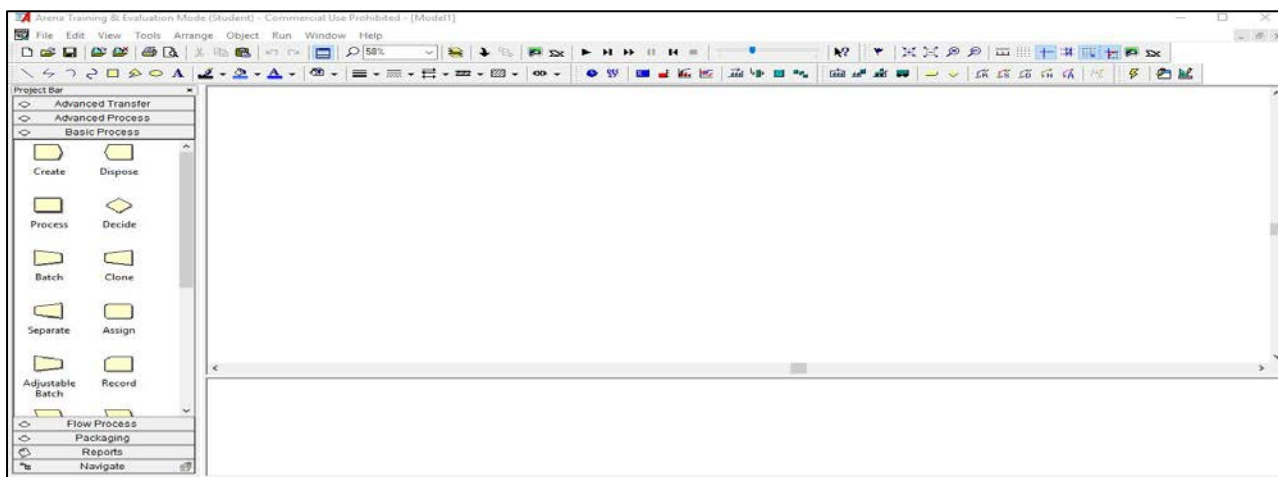
§2. ARENA Simulation

Το ARENA software είναι ένα από τα πιο διαδεδομένα εμπορικά προγράμματα προσομοίωσης με μεγάλο αριθμό εφαρμογών σε πολλούς και διαφορετικούς τύπους συστημάτων. Χρησιμοποιεί επεξεργαστή και γλώσσα SIMAN (Simulation and Analysis) στο οποίο ένας χρήστης μπορεί να δημιουργήσει ένα ερευνητικό μοντέλο χρησιμοποιώντας κάποιες ενότητες (modules) διαφόρων σχημάτων με διαφορετικές λειτουργίες και λογικές η κάθε μια. Ανασύροντας και συνδυάζοντας τα modules δημιουργείται ένα σύστημα που παρουσιάζει τη ροή διαφόρων οντοτήτων (entities) που εισάγονται στο σύστημα. Στη συνέχεια δίνοντας τιμές στις διάφορες παραμέτρους που περιλαμβάνονται ή όχι στα modules το μοντέλο που επιθυμεί ο χρήστης ολοκληρώνεται και το λογισμικό του Arena αναλαμβάνει να υλοποιήσει το τελικό πρόγραμμα προσομοίωσης, συνθέτοντας τις επιμέρους λειτουργίες που επέλεξε ο χρήστης, μεταφράζοντας το σχέδιο σε εντολές κώδικα.

Η έκδοση που χρησιμοποιήθηκε για το σκοπό της παρούσας διατριβής είναι η version 15.00.00004 για λειτουργικό σύστημα Windows 10 και πιο συγκεκριμένα η έκδοση student η οποία παρέχεται δωρεάν. Παρέχεται για εκπαιδευτική χρήση και δεν περιλαμβάνει το σύνολο των λειτουργιών και των εργαλείων της πλήρους έκδοσης. Ως αποτέλεσμα αυτού παρουσιάζει περιορισμό στον αριθμό δομικών στοιχείων και στο μέγεθος των συστημάτων που δύναται να μοντελοποιηθούν.

Το κύριο πεδίο αλληλεπίδρασης μεταξύ χρήστη και προγράμματος είναι η αρχική οθόνη του γραφικού περιβάλλοντος, όπου ο χρήστης θα δημιουργήσει και θα παρατηρεί το υπό μελέτη σύστημα κατά τη διάρκεια των προσομοιώσεων.

§2.1 Αρχική οθόνη ARENA



Σχήμα 3: Αρχική οθόνη ARENA

Μετά την έναρξη του προγράμματος εμφανίζεται το παράθυρο του σχήματος 3.

Υπάρχουν τρία κύρια μέρη στο κυρίως παράθυρο.

- **Project Bar:** Είναι τοποθετημένο στα αριστερά του παραθύρου κάτω από τη γραμμή εργαλείων. Περιέχει 7 πάνελ: Basic Process, Advanced Process, Advanced Transfer, Flow Process, Packaging, Reports και Navigate. Κάθε πάνελ περιέχει διάφορες ενότητες που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή του μοντέλου προσομοίωσης.

- **Model Window - Flowchart view:** Βρίσκεται στα δεξιά κάτω από τη γραμμή εργαλείων. Είναι στην ουσία ο χώρος εργασίας για την προσομοίωση. Περιέχει όλα τα στοιχεία και τα γραφικά του μοντέλου.

- **Model Window – Spreadsheet view:** Βρίσκεται ακριβώς κάτω από το flowchart view και δείχνει όλα τα δεδομένα του μοντέλου.

§2.2 Ενότητες του ARENA (Modules)

Για την κατασκευή του μοντέλου χρησιμοποιούνται modules δύο ειδών σε κάθε πάνελ.

- **Flowchart modules** τα οποία συνδέονται μεταξύ τους στο flowchart view και περιγράφουν τη λογική του μοντέλου. Τα βασικότερα είναι τα : Create, Process, Decide, Assign, Dispose.

- **Data modules** τα οποία επεξεργάζονται από το spreadsheet view και δεν τοποθετούνται στο flowchart view. Χρησιμοποιούνται για να ρυθμιστούν μεταβλητές του μοντέλου και τα πιο σημαντικά είναι : Resource, Variable, Schedule και Set.

Τα Flowchart modules υπάρχουν και στο flowchart view και στο spreadsheet view. Τα data modules μπορούν να είναι μόνο στο spreadsheet view.

Η κατασκευή μοντέλου προσομοίωσης τοποθετώντας ενότητες και συνδυάζοντας αυτές με τις διάφορες παραμέτρους θα αναλυθεί εκτενέστερα στο επόμενο κεφάλαιο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Μοντελοποίηση Συστημάτων Στοχαστικής Ζήτησης

§1. Περιγραφή.

Στο παρόν κεφάλαιο θα γίνει η διατύπωση του προβλήματος και της μεθοδολογίας στην οποία στηρίχθηκε η παρούσα έρευνα, καθώς επίσης και η ανάλυση των αποτελεσμάτων της έρευνας και των εργαλείων τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την εξαγωγή συμπερασμάτων. Τα παραδείγματα που παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 5 αποτελούν μια εμπειρική προσέγγιση της θεωρίας διαχείρισης αποθεμάτων. Σκοπός αυτής της προσέγγισης είναι να μπορεί ο μέσος χρήστης – διαχειριστής κάποιου αποθέματος να μπορεί να αποφασίσει σχετικά με τον τρόπο που θα παράγει-παραγγέλνει όταν η ζήτηση δεν είναι σταθερή, χωρίς να είναι απαραίτητη η γνώση πολύπλοκων μαθηματικών συναρτήσεων και εξισώσεων (Markov, EOQ, κλπ).

Η πολιτική που θα χρησιμοποιηθεί στα δύο παραδείγματα του παρόντος κεφαλαίου είναι η s-S policy. Προτιμήθηκε μεταξύ άλλων διότι στα συγκεκριμένα παραδείγματα, που αφορούν ένα και μόνο προϊόν το οποίο παρακολουθείται συνεχώς, προσφέρει αποτελεσματικότερο σύστημα διαχείρισης αποθέματος.

§2. Προσομοίωση με στοχαστική ζήτηση και σταθερό χρόνο επαναπαραγγελίας.

Προκειμένου να γίνει καλύτερα αντιληπτή μια προσομοίωση με στοχαστική ζήτηση αλλά σταθερό χρόνο επαναπαραγγελίας θα χρησιμοποιηθεί το παρακάτω αριθμητικό παράδειγμα.

Έστω ότι τα δεδομένα που δίνονται είναι τα εξής: Θεωρούμε πως το αρχικό απόθεμα είναι μηδενικό ($I_t=0, t=0$) και η ζήτηση δίνεται από μία κανονική κατανομή με μέσο ($\mu=100$) και απόκλιση ($\sigma=30$). Η τιμή αγοράς του προϊόντος είναι δεδομένη $r=20\text{€}$ όπως και η τιμή πώλησης αυτού είναι $c=30\text{€}$. Για κάθε παραγγελία που δίνεται υπάρχει ένα σταθερό κόστος παραγγελίας ανεξάρτητο της ποσότητας παραγγελίας ίσο με $K=500\text{€}$. Υπάρχει επίσης ένα ετήσιο κόστος αποθήκευσης ανά μονάδα προϊόντος είναι $h=3\text{€}$. Ο χρόνος επαναπαραγγελίας καθόλη τη διάρκεια της προσομοίωσης παραμένει σταθερός ίσος με $t=n/3$ περιόδους. Το μέγιστο απόθεμα αλλά και το σημείο επαναπαραγγελίας (Reorder Point) είναι ζητούμενα τα οποία θα βρεθούν με δοκιμές βάση τιμών που θα τεθούν ως

παράμετροι στο YASAI Simulator (EXCEL Add-In) και θα συγκριθούν με το ARENA Simulation (Rockwell Software)

Το απόθεμα του παραδείγματος χωρίζεται σε δύο μέρη, το επίπεδο αποθέματος που πραγματικά έχουμε στην κατοχή μας (Inventory Level) και τη θέση του αποθέματος που είναι το Inventory Level μαζί με την ποσότητα που έχει παραγγελθεί και αναμένεται (Ordered Quantity). Κάθε φορά δηλαδή που το Inventory Position θα πέφτει κάτω από το επίπεδο s θα παραγγέλνεται ποσότητα τέτοια ώστε να επιτυγχάνεται το μέγιστο επίπεδο αποθέματος S . Άρα αν $\text{Ordered Quantity} = Q$ τότε για $\text{Inventory Position} < s$, $Q = S - \text{Inventory Position}$.

Για κάθε περίοδο χρειάζεται να υπολογιστούν τα έσοδα από τις πωλήσεις του προϊόντος καθώς και τα έξοδα που προέρχονται από την παραγγελία (εάν χρειάστηκε να γίνει) και το κόστος αποθήκευσης ανά μονάδα.

Εάν λοιπόν η ζήτηση είναι X_t ($t=0,1,2,\dots,n$) = NORM(100,30) και το Inventory Level = I_t τότε οι πωλήσεις θα είναι το ελάχιστο των δύο. Άρα S_t (Sales) = $\min(X_t, I_t)$ και τα έσοδα $P_t = S_t \times c$. Εάν μετά τις πωλήσεις το Inventory Position πέσει κάτω από το επίπεδο s τότε δίνεται η εντολή για ποσότητα παραγγελίας Q_t , το κόστος της οποίας θα είναι $C_t = (Q_t \times r) + K$. Και εφόσον το Inventory Level είναι μεγαλύτερο του μηδενός τότε προστίθεται το κόστος αποθήκευσης ανά μονάδα το οποίο ισούται με $H_t = h \times \text{Inventory Level}$. Οπότε στο τέλος κάθε περιόδου το κέρδος ισούται με $N_t = P_t - C_t - H_t$.

Εκτός από το κέρδος μεγάλη σημασία για την εύρεση των s, S έχει και η ικανοποίηση των πελατών. Θα μπορούσαμε να έχουμε διαρκώς κέρδος αν για παράδειγμα το $H_t = 0$ ή εάν το κόστος της παραγγελίας ήταν διαρκώς μικρότερο από τα έσοδα των προηγούμενων περιόδων. Ωστόσο κάτι τέτοιο δεν θα αποφέρει το μέγιστο δυνατό κέρδος αλλά ούτε και τη μέγιστη δυνατή ικανοποίηση στους πελάτες, οι οποίοι εφόσον είναι μια δυναμική μεταβλητή δεν θα συνεχίσουν να επιλέγουν το συγκεκριμένο κατάστημα για να ικανοποιήσουν τη ζήτηση τους. Εισάγουμε λοιπόν στο πρόβλημα και το ποσοστό ικανοποίησης των πελατών (Fill Rate) το οποίο ισούται με $\text{Fill Rate} = S_t / X_t$.

Οι παράμετροι λοιπόν που θα χρησιμοποιηθούν στο πρόβλημα θα είναι τέτοιοι ώστε το αποτέλεσμα να είναι ένας συνδυασμός μεγάλου κέρδους με μεγάλο Fill Rate. Τέλος παραδοχές του προβλήματος είναι πως δεν υπάρχουν απώλειες από χαμένες πωλήσεις, το προϊόν δεν έχει ημερομηνία λήξης και δεν χάνει αξία πώλησης σε κάθε περίοδο που παραμένει στο απόθεμα

§2.1 Ανάλυση Διαδικασίας Επίλυσης.

Η αρχική προσέγγιση του προβλήματος έγινε μέσω του YASAI Simulator. Προτιμήθηκε σε αυτή τη φάση έναντι του ARENA Simulation διότι δίνει μια πιο συγκεντρωτική εικόνα των ζητούμενων αποτελεσμάτων, κάτι το οποίο βοηθά στην πιο γρήγορη εξαγωγή συμπερασμάτων. Η απαίτηση από το συγκεκριμένο add-in είναι να μειωθεί ο αριθμός των σεναρίων που θα χρησιμοποιηθούν αργότερα στο ARENA.

Για το συγκεκριμένο πρόβλημα οι αρχικοί παράμετροι που εισήχθησαν στο EXCEL ήταν οι εξής:

=parameter ({200,300,400,500,600,700,800,900},8, “Max Inventory”), δηλαδή θα χρησιμοποιηθούν οι τιμές από 200 έως 900 σε συνδυασμό με κάθε μια από τις τιμές της δεύτερης παραμέτρου που θα οριστεί. Οι τιμές αυτές θα αντιπροσωπεύουν το μέγιστο τηρούμενο απόθεμα (stock in hand, backorders κλπ)

=parameter ({1,100,200,300,400,500,600,800},1, “Reorder Point”), ως δεύτερη παράμετρος έχει οριστεί η τιμή που λαμβάνει το απόθεμα και ταυτόχρονα λειτουργεί ως σημείο επαναπαράγγελίας (reorder point). Κάθε μια από τις τιμές θα συνδυαστεί και με τις 8 τιμές της πρώτης παραμέτρου.

=simoutput (Pt-Ct-Ht, “Profit”) ,όπου Pt-Ct-Ht τα αντίστοιχα κελιά στο EXCEL, δηλαδή για κάθε συνδυασμό των ανωτέρω παραμέτρων θα προκύψει το αντίστοιχο αποτέλεσμα όπως ορίστηκε στην παρένθεση. Κάθε σενάριο (συνδυασμός παραμέτρων) θα εμφανίσει ποσοστικά από ελάχιστη έως μέγιστη τιμή με σκαλί 5% τις τιμές του επιθυμητού αποτελέσματος (simoutput). Αντίστοιχα και για το δεύτερο εξαγόμενο στοιχείο που επιθυμούμε να συγκρίνουμε ορίζεται η παράμετρος:

=simoutput(sum(St)/sum(Xt), “Fill Rate”)

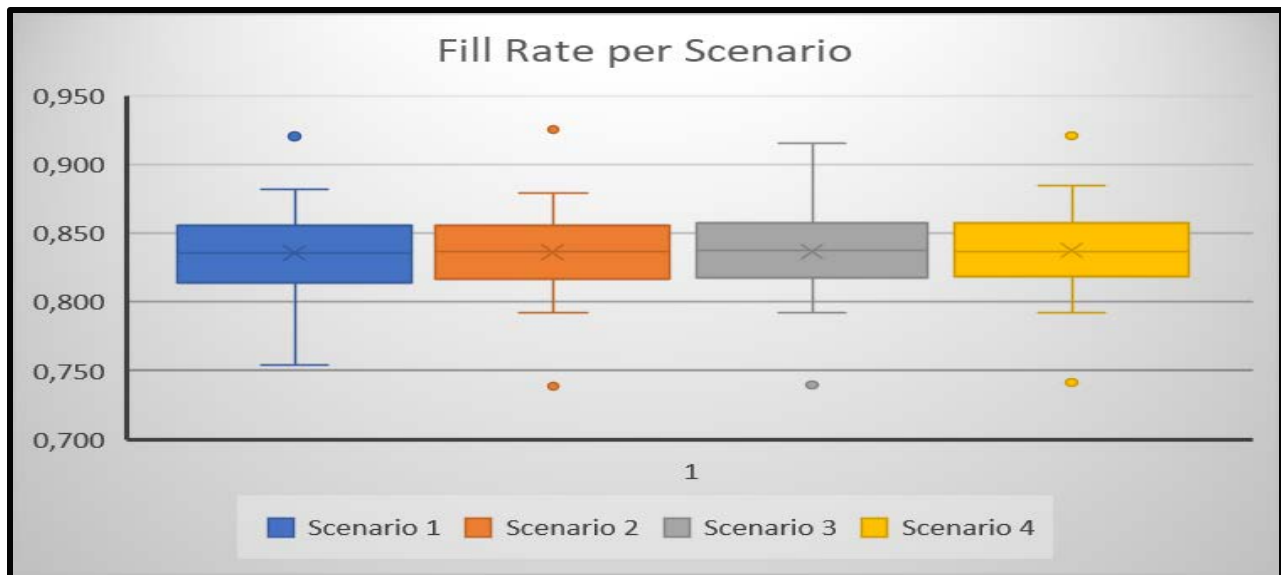
Για λόγους ευκολίας οι τιμές των παραμέτρων εισήχθησαν στο EXCEL ως πίνακας και το {L} αντικαταστάθηκε από το εύρος των κελιών. Πχ =parameter({A2:A9,1,A1) και parameter({B2:B9,1,B1),όπου A1 και B1 οι ονομασίες των παραμέτρων όπως αυτές αναγράφονται στα αντίστοιχα κελιά.

Μετά την εκτέλεση του Yasai για τα παραπάνω σενάρια μελετήθηκαν τα αποτελέσματα και αποκλείστηκαν οι τιμές για τις οποίες υπήρχε ζημία ή πολύ χαμηλό Fill Rate. Από τα εναπομείναντα σενάρια προστέθηκαν στις τιμές και οι ενδιάμεσες αυτών ώστε να προσεγγίσουμε καλύτερα την τιμή που δίνει το μέγιστο επιθυμητό αποτέλεσμα. Πχ. Αποκλείστηκε η τιμή 900 από την παράμετρο Max Inventory αφού ως επί το πλείστον σημείωνε ζημία, ενώ προστέθηκε η τιμή 350 στην παράμετρο Reorder Point,αφού βρέθηκε να υπάρχει πολύ καλό αποτέλεσμα ανάμεσα στις τιμές 300 και 400 της παραμέτρου αυτής.

Η διαδικασία αυτή συνεχίσθηκε μέχρι την ύπαρξη τεσσάρων σεναρίων τα οποία, όπως φαίνονται στον πίνακα 1, είχαν ελάχιστη απόκλιση μεταξύ τους.

Maximum Inventory (S)	Reorder Point (s)	Μέσο Κέρδος	Μέσο Fill Rate
600	410	32.251€	0,835
600	411	32.344€	0,836
600	412	32.314€	0,837
600	413	32.362€	0,838

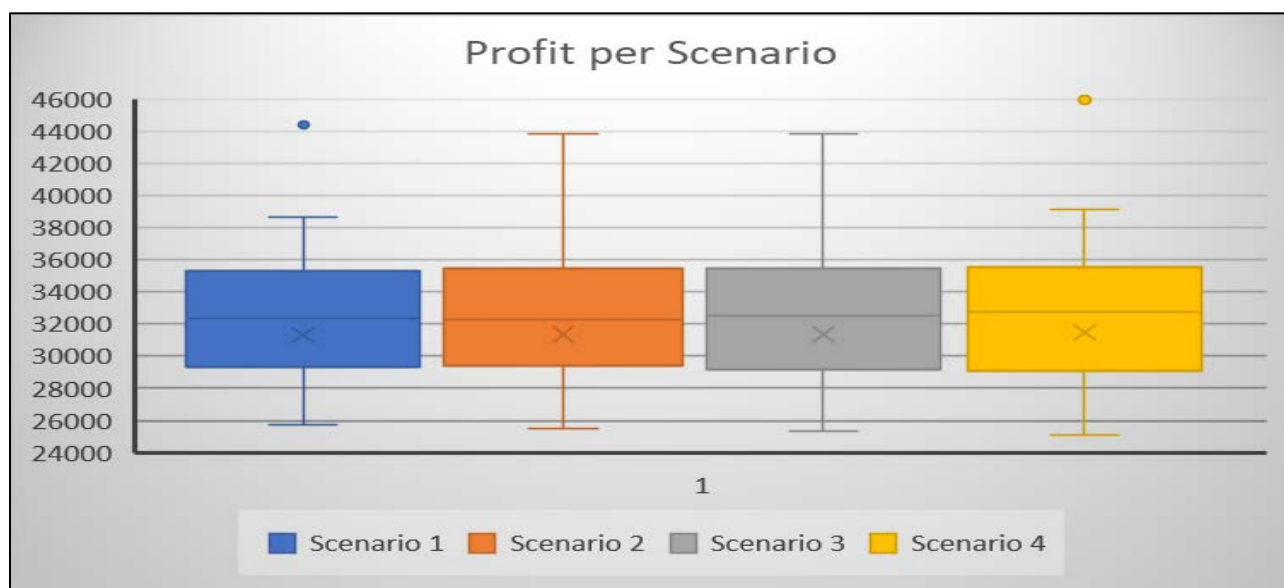
Πίνακας 1. Αποτελέσματα σεναρίων από YASAI Simulator



Σχήμα 4: Fill Rate per Scenario Box Plot

Σύμφωνα με το παραπάνω Box Plot (Σχ.4) όσον αφορά το Fill Rate παρατηρούμε πως το σενάριο 3 ($S=600, s=412$) αν και δεν δίνει το μέγιστο δυνατό Fill Rate, η μέγιστη τιμή του είναι εντός του 4^{ου} τεταρτημόριου με πιθανότητα $>95\%$. Τα υπόλοιπα σενάρια παρουσιάζουν μεγαλύτερο Fill Rate στη μέγιστη τιμή, όμως οι μέγιστες τιμές τους δεν εμφανίζονται εντός του εύρους των τεταρτημόριων παρά είναι τιμές που χαρακτηρίζονται ως extreme outliers. Το κυρίως σώμα των παρατηρήσεων παρουσιάζει μικρότερο Fill Rate απ' ότι στο σενάριο 3. Ως εκ τούτου ανάμεσα στα τέσσερα αυτά σενάρια το προτιμότερο όσον αφορά το Fill Rate χαρακτηρίζεται το Σενάριο 3.

Στο box plot των συνολικών κερδών ανά σενάριο (Σχ.5) παρατηρούμε πως τα μεγαλύτερα κέρδη εμφανίζονται στα σενάρια 1 και 4. Παρόλα αυτά όμως αυτές οι μέγιστες τιμές είναι ακραίες τιμές (outliers) και το κυρίως σώμα των παρατηρήσεων εμφανίζεται να παίρνει μικρότερες τιμές από τα σενάρια 2 και 3 τα οποία έχουν ελάχιστες αποκλίσεις μεταξύ τους. Σε αυτή την περίπτωση λοιπόν θα ήταν προτιμότερη η επιλογή ενός εκ των δύο σεναρίων.



Σχήμα 5: Profit per Scenario Box Plot

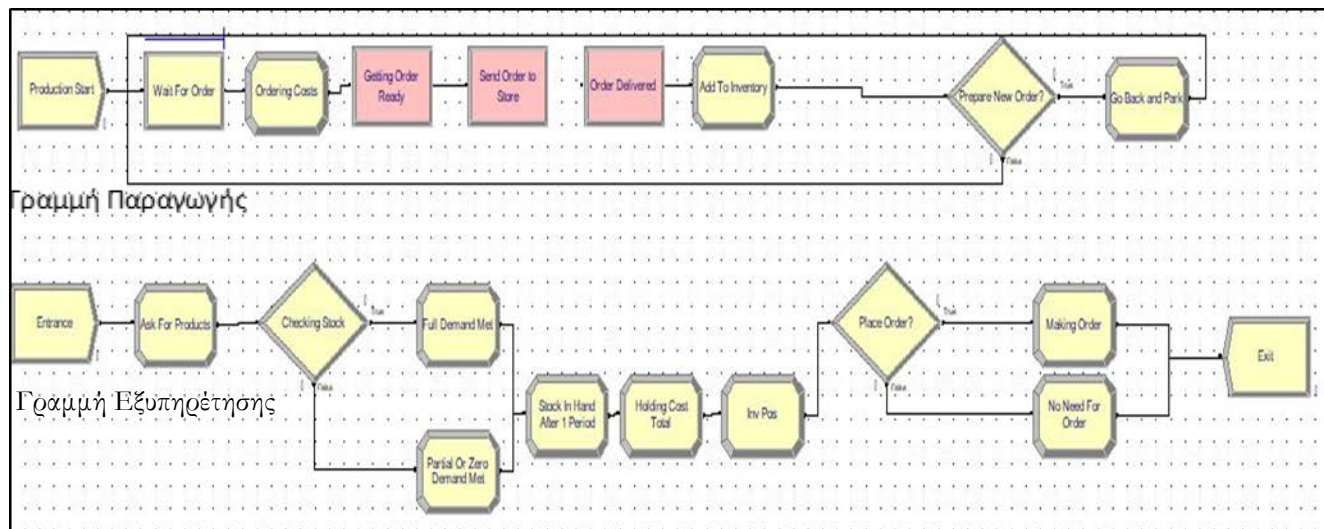
Επειδή όμως όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως η επιλογή του προτιμότερου s-S συνδυασμού γίνεται και λόγω κέρδους και λόγω Fill Rate το σενάριο 3 είναι αυτό που θα προτιμηθεί ύστερα από τις παρατηρήσεις που έγιναν από το YASAI.

Το παραπάνω σενάριο 3 ($S=600, s=412$) είναι αυτό που θα χρησιμοποιηθεί αρχικά για τη δημιουργία μοντέλου στο ARENA.

Για την εξαγωγή συμπερασμάτων θα χρησιμοποιηθεί μοντέλο το οποίο περιέχει δύο συστήματα. Το σύστημα παραγωγής το οποίο αφορά τη ροή του προϊόντος από την παραγωγή μέχρι την εισαγωγή του στο Stock οπότε και προστίθεται στο Inventory Level, και το σύστημα εξυπηρέτησης, το οποίο αφορά τη ροή του πελάτη στο σύστημα από τη στιγμή που θα εισέλθει μέχρι να εξέλθει έχοντας ικανοποιήσει όλη ή μέρος της ζήτησης του.

Λόγω περιορισμών που υφίστανται στην εισαγωγή νέων entities λόγω της έκδοσης Student του ARENA θεωρούμε τον κάθε πελάτη ως μια περίοδο, και η ζήτηση του κάθε πελάτη ισούται με τη ζήτηση μιας περιόδου (κανονική κατανομή με μέσο 100 και τυπική απόκλιση 30). Τα προϊόντα τα οποία παράγονται αντιπροσωπεύονται από ένα entity το οποίο δεν εξάγεται και επαναδρομολογείται στην αρχή του συστήματος, όπου και αποκτά εκ νέου μέγεθος ίσο με την ποσότητα η οποία παραγγέλλεται κάθε φορά.

Το μοντέλο προσομοίωσης φαίνεται στο σχήμα 6.



Σχήμα 6: Arena Initial Page

Ξεκινώντας από το σύστημα παραγωγής εισάγουμε προϊόν χρησιμοποιώντας το module CREATE το οποίο βρίσκεται στον πίνακα Basic Process. Το ονομάζουμε “Production Starts” και στο entity δίνουμε την ονομασία “Product”. Το κάθε πότε θα εισάγεται μια οντότητα στο σύστημα δεν έχει σημασία, αφού μετά την πρώτη εισαγωγή η

παραγωγή σταματάει και, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, το προϊόν θα επαναδρομολογείται χωρίς να εξαχθεί ποτέ από το σύστημα. Συνεπώς ορίζουμε ως μέγιστες εισαγωγές την τιμή 1, και ορίζουμε τη στιγμή της δημιουργίας ως άμεση (0.0). (Σχ.7)

The 'Create' dialog box is used to define a new module. It contains the following fields and options:

- Name:** A dropdown menu with 'Production Start' selected.
- Entity Type:** A dropdown menu with 'Product' selected.
- Time Between Arrivals:**
 - Type:** A dropdown menu with 'Random (Expo)' selected.
 - Value:** A text input field containing '1'.
 - Units:** A dropdown menu with 'Hours' selected.
- Entities per Arrival:** A text input field containing '1'.
- Max Arrivals:** A text input field containing '1'.
- First Creation:** A text input field containing '0.0'.

At the bottom, there are three buttons: 'OK', 'Cancel', and 'Help'.

Σχήμα 7: Create Module

Στη συνέχεια το entity Product δρομολογείται στο module “HOLD” το οποίο βρίσκεται στον πίνακα Advanced Process και το ονομάζουμε “WAIT FOR ORDER”. Αντικειμενικός σκοπός του συγκεκριμένου module είναι να κρατά το προϊόν το οποίο επαναδρομολογείται μέχρι να ικανοποιηθεί μια συγκεκριμένη συνθήκη, σύμφωνα με την οποία θα ξεκινήσει η διαδικασία αποστολής της παραγγελίας. Πχ όταν κάποιος πελάτης αφού ελέγξει το stock του αποθέματος του, δώσει εντολή για μια νέα παραγγελία. (Σχ.8)

The 'Hold' dialog box is used to configure a hold module. It contains the following fields and options:

- Name:** A dropdown menu with 'Wait For Order' selected.
- Type:** A dropdown menu with 'Scan for Condition' selected.
- Condition:** A text input field containing 'Trigger Order == 1'.
- Queue Type:** A dropdown menu with 'Queue' selected.
- Queue Name:** A dropdown menu with 'Wait For Order.Queue' selected.

At the bottom, there are three buttons: 'OK', 'Cancel', and 'Help'.

Σχήμα 8. Hold Module

Το συγκεκριμένο module έχει τρεις λειτουργίες κράτησης του entity (Types), waiting for signal, Scan for Condition και Infinite Hold. Στο συγκεκριμένο μοντέλο όπως αναφέρθηκε θέλουμε να ικανοποιηθεί μια συγκεκριμένη συνθήκη. Ορίζουμε ως συνθήκη την κατάσταση “Trigger Order==1”. Σε άλλο module του μοντέλου θα επιλέξουμε τότε αυτή η κατάσταση θα είναι αληθής ή όχι.

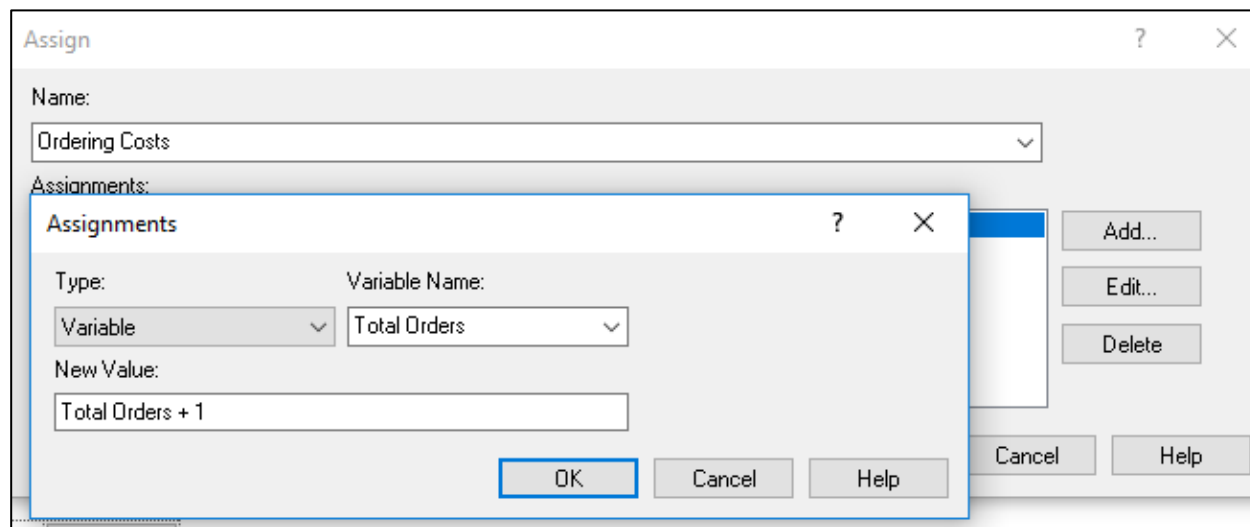
Πριν συνεχίσουμε στην κατασκευή του μοντέλου θα πρέπει να ορισθούν κάποιες μεταβλητές. Οι μεταβλητές αυτές (Variables) μπορούν να εισαχθούν σε κάθε module ξεχωριστά ή συνολικά από το Spreadsheet Variable που βρίσκεται στον πίνακα Basic Process. (Σχ.9)

Variable - Basic Process												
	Name	Comment	Rows	Columns	Data Type	Clear Option	File Name	Initial Values	Report Statistics	I/O Point	Usage	Description
1	Selling Price				Real	System		1 rows	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	InputOutput	
2	Purchase Price				Real	System		1 rows	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	InputOutput	
3	Holding Cost				Real	System		1 rows	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	InputOutput	
4	Max Inventory				Real	System		1 rows	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	InputOutput	
5	Reorder Point				Real	System		1 rows	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	InputOutput	
6	Stock In Hand				Real	System		1 rows	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	InputOutput	
7	Ordered Quantity				Real	System		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	InputOutput	
8	Fix Order Cost				Real	System		1 rows	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	InputOutput	
9	Demand				Real	System		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	InputOutput	
10	Trigger Order				Real	System		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	InputOutput	
11	Inventory Position				Real	System		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	InputOutput	
12	Total Demand				Real	System		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	InputOutput	
13	Total Orders				Real	System		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	InputOutput	
14	Total Batch				Real	System		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	InputOutput	
15	Income				Real	System		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	InputOutput	
16	Total Profit				Real	System		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	InputOutput	
17	Storage Space				Real	System		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	InputOutput	
18	Total Holding Costs				Real	System		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	InputOutput	
19	Products Sold				Real	System		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	InputOutput	
20	Total Setup Cost				Real	System		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	InputOutput	
21	Batch				Real	System		0 rows	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	InputOutput	
22	Setup Cost				Real	System		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	InputOutput	
23	Demand Lost				Real	System		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	InputOutput	
24	Total Products Sold				Real	System		0 rows	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	InputOutput	

Σχήμα 9. Variables Spreadsheet

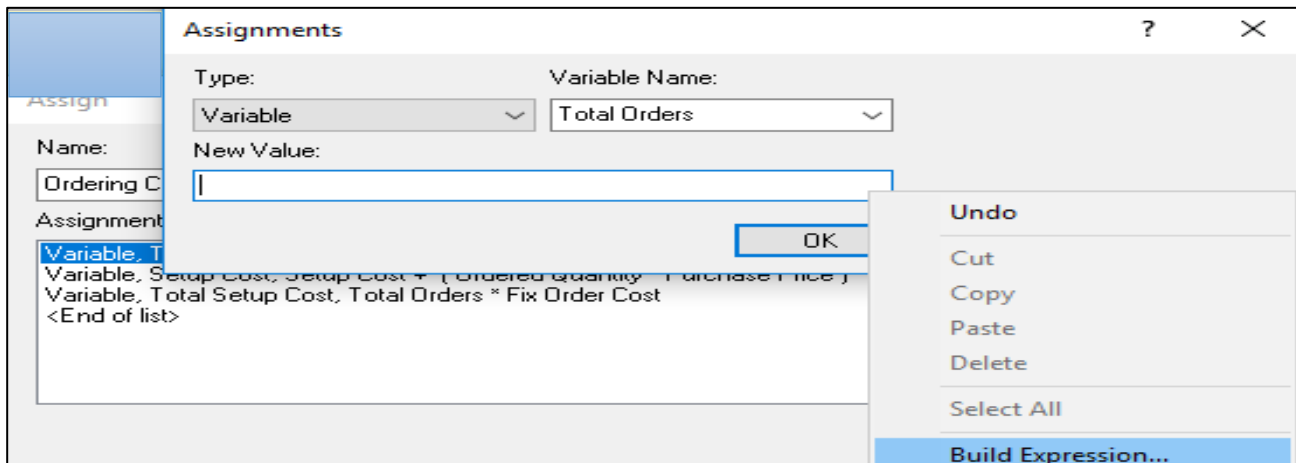
Εισάγουμε τις οικονομικές παραμέτρους που έχουμε από το παράδειγμα του Yasai. Selling price ως τιμή πώλησης με initial value 30. Η τιμή αγοράς ως Purchase Price με initial value 20. Αντίστοιχα το κόστος εναποθήκευσης ως Holding Cost με initial value=3, και το σταθερό κόστος παραγγελίας ως Fix Order Cost με initial value=500. Το μέγιστο επιθυμητό απόθεμα ως max inventory με initial value=600, ενώ το reorder point με initial value=412.

Αφού έχουν εισαχθεί οι οικονομικές παράμετροι το προϊόν συνεχίζει από το module “Hold” στο module “Assign” στο οποίο θέλουμε να υπολογιστεί το κόστος της παραγγελίας. Το ονομάζουμε “Ordering Costs” (Σχ.10).



Σχήμα 10. Ordering Cost in Assign module

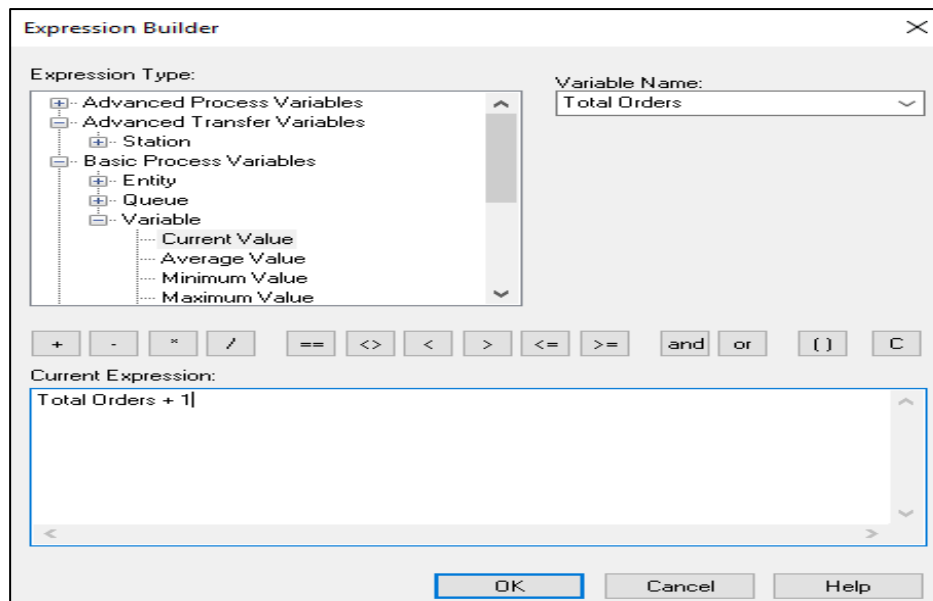
Στο συγκεκριμένο module θα εισάγουμε με το κουμπί Add τις μεταβλητές (variables) τις οποίες θα χρειαστούμε για την εύρεση του κόστους, ή για συλλογή στατιστικών που θα χρειαστούν παρακάτω. Έτσι για παράδειγμα βλέπουμε στο σχήμα 10 την εισαγωγή της μεταβλητής Total Orders η οποία θα καταμετρά πόσες φορές πέρασε το προϊόν από το module και θα μας δώσει το συνολικό αριθμό των παραγγελιών που εκτελέστηκαν. Οπότε η νέα τιμή κάθε φορά που το προϊόν εισέρχεται στο module θα είναι η τιμή του Total Orders+1. Για αποφυγή λαθών κατά την πληκτρολόγηση σε κάθε τιμή ή έκφραση, που ορίζεται, θα χρησιμοποιείται ο Expression Builder του ARENA, κάνοντας δεξί κλικ στο κελί New Value (Σχ.11).



Σχήμα 11. Expression Builder

Στο παράθυρο που θα εμφανιστεί, επιλέγουμε τις variables που επιθυμούμε, πρώτα από τον τύπο αριστερά και στη συνέχεια με βάση το όνομα δεξιά. (Σχ.12) Με τη βοήθεια και των αριθμητικών συμβόλων στο κάτω μέρος "χτίζουμε" την έκφραση που θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε.

Εφόσον δεν έχει οριστεί initial value η αρχική τιμή με την έναρξη της προσομοίωσης, περίοδος t , θα είναι 0 και άρα η πρώτη είσοδος στο module θα δώσει στην μεταβλητή την τιμή $0+1=1$, $t=t+1$



Σχήμα 12. Expression Builder

Στην συνέχεια εισάγουμε και τις υπόλοιπες μεταβλητές κατά τον ίδιο τρόπο.(Σχ.13)

Assign

Name:

Assignments:

- Variable, Total Orders, Total Orders + 1
- Variable, Setup Cost, Setup Cost + (Ordered Quantity * Purchase Price)
- Variable, Total Setup Cost, Total Orders * Fix Order Cost
- <End of list>

Buttons: Add..., Edit..., Delete, OK, Cancel, Help

Σχήμα 13. All Costs in Assign Module

Θα εισαχθούν δύο ακόμα μεταβλητές, μια για να υπολογισθεί το κόστος των προϊόντων που αγοράσθηκαν, το οποίο ισούται με την ποσότητα παραγγελίας επί την τιμή αγοράς, και μια που θα κοστολογεί το συνολικό σταθερό κόστος των παραγγελιών. Το σύνολο αυτών των δύο μεταβλητών θα είναι το τελικό σύνολο των εξόδων που έγιναν για παραγγελία και αγορά προϊόντων.

Αφού κοστολογηθεί η παραγγελιά είναι έτοιμη να εισέλθει στο χώρο φόρτωσης και να μεταφερθεί στο Inventory του πελάτη. Αυτή η διαδικασία θα προσομοιωθεί με δύο modules. Το Station και το Route τα οποία βρίσκονται στον πίνακα Advance Transfer. Πρώτα όμως θα πρέπει να ορισθούν οι ονομασίες των σταθμών που θα χρησιμοποιηθούν.(Σχ.14)

Η εισαγωγή γίνεται από το spreadsheet που βρίσκεται στον πίνακα Advance Transfer. Έτσι ορίζουμε τον πρώτο σταθμό ως Warehouse, που στην ουσία είναι ο χώρος φόρτωσης, και τον δεύτερο σταθμό(χώρο εκφόρτωσης) ως Inventory.

Station Data - Advanced Transfer					
	Symbol Number	Name	Associated Intersection	Parent Activity ...	Report Stati...
1		Warehouse			<input checked="" type="checkbox"/>
2		Inventory			<input checked="" type="checkbox"/>
Double-click here to add a new row.					

Σχήμα 14. Station Data Spreadsheet

Τα modules των σταθμών φαίνονται στο σχήμα 15.

The image shows two identical 'Station' dialog boxes side-by-side. Each box has a title bar with a question mark and a close button. The left dialog box has the following fields: 'Name:' with a text box containing 'Getting Order Ready', 'Station Type:' with a dropdown menu showing 'Station', 'Station Name:' with a dropdown menu showing 'Warehouse', 'Parent Activity Area:' with an empty dropdown, 'Associated Intersection:' with an empty dropdown, and a checked checkbox for 'Report Statistics'. The right dialog box has: 'Name:' with a text box containing 'Order Delivered', 'Station Type:' with a dropdown menu showing 'Station', 'Station Name:' with a dropdown menu showing 'Inventory', 'Parent Activity Area:' with an empty dropdown, 'Associated Intersection:' with an empty dropdown, and a checked checkbox for 'Report Statistics'. Both dialogs have 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons at the bottom.

Σχήμα 15. Station Modules

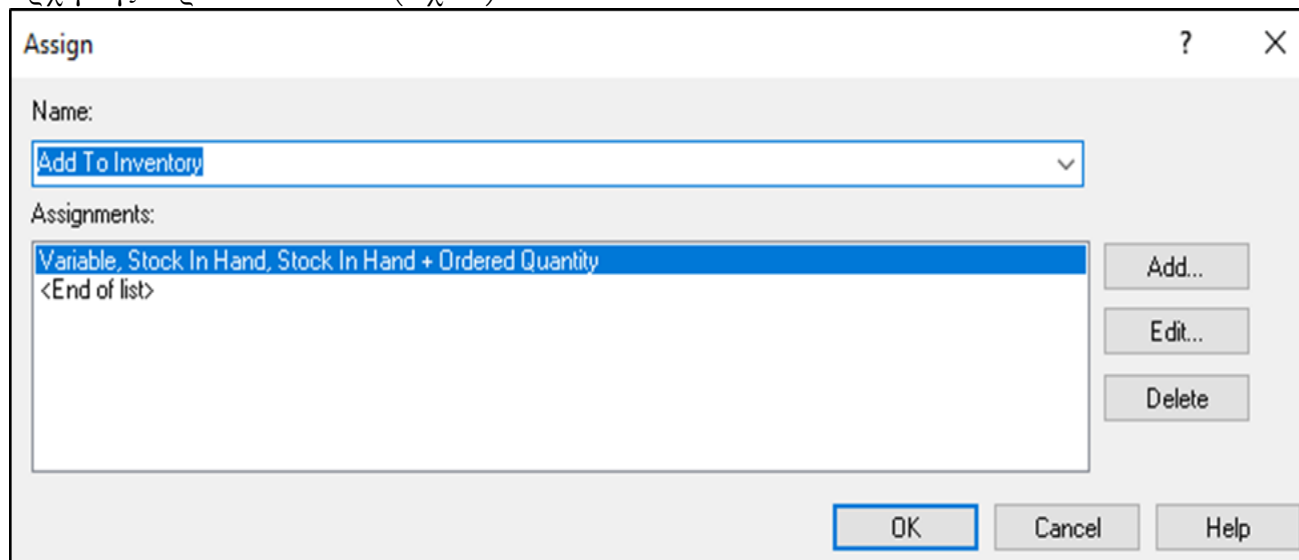
Οι δύο αυτοί σταθμοί θα πρέπει να συνδεθούν με το module “Route” ,όπως στο σχ.16.

The image shows a 'Route' dialog box. It has a title bar with a question mark and a close button. The fields are: 'Name:' with a dropdown menu showing 'Send Order to Store', 'Route Time:' with a dropdown menu showing '3', 'Units:' with a dropdown menu showing 'Days', 'Destination Type:' with a dropdown menu showing 'Station', and 'Station Name:' with a dropdown menu showing 'Inventory'. At the bottom are 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons.

Σχήμα 16. Route Module

Όπως προαναφέρθηκε στην αρχή του κεφαλαίου ο χρόνος που χρειάζεται για επαναπαραγγελία είναι τρεις μέρες. Στο μοντέλο αυτός ο χρόνος αποτυπώνεται ως χρόνος διαδρομής από τον ένα σταθμό στον άλλο. Στο module ζητείται μόνο ο τύπος προορισμού γιατί συνδέεται μόνο με το module του πρώτου σταθμού.(Σχ.6)

Με το πέρας του χρόνου επαναπαραγγελίας, $t=t+4$, το Entity Product εισάγεται στο Assign Module “Add to Inventory” έχοντας το μέγεθος της παραγγελίας που δόθηκε στην αρχή της περιόδου $t=t+1$. (Σχ.17)



Σχήμα 17. Inventory in Assign Module

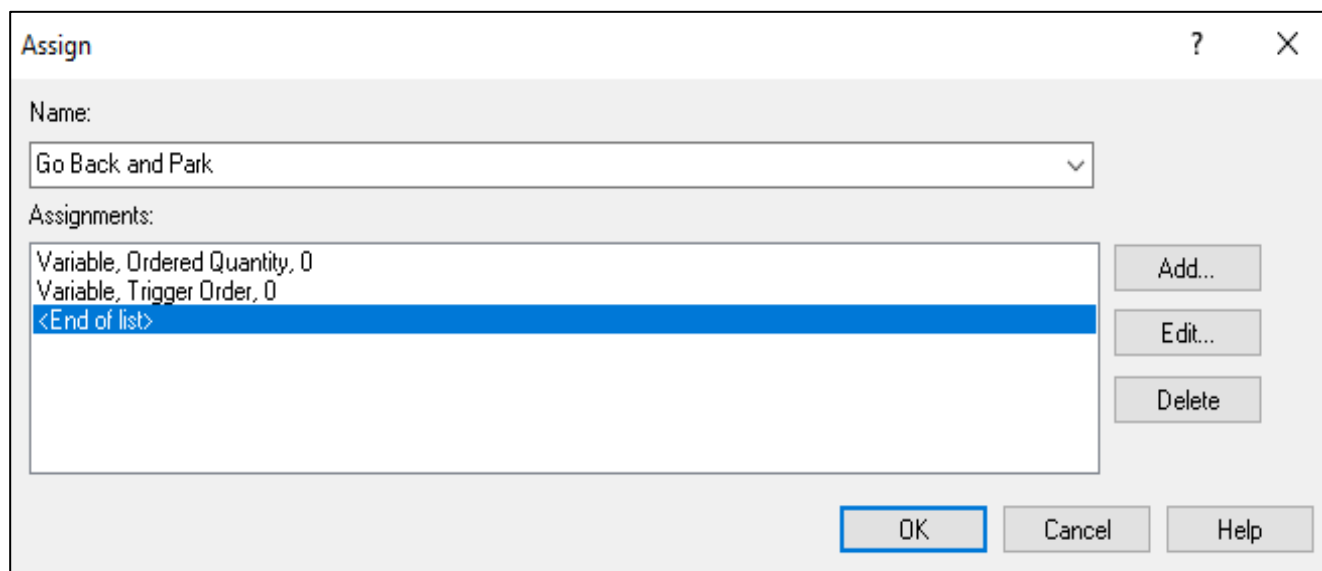
Προκειμένου να προστεθεί στο stock η ποσότητα που παραγγέλθηκε χρησιμοποιούμε άλλη μια μεταβλητή που ονομάζουμε “Stock in Hand”. Η τιμή της θα είναι κάθε φορά ίση με την ποσότητα που έχει παραμείνει στο απόθεμα συν την ποσότητα που παραλείφθηκε.

Αφού ολοκληρώθηκε η παραγγελία πρέπει να αποφασισθεί αν η entity που χρησιμοποιήθηκε πρέπει να επαναδρομολογηθεί για εκκίνηση νέας παραγγελίας ή να επανέλθει στο module “Wait For Order” και να περιμένει νέα εντολή. Αυτό θα γίνει με τη χρήση του Decide Module που βρίσκεται στον πίνακα Basic Process.(Σχ.18)

The screenshot shows a 'Decide' module configuration window. The 'Name' field is 'Prepare New Order?' and the 'Type' is '2-way by Condition'. The 'If' condition is set to 'Expression' and the 'Value' is 'Inventory Position >= Reorder Point'. The window includes 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons at the bottom.

Σχήμα 18: Decide Module

Αν η τιμή του Inventory position είναι μεγαλύτερη ή ίση του Reorder Point δεν υπάρχει λόγος για νέα παραγγελία οπότε και η οντότητα θα πρέπει να επιστρέφει έχοντας μηδενική τιμή στην ποσότητα παραγγελίας. Αυτό το κομμάτι ορίζεται ως True condition στο module. Διαφορετικά ορίζεται ως False condition και η οντότητα επιστρέφει έχοντας ποσότητα παραγγελίας ίση με τη διαφορά του μέγιστου αποθέματος από το απόθεμα στο χέρι. Εφόσον είναι false τότε επιστρέφει κατευθείαν στο Hold Module του σχήματος 8 και επαναλαμβάνεται η διαδικασία. Σε περίπτωση true condition πριν την επιστροφή στο Hold module προηγείται η είσοδος της οντότητας σε ένα Assign Module όπου θα μηδενιστεί η παραγγελθείσα ποσότητα και θα δημιουργηθεί τέτοια συνθήκη ώστε να παραμείνει στο Hold Module μέχρι να ισχύσει εκ νέου η συνθήκη “Trigger Order==1” (Σχ.19).



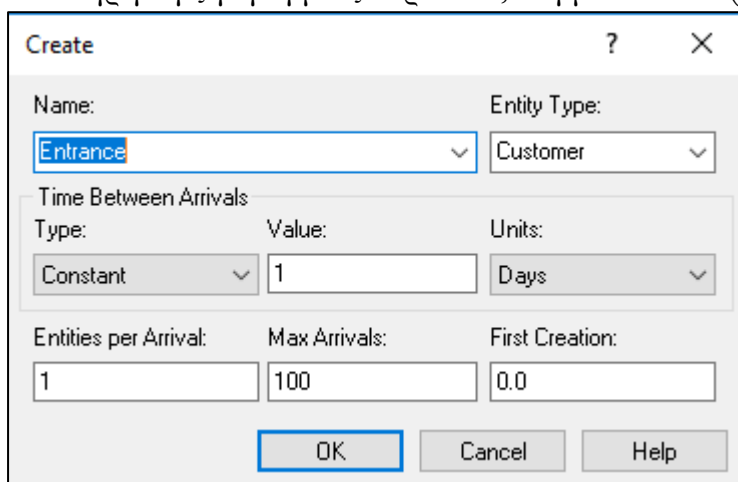
Σχήμα 19: Reset Ordered Quantity Assign Module

Άρα υπάρχουν δύο variables οι οποίες παίρνουν δύο νέες τιμές. Η πρώτη “Ordered Quantity” νέα τιμή 0 και η δεύτερη “Trigger Order” νέα τιμή 0.

Με το Assign Module του σχήματος 19 ολοκληρώνεται το σύστημα παραγωγής.

Για να ολοκληρωθεί το μοντέλο προσομοίωσης απαιτείται και ένα σύστημα εξυπηρέτησης. Το σύστημα εξυπηρέτησης αναλύεται παρακάτω:

Όπως και με το σύστημα παραγωγής, έτσι και εδώ θα πρέπει να εισαχθούν ορισμένες οντότητες με το Create Module. Στην συγκεκριμένη περίπτωση πρέπει να εισαχθούν 100 πελάτες που θα αντιπροσωπεύουν τη ζήτηση 100 περιόδων (Σχ.20). Λόγω των περιορισμών του Arena Student Edition (όχι πάνω από 150 entities) κάθε ένας πελάτης θα αντιπροσωπεύει ολόκληρη τη ζήτηση μίας περιόδου, ίση με NORM(100,30).



Σχήμα 20: Εισαγωγή πελατών στο Create Module

Ονομάζουμε το module “Entrance” και τον τύπο των οντοτήτων “Customer”. Ο χρόνος άφιξης κάθε customer στο σύστημα ορίζεται σταθερά ανά μία ημέρα. Μόνο ένας Customer θα εισέρχεται σε κάθε άφιξη, και ο μέγιστος αριθμός εισακτέων θα είναι το 100. Η πρώτη εισαγωγή είναι καθορισμένη να γίνει άμεσα με την έναρξη της προσομοίωσης, όπως και η εισαγωγή του προϊόντος.

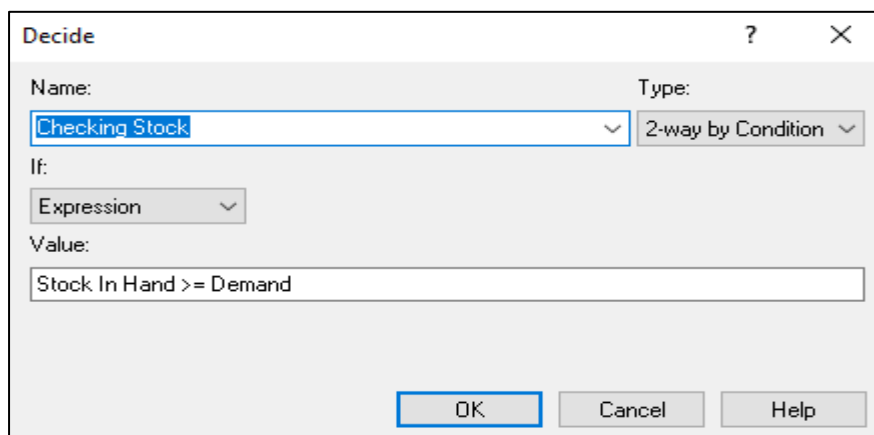
Στη συνέχεια κάθε customer θα εισέρχεται σε Assign Module όπου θα καθορίζεται η ζήτηση του, καθώς και η συνολική ζήτηση ανά προσομοίωση. (Σχ.21)

Σχήμα 21: Καθορισμός ζήτησης με Assign Module

Στο συγκεκριμένο module του σχήματος 21, προσθέτουμε δύο μεταβλητές, την ζήτηση ως Demand με κανονική κατανομή, $NORM(\text{mean}, \text{std dev})$, και τη μεταβλητή Total Demand ώστε να μπορέσουμε να υπολογίσουμε στο τέλος τον ρυθμό εξυπηρέτησης, fill rate.

Αφού καθοριστεί η ζήτηση, το επόμενο βήμα είναι να ελεγχθεί το απόθεμα ώστε να γνωρίζουμε εάν είναι δυνατό να καλυφθεί ολόκληρη η ζήτηση ή έστω ένα μέρος αυτής.

Αυτό θα γίνει με τη χρήση ενός Decide Module όπως αυτό φαίνεται στο σχήμα 22.

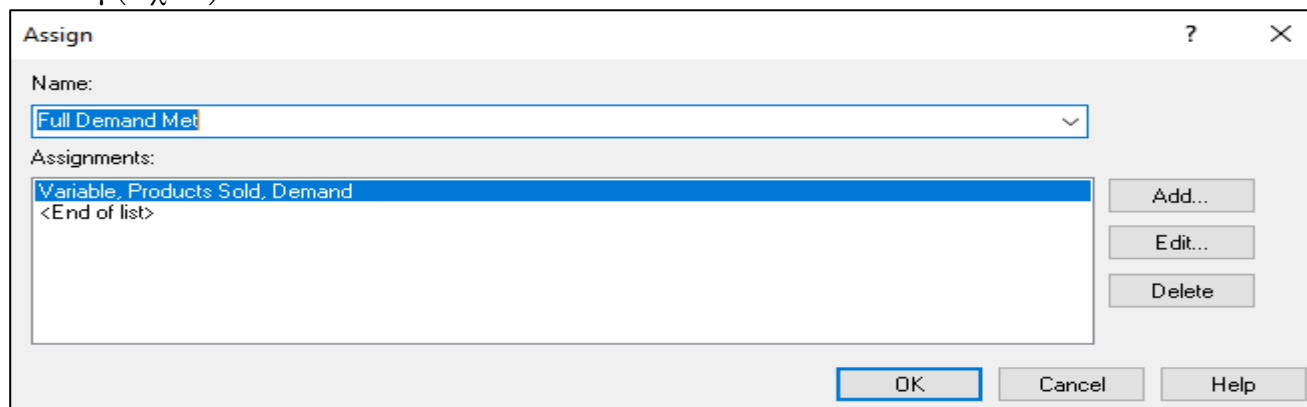


The 'Decide' module configuration window is shown. It has a title bar with a question mark and a close button. The 'Name' field contains 'Checking Stock'. The 'Type' dropdown is set to '2-way by Condition'. The 'If' dropdown is set to 'Expression'. The 'Value' text box contains the expression 'Stock In Hand >= Demand'. At the bottom are 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons.

Σχήμα 22: Έλεγχος αποθέματος με Decide Module

Όπως και παραπάνω, η επιλογή για true ή false condition γίνεται μέσω έκφρασης (expression). Αν η ζήτηση είναι μικρότερη από το απόθεμα που υπάρχει τότε ορίζεται ως true και ο customer συνεχίζει ικανοποιώντας πλήρως την ζήτηση του. Διαφορετικά ορίζεται ως false condition και ο πελάτης πρέπει να αναπροσαρμόσει τη ζήτηση στο μέγεθος του παρόντος αποθέματος. (Σύμφωνα με παραδοχή του προβλήματος ο πελάτης δεν φεύγει)

Στην περίπτωση που η κατάσταση είναι true ο customer συνεχίζει σε Assign Module όπου καθορίζονται οι πωλήσεις που έγιναν, οι οποίες είναι ίσες με τη ζήτηση του πελάτη (Σχ.23).



The 'Assign' module configuration window is shown. It has a title bar with a question mark and a close button. The 'Name' field contains 'Full Demand Met'. The 'Assignments' list contains 'Variable, Products Sold, Demand' and '<End of list>'. On the right side, there are 'Add...', 'Edit...', and 'Delete' buttons. At the bottom are 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons.

Σχήμα 23: Καθορισμός πωλήσεων. (Ζήτηση που ικανοποιήθηκε)

Σε περίπτωση false condition όμως ο customer θα συνεχίσει σε Assign Module όπου θα αναπροσαρμόσει τη ζήτηση του πριν καθορισθούν οι πωλήσεις. (Σχ.24)

Σχήμα 24: Καθορισμός πωλήσεων. (Ζήτηση που ικανοποιήθηκε μερικώς)

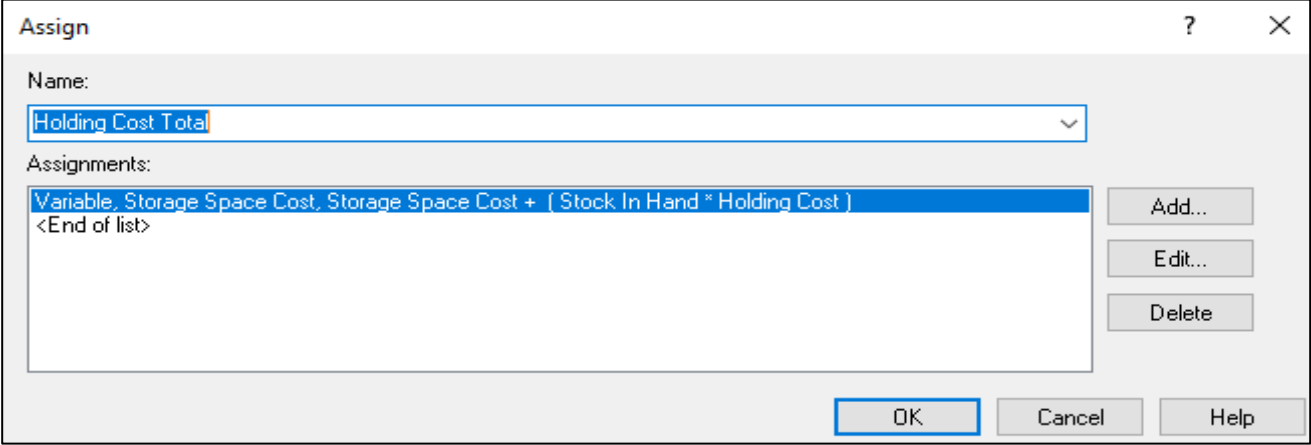
Στο συγκεκριμένο module μπορούμε να υπολογίσουμε και τη χαμένη ζήτηση χρησιμοποιώντας variable όπως η “Demand Lost” παραπάνω. Η μεταβλητή “Products Sold” η οποία χρησιμοποιήθηκε και στο module του σχήματος 23, εδώ παίρνει ως τιμή το μικρότερο μεταξύ των μεταβλητών “Demand” και “Stock In Hand” ή αλλιώς το minimum και όπως αυτό εκφράζεται στο ARENA: $MN(Demand, Stock\ In\ Hand)$

Ο customer είτε περάσει από το ένα Assign Module (Σχ.23) είτε από το άλλο (Σχ.24) εισέρχεται στο Assign Module “Stock In Hand After 1 Period” όπου θα καθοριστεί εκ νέου το απόθεμα που παραμένει, τα κέρδη από τις πωλήσεις καθώς και το σύνολο των πωλήσεων ανά προσομοίωση. (Σχ.25) Με το σύνολο των πωλήσεων και το σύνολο της ζήτησης από προηγούμενο module (Σχ.21) θα υπολογιστεί στο τέλος της προσομοίωσης το Fill Rate.

Σχήμα 25: Καθορισμός αποθέματος στο τέλος μιας περιόδου.

Το κέρδος από τις πωλήσεις ισούται με τα προϊόντα που πουλήθηκαν επί την τιμή πώλησης όπως αυτή καθορίστηκε παραπάνω. Αντίστοιχα και το απόθεμα μειώνεται κατά το μέγεθος των προϊόντων που πουλήθηκαν.

Εφόσον το παραμένων απόθεμα έχει καθοριστεί πρέπει να υπολογισθούν τα έξοδα για της διατήρηση του εντός αποθήκης. Αυτό γίνεται με τη χρήση ενός ακόμα Assign Module (Σχ.26) όπου πολλαπλασιάζεται η τιμή εναποθήκευσης με το απόθεμα που παρέμεινε για κάθε περίοδο, δίνοντας μας στο τέλος της προσομοίωσης το συνολικό Holding Cost.



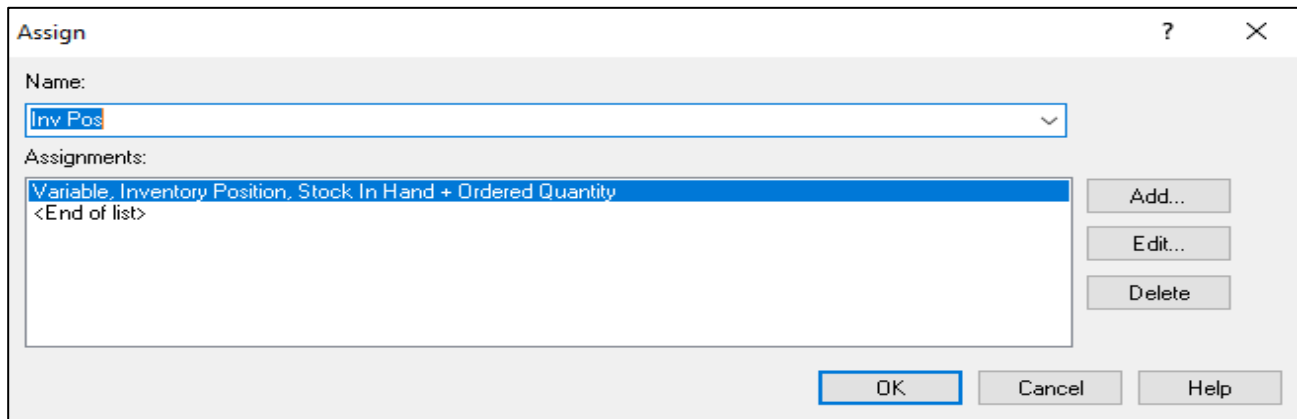
The screenshot shows a dialog box titled "Assign". It has a "Name:" label followed by a text box containing "Holding Cost Total". Below this is an "Assignments:" label followed by a list box containing the text "Variable, Storage Space Cost, Storage Space Cost + (Stock In Hand * Holding Cost)" and "<End of list>". To the right of the list box are three buttons: "Add...", "Edit...", and "Delete". At the bottom of the dialog box are three buttons: "OK", "Cancel", and "Help".

Σχήμα 26: Συνολικό Holding Cost.

Έχοντας πλέον καθορίσει κέρδη από πωλήσεις, έξοδα παραγγελίας και έξοδα εναποθήκευσης μπορούμε να δούμε στο τέλος της προσομοίωσης το συνολικό κέρδος της επιχείρησης.

Αφού έχει ολοκληρωθεί η περίοδος t , ($t=1,2,3\dots n$) πρέπει να ελεγχθεί το Inventory Position ώστε να αποφασισθεί αν θα γίνει νέα παραγγελία ή όχι.

Το Inventory Position ελέγχεται μέσω ενός Assign Module (Σχ.27) όπου στο υπάρχον απόθεμα προστίθεται και η ποσότητα τυχόν παραγγελίας. Για την περίοδο t αυτή είναι ίση με το 0.



Assign ? X

Name:

Assignments:

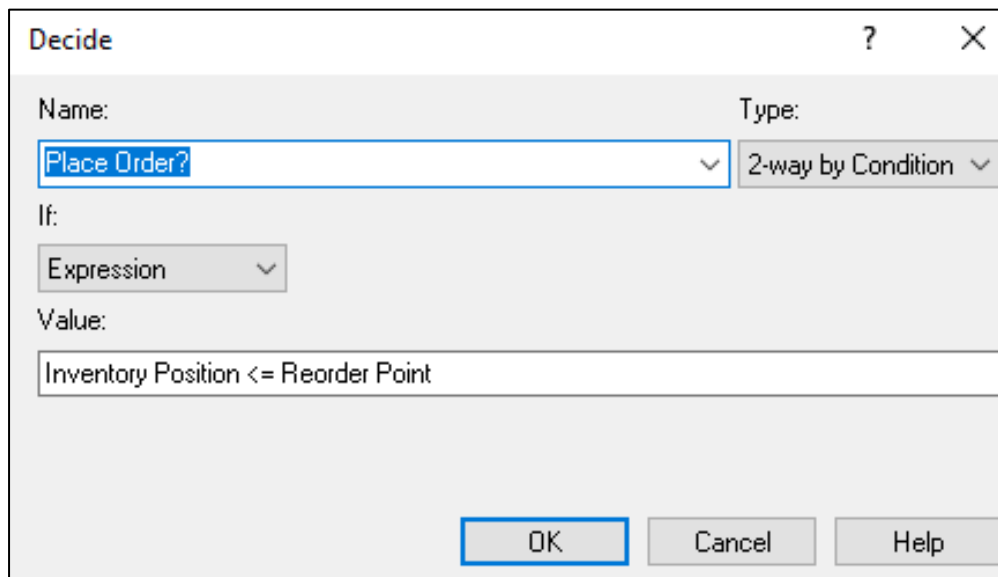
- Variable, Inventory Position, Stock In Hand + Ordered Quantity
- <End of list>

Add... Edit... Delete

OK Cancel Help

Σχήμα 27: Καθορισμός Inventory Position

Στη συνέχεια η επιλογή για εντολή ή όχι νέας παραγγελίας θα γίνει μέσω ενός Decide Module όπου θα ελεγχθεί εάν το Inventory Position είναι μικρότερο ή όχι του Reorder Point. (Σχ.28)



Decide ? X

Name: Type:

If:

Value:

OK Cancel Help

Σχήμα 28: Decide Module For New Order

Εφόσον το Inventory Position είναι μικρότερο ή ίσο με το Reorder Point είναι True condition και ο customer συνεχίζει σε Assign Module τέτοιο ώστε να πραγματοποιηθεί νέα παραγγελία.(Σχ.29)

The 'Assign' dialog box has a title bar with a question mark and a close button. It contains a 'Name:' label and a dropdown menu showing 'Making Order'. Below this is an 'Assignments:' label and a list box containing 'Variable, Trigger Order, 1', 'Variable, Ordered Quantity, Max Inventory - Inventory Position', and '<End of list>'. To the right of the list box are three buttons: 'Add...', 'Edit...', and 'Delete'. At the bottom of the dialog are three buttons: 'OK', 'Cancel', and 'Help'.

Σχήμα 29: Πραγματοποίηση νέας Παραγγελίας

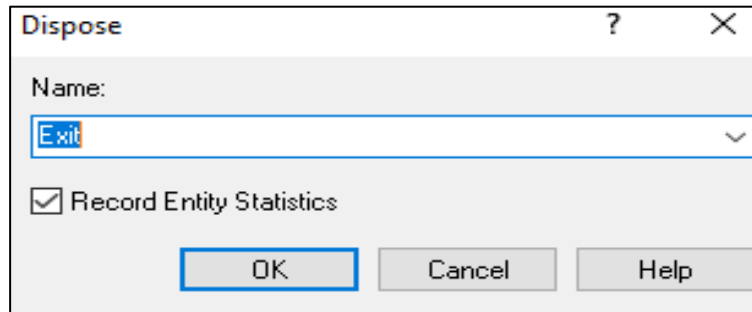
Στο συγκεκριμένο module ενεργοποιείται η συνθήκη αυτή που θα επιτρέψει στο entity “Product” του συστήματος παραγωγής να εκτελέσει τον κύκλο παραγωγή-παράδοση-παραλαβή αποθέματος. Έτσι εισάγουμε την μεταβλητή “Trigger Order” με νέα τιμή 1. Άρα πλέον ικανοποιείται η συνθήκη “Trigger Order==1” του Hold Module (Σχ. 8). Επίσης καθορίζεται η ποσότητα της παραγγελίας ίση με τη διαφορά του Inventory Position από το μέγιστο επιθυμητό απόθεμα(S).

Αν όμως το Inventory Position είναι μεγαλύτερο του Reorder Point τη στιγμή που ο customer περάσει το Decide Module (Σχ.28) τότε συνεχίζει σε τέτοιο Assign Module που θα σταματήσει τη διαδικασία νέας παραγγελίας, δίνοντας στην μεταβλητή “Trigger Order” την τιμή 0 (Σχ.30) και η οντότητα “Product” θα παραμείνει στο Hold Module (Σχ.8)

The 'Assign' dialog box has a title bar with a question mark and a close button. It contains a 'Name:' label and a dropdown menu showing 'No Need For Order'. Below this is an 'Assignments:' label and a list box containing 'Variable, Trigger Order, 0' and '<End of list>'. To the right of the list box are three buttons: 'Add...', 'Edit...', and 'Delete'. At the bottom of the dialog are three buttons: 'OK', 'Cancel', and 'Help'.

Σχήμα 30: Διακοπή Διαδικασίας νέας Παραγγελίας

Τέλος και από τα δύο modules (Σχ.24) και (Σχ.25) η οντότητα customer πρέπει να εξαχθεί από το σύστημα χρησιμοποιώντας το Dispose Module που βρίσκεται στον πίνακα Basic Process.(Σχ.31)



Σχήμα 31: Dispose Module

Για να ολοκληρωθεί το μοντέλο θα καθοριστούν τα εξαγόμενα αποτελέσματα που επιθυμούμε καθώς και η διαδικασία προσομοίωσης.

Στον πίνακα Advance Process επιλέγουμε το Spreadsheet Statistic και ορίζουμε ως επιθυμητά outputs το συνολικό κέρδος και το ρυθμό εξυπηρέτησης.(Profit, Fill Rate)

Το τελικό κέρδος είναι το σύνολο των variables “Income”(κέρδος πωλήσεων) – “Total Setup Cost”(αξία αγοράς προϊόντων) – “Setup Cost” (συνολικό σταθερό κόστος παραγγελιών) – “Storage Space Cost” (Συνολικό Holding Cost).

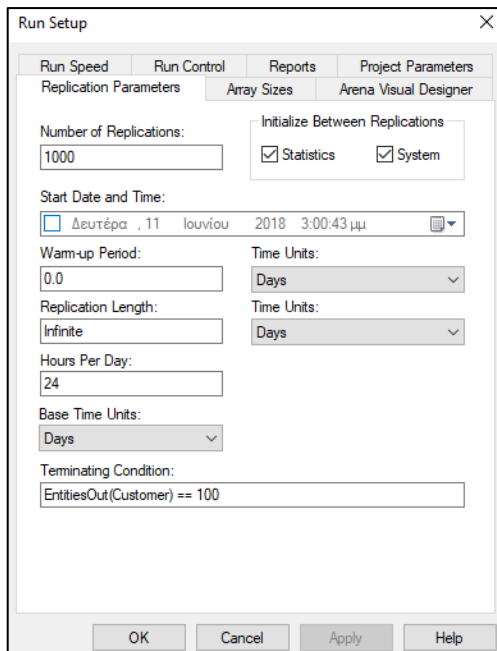
Το Fill Rate είναι ίσο με τις συνολικές πωλήσεις ως προς τη συνολική ζήτηση. (Σχ.32).

Statistic - Advanced Process							
	Name	Type	Expression	Report Label	Output File	Report Label	Output File
1	Profit	Output	Income - Total Setup Cost - Setup Cost - Storage Space Cost	Profit		Profit	
2	Fill Rate	Output	Total Products Sold / Total Demand	Fill Rate		Fill Rate	

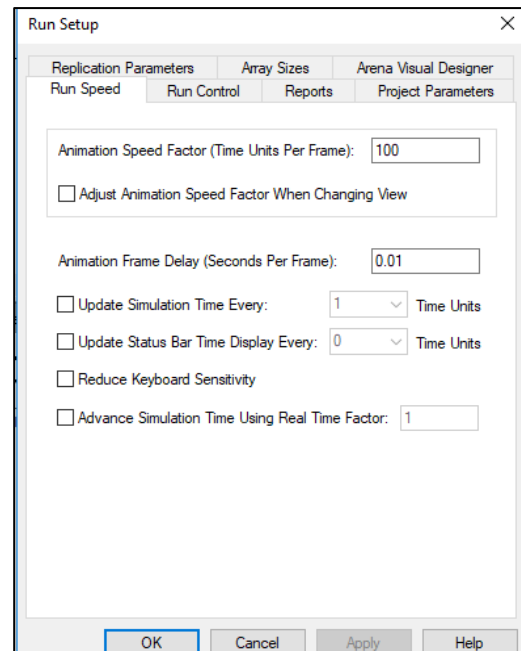
Σχήμα 32: Καθορισμός Outputs στο Statistic Spreadsheet

Από τη γραμμή εργαλείων στη συνέχεια επιλέγουμε την εντολή RUN για να διαχειριστούμε την εκτέλεση της προσομοίωσης. Επιλέγοντας Setup εμφανίζεται το παράθυρο με τις επιλογές. Πρώτα ρυθμίζουμε τις παραμέτρους της προσομοίωσης. Για να έχουμε παραπλήσια αποτελέσματα με την προσομοίωση του YASAI ο αριθμός επαναλήψεων θα είναι 1000 φορές και οι περίοδοι θα οριστούν ως ημέρες. (Σχ.33) Τέλος

επιλέγουμε την ταχύτητα με την οποία θέλουμε να εκτελεστεί η προσομοίωση (Σχ.34) και με το πλήκτρο F5 ή κάνοντας κλικ στο run αρχίζει η προσομοίωση.



Σχήμα 33: Run Setup (Replication Parameters)



Σχήμα 34: Run Setup(Run Speed)

§2.2 Συμπεράσματα - Παρατηρήσεις.

Με το πέρας της προσομοίωσης το πρόγραμμα εμφανίζει τα αποτελέσματα σε αρχείο Crystal Report το οποίο περιέχει τις εξής κατηγορίες:

1. Overview
2. By Replication
3. Entities
4. Queues
5. Resources
6. User Specified

Καθώς και activity areas, frequencies, transfers και tanks εφόσον υπάρχουν.

Στο σχ.35 παρουσιάζονται αποτελέσματα της κατηγορίας User Specified διότι τα αποτελέσματα που ελέγχονται στο παραπάνω παράδειγμα είναι το Fill Rate και το συνολικό κέρδος.

Replication 101

Start Time: 0.00

Stop Time: 99.00

Time Units: Days

Time Persistent

Variable	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Demand	92.2460	(Insufficient)	0	160.32
Max Inventory	600.00	(Insufficient)	600.00	600.00
Reorder Point	412.00	(Insufficient)	412.00	412.00
Total Demand	4,592.22	(Insufficient)	0	9,192.36
Total Orders	15.7979	(Insufficient)	0	31.0000

Output

Output	Value
Fill Rate	0.9771
Profit	34,262.95

Replication 102

Start Time: 0.00

Stop Time: 99.00

Time Units: Days

Time Persistent

Variable	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Demand	94.9707	(Insufficient)	0	146.88
Max Inventory	600.00	(Insufficient)	600.00	600.00
Reorder Point	412.00	(Insufficient)	412.00	412.00
Total Demand	4,623.32	(Insufficient)	0	9,518.40
Total Orders	16.0303	(Insufficient)	0	32.0000

Output

Output	Value
Fill Rate	0.9661
Profit	39,839.60

Σχήμα 35: Αποτελέσματα Προσομοιώσεων (Στο σχήμα παρουσιάζονται 2 από 1000)

Στο παραπάνω σχήμα παρουσιάζονται Variables οι οποίες εμείς ορίσαμε πριν την έναρξη της προσομοίωσης να φαίνονται στο τελικό Report καθώς και Outputs όπως αυτά ορίστηκαν από το Spreadsheet Statistic.

Αν και τα αποτελέσματα δεν συμπίπτουν ακριβώς με τα αποτελέσματα του YASAI παρατηρούμε πως οι τιμές δεν αποκλίνουν από το εύρος τιμών όπως αυτό παρουσιάζεται στα σχήματα 4 και 5.

§3. Προσομοίωση με στοχαστική ζήτηση και στοχαστικό χρόνο επαναπαραγγελίας.

Παραπάνω παρουσιάστηκε πολιτική S-s έχοντας σταθερό Lead Time. Στην πραγματικότητα όμως δύσκολα μια παραγγελία θα ανανεώνει το απόθεμα μας με σταθερό ρυθμό. Οι λόγοι για αυτή τη διακύμανση του χρόνου επαναπαραγγελίας οφείλονται κυρίως στο απόθεμα που υπάρχει στη γραμμή παραγωγής, στον τρόπο αποστολής των προϊόντων από τον προμηθευτή στο απόθεμα μας (Συγκεκριμένες ημερομηνίες δρομολογίων, συγκεκριμένο όγκο προϊόντων για αποστολή παραγγελίας κλπ.), σε περιπτώσεις βλαβών(μηχανών παραγωγής, οχημάτων κλπ.) , σε έλλειψη πρωτογενών υλικών κ.α.

§3.1 Ανάλυση Διαδικασίας Επίλυσης.

Ας υποθέσουμε λοιπόν πως στο πρόβλημα 1 ο χρόνος επαναπαραγγελίας δεν είναι σταθερός αλλά ορίζεται από κανονική κατανομή με μέσο χρόνο παράδοσης 4 μέρες και τυπική απόκλιση 1 ημέρα.

Εφόσον δεν υπάρχει σταθερό Lead Time θα πρέπει να υπολογισθεί ένας ρυθμιστικός παράγοντας τέτοιος ώστε να μην επιτρέψει έλλειψη αποθέματος, η οποία θα οδηγήσει του πελάτες σε δυσαρέσκεια και πιθανόν στροφή της ζήτησης προς τους ανταγωνιστές, αλλά και να μην οδηγήσει σε αναποτελεσματική χρήση του χώρου εναποθήκευσης δημιουργώντας απώλεια κερδών λόγω υψηλών Holding Costs.

Ο ρυθμιστικός αυτός παράγοντας είναι το απόθεμα ασφαλείας, το οποίο θα πρέπει να συμβαδίζει με τη συνολική ζήτηση κατά τη διάρκεια του Lead Time. Το απόθεμα αυτό θα προστίθεται στο Reorder Point προς εξασφάλιση μη έλλειψης αποθέματος.

Για τον υπολογισμό του αποθέματος ασφαλείας θα πρέπει πρώτα να υπολογισθεί το Z για το Lead Time. Ως Z ορίζεται ο αριθμός των τυπικών αποκλίσεων άνω του μέσου όρου της ζήτησης κατά τη διάρκεια του Lead Time. Όσο μεγαλύτερο Z έχουμε τόσο μικρότερη είναι η πιθανότητα ενός stockout (έλλειψη αποθέματος) αλλά και τόσο μεγαλύτερο το μέσο Inventory Level. Για Fill Rate μεγαλύτερο ή ίσο του 99% το Z ισούται με 2,33.

Αν και η προσέγγιση του προβλήματος δεν είναι μαθηματική λόγω του μη σταθερού lead time υπολογίζουμε για $Lead\ Time = normal(4,1)$ και $Z\eta\tau\eta\sigma\eta = normal(100,30)$ την απόκλιση της ζήτησης κατά τη διάρκεια του Lead Time, Standard deviation Lead Time Demand (sdLT) και πολλαπλασιάζοντας τη με το Z βρίσκουμε το απόθεμα ασφαλείας που θα χρησιμοποιήσουμε.

Τοποθετώντας τα δεδομένα μας στο Excel σύμφωνα με τα οικονομικά στοιχεία, όπως αυτά περιεγράφηκαν στην παράγραφο 2 του παρόντος κεφαλαίου, για ένα τυχαίο παράδειγμα με παραμέτρους που ορίστηκαν επίσης στην παράγραφο 2 του παρόντος κεφαλαίου, θα εκτελέσουμε το Add-In Yasai για την εύρεση του καλύτερου σεναρίου. (Σχ.36).

Δεδομένα Αρχικής Τοποθέτησης				Οικονομικοί Παράμετροι			Fill Rate
Απόθεμα στην αρχή περιόδου	It	0		r	30 €	τιμή λιανικής/μονάδα	0,74
Αρχική Ποσότητα παραγγελίας	Qt	500		c	20 €	τιμή χονδρικής/μονάδα	Probability of stockouts
Reorder Point (s)	s	371		K	500 €	Σταθερό κόστος παραγγελίας	26,21%
Max Inventory(S)	S	500		h	3 €	Κόστος αποθήκευσης/μονάδα	Desired Fill Rate
Safety Stock	SS	271		N	33.325 €	Συνολικό κέρδος περιόδου	99,00%
LT demand	Xlt	328		μ	100	Μέση τιμή ζήτησης	Z
Leading Time	μ	4	days	σ	30	Τυπική απόκλιση	2,326347874
3	σ	1	days	μ'	300	Μέση τιμή ζήτησης Lead Time	ZσLT
	Σdlt	116,6190379		σ'	45	Τυπική απόκλιση Lead Time	271

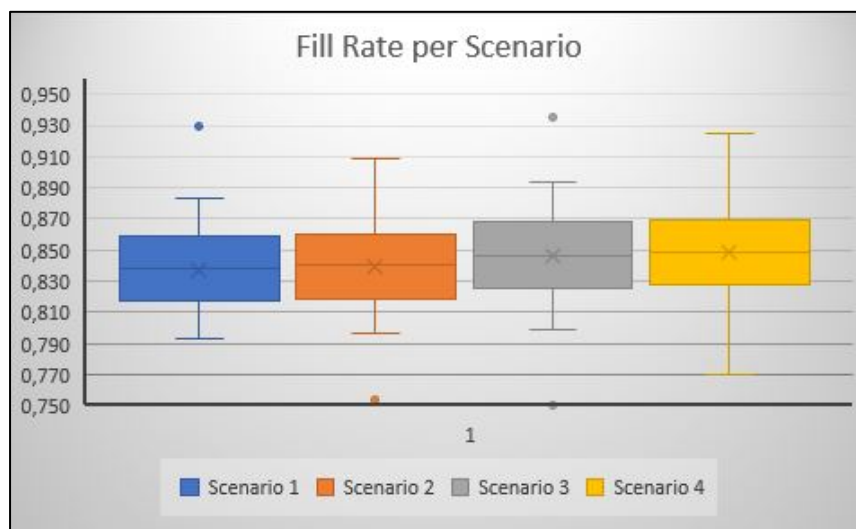
Σχήμα 36: Δεδομένα Εισαγωγής στο Excel.

Στην παράμετρο Reorder Point του Σχ.36 έχει ήδη προστεθεί το δοθέν απόθεμα ασφαλείας (Safety stock) και σύμφωνα με την τελική τιμή (πχ. 371 όπως φαίνεται στο σχήμα 36) θα εκτελεστεί και η προσομοίωση.

Με την ίδια μέθοδο όπως και στην παράγραφο 2 του παρόντος κεφαλαίου καταλήγουμε σε τέσσερα επικρατέστερα σενάρια όπως φαίνονται στον Πίνακα 2 παρακάτω:

Maximum Inventory (S)	Reorder Point (s)	Μέσο Κέρδος	Μέσο Fill Rate
600	413	32.247€	0,838
600	414	32.289€	0,840
600	424	32.003€	0,847
600	426	31.942€	0,849

Πίνακας 2: Αποτελέσματα προσομοιώσεων στο YASAI Simulator



Σχήμα 37: Fill Rate per Scenario- Stochastic LT

Σύμφωνα με το παραπάνω Box Plot (Σχ.38) όσον αφορά το Fill Rate παρατηρούμε πως το μεγαλύτερο Fill Rate το έχουμε από το Σενάριο 3. Ωστόσο υπάρχει και το ενδεχόμενο ακραίων τιμών (outlier) που θα έχει ως αποτέλεσμα το μικρότερο Fill Rate μεταξύ των σεναρίων. Τα σεσάρια 1 και 4 προσφέρουν τα αμέσως μεγαλύτερα Fill Rate με το σεσάριο 1 τη μέγιστη τιμή ως outlier και το σεσάριο 4 με ένα μεγάλο εύρος πιθανών τιμών. Το σεσάριο 3 μας προσφέρει ικανοποιητικό Fill Rate σε μικρό εύρος τιμών με την παρουσία ωστόσο πολύ χαμηλού outlier. Συνεπώς η επικρατέστερη επιλογή λόγω Fill Rate είναι το σεσάριο 1 το οποίο προσφέρει ικανοποιητικό εύρος τιμών με μικρή απόκλιση από τη μέγιστη τιμή και χωρίς το ρίσκο ενός χαμηλού Fill Rate.

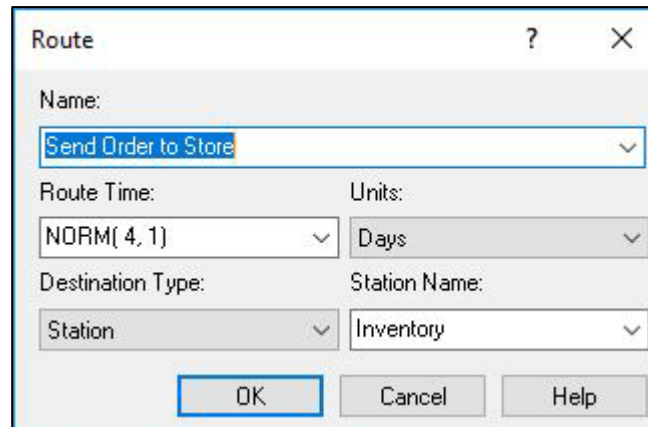
Όσον αφορά το κέρδος παρατηρώντας το Box Plot (Σχ.37) βλέπουμε πως τα σεσάρια έχουν μικρές αποκλίσεις μεταξύ τους. Η μέγιστη τιμή κέρδους εμφανίζεται στο σεσάριο 3 ενώ η αμέσως επόμενη στο σεσάριο 1. Στον κύριο όγκο των τιμών του όμως το σεσάριο 1 προσφέρει μεγαλύτερες τιμές κέρδους.

Συνεπώς το σεσάριο 3 μας παρέχει μέγιστες τιμές Fill Rate και κέρδους με την παρουσία όμως ρίσκου και την πιθανότητα ελάχιστων τιμών. Για την προσομοίωση που θα εκτελεστεί στο πρόγραμμα του Arena Simulation θα επιλέξουμε το σεσάριο με το μικρότερο ρίσκο, το οποίο παρέχει εξίσου καλές τιμές, δηλαδή το σεσάριο 1. Για την επίλυση του προβλήματος 2 στο Arena θα χρησιμοποιηθεί το μοντέλο του σχήματος 6 όπως στην δεύτερη παράγραφο του παρόντος κεφαλαίου.

Επειδή όμως στην παρούσα παράγραφο διαφοροποιείται, ως προς την τιμή του, ο χρόνος επαναπαραγγελίας (Lead Time) στο module "Route" (σχ.16) επαναπροσδιορίζουμε την τιμή του Route Time και αναγράφουμε NORM(4,1) (βλ.σχ.39)

Στη συνέχεια το μόνο που μένει είναι να περαστούν οι μεταβλητές του σεναρίου 1 όπως στον Πίνακα 2.

Η εισαγωγή μπορεί να γίνει με δύο τρόπους:



Σχήμα 38: Επαναπροσδιορισμός Route Time ως Lead Time

Πρώτον από τον πίνακα Variables του Basic Process, αλλάζοντας Initial Values, όπως για παράδειγμα στο σχ.40, ή δεύτερον με τον Process Analyzer που βρίσκεται στην καρτέλα Tools στην γραμμή εργαλείων. Η διαδικασία του Process Analyzer θα αναλυθεί παρακάτω.

Προς το παρόν οι τιμές θα περασθούν από τον πίνακα Variable ώστε με τη λήξη της προσομοίωσης να γίνει εξαγωγή αναλυτικής αναφοράς σε αρχείο crystal report.

Variable - Basic Process							Initial Values		
	Name	Comment	Rows	Columns	Data Type	Clear Option	File		
1	Selling Price				Real	System		523	
2	Purchase Price				Real	System			
3	Holding Cost				Real	System			
4	Max Inventory				Real	System			
5 ▶	Reorder Point				Real	System		1 rows	<input type="checkbox"/>
6	Stock In Hand				Real	System			<input type="checkbox"/>

Σχήμα 39: Variable Spreadsheet – Initial Values

§3.2 Συμπεράσματα - Παρατηρήσεις.

Με τις ίδιες ρυθμίσεις προσομοίωσης όπως και στην δεύτερη παράγραφο του παρόντος κεφαλαίου η εξαγόμενη αναφορά δείχνει να συμπίπτει με την προσομοίωση του μοντέλου στο Yasai (Σχ.41).

Replication 190

Start Time: 0.00

Stop Time: 99.00

Time Units: Days

Time Persistent

Variable	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Demand	100.99	(Insufficient)	0	164.36
Max Inventory	600.00	(Insufficient)	600.00	600.00
Reorder Point	413.00	(Insufficient)	413.00	413.00
Total Demand	5,183.67	(Insufficient)	0	10,121.20
Total Orders	12.3775	(Insufficient)	0	24.0000

Output

Output	Value
Fill Rate	0.7502
Profit	38,141.71

Replication 191

Start Time: 0.00

Stop Time: 99.00

Time Units: Days

Time Persistent

Variable	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Demand	99.75	(Insufficient)	0	183.63
Max Inventory	600.00	(Insufficient)	600.00	600.00
Reorder Point	413.00	(Insufficient)	413.00	413.00
Total Demand	5,173.73	(Insufficient)	0	9,983.26
Total Orders	13.3512	(Insufficient)	0	26.0000

Output

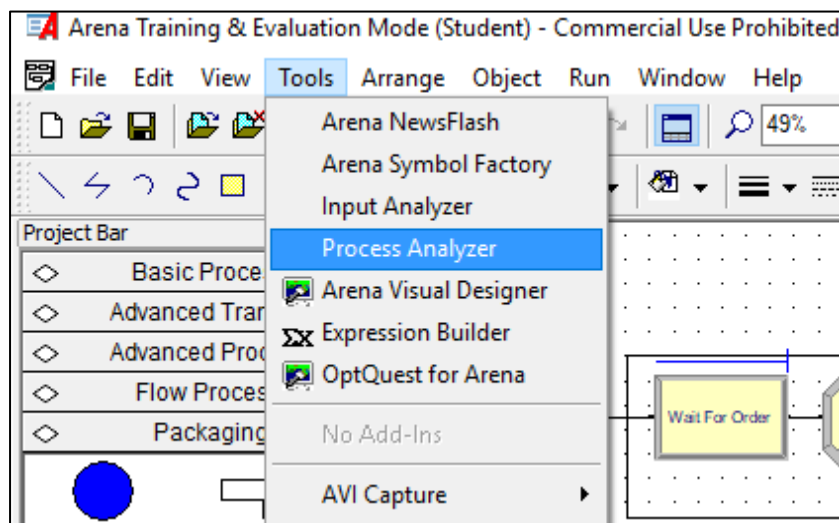
Output	Value
Fill Rate	0.8261
Profit	44,795.00

Σχήμα 40: Crystal Report for Stochastic Lead Time (Φαίνονται 2 από 1000 προσομοιώσεις)

Όπως παρατηρούμε στα δύο προβλήματα οι διαφορές των τιμών του μέγιστου αποθέματος και του σημείου επαναπαραγγελίας δεν έχουν διαφορά, παρά μικρή απόκλιση όταν το Lead Time είναι σχεδόν ίδιο. Είτε είναι σταθερό και γνωστό, είτε στοχαστικό.

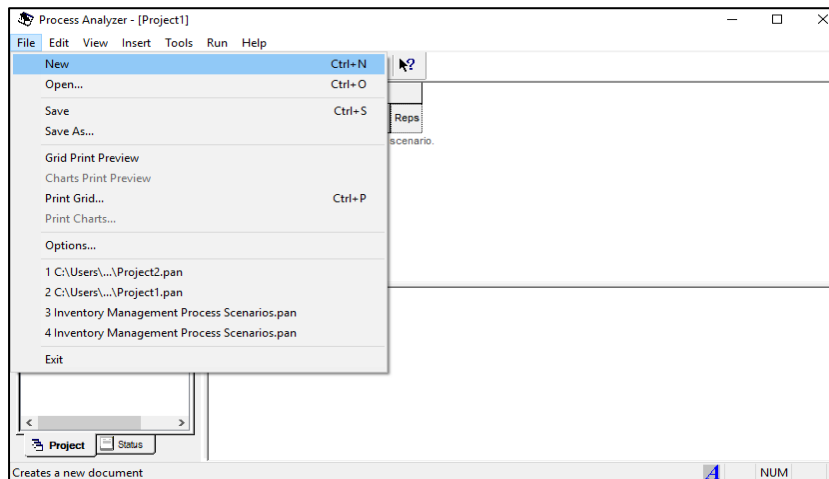
§4. Εναλλακτική Διαδικασία Επίλυσης.

Προκειμένου να δοκιμαστούν περισσότερα σενάρια, χωρίς όμως να προσφέρονται αναλυτικά αποτελέσματα, το ARENA παρέχει ένα εργαλείο το οποίο ονομάζεται Process Analyzer. Από την καρτέλα TOOLS επιλέγουμε το εργαλείο Process Analyzer (Σχ.42).



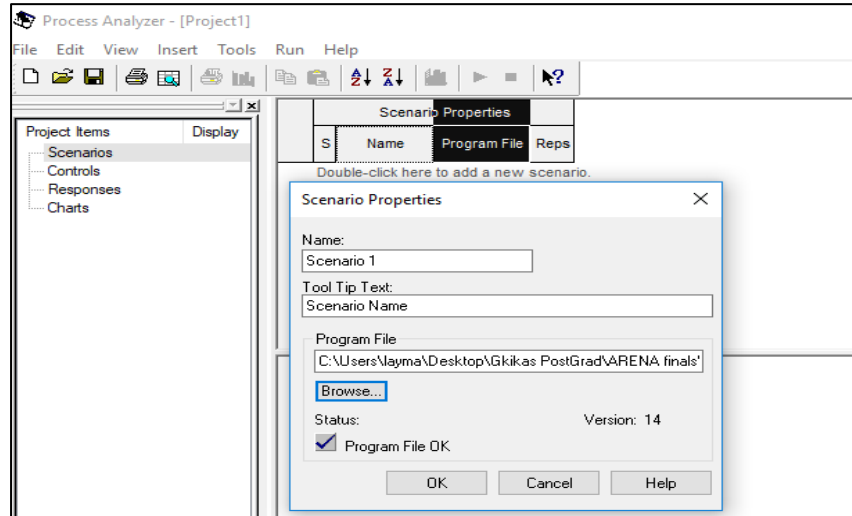
Σχήμα 41. Process Analyzer

Κατόπιν εμφανίζεται η καρτέλα του Σχήματος 43 όπου θα επιλέξουμε την δημιουργία νέου project.



Σχήμα 42. Process Analyzer New Project

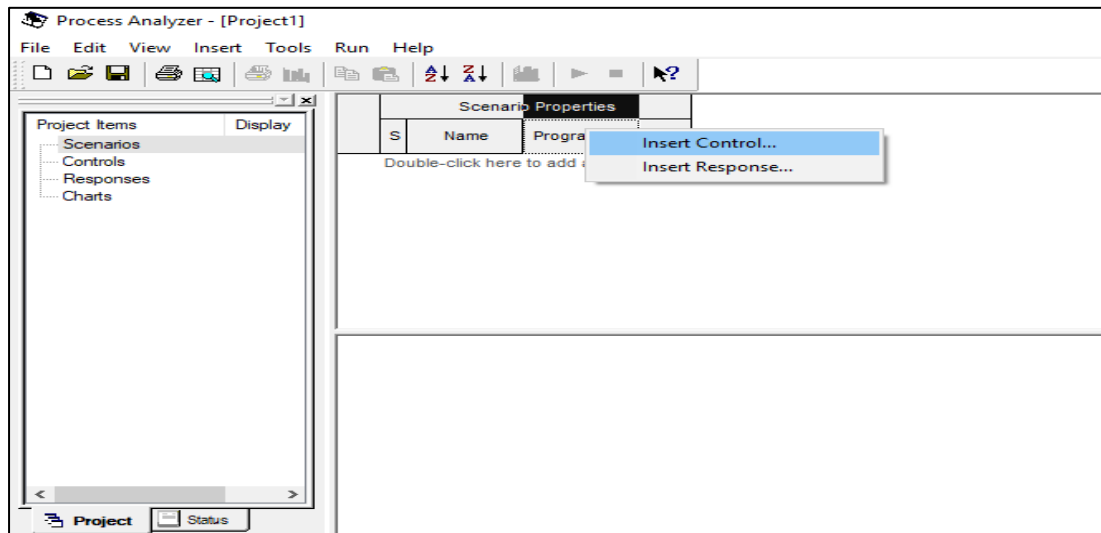
Στο παράθυρο δημιουργίας νέου σεναρίου από το κομβίο Browse (Σχ.44) επιλέγουμε το μοντέλο που δημιουργήσαμε παραπάνω (Σχ.6).



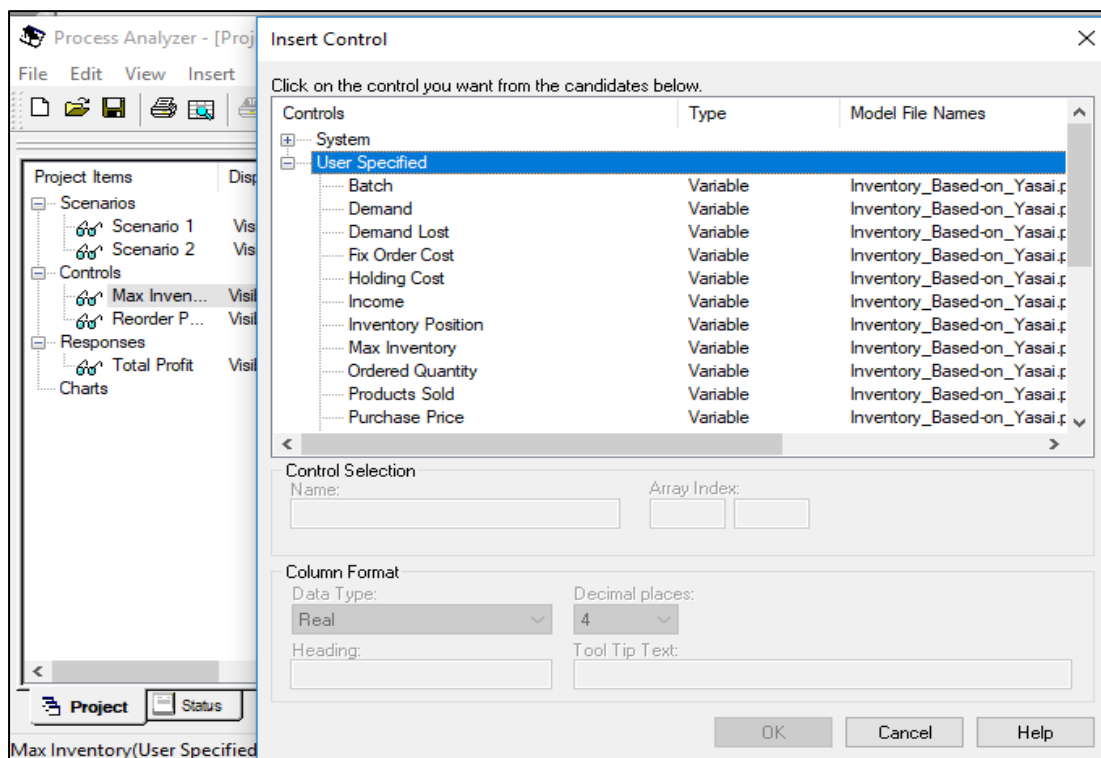
Σχήμα 43. Insert New Scenario

Με διπλό κλικ κάτω από το πρώτο σενάριο μπορούν να εισαχθούν όσα σενάρια επιθυμεί ο χρήστης.

Το επόμενο βήμα είναι να εισαχθούν οι παράμετροι που θα δοκιμάζονται σε κάθε σενάριο (controls), καθώς και οι τα αποτελέσματα που ο χρήστης επιθυμεί να παρακολουθεί. Τα αποτελέσματα αυτά ονομάζονται αντιδράσεις, αφού για κάθε αλλαγή των variables, που θεωρούνται controls, πραγματοποιείται, αντίστοιχα εμφανίζονται διαφορετικά αποτελέσματα (responses). Με δεξί κλικ στο παράθυρο των σεναρίων εισάγονται οι παράμετροι που θα αλλάζουν, όπως φαίνεται στα Σχήματα 45 και 46(Στη συγκεκριμένη προσομοίωση είναι επιθυμητή η αλλαγή του Reorder Point και του Μέγιστου επιθυμητού αποθέματος-Πολιτική S,s).

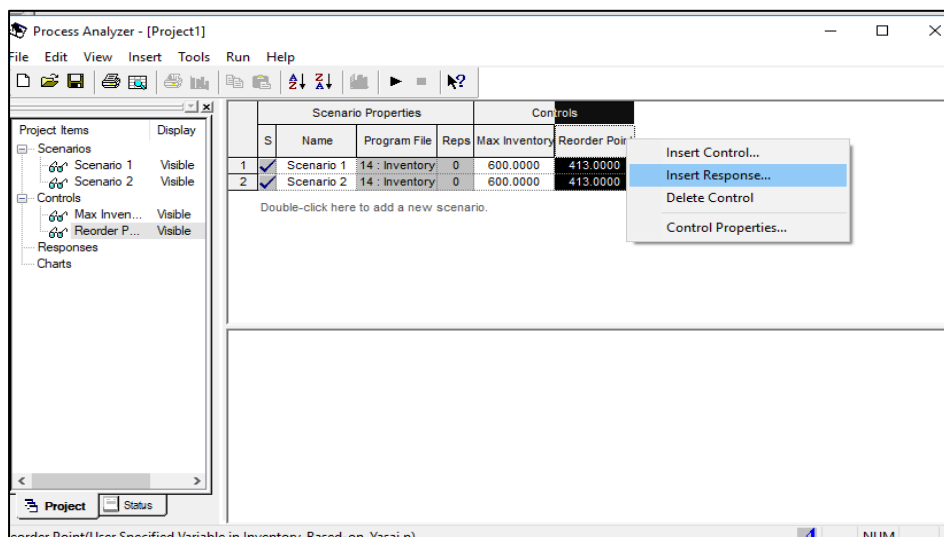


Σχήμα 44. Insert Control



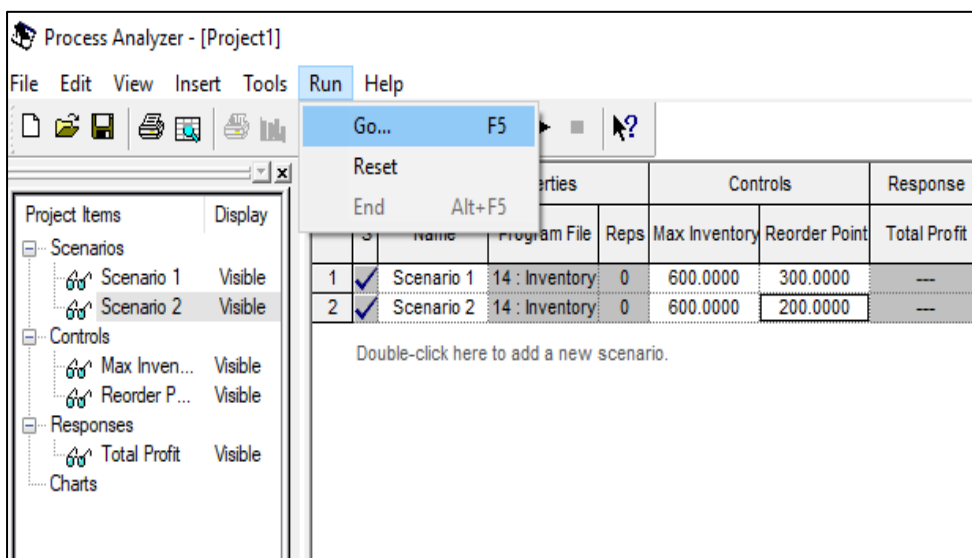
Σχήμα 45. User Specified Controls

Στη συνέχεια αφού έχουν εισαχθεί όσα controls επιθυμεί ο χρήστης, με δεξί κλικ επιλέγεται η εισαγωγή Response. (Σχ. 47)

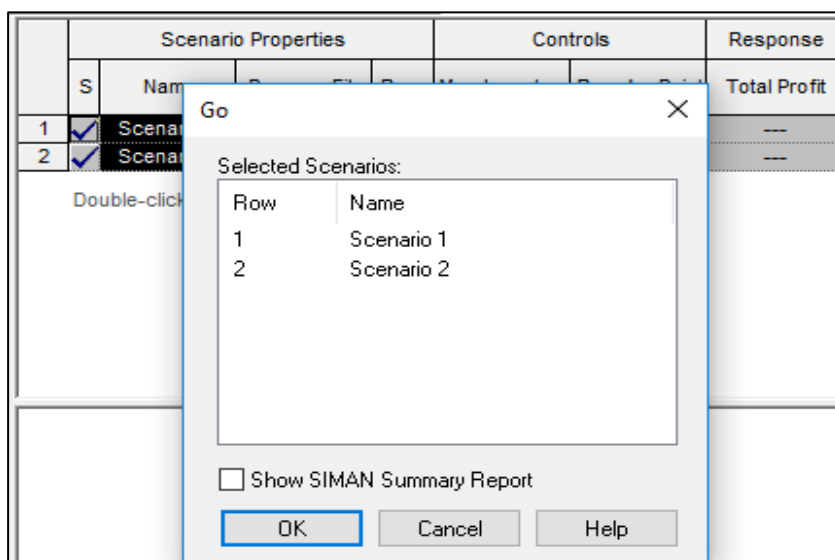


Σχήμα 46. Insert Response

Αφού ολοκληρωθεί η εισαγωγή όλων των σεναρίων καθώς και των παραμέτρων αυτών, από τη γραμμή εργαλείων επιλέγεται η καρτέλα RUN και η εντολή GO. Διαφορετικά η έναρξη προσομοίωσης των σεναρίων γίνεται πατώντας το πλήκτρο F5 (Σχ. 48). Η προσομοίωση θα εκτελεστεί μόνο στα σενάρια που έχουν επιλεγθεί. Η επιλογή γίνεται με το ποντίκι επιλέγοντας ένα σενάριο και σύροντας τον δέκτη προς τα κάτω.



Σχήμα 47. Run Scenarios



Σχήμα 48. Selected Scenarios

Στο παράθυρο του σχήματος 49 επιβεβαιώνουμε τα επιλεγμένα σενάρια και πατώντας OK γίνεται η έναρξη της προσομοίωσης.

Η διαφορά με την κανονική εκτέλεση της προσομοίωσης, όπως αυτή περιεγράφηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, είναι πως αντί για αναλυτική αναφορά στον Process Analyzer αναφέρονται αποτελέσματα μόνο για τα επιλεγμένα Responses.

Παρόλα αυτά προσφέρει την άμεση εξέταση πολλαπλών σεναρίων με μεγαλύτερη ευκολία, καθώς επίσης και τη δυνατότητα χειρισμού από οποιονδήποτε χρήστη δίχως την απαίτηση πολύπλοκων γνώσεων σχετικά με τη δημιουργία του μοντέλου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ

§1. Γενικά Συμπεράσματα

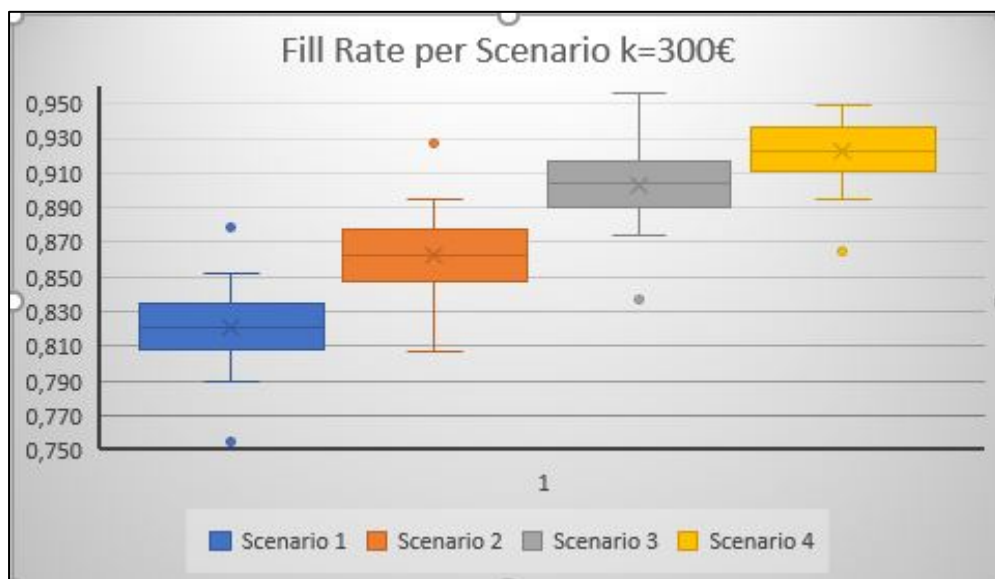
Όπως παρατηρήθηκε στο Κεφάλαιο 5 οι οικονομικές παράμετροι παρέμειναν σταθερές, καθώς επίσης και στα δύο ακολουθήθηκε πολιτική S-s. Η παραδοχή αυτή έγινε προκειμένου να γίνει καλύτερα αντιληπτή η διαφορά μεταξύ ενός συστήματος με σταθερό χρόνο επαναπαραγγελίας με ένα σύστημα του οποίου ο χρόνος επαναπαραγγελίας είναι στοχαστικός.

Επίσης πέρα από το Lead Time μια παραγγελία επηρεάζεται και από το σταθερό κόστος που υπάρχει και είναι ανεξάρτητο της ποσότητας (Fix Setup Cost). Έτσι λοιπόν αν αυξηθεί ή μειωθεί το σταθερό αυτό κόστος θα επηρεαστούν ανάλογα και το Reorder Point αλλά και το Maximum Inventory.

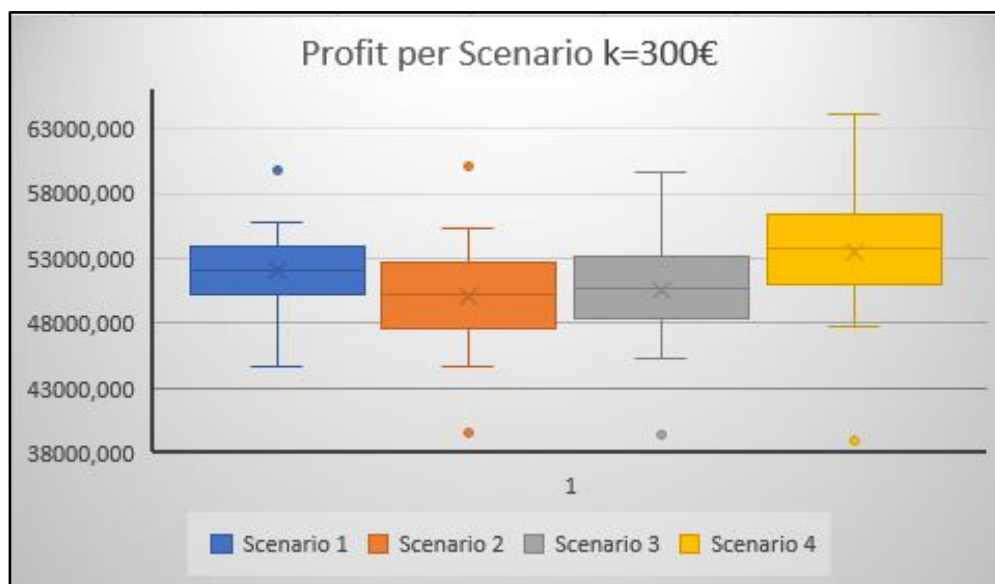
Έστω για παράδειγμα πως το Fix Setup Cost είναι ίσο με $K=300\text{€}$ αντί 500€ όπως στα παραδείγματα του Κεφαλαίου 5. Τότε για τα ίδια στοιχεία όπως της παραγράφου 2 του Κεφαλαίου 5 τα επικρατέστερα σενάρια που προκύπτουν από την προσομοίωση με Yasai είναι τα εξής:

Maximum Inventory (S)	Reorder Point (s)	Μέσο Κέρδος	Μέσο Fill Rate
400	300	52.005€	0,821
400	350	50.674€	0,903
500	300	50.121€	0,863
500	350	53.649€	0,923

Πίνακας 3: Αποτελέσματα σεναρίων από YASAI Simulator



Σχήμα 49: Fill Rate per Scenario Box Plot για K=300



Σχήμα 50: Profit per Scenario Box Plot για K=300

Το επικρατέστερο σενάριο όσον αφορά το Fill Rate (σχ. 42) είναι χωρίς αμφιβολία το σενάριο 4 με τον κύριο όγκο των τιμών του να κυμαίνεται σε υψηλά επίπεδα εξυπηρέτησης. Αντίστοιχα όπως φαίνεται και στο σχ.43 και λόγω κέρδους το σενάριο 4 παραμένει το επικρατέστερο.

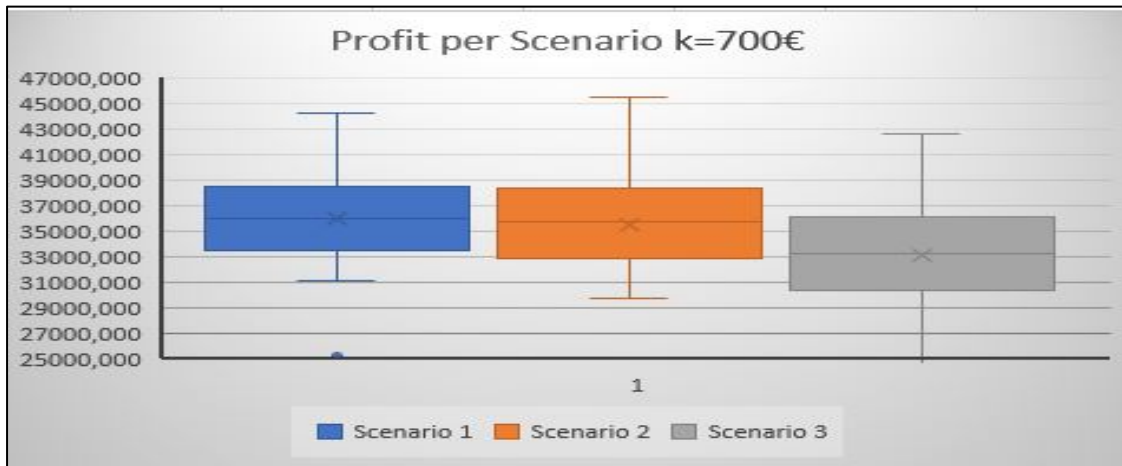
Αυτό όμως που έχει αξία να σημειωθεί είναι πως, όπως ήταν αναμενόμενο αφού ένα κομμάτι των εξόδων μειώθηκε, το κέρδος κυμαίνεται σε μεγαλύτερες τιμές απ' ότι στο παράδειγμα της παραγράφου 2 του κεφαλαίου 5. Επιπλέον μειώθηκε ο όγκος του

αποθέματος που πρέπει να τηρείται ως μέγιστο απόθεμα αλλά και το σημείο επαναπαραγγελίας μετακινήθηκε πιο κοντά στο 0.

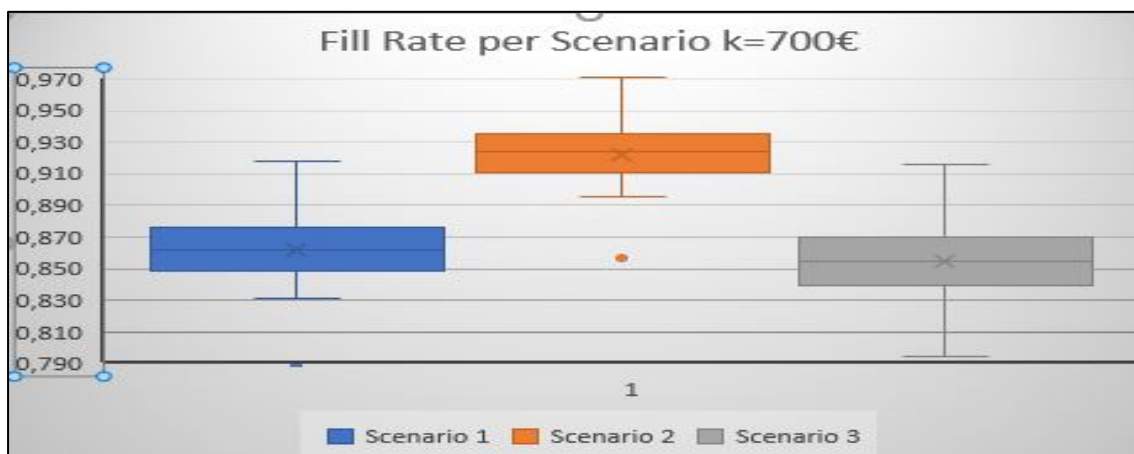
Αντίστοιχα αν το Fix Setup Cost αυξηθεί, πχ $K=700\text{€}$, τότε παρατηρούμε τα επικρατέστερα σενάρια να έχουν ως εξής:

Maximum Inventory (S)	Reorder Point (s)	Μέσο Κέρδος	Μέσο Fill Rate
600	300	33.178€	0,854
500	300	36.085€	0,922
500	350	35.603€	0,862

Πίνακας 4: Αποτελέσματα σεναρίων από YASAI Simulator



Σχήμα 51: Profit per Scenario Box Plot για $K=700$



Σχήμα 52: Fill Rate per Scenario Box Plot για K=700

Από τον πίνακα 4 και τα σχήματα 44 και 45 παρατηρούμε ως επικρατέστερο σενάριο το σενάριο 2 με σαφώς μικρότερες τιμές κέρδους από τα προηγούμενα παραδείγματα.

Άρα από τα παραπάνω παραδείγματα που παρουσιάστηκαν γίνεται αντιληπτό ότι:

Ο χρόνος επαναπαραγγελίας εφόσον δεν διαφοροποιείται κατά πολύ δεν επηρεάζει ιδιαίτερα την πολιτική αποθέματος, ανεξάρτητα αν είναι σταθερός ή στοχαστικός.

Όταν το K (σταθερό Κόστος) αυξάνεται χωρίς να πραγματοποιηθούν αλλαγές σε άλλες οικονομικές παραμέτρους τότε το κέρδος μειώνεται, ενώ όσο το K μειώνεται το κέρδος αυξάνεται. Αυτό οφείλεται σε δύο παράγοντες: Πρώτον, όπως παρατηρούμε στους Πίνακες 3 και 4, αύξηση ή μείωση του K μας οδηγεί σε αύξηση ή μείωση αντίστοιχα της διαφοράς του Reorder Point από το Maximum Inventory, που μεταφράζεται σε αραιότερες ή συχνότερες παραγγελίες αντίστοιχα. Ο δεύτερος παράγοντας που επηρεάζει το κέρδος είναι τα holding costs.

Εφόσον οι παραγγελίες γίνονται αραιά με την αύξηση του K, τότε είτε θα επιλέξουμε τέτοιο απόθεμα στο χέρι που θα μας οδηγήσει σε υψηλά holding costs είτε το απόθεμα μας δε μας επιφέρει υψηλό Fill Rate με αποτέλεσμα λιγότερες πωλήσεις.

Αντίθετα μείωση του K οδηγεί σε συχνότερες παραγγελίες, άρα και μικρότερες ποσότητες παραγγελιών, με σχεδόν μηδαμινά holding costs, αφού παραγγέλλεται ποσότητα τέτοια ώστε να μην παραμένει υψηλό απόθεμα σε αποθήκευση, και υψηλό Fill Rate.

Τα παραπάνω συμπεράσματα είναι θεωρητικά και λαμβάνουν υπόψη τιμές που χρησιμοποιήθηκαν στα παραδείγματα ως σταθερές. Υψηλότερο ή χαμηλότερο Fill Rate και συνολικό κέρδος μπορεί να επέλθει και με αλλαγή αυτών των τιμών (πχ αύξηση τιμών χονδρικής/λιανικής κ.α) ή ακόμα λαμβάνοντας υπόψη παράγοντες (πχ προσφορές σε μεγάλες παραγγελίες) οι οποίοι δεν ελήφθησαν υπόψη στα συγκεκριμένα παραδείγματα.

§2. Επεκτάσεις Μοντέλου Προσομοίωσης

Όπως περιεγράφηκε παραπάνω, ένα μοντέλο προσομοίωσης προσφέρει πλήρη απεικόνιση ενός συστήματος διαχείρισης αποθέματος, παρόλο τους περιορισμούς, είτε λόγω Microsoft Excel είτε λόγω έκδοσης του Arena Simulation (Student).

Το Arena Simulation ωστόσο δίνει τη δυνατότητα επέκτασης, ακόμα και με την μαθητική έκδοση του, ώστε να είναι δυνατή η παρακολούθηση και διαχείριση αποθεμάτων πολλαπλών προϊόντων. Επίσης με την προσθήκη ορισμένων ακόμα modules είναι δυνατή η προσομοίωση ακόμα και ενός πολύπλοκου συστήματος, το οποίο περιλαμβάνει περισσότερα κόστη (πχ shortage cost), περισσότερους προμηθευτές καθώς ακόμα και να συμπεριλαμβάνονται προϊόντα τα οποία απαιτούν συναρμολόγηση από πολλαπλούς προμηθευτές προτού αυτά είναι έτοιμα προς πώληση.

Επιπλέον των παραπάνω σε ένα σύστημα προσομοίωσης Arena μπορεί να συμπεριληφθεί η πιθανότητα διακοπής της παραγωγικής διαδικασίας (βλάβη μηχανημάτων παραγωγής, βλάβη οχημάτων παράδοσης, απεργία προσωπικού που επηρεάζει τον χρόνο παράδοσης κλπ.)

Σε ένα μοντέλο προσομοίωσης υπάρχει επίσης η δυνατότητα να προβλεφθεί το μέγεθος του βαθμού εξυπηρέτησης όχι μόνο βάση της δυνατότητας που υπάρχει να ικανοποιηθεί η ζήτηση, αλλά και βάσει του χρόνου εξυπηρέτησης σύμφωνα με το προσωπικό που υπάρχει και μπορεί να εξυπηρετήσει. Και οι δύο αυτοί παράγοντες μπορούν να οδηγήσουν σε απώλεια πελατών καθώς πάντα υπάρχει η πιθανότητα όταν ένας πελάτης δεν ικανοποιήσει ολόκληρη τη ζήτηση να μην την ικανοποιήσει μερικώς και να αποχωρήσει από το σύστημα. Το ίδιο ισχύει και όταν ένας πελάτης αργήσει να εξυπηρετηθεί. Και οι δύο αυτοί παράγοντες μπορούν να αποτυπωθούν στο μοντέλο προσομοίωσης στην επαγγελματική έκδοση του Arena Simulation.

Οι παραπάνω λόγοι-παράγοντες είναι αυτοί που οδηγούν στο συμπέρασμα πως το Arena είναι πληρέστερο λειτουργικό δημιουργίας μοντέλων προσομοίωσης σε σύγκριση με το add-in του Microsoft Office Excel, αφού στο Excel αποτυπώνονται αποτελέσματα προσομοιώσεων τα οποία ισχύουν για ένα προϊόν κάθε φορά και χρειάζεται ισχυρή υπολογιστική ισχύς προκειμένου να συνδυαστούν τα διάφορα υπολογιστικά φύλλα, δυσχεραίνοντας ωστόσο την δυνατότητα παρακολούθησης των πολλαπλών παραγόντων οι οποίοι δύνανται να αλλάξουν τον τρόπο λειτουργίας του μοντέλου.

Παρόλα τα παραπάνω υπενθυμίζεται πως ένα μοντέλο προσομοίωσης δεν παρέχει ακριβή στοιχεία και πάντα υπάρχει η πιθανότητα σφάλματος στις προβλέψεις που παρέχει. Ένα μοντέλο προσομοίωσης ελαχιστοποιεί τα σφάλματα ανάλογα με το μέγεθος των δεδομένων που εισάγονται σε αυτό, ωστόσο δεν είναι απαραίτητο ότι θα αντιπροσωπεύει πλήρως την πραγματικότητα.

Βιβλιογραφία

1. Σημειώσεις στη Διαχείριση Αποθεμάτων Επιμέλεια: Δρ. Δημήτρης Βλάχος. Διαθέσιμο στο http://library.tee.gr/digital/kma/kma_m1274.pdf
2. Sven Axsäter, Inventory Control, 3rd edition, εκδόσεις Springer
3. Simulation with Arena, 2nd edition, David Kelton, εκδόσεις Mc Graw Hill
4. Simulation modeling and analysis with Arena, Tayfur Altioek- Benjamin Melamed, Elsevier
5. Προσομοίωση συστημάτων διακριτών γεγονότων, Βασίλης Κουϊκόγλου -Δημήτρης Κωνσταντάς, εκδόσεις Δίσιγμα.
6. «Επιχειρησιακή Έρευνα & Οργάνωση Συστημάτων Παραγωγής», εκδόσεις Τζιόλα, Β.Κώστογλου.
7. Προσομοίωση Monte Carlo, εισαγωγή και παραδείγματα, σημειώσεις Δρ. Μπουρνέτα Απόστολου.
8. Ανασκόπηση βασικών εννοιών πιθανοτήτων, σημειώσεις Δρ. Μπουρνέτα Απόστολου.
9. Simulation handouts, σημειώσεις Δρ. Μπουρνέτα Απόστολου.
10. Yasai V.2.1 user guide διαθέσιμο στο <http://www.yasai.rutgers.edu/yasai-guide-26.html>