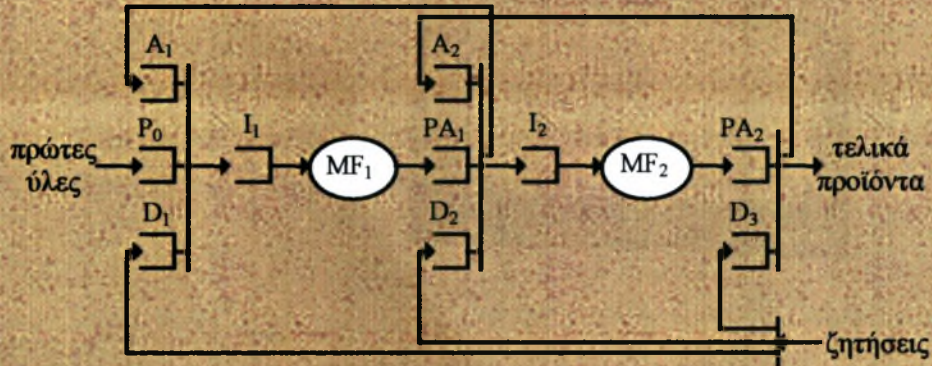


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ



Διπλωματική εργασία:

**Βελτιστοποίηση Γενικευμένου Συστήματος Ελέγχου
Παραγωγής *Extended Kanban* δύο Σταδίων**

Φοιτητής: Πέτρος Τρυφονόπουλος
Επιβλέπων: Δρ. Γιώργος Λυμπερόπουλος

Βόλος, Οκτώβριος 2000



αρ. εισ. 231/π.α.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000062158

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 787/1
Ημερ. Εισ.: 06-10-2000
Δωρεά: Συγγραφέα
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΜΜΒ
2000
ΤΡΥ



...στους γονείς μου

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις πιο θερμές μου ευχαριστίες στον επιβλέποντα της διπλωματικής μου εργασίας **Δρ. Γιώργο Λυμπερόπουλο** , Επίκουρο καθηγητή και Διευθυντή του εργαστηρίου Οργάνωσης Παραγωγής και Βιομηχανικής Διοίκησης , για την πολύτιμη και ουσιαστική καθοδήγηση του κατά τη διάρκεια πραγματοποίησης της παρούσας εργασίας.

Επίσης αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω τους φίλους και συμφοιτητές **Α. Δουγέκο** και **Π. Παναγίτσα** για την συμπαράσταση που μου προσέφεραν και την άριστη συνεργασία την οποία είχαμε. Επιπλέον επιθυμώ να ευχαριστήσω τον υποψήφιο διδάκτορα του τμήματος, **Σ. Κουκούμιαλο** για την πολύτιμη βοήθεια του.

Ολοκληρώνοντας την παράγραφο αυτή θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τους γονείς μου για όλα όσα μου προσέφεραν κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το σημαντικότερο ίσως στοιχείο που καθιστά ανταγωνιστικό ένα σύστημα παραγωγής είναι ο σωστός έλεγχος της παραγωγικής διαδικασίας. Αυτό το πρόβλημα εξετάζει η παρούσα διπλωματική εργασία και συγκεκριμένα γίνεται προσπάθεια να βελτιστοποιηθεί ένα σύστημα παραγωγής Extended Kanban δύο σταδίων.

Η διαδικασία βελτιστοποίησης εντοπίζεται στον προσδιορισμό των παραμέτρων ελέγχου για τις οποίες το σύστημα ελαχιστοποιεί το κόστος λειτουργίας του. Πιο συγκεκριμένα εμείς σαν διαχειριστές του συστήματος για να πετύχουμε αυτό το στόχο επεμβαίνουμε στις μεταβλητές που έχουμε τη δυνατότητα να μεταβάλλουμε και αυτές είναι το απόθεμα που πρέπει να κρατάμε κάθε φορά, ο αριθμός των καρτών εξουσιοδότησης Kanban και οι χρόνοι υστέρησης (Lead time) - για την περίπτωση που έχουμε χρόνο προειδοποίησης των ζητήσεων που καταφθάνουν στο σύστημα. Η μέθοδος που ακολουθήθηκε είναι αυτή της προσομοίωσης με τη βοήθεια του λογισμικού προσομοίωσης ARENA.

Στην εισαγωγή της εργασίας αναλύονται τα συστήματα ελέγχου της παραγωγής, η απόδοση λειτουργίας ενός συστήματος και γίνεται μια σύντομη ανασκόπηση γύρω από τη βιβλιογραφία που ασχολείται με τα συστήματα αυτά.

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφεται το σύστημα ελέγχου της παραγωγής - το Extended Kanban δύο σταδίων, η προσθήκη μηχανισμών καθυστέρησης σε αυτό ώστε να μπορούμε να εξετάσουμε το σύστημα μας και υπό την επίδραση χρόνου προειδοποίησης των ζητήσεων και το πρόβλημα της βελτιστοποίησης του.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται ο τρόπος μοντελοποίησης του συστήματος με τη χρήση του λογισμικού προσομοίωσης ARENA.

Στο τέταρτο κεφάλαιο περιγράφεται λεπτομερώς η διαδικασία της βελτιστοποίησης του συστήματος και τα αποτελέσματα που λαμβάνουμε κατά την εξέταση έξι περιπτώσεων. Στις πρώτες έξι περιπτώσεις ο χρόνος προειδοποίησης της ζήτησης θεωρείται μηδενικός ενώ στις περιπτώσεις επτά και οκτώ λαμβάνουμε υπόψη μας και την παρουσία χρόνου προειδοποίησης της ζήτησης.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν.

Στη συνέχεια γίνονται κάποιες προτάσεις μελλοντικής έρευνας και τέλος στα παραρτήματα που ακολουθούν παρουσιάζονται όλες οι τιμές που ελήφθησαν από τις προσομοιώσεις καθώς και κάποια ενδεικτικά αποτελέσματα που μας δίνει το ARENA (Arena Results).

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
1.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ.....	8
1.1.1 ΩΘΟΥΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (PUSH).....	8
1.1.2 ΕΛΚΥΟΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (PULL).....	9
1.1.2.1 Σύστημα Basestock.....	10
1.1.2.2 Σύστημα Kanban.....	10
1.1.2.2.1 Οι κάρτες εξουσιοδότησης παραγωγής Kanban.....	10
1.1.2.3 Σύστημα Conwip.....	12
1.1.2.4 Σύστημα Generalized Kanban.....	13
1.1.2.5 Σύστημα Extended Kanban.....	13
1.2 ΑΠΟΔΟΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΕΝΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	13
1.3 ΕΡΕΥΝΕΣ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ...14	
2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΗΣ	
ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ.....	17
2.1 ΣΥΣΤΗΜΑ EXTENDED KANBAN ΔΥΟ ΣΤΑΔΙΩΝ.....	18
2.1.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	19
2.1.2 ΧΡΟΝΟΣ ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ	19
2.1.3 ΕΙΔΙΚΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ EXTENDED KANBAN..	21
2.1.4 ΟΡΙΣΜΕΝΕΣ ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ.....	21
2.2 ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	22

3. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	24
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ.....	25
3.1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ	25
3.1.2 ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ	25
3.1.3 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ.....	27
3.2 ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ARENA 3.0 S.M.....	28
3.3 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ EXTENDED KANBAN ΔΥΟ ΣΤΑΔΙΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ARENA 3.0...29	
3.3.1 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ.....	29
3.3.2 ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ.....	30
3.3.3 ΧΡΟΝΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ	31
4. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	41
4.1 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 1...44	
4.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 2...48	
4.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 3...53	
4.4 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 4...57	
4.5 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 5...61	
4.6 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 6...66	
4.7 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 7...70	
4.8 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 8...76	

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	81
6. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	90
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	92
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	96
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Π1 – ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ.....	97
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Π2 - ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ARENA.....	134

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα συστήματα διαχείρισης της παραγωγής αντιπροσωπεύουν ένα από τα σημαντικότερα κομμάτια της παραγωγικής διαδικασίας. Με αυτά τα συστήματα γίνεται προσπάθεια -στα πλαίσια της επιχειρησιακής ερευνάς -να επιτευχθεί η βέλτιστη πολιτική που θα ελέγχει αποτελεσματικά την ροή της παραγωγικής διαδικασίας.

Με τον όρο «σύστημα παραγωγής» εννοούμε τα διάφορα μέσα παραγωγής που εκτελούν εργασίες (π.χ. κοπή, διαμόρφωση, συναρμολόγηση, επιθεώρηση κ.τ.λ) πάνω σε υλικά για να παράγουν τελικά προϊόντα που πρόκειται να παραδοθούν σε πελάτες.

Η ζήτηση για παράδοση τελικών προϊόντων στους πελάτες, είναι η κύρια μεταβλητή η οποία έλκει ή ωθεί αντίστοιχα την παραγωγή και ρυθμίζει την λειτουργία ολόκληρου του συστήματος. Ένα σύστημα είναι τόσο ανταγωνιστικό και αξιόπιστο όσο πιο αποτελεσματικός είναι ο έλεγχος στον οποίο υπόκειται. Ο έλεγχος αυτός οριοθετείται από ένα πρόβλημα βελτιστοποίησης όπου οι μεταβλητές που πρέπει να βελτιστοποιηθούν είναι οι εξής : το **πότε** και **πόσο** πρέπει να παράγει το σύστημα έτσι ώστε να ανταποκριθεί στη ζήτηση που προκύπτει, και μάλιστα με ικανοποιητικό επίπεδο εξυπηρέτησης των πελατών και με το ελάχιστο δυνατό κόστος για την επιχείρηση. Είναι φανερό λοιπόν ότι ο έλεγχος του συστήματος παραγωγής, έγκειται στον έλεγχο των ποσοτήτων (απόθεμα, εργασίες σε εξέλιξη, κτλ.) καθώς και στο χρόνο στον οποίο θα πρέπει να ξεκινήσουν οι εργασίες έτσι ώστε να μπορούν να παραδοθούν στον πελάτη με την ελάχιστη δυνατή καθυστέρηση.

Μία ρεαλιστική προσέγγιση για τον έλεγχο της παραγωγής είναι να αποσυνθέσουμε το σύστημα παραγωγής σε υποσυστήματα ή στάδια και να ορίσουμε έναν μηχανισμό που να συντονίζει την εισαγωγή εξαρτημάτων σε κάθε στάδιο με την άφιξη ζητήσεων για τελικά προϊόντα. Πολιτικές όπου η παραγωγή προκαλείται η ελκύεται από πραγματικές ζητήσεις για τελικά προϊόντα ονομάζονται « ελκόμενες » (pull) πολιτικές ή μηχανισμοί ή συστήματα έλεγχου της παραγωγής.

Τα κυριότερα συστήματα έλεγχου της παραγωγής κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες : στα ωθούμενα (push) και τα ελκόμενα (pull). Τα ελκόμενα συστήματα λοιπόν έχουν σαν κύριο εκφραστή τους τα basestock και τα kanban στα οποία και θα αναφερθούμε εκτενέστερα στη συνέχεια.

1.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Τα κυριότερα συστήματα έλεγχου της παραγωγής και αποθεμάτων που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι τα εξής:

- 1.Τα ελκύμενα (Pull)
- 2.Τα ωθούμενα (Push)

Ελκύμενα συστήματα παραγωγής ονομάζονται εκείνα στα οποία η παραγωγή έλκεται από τη ζήτηση. Κύριος εκφραστής αυτών των συστημάτων είναι τα basestock και τα kanban.

Ωθούμενα συστήματα έλεγχου της παραγωγής ονομάζονται εκείνα στα οποία η ζήτηση ωθεί την παραγωγή τελικών προϊόντων. Κύριος εκφραστής αυτών των συστημάτων είναι το MRP, ή τα μεταγενέστερα MRP II και ERP.

1.1.1 ΩΘΟΥΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (PUSH)

Όπως αναφέρθηκε πιο πάνω αυτά τα συστήματα εκφράζονται από τα MRP και MRP II (Materials Requirement Planning και Materials Resources Planning) και από το μεταγενέστερο ERP.

Στο MRP η παραγωγή ωθείται από τις ζητήσεις που φθάνουν στο σύστημα και οι οποίες μπορεί να είναι είτε γνωστές όποτε έχουμε έγκαιρη προειδοποίηση της ζήτησης είτε μπορεί να μην είναι γνωστές και προβλέπονται μέσω στατιστικών στοιχείων. Τα περισσότερα συστήματα MRP περιλαμβάνουν έναν επεξεργαστή BOM που χρησιμοποιείται και για να διατηρεί τον κατάλογο υλικών. Εκτός από τις πληροφορίες του BOM, το MRP χρειάζεται πληροφορίες για την ανεξάρτητη ζήτηση που προέρχεται από το κύριο πρόγραμμα παραγωγής (Master Production Schedule ή MPS). Αυτά μαζί με τους χρόνους υστέρησης (Lead time) και το μέγεθος της παρτίδας, προγραμματίζουν την έκλυση της παραγωγής.

Υπάρχουν πολλά στοιχεία από έρευνες στις ΗΠΑ ότι επιχειρήσεις που εφάρμοσαν συστήματα MRP δεν βελτίωσαν τη θέση τους. Τα προβλήματα που παρουσιάζει εντοπίζονται στην έλλειψη εκπαίδευσης των χρηστών των συστημάτων, στο μη ρεαλιστικό Master Production Schedule και κυρίως στα ανακριβή στοιχεία

,συμπεριλαμβανόμενων των καταλογών των υλικών και των αρχείων αποθεμάτων . Το MRP χρησιμοποιεί ένα σταθερό περιβάλλον όπου δεν λαμβάνεται υπόψη άμεσα η τυχαιότητα. Ο χρόνος υστέρησης της παραγωγής θεωρείται σταθερός (ενώ στην πραγματικότητα εξαρτάται από την συμφόρηση του συστήματος). Επίσης συχνά εισάγεται απόθεμα ασφάλειας για την αντιμετώπιση της τυχαιότητας στη ζήτηση. Έτσι λοιπόν έχει λεχθεί ότι η πραγματική αιτία της ανικανότητας του MRP να αποδώσει αποτελεσματικά είναι ότι το βασίζεται σε ένα ελαττωματικό πρότυπο.

1.1.2 ΕΛΚΥΟΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (PULL)

Όπως έχει αναφερθεί στα ελκυσόμενα συστήματα έλεγχου της παραγωγής η παραγωγή έλκεται από τη ζήτηση. Όταν έχουμε άφιξη μιας ζήτησης λαμβάνουν χώρα δύο αντιδράσεις : η πρώτη είναι ότι η ζήτηση ικανοποιείται αμέσως από τα έτοιμα προϊόντα και η δεύτερη ότι δίνεται εντολή έναρξης της παραγωγικής διαδικασίας , ώστε να αναπληρωθούν οι μονάδες των έτοιμων προϊόντων που χρησιμοποιήθηκαν για την ικανοποίηση της ζήτησης και το απόθεμα επιστρέφει στην βάση του. Τα έτοιμα προϊόντα που υπάρχουν στο συστημα πριν την έναρξη άφιξης των ζητήσεων καλούνται απόθεμα ασφάλειας (safety stock).

Η διατήρηση ικανοποιητικού αποθέματος βάσης είναι επιτακτική στα συστήματα pull καθώς δεν υπάρχει προειδοποίηση της ζήτησης. Εξαιτίας αυτού του χαρακτηριστικού τους τα ελκυσόμενα συστήματα αντιδρούν απλά στη ζήτηση και δεν την προβλέπουν. Σε μικρές διακυμάνσεις της ζήτησης αυτή η λογική αποδίδει ικανοποιητικά. Όμως σε πιθανή αύξηση ή μείωσή της - όπου θα έχουμε έλλειψη ή περίσσεια αποθέματος – προκαλεί κάποια προβλήματα. Επίσης η θεώρηση ότι οι ζητήσεις ικανοποιούνται αμεσα μπορεί να δημιουργήσει επίσης προβλήματα καθώς πολλές φορές οι ζητήσεις απαιτούν όχι άμεση παράδοση αλλά παράδοση μετά από κάποιο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Σε αυτή τη περίπτωση τα έτοιμα προϊόντα παραμένουν στους αποθηκευτικούς χώρους άσκοπα δημιουργώντας έτσι ένα ανεπιθύμητο κόστος διατήρησης τους.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τέσσερα βασικά ελκυσόμενα συστήματα παραγωγής (το basestock, kanban, generalized kanban και το extended kanban) καθώς και ένα σύστημα conwip για τον έλεγχο των εργασιών σε εξέλιξη του σταδίου.

1.1.2.1 Σύστημα Basestock

Ένα από τα απλούστερα ελκυσόμενα συστήματα ελέγχου της παραγωγής είναι το σύστημα basestock. Στο σύστημα αυτό η μοναδική παράμετρος έλεγχου κάθε σταδίου της παραγωγής είναι το βασικό απόθεμα S . Έτσι λοιπόν στο basestock όταν μια ζήτηση για παράδοση τελικού προϊόντος φτάσει στο σύστημα, αυτή εκπέμπεται αμέσως σε κάθε στάδιο της παραγωγής ζητώντας έτσι την παραγωγή / μεταφορά ενός εξαρτήματος από το προηγούμενο στο επόμενο στάδιο. Το πλεονέκτημα αυτού του μηχανισμού είναι ότι αντιδρά γρήγορα στη ζήτηση. Το μειονέκτημά του είναι ότι παρέχει πολύ χαλαρό συντονισμό μεταξύ των σταδίων και ότι δεν εξασφαλίζει κανένα όριο στον αριθμό των εξαρτημάτων που εισέρχονται στο σύστημα αφού κάθε ζήτηση που φτάνει στο σύστημα εξουσιοδοτεί την εισαγωγή ενός νέου εξαρτήματος στο σύστημα.

1.1.2.2 Σύστημα Kanban

Το πιο γνωστό ελκυσόμενο συστημα ελέγχου της παραγωγης είναι το σύστημα Kanban. Η λέξη Kanban σημαίνει «κάρτα» στα Ιαπωνικά και αναφέρεται στο μηχανισμό κατά τον οποίο μια κάρτα εξουσιοδότησης επικολλάται σε ένα εξάρτημα εξουσιοδοτώντας την εισαγωγή του σε κάποιο στάδιο.

Η φιλοσοφία του συστήματος kanban είναι ότι μία ζήτηση μεταφέρεται όπισθεν ενός σταδίου μόνο όταν ένα εξάρτημα του σταδίου μεταφερθεί εμπροσθεν του σταδίου. Με αυτόν τον τρόπο το σύστημα kanban παρέχει σφιχτό συντονισμό μεταξύ των σταδίων. Μία επωφελής συνέπεια της λειτουργίας του συστήματος kanban είναι ότι ο αριθμός των εξαρτημάτων στο στάδιο i περιορίζεται από τον αριθμό των kanban του σταδίου i . Ένα μειονέκτημα είναι ότι το σύστημα μπορεί να μην αντιδράσει άμεσα σε μια ζήτηση αφού μία ζήτηση μπορεί να μην εκπεμφθεί σε όλα τα στάδια αμέσως μόλις φτάσει στο σύστημα.

1.1.2.2.1 Οι Κάρτες Εξουσιοδότησης Παραγωγής Kanban

Οι κάρτες kanban εφευρέθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν για πρώτη φορά από την ιαπωνική αυτοκινητοβιομηχανία TOYOTA. Οι κάρτες kanban παρέχουν τη

δυνατότητα αυστηρότερου έλεγχου και καλύτερου συντονισμού μεταξύ των σταδίων παραγωγής.

Κανένα εξάρτημα ή πρώτη ύλη δεν επιτρέπεται να εισέλθει σε μια γραμμή ή σε ένα κελί παραγωγής για να ξεκινήσει η διαδικασία επεξεργασίας του, εφόσον δεν υπάρχει διαθέσιμη κάρτα η οποία θα προσκολληθεί πάνω του και θα το ακολουθεί μέχρι και το τελευταίο στάδιο επεξεργασίας του. Όταν πλέον τελειώσει η επεξεργασία του προϊόντος και τοποθετηθεί στην αποθήκη η όταν εξέρχεται της γραμμής παραγωγής, η κάρτα kanban αποκολλάται και επιστρέφει στην αρχή της γραμμής έτοιμη για να εξουσιοδοτήσει την είσοδο ενός αλλού εξαρτήματος στη γραμμή παραγωγής.

Με αυτό το τρόπο ελέγχεται ο αριθμός των εργασιών που βρίσκονται σε εξέλιξη, ο οποίος ισούται με τον αριθμό των καρτών kanban και έτσι το σύστημα αποφορτίζεται από τον υπερβολικό αριθμό προϊόντων τα οποία καταλαμβάνουν χώρο και έχουν το ανάλογο κόστος συντήρησης και πρόκειται στην ουσία και για δεσμευμένο κεφάλαιο σε απόθεμα.

Οι πληροφορίες που παρέχει μια κάρτα kanban είναι : ο αριθμός του τεμαχίου, το όνομα του τεμαχίου, το μέγεθος της παρτίδας, φασεολόγια, τοποθεσία και όνομα επόμενης και προηγούμενης φάσης επεξεργασίας, χωρητικότητα και αριθμός διαθέσιμων δοχείων αποθήκευσης, απαίτηση υλικών και τεμαχίων για το επόμενο και προηγούμενο στάδιο.

Πιο κάτω στην εικόνα 1.1 φαίνεται μια κάρτα kanban και οι πληροφορίες που αυτή δίνει.

EXAMPLE OF KANBAN CARDS

FRONT

KANBAN INVENTORY CARD 01-084	
ITEM	10"x5 Micron Cuno Filter
WHEN TO ORDER	Reorder When Beginning to use this box
HOW TO ORDER	Electronically
COST PER UNIT	\$12.76 Per Filter

BACK

KANBAN INVENTORY CARD 01-084	
ORDER FROM	ABC Co.
BY COMPUTER	WWW.xxxx.com
OUR ACCOUNT #	
BAR CODE	1234
PURCHASE ORDER#	
AMOUNT TO ORDER	LQ 62981
EXPECTED COST	1 Box Of 30
DROP OFF PLACE	\$382.80 Blue Bench

Εικόνα 1.1 Ένα παράδειγμα μιας κάρτας Kanban

1.1.2.3 Σύστημα Conwip

Μια παραλλαγή του συστήματος kanban είναι το Conwip. Σε ένα τέτοιο σύστημα όταν ένα τελικό προϊόν εξέλθει από την γραμμή παραγωγής για να παραδοθεί στον πελάτη ένα νέο εξάρτημα εισέρχεται για επεξεργασία. Έτσι κάθε στιγμή ο αριθμός των εργασιών σε εξέλιξη θα είναι σταθερός (constant work in progress). Το σύστημα Conwip είναι ισοδύναμο με ένα σύστημα kanban ενός σταδίου.

Έτσι η ζήτηση εκπέμπεται στην αρχή του σταδίου και όχι ενδιάμεσα μόνο όταν εξυπηρετηθεί μια ζήτηση και προχωρήσει προς την παράδοση ένα τελικό προϊόν. Το σύστημα Conwip είναι ισοδύναμο με ένα Basestock όταν δεν έχουμε καθυστέρηση των παραγγελιών όποτε έχει νόημα μόνο όταν έχουμε καθυστέρηση (backlogging).

1.1.2.4 Σύστημα Generalized Kanban

Το σύστημα Generalized Kanban περιλαμβάνει τα Basestock και Kanban ως ειδικές περιπτώσεις. Το σύστημα αυτό εξαρτάται από δύο παραμέτρους ανά στάδιο, τον αριθμό των kanbans K και το βασικό απόθεμα S . Στο σύστημα αυτό υπάρχουν αρχικά kanban κολλημένα πάνω στα ισάριθμα εξαρτήματα αλλά υπάρχουν (και εδώ διαφέρει από το απλό σύστημα kanban) και ελευθέρως kanban τα οποία επιτρέπουν τον μερικό αποσυντονισμό της μεταφοράς των εξαρτημάτων από το ένα στάδιο στο επόμενο και της μεταφοράς των ζητήσεων πίσω στην προηγούμενη ουρά.

1.1.2.5 Σύστημα Extended Kanban

Το σύστημα αυτό πραγματεύεται η παρούσα εργασία και πιο συγκεκριμένα ένα τέτοιο σύστημα δύο σταδίων. Αυτό το σύστημα είναι παρόμοιο με το Generalized Kanban όταν έχουμε ένα στάδιο. Η διαφορά σε περισσότερα από ένα στάδια έγκειται στο σημείο όπου επιστρέφει η κάρτα Kanban στην αρχή της γραμμής παραγωγής. Πιο συγκεκριμένα στο Extended Kanban η κάρτα αποκολλάται από το προϊόν όταν αυτό φτάσει στην αποθήκη τελικών προϊόντων σε αντίθεση με ότι συμβαίνει στο Generalized Kanban όπου η κάρτα αποκολλάται όταν το τελικό προϊόν εξέρχεται της γραμμής παραγωγής. Δεν γίνεται περαιτέρω ανάλυση αυτού του συστήματος εδώ γιατί αυτό θα μελετηθεί διεξοδικά στο κεφάλαιο 2.

1.2 ΑΠΟΔΟΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΕΝΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Ο αποτελεσματικός έλεγχος της παραγωγής είναι αποφασιστικός παράγοντας για την ανταγωνιστικότητα του συστήματος. Έτσι αυτός είναι αποτελεσματικός όταν καταφέρνει και προσδιορίζει την απόδοση λειτουργίας του εκάστοτε συστήματος.

Όταν αναφερόμαστε σε απόδοση ενός συστήματος εννοούμε το κόστος λειτουργίας του. Αυτό το κόστος λειτουργίας είναι συνάρτηση δυο παραμέτρων: του κόστους διατήρησης των αποθεμάτων και του κόστους έλλειψης των αποθεμάτων στο σύστημα παραγωγής που εξετάζουμε.

Στην περίπτωση που το σύστημα διαθέτει μεγάλο απόθεμα τότε είναι προφανές ότι η ζήτηση που προκύπτει κάθε φορά θα ικανοποιείται και έτσι θα επιτυγχάνεται ένα υψηλό επίπεδο εξυπηρέτησης. Αυτό όμως θα έχει επίπτωση στο κόστος διατήρησης αποθεμάτων. Στην αντίθετη περίπτωση όπου δεν θα διαθέτουμε ικανοποιητικό απόθεμα θα έχουμε κόστος έλλειψης αποθεμάτων. Έτσι λοιπόν είναι προφανές ότι η ελαχιστοποίηση της μιας παραμέτρου αυξάνει την άλλη και έτσι το πρόβλημα που έρχεται να επιλύσει ο έλεγχος της παραγωγής είναι ιδιαίτερα σύνθετο και πολύπλευρο.

Έτσι το πρόβλημα αναφέρεται στην βελτιστοποίηση των δυο αυτών παραμέτρων – του κόστους διατήρησης και κόστους έλλειψης- για την επίλυση του οποίου έχουν γίνει πολλές έρευνες με αριθμητικές μεθόδους , αναλυτικές μεθόδους και με υπολογιστικά μοντέλα.

1.3 ΕΡΕΥΝΕΣ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Στη συνέχεια παρουσιάζονται συνοπτικά ορισμένες μελέτες που έχουν γίνει στην προσπάθεια επίλυσης του προβλήματος .

Στην [7] ο Dallery παρουσιάζει μια προσεγγιστική ανάλυση για ένα γενικευμένο ανοιχτό δίκτυο ουρών με περιορισμένη χωρητικότητα. Τα μοντέλα δικτύων ουρών (queuing networks) εμφανίζονται χρήσιμα για την εκτίμηση της απόδοσης διαφόρων διακριτών συστημάτων, όπως ένα δίκτυο υπολογιστών, ένα ευέλικτο σύστημα παραγωγής (FMS), κτλ. Μια πρόσφατη εργασία του Jackson (η οποία αναφέρεται στην [7]), έδειξε ότι για ένα ανοιχτό δίκτυο ουρών όπου οι αφίξεις των ζητήσεων ακολουθούν την κατανομή Poisson, η σειρά εξυπηρέτησης είναι FIFO (First-In-First-Out) με εκθετική κατανομή, το πρόβλημα μπορεί να λυθεί με μια product – form solution. Κάθε σταθμός εργασίας θεωρείται ως μια ουρά M/M/1 και αναλύεται ξεχωριστά από τους υπόλοιπους. Η μέθοδος product – form solution, ισχύει επίσης και για κλειστά δίκτυα ουρών.

Για ανοιχτά δίκτυα ουρών η βασική αρχή των προσεγγιστικών λύσεων είναι η

αποσύνθεση των ουρών σε μια ομάδα GI/GI/1 ουρών, οι οποίες εξετάζονται κάθε μια ξεχωριστά. Για κλειστά δίκτυα ουρών οι προσεγγιστικές μέθοδοι βασίζονται σε λύσεις τύπου γινομένου (product – form solution).

Μια άλλη λύση είναι η τεχνική της συγκέντρωσης ή του συνολικού αθροίσματος (aggregate), η οποία είναι παρόμοια με αυτή της αποσύνθεσης (decomposition) και της αρχής της ισοδυναμίας (equivalence). Τέλος στην [7] χρησιμοποιείται ένας αλγόριθμος για τον υπολογισμό των ιδιοτήτων του συστήματος. Στην [12] οι Rubio και Wein χρησιμοποιούν λύσεις τύπου γινομένου (product – form solution), για δίκτυα τύπου Jackson, όπου επιχειρείται ο καθορισμός του επιπέδου του Basestock (S).

Στην [1] οι Dallery και Λυμπερόπουλος προτείνουν επίσης έναν αλγόριθμο για τον υπολογισμό του αριθμού των kanban (K) και του βασικού αποθέματος Basestock (S), σε ένα σύστημα GKCS ενός σταδίου. Επίσης στην [2] προτείνεται ένας μηχανισμός για τον συντονισμό πολλών σταδίων παραγωγής μεταξύ τους. Πρόκειται για το Extended Kanban Control System (EKCS), για το οποίο παρουσιάζονται οι ιδιότητες του ενώ παράλληλα επιχειρείται η σύγκριση με το GKCS.

Μια παρόμοια εργασία παρουσιάζεται από τους Karaesmen και Dallery στην [3], όπου συγκρίνονται διάφορα ελκύμενα συστήματα και εξάγεται ένας αλγόριθμος για τον υπολογισμό των μεταβλητών K και S για την απόδοση των συστημάτων (Basestock, Kanban, GKCS, EKCS) για περισσότερα από ένα στάδια.

Στην [6] οι Karaesmen, Buzacott και Dallery εισάγουν την έννοια της έγκαιρης προειδοποίησης της ζήτησης (advanced information), στα ελκύμενα συστήματα. Στην ουσία η έγκαιρη προειδοποίηση της ζήτησης, είναι η πληροφορία που εισάγεται στα συστήματα MRP (Push), με στόχο τον προγραμματισμό (και όχι την εξουσιοδότηση-Pull) ενάρξεως των εργασιών.

Έτσι επιχειρείται η ολοκλήρωση των δυο διαφορετικών πολιτικών pull και push σε ένα ενιαίο πλαίσιο.

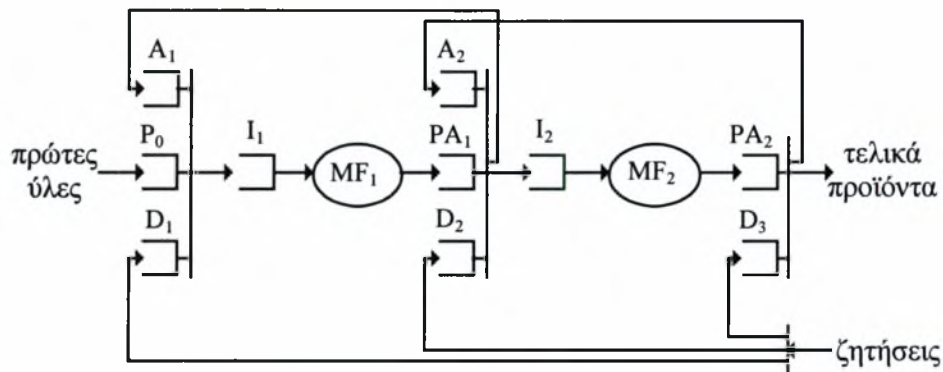
Στην [15] οι Buzacott και Shanthikumar συγκρίνουν το απόθεμα ασφαλείας (safety stock) με το *χρόνο ασφαλείας* (safety time) που χρησιμοποιούνται στα συστήματα MRP. Βασικό συμπέρασμα από την όλη μελέτη είναι ο χρόνος ασφαλείας είναι προτιμότερος από το απόθεμα ασφαλείας, μόνο όταν η πρόβλεψη της ζήτησης μπορεί να πραγματοποιηθεί με ακρίβεια και ο χρόνος υστέρησης (lead time) είναι ρεαλιστικός.

Τέλος στις [19] και [20], οι Τ. Λιάπης και Ι. Τσικής παρουσιάζουν αφενός μια βελτιστοποίηση σε ένα σύστημα GKCS ενός σταδίου και μιας μηχανής και αφετέρου μια βελτιστοποίηση σε ένα Basestock σύστημα δύο σταδίων –τεσσάρων μηχανών , εργασίες οι οποίες αποτέλεσαν την βάση για την πραγματοποίηση της παρούσας.

2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ **ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

2.1 ΣΥΣΤΗΜΑ EXTENDED KANBAN ΔΥΟ ΣΤΑΔΙΩΝ

Το σύστημα με το οποίο πραγματοποιείται ο έλεγχος της παραγωγής στην παρούσα εργασία είναι το Extended Kanban δύο σταδίων στη σειρά με δύο σταθμούς επεξεργασίας σε κάθε στάδιο (τέσσερις συνολικά) και φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 2.1 Σύστημα Extended Kanban με δύο στάδια στη σειρά

Το σύστημα extended kanban εξαρτάται από δύο παραμέτρους για κάθε στάδιο i , τον αριθμό των kanbans, K_i και το βασικό απόθεμα S_i .

Το σύστημα αποτελείται από τέσσερις σταθμούς επεξεργασίας M_1, M_2, M_3, M_4 οι οποίοι είναι διατεταγμένοι σε σειρά και ανά δύο σε κάθε στάδιο (Το MF_1 αποτελείται από τους M_1 και M_2 και το MF_2 από τους M_3 και M_4).

Η ουρά P_0 αναπαριστάνει το χώρο αποθήκευσης των πρώτων υλών και η ουρά D_3 περιέχει ζητήσεις για τελικά προϊόντα. Η ουρά PA_i αναπαριστάνει τον χώρο όπου περιέχονται τα τελειωμένα εξαρτήματα του σταδίου i , όπου κάθε εξάρτημα έχει επικολλημένο ένα kanban όπου $i=1,2$. Η ουρά A_i αναπαριστάνει τον χώρο αποθήκευσης των διαθέσιμων- ελεύθερων καρτών kanban (δηλαδή αυτών που δεν είναι επικολλημένες σε εξάρτημα) του σταδίου i όπου $i=1,2$, οι οποίες και είναι οι εξουσιοδότες των εξαρτημάτων για να εισαχθούν στο επόμενο στάδιο. Η ουρά D_i περιέχει ζητήσεις για την παραγωγή εξαρτημάτων του σταδίου i όπου $i=1,2$. Η ουρά I_i αναπαριστάνει τον χώρο αποθήκευσης εισερχόμενων υλών του σταδίου i όπου $i=1,2$.

2.1.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Η συμπεριφορά του συστήματος extended kanban έχει ως εξής: όταν μια ζήτηση ενός πελάτη φτάσει στο σύστημα, εισέρχεται στην ουρά D_3 ζητώντας την παράδοση ενός τελειωμένου προϊόντος από την ουρά P_2 στον πελάτη. Ταυτόχρονα, η ίδια ζήτηση δημιουργεί σε κάθε ουρά D_i μια ζήτηση για την εισαγωγή ενός εξαρτήματος από την ουρά PA_i στην ουρά I_i όπου $i=1,2$. Όμως ένα εξάρτημα δεν εξουσιοδοτείται αμέσως να εισαχθεί από την ουρά PA_i στην ουρά I_i , $i=1,2$, παρά μόνο εάν υπάρχει ένα ελεύθερο kanban στην ουρά A_i .

2.1.2 ΧΡΟΝΟΣ ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ

Ο χρόνος προειδοποίησης της ζήτησης (advance information) ο οποίος συμβολίζεται με τ έχει καθοριστική σημασία για την πολιτική ελέγχου που πρέπει να ακολουθηθεί.

Αν o_n είναι η χρονική στιγμή που καταφθάνει η νιοστή ζήτηση στο σύστημα και έχει μια ημερομηνία παράδοσης d_n , ο χρόνος προειδοποίησης της ζήτησης θα δίνεται από τον τύπο $\tau = d_n - o_n$

Σε περίπτωση που ο χρόνος προειδοποίησης της ζήτησης είναι μηδέν ($d_n = o_n$) κάθε ζήτηση εισέρχεται στο σύστημα ταυτόχρονα στις ουρές D_3 - όπου απαιτεί ένα τελικό προϊόν - και στις D_i , $i=1,2$ - όπου δημιουργεί (ελκύει) μια ζήτηση για την εισαγωγή ενός εξαρτήματος από την ουρά P_{i-1} στην ουρά I_i , $i=1,2$.

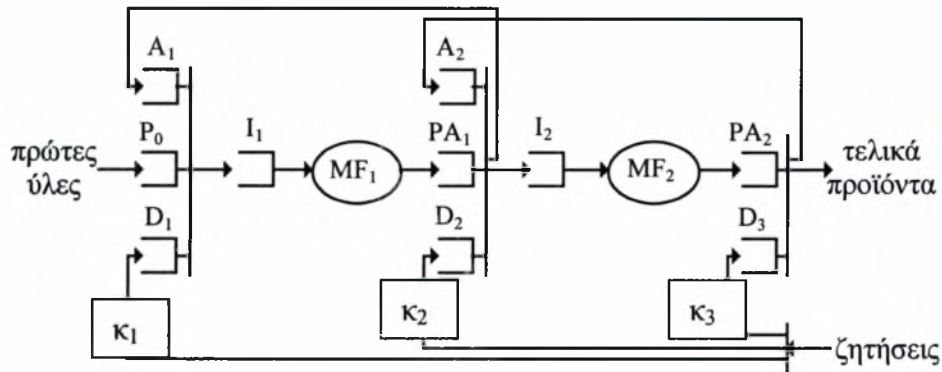
Σε περίπτωση που υπάρχει χρόνος προειδοποίησης διαφορετικός από το μηδέν δίνεται η δυνατότητα στο σύστημα να μην ανταποκριθεί αμέσως στη ζήτηση αλλά να καθυστερήσει την έναρξη της παραγωγής. Αυτή η καθυστέρηση είναι σκόπιμη ώστε να μπορεί να ανταποκριθεί στην παράδοση τελικού προϊόντος την ημερομηνία που ζητείται αλλά ταυτόχρονα να μην υπερφορτώνεται με το κόστος των προϊόντων που θα δημιουργηθούν και θα βρίσκονται στο σύστημα σε μορφή αποθέματος μέχρι την ημερομηνία παράδοσης στον πελάτη.

Η καθυστέρηση της παραγωγής γίνεται με την δημιουργία ενός κατάλληλου μηχανισμού καθυστέρησης ο οποίος τοποθετείται στο σύστημα

Αυτός ο μηχανισμός καθυστέρησης φαίνεται στο σχήμα 2.1 που επισυνάπτεται παρακάτω. Συμβολίζουμε με k_1 , k_2 , k_3 τις καθυστερήσεις στο πρώτο

και δεύτερο στάδιο και στην ουρά D_3 αντίστοιχα. Είναι προφανές ότι θα ισχύει $\kappa_1 \leq \kappa_2 \leq \kappa_3$.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να εισαχθεί μια άλλη παράμετρος που συμβολίζεται με L και αντιπροσωπεύει τον χρόνο υστέρησης των μηχανών (Lead time). Αυτή η παράμετρος διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στο σύστημα και στο μηχανισμό καθυστέρησης του.



Σχήμα 2.1 Σύστημα Extended Kanban δύο σταδίων στη σειρά με μηχανισμό καθυστέρησης

Έτσι αν με L_1 και L_2 συμβολιστούν οι χρόνοι υστέρησης του πρώτου και δεύτερου σταδίου αντίστοιχα και με τ ο χρόνος προειδοποίησης της ζήτησης τότε οι μηχανισμοί καθυστέρησης που υπεισέρχονται στις ζητήσεις D_1 , D_2 , D_3 θα είναι:

- Στην ζήτηση D_3 θα υπάρχει μηχανισμός κ_3 που θα δίνει καθυστέρηση τ
- Στη ζήτηση D_2 θα υπάρχει μηχανισμός κ_2 που θα δίνει καθυστέρηση $\max(0, \tau - L_2)$
- Στη ζήτηση D_1 ο κ_1 θα δίνει καθυστέρηση $\max(0, \tau - L_1 - L_2)$.

2.1.3 ΕΙΔΙΚΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ EXTENDED KANBAN

Το σύστημα Extended Kanban συνδυάζει τα Basestock και Kanban και τα περιλαμβάνει ως ειδικές περιπτώσεις. Πιο συγκεκριμένα:

- Αν ισχύει $S_i = K_i$, για όλα τα i , τότε το σύστημα Extended Kanban είναι ισοδύναμο με ένα σύστημα **Kanban**.
- Στην περίπτωση όπου $K_i = \infty$, για όλα τα i , το σύστημα Extended Kanban είναι ισοδύναμο με ένα σύστημα **Basestock**.

2.1.4 ΟΡΙΣΜΕΝΕΣ ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

- Αν και έχει αναφερθεί να επαναλάβουμε ότι για να εισαχθεί ένα εξάρτημα από το χώρο αποθήκευσης εξερχόμενων υλών του σταδίου $i-1$, στο χώρο αποθήκευσης εισερχόμενων υλών του σταδίου i , πρέπει να υπάρχουν :
 - τουλάχιστον ένα τελειωμένο εξάρτημα στο χώρο αποθήκευσης εξερχόμενων υλών του σταδίου $i-1$,
 - τουλάχιστον μια ζήτηση για την εισαγωγή ενός εξαρτήματος στο στάδιο i και
 - τουλάχιστον μια εξουσιοδότηση παραγωγής για την εισαγωγή ενός εξαρτήματος στο στάδιο i .
- Υποθέτουμε ότι οι αφίξεις των πρώτων υλών φθάνουν στο χώρο αποθήκευσης πρώτων υλών με μια διεργασία που είναι εκτός ελέγχου της παραγωγής και έτσι η παροχή τους θεωρείται συνεχής και απεριόριστη όποτε ζητείται.
- Κάθε σύστημα έχει τρεις τύπους κινούμενων στοιχείων : «εξαρτήματα», «ζητήσεις» και «εξουσιοδοτήσεις παραγωγής».
- Οι ζητήσεις καταφθάνουν στο σύστημα ανά μία και τυχαία.
- Δεν υπάρχει περιορισμός στον αριθμό των παραγγελιών που ικανοποιούνται κάθε φορά. Έτσι η παραγωγή δεν χρειάζεται να γίνεται ανά παρτίδες.
- Οι μηχανές θεωρείται ότι δεν παθαίνουν βλάβες.
- Η παραγωγή μπορεί και αναπληρώνει κάθε στιγμή το απόθεμα.
- Ο χρόνος προειδοποίησης της ζήτησης θεωρείται σταθερός(καθοριστικός)

2.2 ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Στο σημείο αυτό είναι σκόπιμο να αναφερθεί για άλλη μια φορά ότι η πολιτική ελέγχου που ακολουθείται έχει στόχο να βελτιστοποιήσει (ελαχιστοποιήσει) το συνολικό κόστος του συστήματος.

Το συνολικό κόστος του συστήματος (TC) είναι :

$$TC = h_1 \cdot (Wip_1 + P_1) + h_2 \cdot (Wip_2 + P_2) + b \cdot D_3$$

Οι παράμετροι που υπεισέρχονται στο κόστος είναι:

- Wip_1, Wip_2 που είναι οι μέσοι αριθμοί των επεξεργαζόμενων τεμαχίων του πρώτου και δεύτερου σταδίου παραγωγής.
- P_1, P_2 είναι οι μέσοι αριθμοί κομματιών που βρίσκονται στους χώρους αποθήκευσης του πρώτου και δεύτερου σταδίου αντίστοιχα.
- h_1, h_2 είναι το κόστος διατήρησης της μονάδας αποθέματος του πρώτου και δεύτερου σταδίου αντίστοιχα.
- b είναι το κόστος της καθυστέρησης της ικανοποίησης της παραγγελίας ή αλλιώς κόστος ανικανοποίητων ζητήσεων.
- D_3 είναι οι ζητήσεις που φθάνουν στο σύστημα από τους πελάτες.

Εκτός από τις παραπάνω παραμέτρους οι οποίες συνθέτουν την εξίσωση του συνολικού κόστους υπάρχουν και οι παράμετροι που επηρεάζουν και διαμορφώνουν το σύστημα και κατ'επέκταση το συνολικό του κόστος TC .

Έτσι έχουμε τις:

- κ_λ που είναι ο μέσος χρόνος επεξεργασίας κάθε τεμαχίου σε κάθε μηχανή επεξεργασίας.
- σ_λ είναι ο μέσος χρόνος άφιξης των ζητήσεων που καταφθάνουν στο σύστημα.
- Οι D_1, D_2 που είναι εσωτερικές ζητήσεις του συστήματος.

Καθώς επίσης και τις παραμέτρους οι οποίες αποτελούν μεταβλητές απόφασης για το σύστημα. Αυτές καλούμαστε να ανακαλύψουμε έτσι ώστε να λειτουργεί το σύστημα μας με όσο το δυνατόν χαμηλότερο κόστος. Αυτές είναι:

- Οι S_1, S_2 δηλαδή τα αρχικά αποθέματα (αποθέματα ασφαλείας) που βρίσκονται στις ουρές του πρώτου και δεύτερου σταδίου αντίστοιχα,

- Οι K_1 , K_2 δηλαδή οι αρχικές κάρτες kanban που βρίσκονται διαθέσιμες στο σύστημα στο πρώτο και δεύτερο στάδιο αντίστοιχα. Εδώ να τονιστεί ότι αρχικά οι ελεύθερες κάρτες kanban είναι $K_1 - S_1$ και $K_2 - S_2$ για το πρώτο και δεύτερο στάδιο αντίστοιχα (αφού προφανώς επικολλούνται αμέσως στα εξαρτήματα του αποθέματος ίσος αριθμός καρτών) ,
- Οι L_1 , L_2 που είναι οι χρόνοι υστέρησης του πρώτου και δεύτερου σταδίου.

Η διαδικασία με την οποία προσπαθούμε να εξάγουμε συμπεράσματα γύρω από το σύστημα μας – του Extended Kanban δύο σταδίων- και να προσεγγίσουμε την βελτιστοποίησή του είναι η μέθοδος της προσομοίωσης στην οποία γίνεται αναφορά στο επόμενο κεφάλαιο.

3.ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

3.1.1 Ορισμός της προσομοίωσης

Ο τρόπος με τον οποίο αναλύουμε το υπό εξέταση σύστημα και προσπαθούμε να λύσουμε το πρόβλημα βελτιστοποίησης του είναι η προσομοίωση.

Ο όρος προσομοίωση αναφέρεται σε μια ευρεία συλλογή μεθόδων και εφαρμογών με σκοπό την μίμηση της συμπεριφοράς πραγματικών συστημάτων. Η προσομοίωση συνήθως πραγματοποιείται σε Η/Υ με την βοήθεια κατάλληλου λογισμικού. Η υπολογιστική προσομοίωση είναι μια μέθοδος εκτίμησης και υπολογισμού των ιδιοτήτων και χαρακτηριστικών διαφόρων πραγματικών συστημάτων.

Ένας πιο απλός ορισμός για την προσομοίωση είναι ο εξής: Προσομοίωση είναι η τεχνική εκείνη κατά την οποία δημιουργείται και σχεδιάζεται ένα υπολογιστικό μοντέλο ενός πραγματικού ή υποτιθέμενου συστήματος με σκοπό την εξαγωγή αριθμητικών αποτελεσμάτων όσον αφορά την λειτουργία και την συμπεριφορά του συστήματος υπό ορισμένες συνθήκες. Η προσομοίωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο σε απλά μοντέλα αλλά η πραγματική του αξία αποδεικνύεται στην μελέτη πολυσύνθετων πραγματικών συστημάτων.

3.1.2 Χρησιμότητα της προσομοίωσης

Η μεγάλη διαθεσιμότητα ειδικευμένων γλωσσών προσομοίωσης, οι τεράστιες δυνατότητες των υπολογιστών και οι πρόοδοι στη μεθοδολογία των προσομοιώσεων έχουν καταστήσει την προσομοίωση ένα από τα πλέον ευρέως χρησιμοποιούμενα και αποδεκτά εργαλεία στην ανάλυση των συστημάτων. Έτσι μπορεί να υπολογίσει κάποιος την απόδοση ενός υπάρχοντος συστήματος με σκοπό την βελτίωση του. Όμως η προσομοίωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για συστήματα που είναι στη φάση του σχεδιασμού τους. Έτσι παρέχεται η δυνατότητα στο σχεδιαστή του συστήματος να εξετάσει τις διάφορες εναλλακτικές προτάσεις σχεδιασμού του συστήματος και να επιλέξει την πιο συμφέρουσα. Φαίνεται λοιπόν ότι η προσομοίωση μπορεί να είναι ένα πολύτιμο εργαλείο στον τομέα λήψης αποφάσεων.

Πιο αναλυτικά μπορούμε να πούμε ότι η προσομοίωση είναι το κατάλληλο εργαλείο για τους εξής σκοπούς:

- Παρέχει τη δυνατότητα μελέτης και πειραματισμού των εσωτερικών αλληλεπιδράσεων ενός πολύπλοκου συστήματος ή ενός υποσυστήματος μέσα στο πολύπλοκο σύστημα.
- Οργανωτικές και περιβαλλοντολογικές αλλαγές μπορούν να προσομοιωθούν και η επίδραση των αλλαγών αυτών στη συμπεριφορά του συστήματος μπορεί να παρατηρηθεί
- Η γνώση που αποκτάται κατά το σχεδιασμό ενός προσομοιωτικού μοντέλου έχει μεγάλη αξία και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωση του υπό μελέτη πραγματικού συστήματος.
- Η προσομοίωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον πειραματισμό νέων σχεδίων ή πολιτικών πριν την πραγμάτωσή τους προετοιμάζοντας τον εκάστοτε σχεδιαστή για το τι αναμένεται να συμβεί.
- Μέσω της αλλαγής των δεδομένων εισόδου στην προσομοίωση και την παρατήρηση των αποτελεσμάτων στην έξοδο του μοντέλου είναι δυνατόν να αποκτηθεί καλύτερη γνώση του συστήματος με τον προσδιορισμό των σπουδαιότερων μεταβλητών του και του τρόπου που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους.
- Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέσο ενδυνάμωσης λύσεων προσδιορισμένων με αναλυτικές διαδικασίες.

Βέβαια η μέθοδος της προσομοίωσης παρουσιάζει και ορισμένα μειονεκτήματα Έτσι γνωρίζουμε ότι ορισμένες φορές τα αποτελέσματά της είναι δύσκολο να ερμηνευθούν. Επειδή τα δεδομένα εξόδου της προσομοίωσης είναι βασικά τυχαίες μεταβλητές –συνήθως βασιζόμενα σε δεδομένα εισόδου που είναι κι αυτά βασικά τυχαίες μεταβλητές – είναι δύσκολο πολλές φορές να καθορισθεί αν μια παρατήρηση είναι αποτέλεσμα κάποιας σχέσης στοιχείων του συστήματος ή αποτέλεσμα τυχαιότητας. Τελευταία πάντως πολλοί προμηθευτές λογισμικού προσομοίωσης έχουν αναπτύξει στα πακέτα δυνατότητες ανάλυσης των δεδομένων εξόδου ώστε να επιτυγχάνεται ενδελεχής ανάλυση.

3.1.3 Εφαρμογές της προσομοίωσης

Η προσομοίωση βρίσκει εφαρμογές σε πολλά συστήματα όπως:

- Μια βιομηχανική μονάδα η οποία αποτελείται από εργαζόμενους, μηχανές, αποθηκευτικούς χώρους, μεταφορικά μέσα, κτλ.
- Μια τράπεζα και γενικότερα μια επιχείρηση παροχής υπηρεσιών, με διαφορετικές κατηγορίες πελατών, υπαλλήλους, αυτόματα μηχανήματα ανάληψης (ATM), χρηματοκιβώτια, κτλ.
- Ένα δίκτυο διανομής προϊόντων, αποτελούμενο από εργοστάσια, αποθηκευτικούς χώρους, μεταφορικά μέσα, κτλ (π.χ. διυλιστήρια, εμπορικές επιχειρήσεις).
- Μια εγκατάσταση επείγουσών περιστατικών σε ένα νοσοκομείο, η οποία περιλαμβάνει το προσωπικό, τους ασθενείς, τον εξοπλισμό κτλ.
- Ένα δίκτυο Η/Υ το οποίο περιλαμβάνει τους εξυπηρετητές, τους πελάτες, τα περιφερειακά και τα μηχανικά μέρη, τους χρήστες, κτλ.
- Ένας αυτοκινητόδρομος με διασταυρώσεις, κόμβους, σήμανση, οχήματα, κτλ.
- Ένα ταχυεστιατόριο αποτελούμενο από το προσωπικό, τους πελάτες, τον εξοπλισμό, τους προμηθευτές, κτλ.
- Ένα σούπερ-μαρκετ στο οποίο τα κρίσιμα σημεία είναι ο έλεγχος του αποθέματος, η εξυπηρέτηση των πελατών κτλ.
- Η ανταπόκριση μιας ειδικής μονάδας αντιμετώπισης καταστροφών σε μια επείγουσα περίπτωση (σεισμός, πυρκαγιά, κτλ).

3.2 ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ARENA 3.0 S.M

Το σύστημα που εξετάζουμε – Extended Kanban δύο σταδίων – μοντελοποιήθηκε με το λογισμικό προσομοίωσης ARENA 3.0 της Systems Modeling Corporation. Το πρόγραμμα αυτό είναι μια καθαρά «παραθυρική» εφαρμογή η οποία χρησιμοποιεί οποιαδήποτε πλατφόρμα των Microsoft Windows® (95,98,NT,2000), γεγονός που την καθιστά ιδιαίτερα εύχρηστη και δημοφιλής. Επίσης συνδυάζει τρία πολύ σημαντικά πλεονεκτήματα:

- την απλότητα και την ευκολία στην χρήση η οποία συναντάται σε υψηλού επιπέδου προσομοιωτές,
- την ευελιξία που προσφέρουν οι γλώσσες προσομοίωσης (SIMAN),
- την δυνατότητα ολοκλήρωσης (integration) με τις ισχυρότερες γλώσσες προγραμματισμού , όπως η Microsoft Visual Basic, FORTRAN,C,κτλ.

Το λογισμικό ARENA δίνει την δυνατότητα πλήρους εκμετάλλευσης των παραπάνω πλεονεκτημάτων, προσφέροντας την χρήση εναλλακτικών και ανταλλάξιμων προτύπων (templates) για την δημιουργία αρκετά πολυσύνθετων γραφικών μοντέλων προσομοίωσης. Για λειτουργικούς λόγους τα πρότυπα και οι εντολές των γλωσσών προσομοίωσης και προγραμματισμού, είναι κατανεμημένες σε ξεχωριστά φύλλα (panels) ανά κατηγορία. Εναλλάσσοντας μεταξύ των φύλλων και των προτύπων και χρησιμοποιώντας πολλές φορές συνδυασμό αυτών, ο χρήστης αποκτά μια πλειάδα εναλλακτικών λύσεων, όσο πολυσύνθετο και λεπτομερείς είναι το μοντέλο.

Τέλος στο ARENA, εμπεριέχονται ορισμένα πρόσθετα προγράμματα τα οποία χρησιμοποιούνται για λεπτομερή στατιστική ανάλυση, για την σύγκριση δυο ή περισσότερων μοντέλων (ανάλυση σεναρίων), και διάφορα άλλα. Τα πρόσθετα αυτά είναι τα εξής:

- Output Analyzer
- Input Analyzer
- Scenario analysis

3.3 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ EXTENDED KANBAN ΔΥΟ ΣΤΑΔΙΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ARENA 3.0

3.3.1 Κατασκευή του μοντέλου

Το σύστημα μας το οποίο έχει αναλυθεί στο δεύτερο κεφάλαιο της εργασίας μοντελοποιήθηκε όπως έχει αναφερθεί με το λογισμικό ARENA. Το μοντέλο αυτό φαίνεται στην εικόνα 3.1. Για την κατάστρωσή του ακολουθήθηκαν τα παρακάτω βήματα:

Οι αφίξεις των εξωτερικών ζητήσεων που εισέρχονται στο σύστημα παριστάνονται με την εντολή **ARRIVE** η οποία παρουσιάζεται στην εικόνα 3.2. Στο επάνω μέρος της εντολής **ARRIVE** δίνεται η ονομασία του σταθμού αφίξεων, εν συνεχεία επιλέγονται το μέγεθος της παρτίδας, ο ρυθμός άφιξης των ζητήσεων, το μέγιστο μέγεθος της παρτίδας, ενώ τέλος στο κάτω μέρος της εντολής δίνεται η ονομασία του επομένου σταθμού. Η εντολή **ARRIVE** παρουσιάζει και ορισμένα πολύ χρήσιμα χαρακτηριστικά όπως η επιλογή **assign** κτλ.

Τα αρχικά αποθέματα (S_1 , S_2) καθώς και οι αρχικές κάρτες εξουσιοδότησης Kanban (K_1 , K_2) του συστήματος , δημιουργούνται με την εντολή **CREATE** η οποία παρουσιάζεται στην εικόνα 3.3 και 3.4.

Στη συνέχεια οι ζητήσεις, με τη βοήθεια της εντολής **DUPLICATE** η οποία παρουσιάζεται στην εικόνα 3.5, κατευθύνονται ταυτόχρονα προς δύο ουρές :

- η πρώτη είναι η ουρά αναμονής παραγωγής εξαρτημάτων στη γραμμή παραγωγής μαζί με την πρώτη ύλη (η οποία θεωρείται απεριόριστη) και
- η δεύτερη είναι η ουρά αναμονής ανικανοποίητων ζητήσεων που περιμένουν (εφόσον δεν υπάρχουν ήδη από το απόθεμα) τελικά προϊόντα.

Οι μηχανισμοί καθυστέρησης των ζητήσεων (k_1 , k_2 , k_3 , στους οποίους έγινε αναφορά στο δεύτερο κεφάλαιο) δημιουργούνται με τη βοήθεια της εντολής **DELAY** η οποία παρουσιάζεται στις εικόνες 3.6, 3.7 και 3.8.

Οι χώροι αποθήκευσης π.χ των εξαρτημάτων, των τελειωμένων προϊόντων ,των καρτών kanban εκφράζονται με την εντολή **WAIT** που φαίνεται στην εικόνα 3.9.

Επίσης έχουμε τους σταθμούς συγχρονισμού οι οποίοι συνδυάζουν την ύπαρξη διαφορετικών οντοτήτων. Έτσι π.χ ανάλογα με την ύπαρξη εξουσιοδοτικών καρτών kanban , εξαρτημάτων πάνω στα οποία θα προσκολληθούν και την ύπαρξη ζήτησης ο σταθμός συγχρονισμού δίνει εντολή σε κάποιο εξάρτημα είτε να προχωρήσει είτε να παραμείνει στο χώρο αποθήκευσης. Πιο συγκεκριμένα δίνεται η δυνατότητα για κατεύθυνση είτε στο WAIT (χώρος αποθήκευσης όπως είπαμε) είτε στο **SIGNAL** που φαίνεται στην εικόνα 3.10 και δίνει εντολή για αποδέσμευση.

Οι μηχανές επεξεργασίας δημιουργούνται με την εντολή **SERVER** όπου δηλώνουμε τα διάφορα στοιχεία κάθε μιας από τις μηχανές του συστήματος .Η εντολή αυτή φαίνεται στην εικόνα 3.11.

Όταν μια ζήτηση ικανοποιηθεί οδηγείται έξω από το σύστημα με την εντολή **DISPOSE** η οποία φαίνεται στην εικόνα 3.12.

Η έξοδος των προϊόντων από την γραμμή παραγωγής πραγματοποιείται με την εντολή **DEPART** η οποία παρουσιάζεται στην εικόνα 3.13.

Επίσης στις εικόνες 3.14 και 3.15 και παρουσιάζονται οι εντολές **STATISTICS** και **VARIABLES** στις οποίες δίνονται τα στοιχεία των μεταβλητών που χρησιμοποιούνται σε κάθε πείραμα ,ενώ ταυτόχρονα λαμβάνονται χρήσιμα στατιστικά στοιχεία ,ιδιαίτερα για την ανάλυση των αποτελεσμάτων.

Στην εικόνα 3.16 παρουσιάζεται η εντολή **SIMULATE** με την οποία ορίζουμε το μέγεθος του χρόνου της προσομοίωσης.

Τέλος να αναφερθεί ότι όταν η προσομοίωση ολοκληρωθεί το ARENA δημιουργεί αυτόματα αρχείο(παράδειγμα τέτοιου αρχείου φαίνεται στο παράρτημα 3) στο οποίο σώζει τα αποτελέσματα με κάποια σειρά την οποία μπορούμε να ορίσουμε με την εντολή **DSTATS** η οποία παρουσιάζεται στην εικόνα 3.17.

3.3.2 Επαλήθευση του μοντέλου

Αφού κατασκευαστεί το μοντέλο όπως περιγράφηκε παραπάνω και για να είμαστε σίγουροι , πρέπει να επαληθεύσουμε αν είναι σωστό και αν συμπεριφέρεται σύμφωνα με τις προδιαγραφές που επιθυμούμε. Για την επαλήθευση του λοιπόν χρησιμοποιήθηκε ο εξής τρόπος :

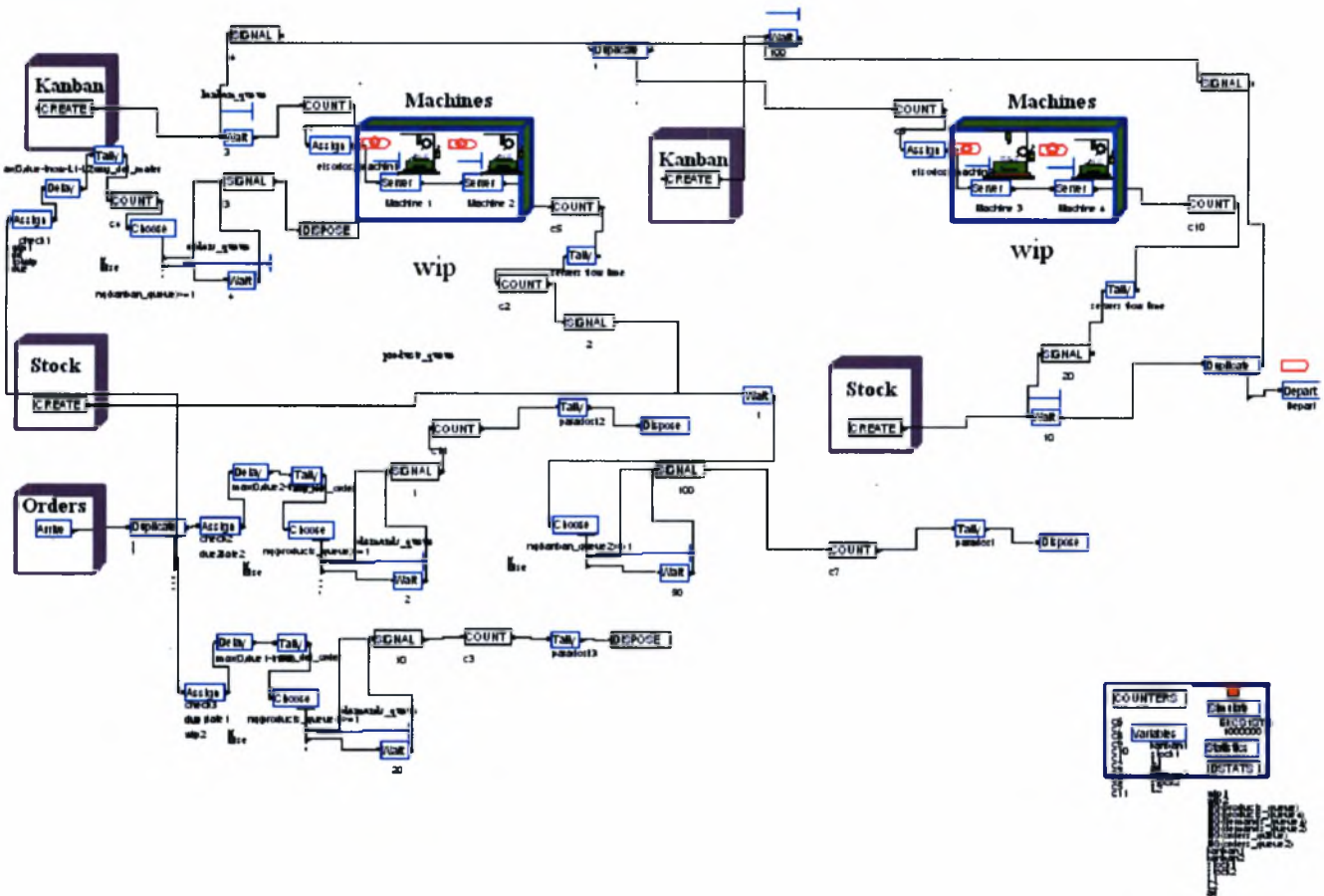
Ξέρουμε ότι για την περίπτωση όπου $K_1 = \infty$ και $K_2 = \infty$ το σύστημα extended kanban είναι ισοδύναμο με ένα σύστημα basestock. Έτσι δεδομένου ότι ένα σύστημα basestock δύο σταδίων με δύο μηχανές ανά στάδιο ήταν ήδη διαθέσιμο (βλ. βιβλιογραφία [20]) προσομοιώσαμε για τις ίδιες συνθήκες και τα δύο συστήματα και τα αποτελέσματα που πήραμε ήταν ίδια, δείχνοντας έτσι ότι τα δύο συστήματα είχαν την ίδια συμπεριφορά.

Επίσης στην περίπτωση που υπάρχουν κάποια λογικά λάθη στο μοντέλο το πρόγραμμα κάνει έλεγχο πριν ξεκινήσει την διαδικασία της προσομοίωσης και σε περίπτωση που εντοπίσει κάποια τα υποδεικνύει και προτείνει και λύσεις γύρω από αυτά. Αν δεν εντοπίσει κάποιο λάθος ξεκινά τη διαδικασία της προσομοίωσης.

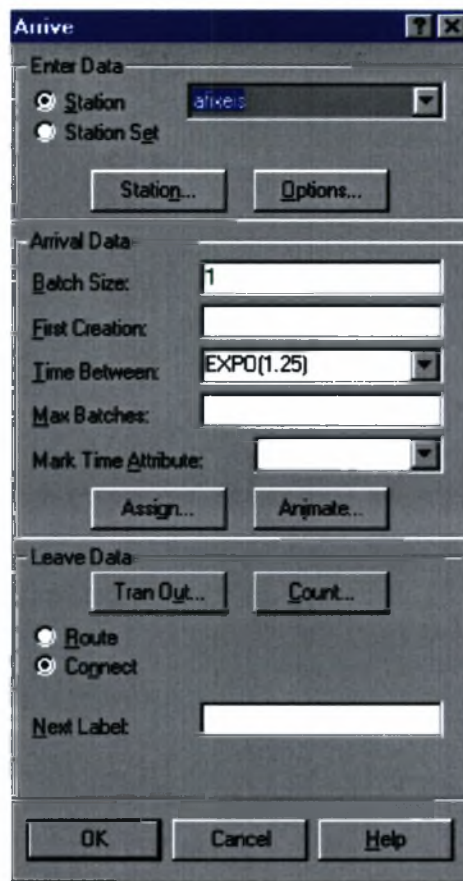
3.3.3 Χρόνος προσομοίωσης

Αναφέρθηκε ότι με την εντολή Simulate μπορούμε να ορίσουμε το χρόνο της προσομοίωσης. Το μέγεθος του χρόνου προσομοίωσης επιλέγεται έτσι ώστε να είναι τόσο μεγάλο όσο χρειάζεται το σύστημα να φτάσει σε μια σταθερή κατάσταση κατά την οποία τα αποτελέσματα που θα μας δίνει θα παραμένουν αμετάβλητα. Το ARENA έχει τρόπους να μας δείχνει αν τα αποτελέσματα που λαμβάνουμε είναι σωστά –εχουν δηλαδή φτάσει σε μια σταθερή κατάσταση.

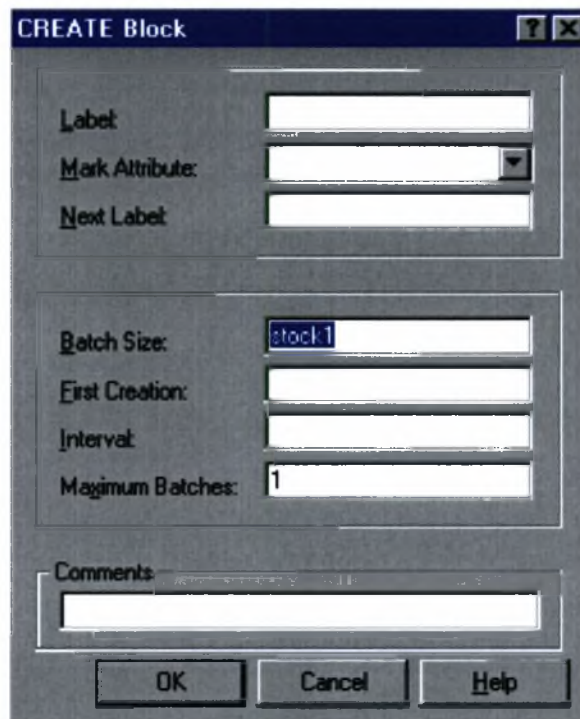
Έτσι για το σύστημα που εξετάζεται στην παρούσα εργασία αφού συνεκτιμήθηκαν όλοι οι παράγοντες γύρω από το χρόνο προσομοίωσης ορίστηκε χρόνος ίσος με 1000000 μονάδες ενώ για αρκετές από τις προσομοιώσεις που πραγματοποιήθηκαν εκτιμήθηκε ότι ο χρόνος προσομοίωσης έπρεπε να οριστεί στις 3000000 ή και 5000000 χρονικές μονάδες.



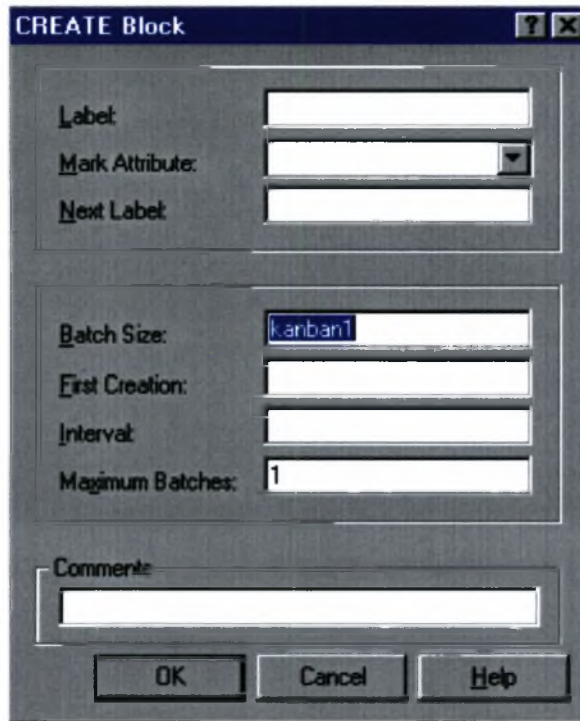
Εικόνα 3.1 Γενική άποψη του μοντέλου Extended Kanban δύο σταδίων με μηχανισμό καθυστέρησης.



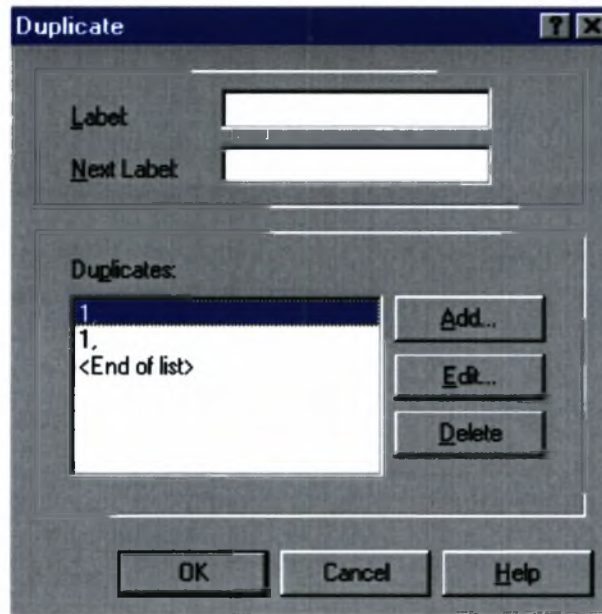
Εικόνα 3.2 Οι αφίξεις των εξωτερικών ζητήσεων



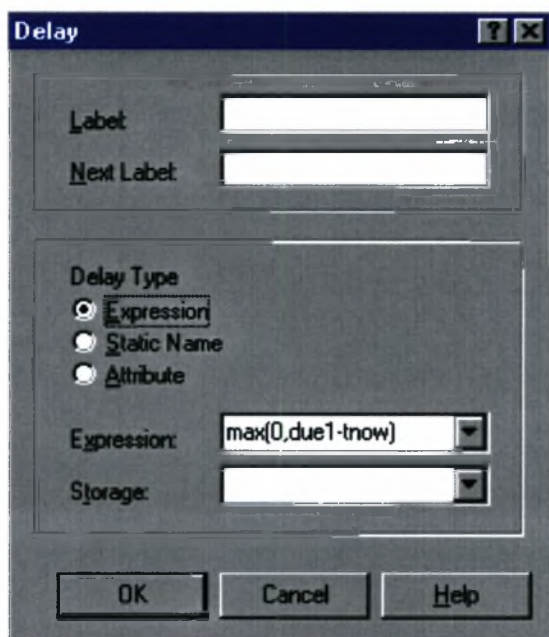
Εικόνα 3.3 Το αρχικό απόθεμα του πρώτου σταδίου



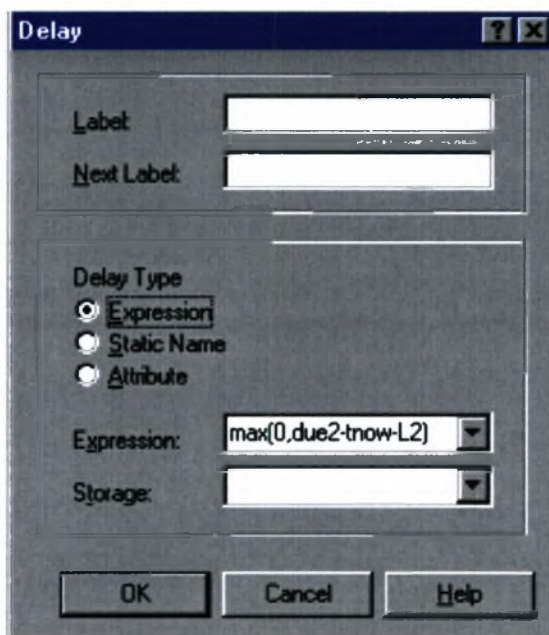
Εικόνα 3.4 Οι αρχικές κάρτες kanban του πρώτου σταδίου



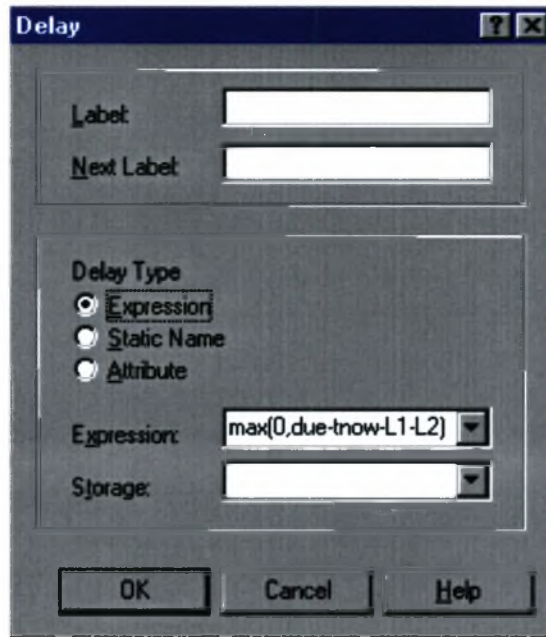
Εικόνα 3.5 Η δρομολόγηση των εσωτερικών ζητήσεων



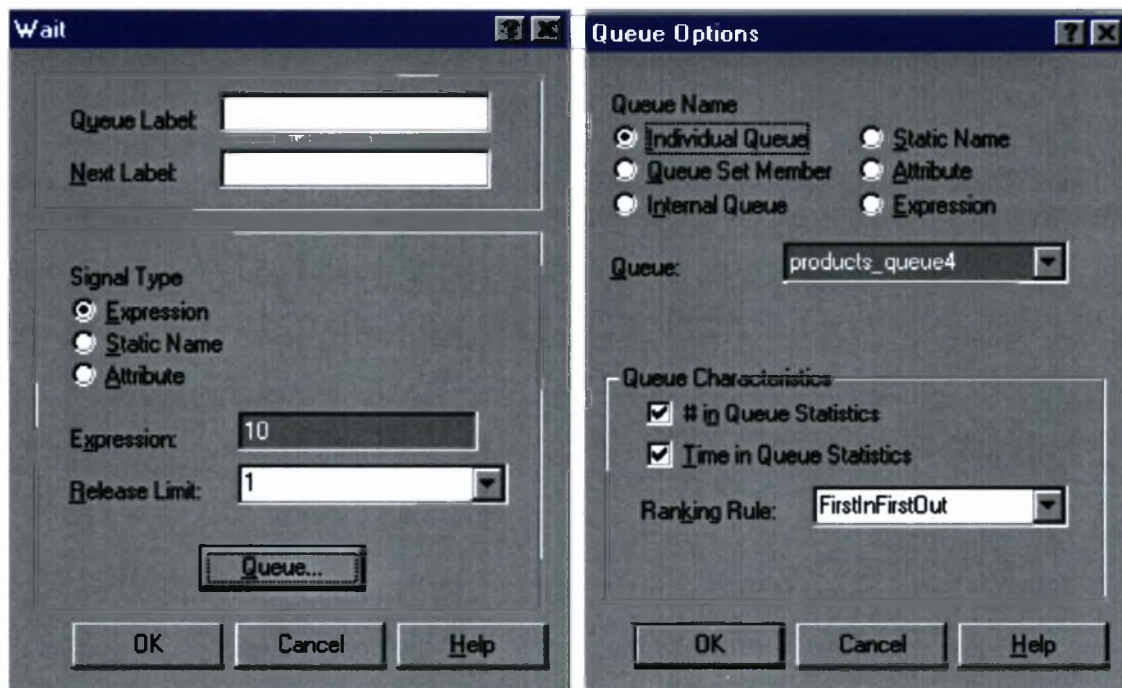
Εικόνα 3.6 Η καθυστέρηση κ₁



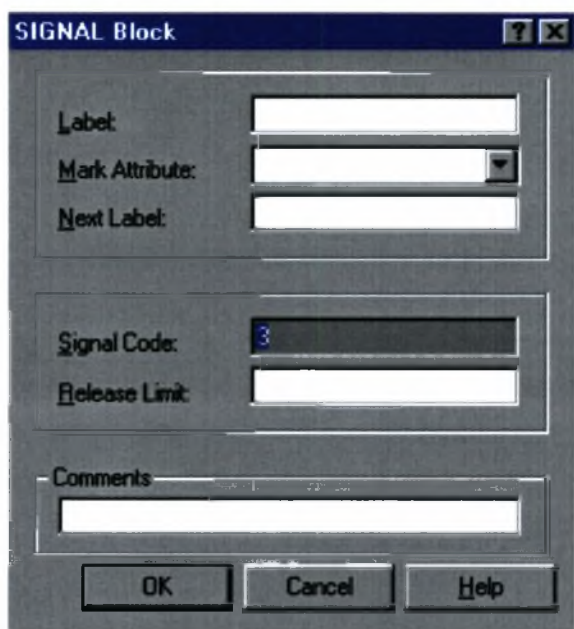
Εικόνα 3.7 Η καθυστέρηση κ₂



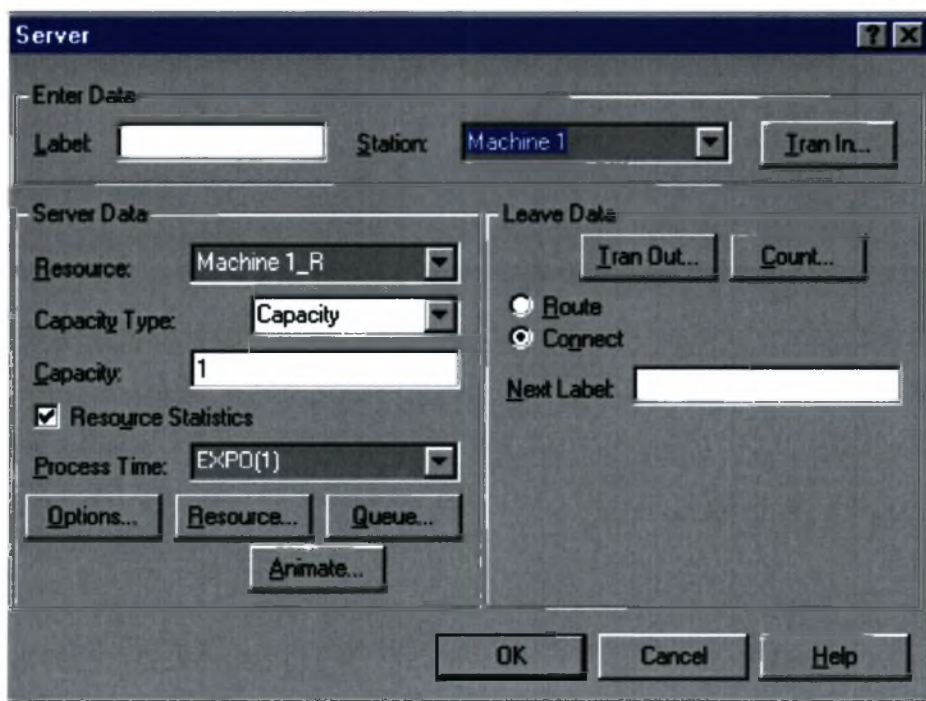
Εικόνα 3.8 Η καθυστέρηση κ₃



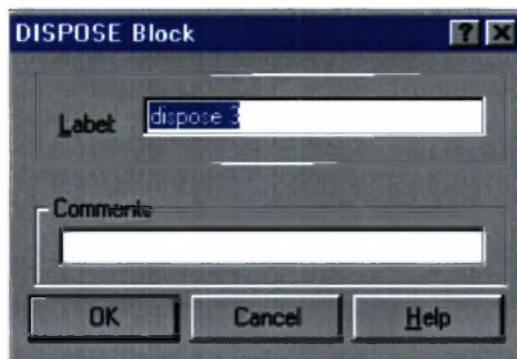
Εικόνα 3.9 Ο αποθηκευτικός χώρος των τελειωμένων προϊόντων



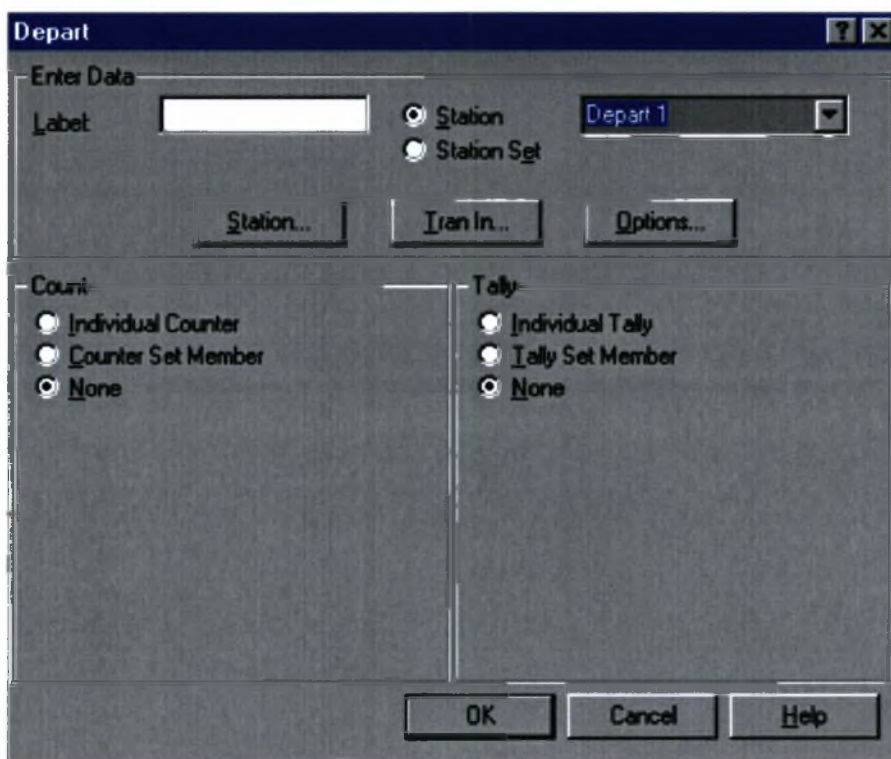
Εικόνα 3.10 Η αποδέσμευση - έγκριση για τη συνέχιση της πορείας



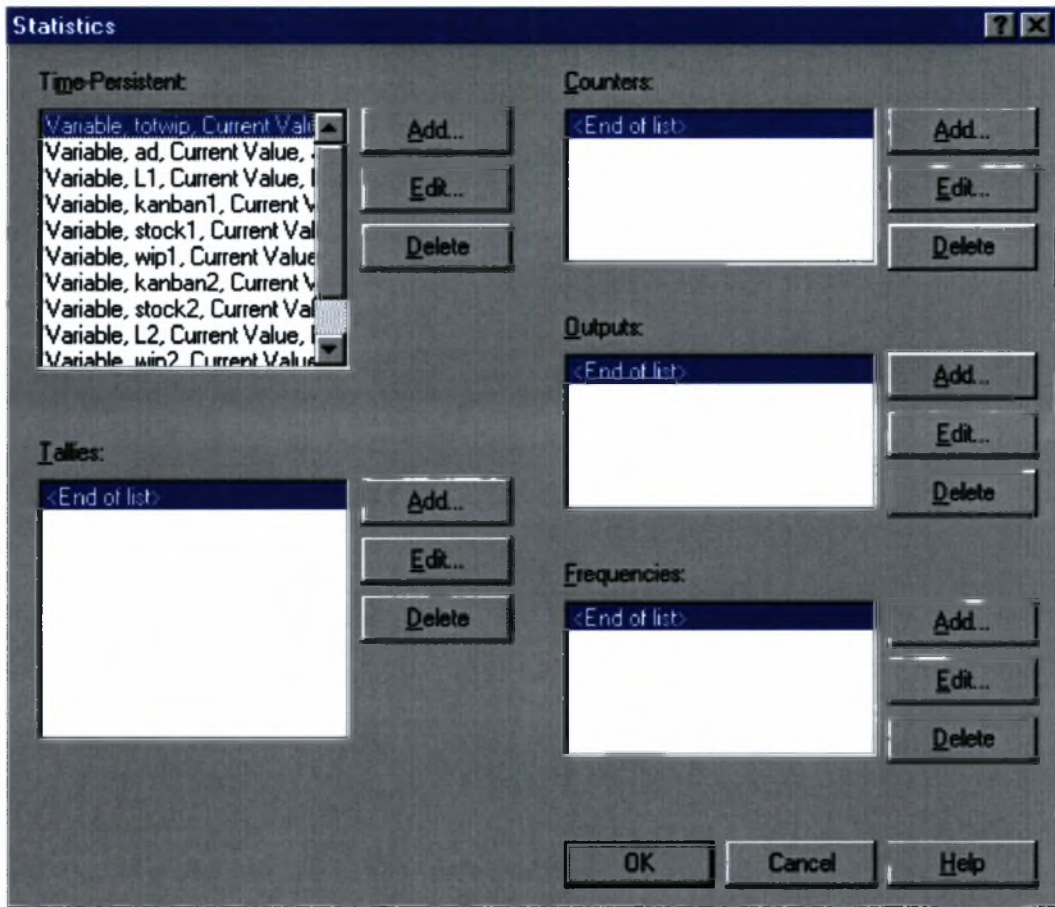
3.11. Η πρώτη μηχανή επεξεργασίας του συστήματος.



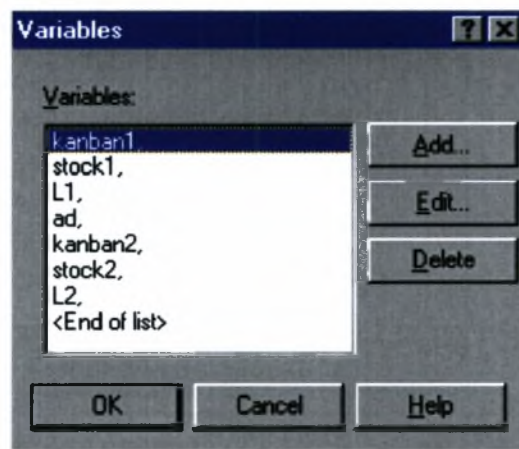
3.12 Η έξοδος από το σύστημα μιας ικανοποιημένης ζήτησης.



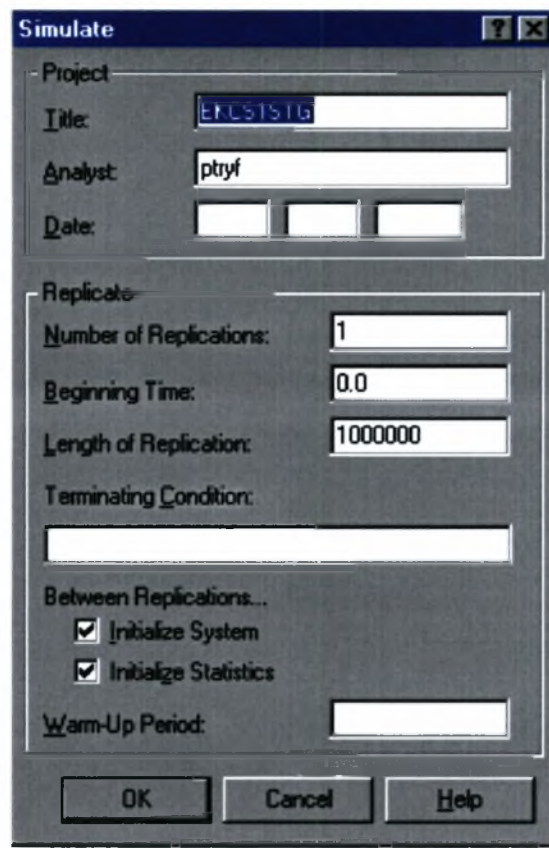
3.13 Η έξοδος των τελικών προϊόντων από τη γραμμή παραγωγής.



Εικόνα 3.14 Καθορισμός των στατιστικών στοιχείων των μεταβλητών



Εικόνα 3.15 Εισαγωγή των στοιχείων των μεταβλητών.



Εικόνα 3.16 Καθορισμός του χρόνου προσομοίωσης.



Εικόνα 3.17 Καθορισμός σειράς εμφάνισης αποτελεσμάτων

4. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

4. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Η διαδικασία βελτιστοποίησης του συστήματος που εξετάζεται στην παρούσα εργασία –του extended kanban δύο σταδίων – αφορά τον προσδιορισμό των παραμέτρων ελέγχου για τις οποίες αυτό ελαχιστοποιεί το κόστος λειτουργίας του.

Πιο συγκεκριμένα το πρόβλημα που πρέπει να λυθεί είναι η εύρεση του κατάλληλου αριθμού αποθεμάτων και καρτών kanban δηλαδή η βέλτιστη σχέση των παραμέτρων S_1 , S_2 , K_1 , K_2 για τα οποία ελαχιστοποιείται το κόστος λειτουργίας του συστήματος. Επίσης βρίσκουμε και τους βέλτιστους χρόνους υστέρησης L^*_1 , L^*_2 στην περίπτωση που υπάρχει προειδοποίηση της ζήτησης. Έτσι προσομοιώσαμε το σύστημα για διάφορες τιμές των παραμέτρων και ταυτόχρονα εξετάστηκε η μεταβολή του κόστους λειτουργίας του για κάθε περίπτωση.

Πραγματοποιήθηκαν προσομοιώσεις για διάφορα δεδομένα κάθε φορά οι οποίες χωρίστηκαν σε οκτώ περιπτώσεις που έχουν να κάνουν με την ύπαρξη ή όχι χρόνου προειδοποίησης της ζήτησης τ , με το μέσο χρόνο άφιξης των ζητήσεων που καταφθάνουν στο σύστημα s_l , με το μέσο χρόνο επεξεργασίας του κάθε τεμαχίου σε κάθε μηχανή επεξεργασίας k_l και με το κόστος διατήρησης της μονάδας αποθέματος του πρώτου και δεύτερου σταδίου h_1 και h_2 αντίστοιχα.

Πιο αναλυτικά οι οκτώ περιπτώσεις που εξετάστηκαν μαζί με τα δεδομένα τους φαίνονται στον παρακάτω πίνακα 4.1. **Να τονιστεί ότι στις πρώτες 6 περιπτώσεις δεν έχουμε έγκαιρη προειδοποίηση της ζήτησης ($\tau=0$) ενώ στις περιπτώσεις 7 και 8 έχουμε έγκαιρη προειδοποίηση της ζήτησης ($\tau > 0$).**

	τ	σ_λ	$\kappa_{\lambda 1}$	$\kappa_{\lambda 2}$	$\kappa_{\lambda 3}$	$\kappa_{\lambda 4}$	h_1	h_2	b
ΠΕΡ/ΣΗ 1	0	Exp(1.25)	Exp(1)	Exp(1)	Exp(1)	Exp(1)	2.5	5	1
ΠΕΡ/ΣΗ 2	0	Exp(1.25)	Exp(1)	Exp(1)	Exp(1)	Exp(1)	5	5	1
ΠΕΡ/ΣΗ 3	0	Exp(1.25)	Exp(1)	Exp(0.66)	Exp(1)	Exp(0.66)	2.5	5	1
ΠΕΡ/ΣΗ 4	0	Exp(1.25)	Exp(1)	Exp(0.66)	Exp(1)	Exp(0.66)	5	5	1
ΠΕΡ/ΣΗ 5	0	Exp(1.25)	Erla(0.5,2)	Erla(0.5,2)	Erla(0.5,2)	Erla(0.5,2)	2.5	5	1
ΠΕΡ/ΣΗ 6	0	Exp(1.25)	Erla(0.5,2)	Erla(0.5,2)	Erla(0.5,2)	Erla(0.5,2)	5	5	1
ΠΕΡ/ΣΗ 7	>0	Exp(1.25)	Exp(1)	Exp(1)	Exp(1)	Exp(1)	2.5	5	1
ΠΕΡ/ΣΗ 8	>0	Exp(1.25)	Exp(1)	Exp(1)	Exp(1)	Exp(1)	5	5	1

Πίνακας 4.1 Οι οκτώ περιπτώσεις για τις οποίες διεξήχθησαν προσομοιώσεις.

Έτσι εμείς σαν διαχειριστές του συστήματος για να πετύχουμε το στόχο της ελαχιστοποίησης του κόστους του συστήματος - το οποίο υπενθυμίζεται ότι είναι $TC = h_1 \cdot (Wip_1 + P_1) + h_2 \cdot (Wip_2 + P_2) + b \cdot D_3$ - θα πρέπει να επεμβούμε στις μεταβλητές που έχουμε τη δυνατότητα να μεταβάλλουμε και αυτές είναι τα αποθέματα S_1 και S_2 , οι κάρτες kanban K_1 και K_2 και οι χρόνοι υστέρησης L_1, L_2 για την περίπτωση που έχουμε εγκαίρως προειδοποίηση της ζήτησης.

Εδώ θα αναφερθεί ότι το σύστημα έχει κάποιο περιορισμό στις κάρτες kanban, υπάρχει δηλαδή μια ελάχιστη τιμή των K_1, K_2 για τις οποίες έχει νόημα η λειτουργία του συστήματος. Σε διαφορετική περίπτωση που υπάρχουν πολύ μικρές τιμές των kanban η παροχή του συστήματος έχει προβλήματα γιατί δημιουργείται συμφόρηση στο σύστημα. Έτσι για κάποιες τιμές των καρτών kanban παρατηρήθηκαν κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης προβλήματα όπως το γεγονός ότι το ARENA αδυνατούσε να ανταποκριθεί και η διάρκεια της προσομοίωσης έφτασε σε πάρα πολύ μεγάλες τιμές ενώ το αποτέλεσμα για το κόστος του συστήματος ήταν εκπληκτικά μεγάλο.

4.1 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 1

Σε αυτή τη περίπτωση εξετάσαμε το σύστημα θεωρώντας ότι δεν έχουμε έγκαιρη προειδοποίηση της ζήτησης και αφού του προσδώσαμε τα δεδομένα που φαίνονται και στον πίνακα 4.1 δηλ. τα εξής :

- $\sigma_\lambda = \text{Exp}(1.25)$
- $\kappa_\lambda = \text{Exp}(1.0)$
- $b = 1$
- $h_1 = 2.5$
- $h_2 = 5$

Επειδή ο χρόνος προειδοποίησης της ζήτησης είναι μηδέν θέτουμε στα L_1, L_2 μια οποιαδήποτε τιμή ώστε να μην έχουμε καθυστέρηση σε κανένα στάδιο του συστήματος .

Ακολουθήθηκε η εξής διαδικασία για να βρούμε τις βέλτιστες τιμές των S_1, S_2, K_1, K_2 : Ξεκινήσαμε από τιμές για K_1 και K_2 πάρα πολύ μεγάλες (θεωρητικά άπειρες) για τις οποίες ξέρουμε ότι το σύστημα μας είναι ισοδύναμο με ένα σύστημα Basestock και κάναμε προσομοιώσεις για διάφορα S_1, S_2 . Σε αυτή τη συγκεκριμένη περίπτωση χρησιμοποιήσαμε και τιμές οι οποίες μας ήταν διαθέσιμες από παλαιότερη εργασία πάνω σε σύστημα basestock (βλ. [20].) οι οποίες παρουσιάζονται στο παράρτημα Π1.1 και που μερικά χαρακτηριστικά αποτελέσματα του οποίου φαίνονται στον πίνακα 4.2 που επισυνάπτεται παρακάτω.

S1	S2	h1	h2	b	Wip1	Wip2	P1	P2	D3	TC
5	5	2,5	5	1	8,1344	7,8971	0,92206	0,52711	7,5186	72,2808
4	7				7,996	7,7653	0,58963	0,95587	6,3482	71,41813
3	3				7,991	7,7435	0,32476	0,11819	10,218	70,31585
3	4				7,991	7,7435	0,32476	0,22295	9,323	69,94465
3	5				7,991	7,7435	0,32476	0,36907	8,4691	69,82135
3	6				7,991	7,7435	0,32476	0,56169	7,4117	69,33152
3	7				7,991	7,7435	0,32476	0,80423	6,9042	70,43225
2	5				7,9061	7,8274	0,14699	0,28876	9,2142	69,92773
1	6				7,9434	7,8283	0,04042	0,32363	9,1709	69,8901
1	7				7,9434	7,8283	0,04042	0,48735	8,3346	69,8724
1	8				7,9434	7,8283	0,04042	0,69577	7,5431	70,123

Πίνακας 4.2 Τιμές των διαφόρων μεταβλητών και του κόστους για άπειρα kanban (δηλαδή για σύστημα ισοδύναμο με basestock) για την περίπτωση 1.

Από αυτές λοιπόν τις προσομοιώσεις προκύπτει ότι το βέλτιστο κόστος δημιουργείται για $S_1^* = 3$ και $S_2^* = 6$ (για το σύστημα basestock λοιπόν η απάντηση για το πόσο απόθεμα ασφαλείας πρέπει να κρατάμε είναι 3 κομμάτια στο πρώτο στάδιο και 6 κομμάτια στο δεύτερο στάδιο).

Όμως εμείς εξετάζουμε ένα extended kanban σύστημα οπότε αρχίζουμε και κάνουμε προσομοιώσεις εισάγοντας αυτή τη φορά και κάρτες kanban, ξεκινώντας από τιμές μεγάλες και μειώνοντας σιγά σιγά τις τιμές τους. Έτσι για διάφορους συνδυασμούς των αποθεμάτων S_1, S_2, K_1, K_2 , δημιουργείται ένας πίνακας ο οποίος παρουσιάζεται στο παράρτημα Π1 στον πίνακα Π1.2 και του οποίου τα πιο χρήσιμα αποτελέσματα μαζί με κάποια άλλα ενδεικτικά φαίνονται στον πίνακα 4.3 που επισυνάπτεται παρακάτω:

K1'	K2'	S1	S2	K1	K2	h1	h2	b	Wip1	Wip2	P1	P2	D3	TC
10	5	0	9	10	14	2,5	5	1	6,4481	7,2032	0	0,6168	8,8308	64,05105
10	9	0	9	10	18				6,4047	7,4045	0	0,6702	8,1777	64,56295
9	2	0	9	9	11				6,0757	6,5638	0	0,59444	10,219	61,19945
9	4	0	9	9	13				6,1116	6,9579	0	0,61211	9,5015	62,63055
9	8	0	9	9	17				6,1887	7,3775	0	0,63716	8,8818	64,42685
9	10	0	9	9	19				6,1431	7,3857	0	0,65587	8,4091	63,9747
8	1	0	9	8	10				5,7939	6,2855	0	0,50288	12,519	60,94565
8	2	0	9	8	11				5,7752	6,5126	0	0,5514	11,286	61,044
9	2	0	8	9	10				6,0753	6,3909	0	0,38082	11,949	60,99585
8	12	0	8	8	20				5,8641	7,4394	0	0,43715	10,058	64,101
9	1	1	9	10	10				6,3399	6,4357	0,03044	0,77454	9,5394	61,51645
9	2	1	9	10	11				6,3798	6,6118	0,0321	0,81917	8,9924	62,177
9	3	1	8	10	11				6,3798	6,6118	0,0321	0,59681	9,77	61,8428
9	1	2	8	11	9				6,5454	6,1642	0,10982	0,74127	9,7895	60,9549
8	1	2	7	10	8				6,2923	5,8284	0,09197	0,45875	12,287	59,68343
8	2	2	7	10	9				6,2896	6,1648	0,10385	0,51379	11,425	60,80158
7	13	2	7	9	20				6,1969	7,5575	0,12643	0,58906	8,5828	65,12393
7	17	2	7	9	24				6,1736	7,7103	0,13173	0,59779	8,3791	65,68288
9	1	2	6	11	7				6,3688	5,454	0,09243	0,30683	14,415	59,37223
9	2	2	6	11	8				6,4725	5,8615	0,10049	0,33266	12,725	60,12828
8	2	2	6	10	8				6,2923	5,8284	0,09197	0,31352	13,142	59,81228
8	1	2	6	10	7				6,2399	5,4773	0,0774	0,25886	17,462	61,93605
8	2	2	6	10	8				6,2923	5,8284	0,09197	0,31352	13,142	59,81228
9	1	3	7	12	8				6,6465	5,8879	0,24736	0,64762	9,7721	59,68435
9	2	3	7	12	9				6,7568	6,222	0,25693	0,67687	9,6172	61,64588
9	3	3	7	12	10				6,7216	6,4474	0,27734	0,73671	8,4116	61,8295
8	1	3	7	11	8				6,44	5,8476	0,23656	0,64263	10,193	59,33555
8	2	3	7	11	9				6,4611	6,1654	0,25792	0,69755	9,208	60,3203
8	3	3	7	11	10				6,5894	6,443	0,2638	0,70951	8,9976	61,89315
7	1	3	7	10	8				6,2359	5,854	0,21729	0,60126	11,584	59,99328
7	2	3	7	10	9				6,3028	6,1607	0,23462	0,64699	10,608	60,99
7	3	3	7	10	10				6,3235	6,4008	0,25654	0,69631	9,3078	61,24345
27	24	3	6	30	30				7,9104	7,9526	0,32275	0,57115	7,659	70,8606
17	14	3	6	20	20				7,6756	7,6773	0,32309	0,572	7,5573	68,8005
12	9	3	6	15	15				7,35	7,3427	0,30852	0,54377	7,9114	66,49
8	7	3	6	11	13				6,6489	7,023	0,28816	0,53426	8,6668	63,79575
8	6	3	6	11	12				6,6322	6,8561	0,28388	0,52926	8,9766	63,1936
8	5	3	6	11	11				6,5962	6,7133	0,27418	0,50457	9,0548	62,3201
8	4	3	6	11	10				6,5894	6,443	0,2638	0,49595	9,7841	61,61185
8	3	3	6	11	9				6,4611	6,1654	0,25792	0,48803	9,9985	60,0632
8	2	3	6	11	8				6,44	5,8476	0,23656	0,4483	10,999	59,1699
8	1	3	6	11	7				6,4035	5,4786	0,2066	0,38832	13,63	59,48985
9	1	3	6	12	7				6,6269	5,5286	0,21528	0,39312	14,03	60,74405
9	2	3	6	12	8				6,6465	5,8879	0,24736	0,45114	10,575	59,50485

4. Διαδικασία Βελτιστοποίησης του Συστήματος

9	3	3	6	12	9				6,7568	6,222	0,25693	0,4713	10,411	61,41183
9	4	3	6	12	10				6,7216	6,4474	0,27734	0,51419	9,1891	61,4944
7	1	3	6	10	7				6,2107	5,5056	0,17669	0,33852	16,4	61,58908
7	2	3	6	10	8				6,2359	5,854	0,21729	0,41997	12,403	59,90583
7	3	3	6	10	9				6,3028	6,1607	0,23462	0,45175	11,413	60,8188
7	13	3	6	10	19				6,4409	7,5051	0,30135	0,55173	8,2275	65,36728
7	17	3	6	10	23				6,4476	7,6731	0,30641	0,5521	8,1788	66,18983
9	2	3	5	12	7				6,6269	5,5286	0,21528	0,25816	14,895	60,93425
8	2	3	5	11	7				6,4035	5,4786	0,2066	0,25548	14,497	59,69265
8	1	3	5	11	6				6,3708	5,0898	0,14646	0,1769	21,999	64,62565
8	2	3	5	11	7				6,4035	5,4786	0,2066	0,25548	14,497	59,69265
16	12	4	8	20	20				7,654	7,6903	0,59105	1,3232	5,5163	71,1964
11	7	4	8	15	15				7,2957	7,3971	0,56707	1,2903	5,8742	68,9681
6	2	4	8	10	10				6,3374	6,4786	0,44809	1,1091	8,7029	63,60513
7	1	4	8	11	9				6,5335	6,2211	0,45399	1,2903	8,1928	62,2285
5	1	4	8	9	9				6,061	6,1805	0,38288	0,96692	10,639	62,4858
16	13	4	7	20	20				7,654	7,6903	0,59105	0,98406	6,177	70,1614
11	8	4	7	15	15				7,2957	7,3971	0,56707	0,95954	6,5434	67,9835
8	2	4	7	12	9				6,6647	6,2245	0,48373	0,84879	8,3723	61,60983
7	1	4	7	11	8				6,5041	5,8854	0,42065	0,74837	9,8064	60,28713
5	2	4	7	9	9				6,061	6,1805	0,38288	0,71635	11,388	61,9819
9	1	4	6	13	7				6,7339	5,5591	0,42545	0,50216	11,643	59,84768
9	2	4	6	13	8				6,8073	5,9203	0,47263	0,57019	9,8933	60,54558
8	1	4	6	12	7				6,6111	5,53	0,40148	0,49171	12,037	59,677
8	2	4	6	12	8				6,6527	5,9041	0,44965	0,55947	10,678	60,75173
7	2	4	6	11	8				6,5041	5,8854	0,42065	0,52932	10,587	59,97248
9	1	4	5	13	6				6,6177	5,1029	0,36536	0,27821	15,74	60,1032
9	2	4	5	13	7				6,7339	5,5591	0,42545	0,33375	12,475	59,83763
9	4	4	5	13	9				6,9256	6,2271	0,49253	0,40088	9,659	61,34423
9	8	4	5	13	13				6,8761	7,0148	0,57082	0,46713	8,0083	64,03525
8	1	4	5	12	6				6,5818	5,1118	0,3027	0,24271	18,631	62,6148
8	2	4	5	12	7				6,6111	5,53	0,40148	0,32737	12,873	59,6913
8	8	4	5	12	13				6,7877	7,0378	0,54822	0,44738	8,3828	64,1485
8	12	4	5	12	17				6,8788	7,4925	0,55567	0,45772	8,2656	66,60288
8	15	4	5	12	20				6,9052	7,639	0,5659	0,45469	8,0375	67,1837
8	20	4	5	12	25				6,8886	7,8543	0,56964	0,45658	7,9877	68,1877
7	8	4	5	11	13				6,6054	7,0051	0,53176	0,44061	8,3603	63,43175
8	2	4	4	12	6				6,5818	5,1118	0,3027	0,14775	19,536	63,045
9	2	5	5	14	7				6,9837	5,6145	0,68616	0,39286	11,76	60,97145
8	2	5	5	13	7				6,8062	5,5835	0,66972	0,39413	12,021	60,59895
8	1	5	5	13	6				6,6659	5,1489	0,54634	0,31268	16,575	61,9135
8	2	5	5	13	7				6,8062	5,5835	0,66972	0,39413	12,021	60,59895
9	2	5	4	14	6				6,752	5,1458	0,61628	0,20793	14,758	59,94735
9	4	5	4	14	8				6,9478	5,9906	0,77276	0,27667	10,408	61,04575
9	8	5	4	14	12				7,0783	6,9793	0,88733	0,32377	8,7088	65,13823
8	15	5	4	13	19				7,029	7,6767	0,91068	0,33065	8,0138	67,89975
8	20	5	4	13	24				7,0974	7,9273	0,90458	0,32331	8,2127	69,4707

8	2	6	6	14	8			6,9977	6,0499	1,1045	0,73034	8,2449	62,4016
8	2	7	7	15	9			7,0825	6,3745	1,6735	1,2418	5,7892	65,7607
8	2	7	5	15	7			6,937	5,6775	1,4945	0,52838	9,7677	61,87585
8	2	7	4	15	6			6,927	5,2367	1,2077	0,2512	14,177	61,95325
5	4	8	3	13	7			6,7336	5,7094	1,6905	0,17607	11,942	62,4296

Πίνακας 4.3 Τιμές των διαφόρων μεταβλητών και του κόστους που προκύπτει για τις συνθήκες της περίπτωσης 1.

Διαπιστώνουμε ότι το βέλτιστο κόστος προκύπτει για τιμές των αποθεμάτων $S^*_1 = 3$ και $S^*_2 = 6$ και για τιμές των καρτών kanban $K^*_1 = 11$, $K^*_2 = 8$.

Μια πρώτη παρατήρηση είναι ότι βρίσκουμε τα ίδια βέλτιστα αποθέματα των δύο σταδίων όπως και στην περίπτωση που είχαμε άπειρο αριθμό καρτών kanban δηλαδή όπως και στην περίπτωση που είχαμε σύστημα basestock. Επίσης παρατηρούμε ότι οι αμέσως «καλύτερες» τιμές του κόστους προκύπτουν για τιμές «κοντά» στις προηγούμενες (των $S^*_1 = 3$ και $S^*_2 = 6$ και $K^*_1 = 11$, $K^*_2 = 8$).

Γενικά φαίνεται ότι πρέπει να κρατάμε απόθεμα και στο πρώτο και στο δεύτερο στάδιο και μάλιστα το μέγεθος που βρίσκουμε για το απόθεμα του πρώτου σταδίου ($S^*_1 = 3$) είναι το μισό από το μέγεθος του αποθέματος για το δεύτερο στάδιο ($S^*_2 = 6$). Αυτό προφανώς έχει σχέση με το γεγονός ότι έχουμε θέσει για το κόστος αποθέματος h_1 του πρώτου σταδίου μικρότερη τιμή –και μάλιστα για την ακρίβεια την μισή τιμή– από αυτή του δεύτερου σταδίου h_2 ($h_1 = 2.5$, $h_2 = 5$).

Επίσης φαίνεται ότι ενώ το βέλτιστο κόστος του συστήματος για την περίπτωση του basestock είναι $TC = 69,33$ στην περίπτωση του συστήματος μας –του extended kanban όπου πλέον έχουμε εισάγει στο σύστημα κάρτες εξουσιοδότησης kanban και για τα δύο στάδια – το βέλτιστο κόστος του συστήματος γίνεται $TC = 59,16$.

4.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 2

Αυτή η περίπτωση έχει τα ίδια χαρακτηριστικά με την περίπτωση 1 που εξετάστηκε πιο πάνω με τη διαφορά ότι για το κόστος διατήρησης της μονάδας αποθέματος του πρώτου σταδίου h_1 επιλέχθηκε αυτή τη φορά τιμή ίδια με αυτή του

δεύτερου σταδίου h_2 (δηλαδή $h_1 = h_2 = 5$). Έτσι εξετάσαμε το σύστημα θεωρώντας ότι και πάλι δεν έχουμε έγκαιρη προειδοποίηση της ζήτησης και αφού του προσδώσαμε τα δεδομένα που φαίνονται και στον πίνακα 4.1 δηλ. τα εξής :

- $\sigma_\lambda = \text{Exp.}(1.25)$
- $\kappa_\lambda = \text{Exp.}(1.0)$
- $b = 1$
- $h_1 = 5$
- $h_2 = 5$

Επειδή ο χρόνος προειδοποίησης της ζήτησης είναι μηδέν θέτουμε στα L_1, L_2 μια οποιαδήποτε τιμή ώστε να μην έχουμε καθυστέρηση σε κανένα στάδιο του συστήματος.

Ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία για να βρούμε τις βέλτιστες τιμές των S_1, S_2, K_1, K_2 : Ξεκινήσαμε από τιμές για K_1 και K_2 πάρα πολύ μεγάλες (θεωρητικά άπειρες) για τις οποίες ξέρουμε ότι το σύστημα μας είναι ισοδύναμο με ένα σύστημα Basestock και κάναμε προσομοιώσεις για διάφορα S_1, S_2 . Σε αυτή τη συγκεκριμένη περίπτωση χρησιμοποιήσαμε και τιμές οι οποίες μας ήταν διαθέσιμες από παλαιότερη εργασία πάνω σε σύστημα basestock (βλ. [20].) οι οποίες παρουσιάζονται στο παράρτημα Π1 στον πίνακα Π1.3 και που μερικά χαρακτηριστικά αποτελέσματα του οποίου φαίνονται στον πίνακα 4.4 που επισυνάπτεται παρακάτω.

S1	S2	h1	h2	b	Wip1	Wip2	P1	P2	D3	TC
6	7	5	5	1	8,1327	1,3346	7,8116	1,1855	5,4973	97,8193
7	6				7,9687	1,8547	7,5296	0,9729	5,3626	96,99245
5	5				8,1344	0,922	7,8971	0,5271	7,5186	94,92195
4	5				7,996	0,5896	7,7653	0,4532	7,8455	91,86615
3	3				7,991	0,3247	7,7435	0,1181	10,218	91,10525
3	2				7,991	0,3247	7,7435	0,0503	11,15	91,698
2	3				7,9061	0,1469	7,8274	0,088	11,013	90,8555
1	2				7,9434	0,0404	7,8283	0,0217	12,869	92,0383
0	1				7,8069	0	7,8621	0,0017	14,669	93,0225
0	6				7,9052	7,8808	0	0,20127	9,9882	89,9245
0	9				7,8069	0	7,8621	0,6988	7,3668	89,20585
0	8				7,8069	0	7,8621	0,49	8,158	88,97721

Πίνακας 4.4 Τιμές των διαφόρων μεταβλητών και του κόστους για άπειρα kanban (δηλαδή για σύστημα ισοδύναμο με basestock) για την περίπτωση 2.

Από αυτές λοιπόν τις προσομοιώσεις προκύπτει ότι το βέλτιστο κόστος δημιουργείται για $S_1^* = 0$ και $S_2^* = 8$ (για το σύστημα basestock λοιπόν η απάντηση για το πόσο απόθεμα ασφαλείας πρέπει να κρατάμε είναι 0 κομμάτια στο πρώτο στάδιο και 8 κομμάτια στο δεύτερο στάδιο).

Όμως εμείς εξετάζουμε ένα extended kanban σύστημα οπότε αρχίζουμε και κάνουμε προσομοιώσεις εισάγοντας αυτή τη φορά και κάρτες kanban , ξεκινώντας από τιμές μεγάλες και μειώνοντας σιγά σιγά τις τιμές τους . Έτσι για διάφορους συνδυασμούς των αποθεμάτων S_1, S_2, K_1, K_2 , δημιουργείται ένας πίνακας ο οποίος παρουσιάζεται στο παράρτημα Π1 στον πίνακα Π1.4 και του οποίου τα πιο χρήσιμα αποτελέσματα μαζί με κάποια άλλα ενδεικτικά φαίνονται στον πίνακα 4.5 που επισυνάπτεται παρακάτω:

K1'	K2'	S1	S2	K1	K2	h1	h2	b	Wip1	Wip2	P1	P2	D3	TC
9	1	0	10	9	11	5	5	1	6,0757	6,5638	0	0,81102	9,4358	76,6884
9	2	0	10	9	12				6,0888	6,7692	0	0,82424	8,9299	77,3411
8	1	0	10	8	11				5,797	6,5128	0	0,74323	10,276	75,5411
8	2	0	10	8	12				5,8387	6,7063	0	0,75837	10,043	76,5598
8	1	0	9	8	10				5,7939	6,2855	0	0,50288	12,519	75,4304
8	2	0	9	8	11				5,7752	6,5126	0	0,5514	11,286	75,482
8	6	0	9	8	15				5,8723	7,1375	0	0,5887	10,096	78,0885
7	7	0	9	7	16				5,508	7,1173	0	0,55288	11,107	76,9979
7	11	0	9	7	20				5,4672	7,3304	0	0,59413	10,116	77,0746
6	10	0	9	6	19				5,0465	7,1578	0	0,49785	12,357	75,8677
6	11	0	9	6	20				5,0575	7,2394	0	0,50207	12,353	76,3478
9	1	0	8	9	9				6,0289	6,067	0	0,36972	12,603	74,9311
9	1	1	9	10	10				6,3399	6,4357	0,03044	0,77454	9,5394	77,4423
9	2	1	9	10	11				6,3798	6,6118	0,0321	0,81917	8,9924	78,2067
9	1	1	8	10	9				6,3081	6,1309	0,02881	0,534	11,121	76,1300
9	2	1	8	10	10				6,3399	6,4357	0,03044	0,56436	10,329	77,181
9	3	1	8	10	11				6,3798	6,6118	0,0321	0,59681	9,77	77,8725
9	4	1	8	10	12				6,4014	6,788	0,03321	0,61009	9,0976	78,2611
9	2	1	8	10	10				6,3399	6,4357	0,03044	0,56436	10,329	77,181
8	1	1	8	9	9				6,0393	6,0937	0,02647	0,50537	12,045	75,3692
8	2	1	8	9	10				6,0961	6,399	0,02821	0,53489	11,451	76,742
8	3	1	8	9	11				6,1128	6,5656	0,03011	0,57166	10,226	76,6268
8	4	1	8	9	12				6,0984	6,7449	0,03234	0,6012	9,6459	77,0301
8	5	1	8	9	13				6,1822	6,939	0,03256	0,58902	9,6388	78,3527
6	1	1	8	7	9				5,3527	5,9581	0,02001	0,40377	17,57	76,2429
6	2	1	8	7	10				5,3883	6,2219	0,02233	0,45105	15,515	75,9329
6	3	1	8	7	11				5,4464	6,5052	0,02288	0,45356	14,48	76,6202
10	1	1	7	11	8				6,4862	5,8395	0,02762	0,35745	12,205	75,7588

4. Διαδικασία Βελτιστοποίησης του Συστήματος

9	1	1	7	10	8			6,2728	5,7954	0,02631	0,34349	13,754	75,944
9	2	1	7	10	9			6,3081	6,1309	0,02881	0,37112	11,958	76,1526
8	1	1	7	9	8			6,0071	5,785	0,02299	0,31216	15,374	76,0102
8	2	1	7	9	9			6,0393	6,0937	0,02647	0,35101	12,891	75,4434
8	1	2	8	10	9			6,2896	6,1648	0,10385	0,71458	10,626	76,9901
8	1	2	7	10	8			6,2923	5,8284	0,09197	0,45875	12,287	75,6441
8	2	2	7	10	9			6,2896	6,1648	0,10385	0,51379	11,425	76,7852
7	17	2	7	9	24			6,1736	7,7103	0,13173	0,59779	8,3791	81,4462
5	9	2	7	7	16			5,5006	7,1645	0,10408	0,5082	10,931	77,3179
5	18	2	7	7	25			5,4981	7,4973	0,11416	0,54394	10,019	78,2865
9	1	2	6	11	7			6,3688	5,454	0,09243	0,30683	14,415	75,5253
9	2	2	6	11	8			6,4725	5,8615	0,10049	0,33266	12,725	76,5607
8	2	2	6	10	8			6,2923	5,8284	0,09197	0,31352	13,142	75,7729
8	1	2	6	10	7			6,2399	5,4773	0,0774	0,25886	17,462	77,7293
8	2	2	6	10	8			6,2923	5,8284	0,09197	0,31352	13,142	75,7729
5	2	3	10	8	12			5,7801	6,7575	0,24087	1,5304	7,1977	78,7420
9	1	3	7	12	8			6,6465	5,8879	0,24736	0,64762	9,7721	76,919
9	2	3	7	12	9			6,7568	6,222	0,25693	0,67687	9,6172	79,1802
9	3	3	7	12	10			6,7216	6,4474	0,27734	0,73671	8,4116	79,3268
8	2	3	7	11	9			6,4611	6,1654	0,25792	0,69755	9,208	77,1178
7	1	3	7	10	8			6,2359	5,854	0,21729	0,60126	11,584	76,1262
7	2	3	7	10	9			6,3028	6,1607	0,23462	0,64699	10,608	77,3335
9	1	3	6	12	7			6,6269	5,5286	0,21528	0,39312	14,03	77,8495
9	2	3	6	12	8			6,6465	5,8879	0,24736	0,45114	10,575	76,7395
9	3	3	6	12	9			6,7568	6,222	0,25693	0,4713	10,411	78,9461
9	4	3	6	12	10			6,7216	6,4474	0,27734	0,51419	9,1891	78,9917
9	5	3	6	12	11			6,7528	6,6852	0,28412	0,52687	8,9515	80,1964
9	6	3	6	12	12			6,8205	6,9708	0,28577	0,52347	8,9647	81,9674
8	1	3	6	11	7			6,4035	5,4786	0,2066	0,38832	13,63	76,0151
8	2	3	6	11	8			6,44	5,8476	0,23656	0,4483	10,999	75,8613
8	3	3	6	11	9			6,4611	6,1654	0,25792	0,48803	9,9985	76,8607
9	4	3	5	12	9			6,7568	6,222	0,25693	0,30805	11,248	78,9669
9	1	3	5	12	6			6,5322	5,0785	0,17369	0,20641	18,89	78,844
9	2	3	5	12	7			6,6269	5,5286	0,21528	0,25816	14,895	78,0397
8	2	3	5	11	7			6,4035	5,4786	0,2066	0,25548	14,497	76,2179
8	1	3	5	11	6			6,3708	5,0898	0,14646	0,1769	21,999	80,9188
8	2	3	5	11	7			6,4035	5,4786	0,2066	0,25548	14,497	76,2179
6	2	4	8	10	10			6,3374	6,4786	0,44809	1,1091	8,7029	80,5688
8	2	4	7	12	9			6,6647	6,2245	0,48373	0,84879	8,3723	79,4809
7	1	4	7	11	8			6,5041	5,8854	0,42065	0,74837	9,8064	77,599
7	2	4	6	11	8			6,5041	5,8854	0,42065	0,52932	10,587	77,2843
8	2	4	4	12	6			6,5818	5,1118	0,3027	0,14775	19,536	80,2562
8	1	4	4	12	5			6,389	4,5686	0,17345	0,08134	42,689	98,7509
8	2	5	5	13	7			6,8062	5,5835	0,66972	0,39413	12,021	79,2887
10	5	5	4	15	9			7,2094	6,3489	0,81331	0,29013	9,7633	83,072
10	9	5	4	15	13			7,2186	7,1794	0,89868	0,32344	8,3207	86,4213
9	2	5	4	14	6			6,752	5,1458	0,61628	0,20793	14,758	78,3680

9	4	5	4	14	8				6,9478	5,9906	0,77276	0,27667	10,408	80,3471
9	8	5	4	14	12				7,0783	6,9793	0,88733	0,32377	8,7088	85,0523
9	10	5	4	14	14				7,1404	7,3069	0,88571	0,32188	8,3099	86,5843
8	2	5	4	13	6				6,6659	5,1489	0,54634	0,19233	17,455	80,2223
8	8	5	4	13	12				6,8842	6,9406	0,87175	0,32289	8,5129	83,6101
9	2	5	3	14	5				6,7162	4,6274	0,33199	0,05754	31,888	90,5536
8	2	6	6	14	8				6,9977	6,0499	1,1045	0,73034	8,2449	82,6571
9	2	6	3	15	5				6,8176	4,6204	0,60369	0,08053	27,732	88,3431
8	2	6	3	14	5				6,7343	4,6273	0,50169	0,06692	32,635	92,2860
2	8	6	3	8	11				5,7993	6,7089	0,92463	0,15919	12,369	80,3291
8	2	7	7	15	9				7,0825	6,3745	1,6735	1,2418	5,7892	87,6507
8	2	7	5	15	7				6,937	5,6775	1,4945	0,52838	9,7677	82,9546
8	2	7	4	15	6				6,927	5,2367	1,2077	0,2512	14,177	82,29
2	8	7	2	9	10				6,0646	6,5654	1,3215	0,07812	11,732	81,8801
5	4	8	3	13	7				6,7336	5,7094	1,6905	0,17607	11,942	83,4898
5	4	8	3	13	7				6,7336	5,7094	1,6905	0,17607	11,942	83,4898

Πίνακας 4.5 Τιμές των διαφόρων μεταβλητών και του κόστους που προκύπτει για τις συνθήκες της περίπτωσης 2.

Διαπιστώνουμε ότι το βέλτιστο κόστος προκύπτει για τιμές των αποθεμάτων $S_1^* = 0$ και $S_2^* = 8$ και για τιμές των καρτών kanban $K_1^* = 9$, $K_2^* = 9$.

Μια πρώτη παρατήρηση είναι ότι βρίσκουμε τα ίδια βέλτιστα αποθέματα των δύο σταδίων όπως και στην περίπτωση που είχαμε άπειρο αριθμό καρτών kanban δηλαδή όπως και στην περίπτωση που είχαμε σύστημα basestock.

Γενικά φαίνεται ότι δεν χρειάζεται να κρατάμε απόθεμα στο πρώτο στάδιο και στο δεύτερο στάδιο να κρατάμε 8 κομμάτια. Η αλλαγή σε σχέση με την πρώτη περίπτωση για το απόθεμα—δηλαδή για το ότι αυτή τη φορά δεν πρέπει να κρατάμε καθόλου απόθεμα στο πρώτο στάδιο ενώ στο δεύτερο στάδιο συνεχίζουμε να κρατάμε και μάλιστα περισσότερο ($S_2^* = 8$) από ότι στη πρώτη περίπτωση - προφανώς έχει σχέση με το γεγονός ότι έχουμε θέσει για το κόστος αποθέματος h_1 του πρώτου σταδίου ίδια τιμή με του δεύτερου αυτή τη φορά. ($h_1 = 5$, $h_2 = 5$).

Επίσης φαίνεται ότι ενώ το βέλτιστο κόστος του συστήματος για την περίπτωση του basestock είναι $TC = 88,97$ στην περίπτωση του συστήματος μας –του extended kanban όπου πλέον έχουμε εισάγει στο σύστημα κάρτες εξουσιοδότησης kanban και για τα δύο στάδια – το βέλτιστο κόστος του συστήματος γίνεται $TC = 74,93$.

4.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 3

Αυτή η περίπτωση έχει τα ίδια χαρακτηριστικά με την περίπτωση 1 που εξετάστηκε πιο πάνω με τη διαφορά ότι για το μέσο χρόνο επεξεργασίας κάθε τεμαχίου στις μηχανές 2 και 4 έχουμε θέσει $\kappa_{λ,2} = \text{Exp}(0.66)$ και $\kappa_{λ,4} = \text{Exp}(0.66)$. Έχουμε δηλαδή μία μηχανή σε κάθε στάδιο με πιο γρήγορο ρυθμό επεξεργασίας από την περίπτωση 1.

Έτσι εξετάσαμε το σύστημα θεωρώντας ότι και πάλι **δεν έχουμε έγκαιρη προειδοποίηση της ζήτησης** και αφού του προσδώσαμε τα δεδομένα που φαίνονται και στον πίνακα 4.1 δηλ. τα εξής :

- $\sigma_{λ} = \text{Exp}(1.25)$
- $\kappa_{λ,1} = \text{Exp}(1.0)$
- $\kappa_{λ,2} = \text{Exp}(0.66)$
- $\kappa_{λ,3} = \text{Exp}(1.0)$
- $\kappa_{λ,4} = \text{Exp}(0.66)$
- $b = 1$
- $h_1 = 2.5$
- $h_2 = 5$

Επειδή ο χρόνος προειδοποίησης της ζήτησης είναι μηδέν θέτουμε στα L_1, L_2 μια οποιαδήποτε τιμή ώστε να μην έχουμε καθυστέρηση σε κανένα στάδιο του συστήματος .

Ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία για να βρούμε τις βέλτιστες τιμές των S_1, S_2, K_1, K_2 : Ξεκινήσαμε από τιμές για K_1 και K_2 πάρα πολύ μεγάλες (θεωρητικά άπειρες) για τις οποίες ξέρουμε ότι το σύστημα μας είναι ισοδύναμο με ένα σύστημα Basestock και κάναμε προσομοιώσεις για διάφορα S_1, S_2 . Αυτές παρουσιάζονται στο παράρτημα Π1 στον πίνακα Π1.5 και που μερικά χαρακτηριστικά αποτελέσματα του οποίου φαίνονται στον πίνακα 4.6 που επισυνάπτεται παρακάτω.

S1	S2	h1	h2	b	Wip1	Wip2	P1	P2	D3	TC
1	5	2,5	5	1	5,1422	4,9589	0,0939	0,65427	4,9147	46,0708
3	8				5,1382	4,8198	0,65823	2,606	2,2776	53,8976
4	3				5,1743	4,8169	1,11	0,44614	4,5947	46,6206
3	6				5,1382	4,8198	0,65823	1,5023	3,1739	49,2754
2	4				5,1565	4,99	0,31214	0,54273	5,0612	46,3964
0	7				5,0889	5,0551	0	1,0254	4,1711	47,2958
2	6				5,1565	4,99	0,31214	1,2483	3,7668	48,6299
4	4				5,1743	4,8169	1,11	0,7755	3,924	47,5967
3	3				5,1382	4,8198	0,65823	0,38694	5,0585	45,5832
0	5				5,0889	5,0551	0	0,43069	5,5763	45,7275
1	4				5,1422	4,9589	0,0939	0,39983	5,6973	45,5262
2	3				5,1565	4,99	0,30214	0,30193	5,8204	45,9516
3	5				5,1382	4,8198	0,65823	1,053	3,7245	47,5795
4	6				5,1743	4,8169	1,11	1,6821	2,8307	51,0364

Πίνακας 4.6 Τιμές των διαφόρων μεταβλητών και του κόστους για άπειρα kanban (δηλαδή για σύστημα ισοδύναμο με basestock) για την περίπτωση 3.

Από αυτές λοιπόν τις προσομοιώσεις προκύπτει ότι το βέλτιστο κόστος δημιουργείται για $S_1^* = 1$ και $S_2^* = 4$ (για το σύστημα basestock λοιπόν η απάντηση για το πόσο απόθεμα ασφαλείας πρέπει να κρατάμε είναι 1 κομμάτι στο πρώτο στάδιο και 4 κομμάτια στο δεύτερο στάδιο).

Όμως εμείς εξετάζουμε ένα extended kanban σύστημα οπότε αρχίζουμε και κάνουμε προσομοιώσεις εισάγοντας αυτή τη φορά και κάρτες kanban, ξεκινώντας από τιμές μεγάλες και μειώνοντας σιγά σιγά τις τιμές τους. Έτσι για διάφορους συνδυασμούς των αποθεμάτων S_1, S_2, K_1, K_2 , δημιουργείται ένας πίνακας ο οποίος παρουσιάζεται στο παράρτημα Π1 στον πίνακα Π1.6 και του οποίου τα πιο χρήσιμα αποτελέσματα μαζί με κάποια άλλα ενδεικτικά φαίνονται στον πίνακα 4.7 που επισυνάπτεται παρακάτω:

K1'	K2'	S1	S2	K1	K2	h1	h2	b	Wip1	Wip2	P1	P2	D3	TC
8	1	0	6	8	7	2,5	5	1	4,1253	3,9579	0	0,6595	5,3907	38,7909
7	7	0	6	7	13				3,9672	4,738	0	0,69444	5,0511	42,1313
7	4	0	6	7	10				3,9464	4,4632	0	0,68387	5,1903	40,7916
7	1	0	6	7	7				3,9272	3,97	0	0,63989	5,5266	38,3940
6	2	0	6	6	8				3,6947	4,1081	0	0,65071	5,4555	38,4863
5	8	0	6	5	14				3,4209	4,7712	0	0,64999	5,5286	41,1868
4	1	0	6	4	7				3,0156	3,8319	0	0,51073	8,4653	37,7174
3	3	0	6	3	9				2,5797	4,0488	0	0,39423	12,445	41,1094
3	2	0	6	3	8				2,568	3,8826	0	0,37345	13,114	40,8142
3	1	0	6	3	7				2,5629	3,6971	0	0,32138	15,927	42,4266
7	3	0	5	7	8				3,9392	4,1519	0	0,41496	6,1219	38,8042
6	3	0	5	6	8				3,6947	4,1081	0	0,40575	6,2105	38,0165
6	2	0	5	6	7				3,6658	3,9076	0	0,40029	6,717	37,4209
6	1	0	5	6	6				3,6585	3,6756	0	0,37397	7,2137	36,6078
5	2	0	5	5	7				3,3691	3,8951	0	0,36619	7,323	37,0522
5	1	0	5	5	6				3,3559	3,6456	0	0,34708	8,2459	36,5990
3	2	0	5	3	7				2,5629	3,6971	0	0,19838	16,804	42,6886
3	1	1	7	4	8				3,0146	4,0498	0,06305	1,1165	5,8432	39,3688
6	1	1	5	7	6				3,9065	3,7481	0,0765	0,58521	6,0736	37,6976
5	1	1	5	6	6				3,6693	3,7082	0,07206	0,56504	6,4312	37,1508
4	1	1	5	5	6				3,3654	3,684	0,06363	0,51888	7,2513	36,8382
3	1	1	5	4	6				2,9937	3,6139	0,05035	0,43903	9,9589	37,8336
7	3	1	4	8	7				4,125	3,9984	0,08499	0,38154	6,1407	38,5653
6	3	1	4	7	7				3,9498	4,0049	0,08019	0,36677	6,4827	38,4160
6	2	1	4	7	6				3,9065	3,7481	0,0765	0,35355	6,842	37,3077
6	1	1	4	7	5				3,8757	3,431	0,07055	0,33518	7,5111	36,2076
5	2	1	4	6	6				3,6693	3,7082	0,07206	0,34151	7,2077	36,8096
5	1	1	4	6	5				3,6328	3,4167	0,06331	0,30872	8,2789	36,1462
3	2	1	4	4	6				2,9937	3,6139	0,05035	0,26506	10,784	37,7889
7	1	2	5	9	6				4,2642	3,8478	0,27929	0,80841	4,9065	39,5462
7	4	2	4	9	8				4,3177	4,3126	0,29241	0,52969	5,2573	40,9940
7	1	2	4	9	5				4,2096	3,5087	0,26891	0,49517	6,038	37,2536
6	2	2	4	8	6				4,0937	3,8218	0,26997	0,50838	5,6996	38,2596
6	1	2	4	8	5				4,0403	3,4856	0,25799	0,48962	6,0452	36,6670
5	2	2	4	7	6				3,902	3,821	0,25463	0,49016	6,0446	37,9919
5	1	2	4	7	5				3,8515	3,4786	0,24175	0,47227	6,6578	36,6452
4	1	2	4	6	5				3,6544	3,4762	0,20727	0,418	7,9896	37,1147
3	1	2	4	5	5				3,3179	3,4246	0,18722	0,39351	9,2569	37,1102
7	3	2	3	9	6				4,2642	3,8478	0,27929	0,28354	6,3816	38,3970
6	3	2	3	8	6				4,0937	3,8218	0,26997	0,28223	6,4734	37,9027
6	2	2	3	8	5				4,0403	3,4856	0,25799	0,27196	6,8275	36,3610
6	1	2	3	8	4				4,0143	3,1134	0,22222	0,22873	8,7618	36,0637
5	2	2	3	7	5				3,8515	3,4786	0,24175	0,26227	7,4478	36,3852

5	1	2	3	7	4				3,8057	3,0923	0,20469	0,21999	9,2849	35,8723
3	2	2	3	5	5				3,3179	3,4246	0,18722	0,21884	10,082	37,062
3	1	2	3	5	4				3,3048	3,0516	0,12678	0,15242	16,184	40,7830
8	2	3	6	11	8				4,572	4,3951	0,63414	1,48	3,3469	45,7377
8	1	3	3	11	4				4,4194	3,1878	0,55435	0,31745	6,8857	36,8463
7	8	3	3	10	11				4,5019	4,7655	0,64014	0,38293	5,1134	43,7106
7	7	3	3	10	10				4,4742	4,6608	0,63888	0,38211	5,0532	43,0504
7	4	3	3	10	7				4,4489	4,1673	0,61377	0,37386	5,4755	40,8379
7	1	3	3	10	4				4,2735	3,1796	0,5369	0,31744	6,9028	36,414
6	2	3	3	9	5				4,2294	3,5632	0,56273	0,35083	6,1084	37,6588
6	1	3	3	9	4				4,1739	3,1638	0,51028	0,30833	7,101	36,1721
5	11	3	3	8	14				4,1791	4,9792	0,64684	0,38256	5,0878	43,9614
5	8	3	3	8	11				4,2015	4,7792	0,62681	0,37551	5,1937	43,0380
5	2	3	3	8	5				4,0701	3,5626	0,53654	0,33686	6,2574	37,2713
5	1	3	3	8	4				4,0155	3,1638	0,46511	0,29464	8,1537	36,6474
4	3	3	3	7	6				3,9059	3,8871	0,53833	0,34571	6,286	38,5606
4	2	3	3	7	5				3,882	3,5504	0,49406	0,32392	6,9386	37,2503
4	1	3	3	7	4				3,7903	3,1381	0,43306	0,28656	8,4985	36,1802
3	4	3	3	6	7				3,6717	4,0878	0,54104	0,35714	6,1025	38,8590
3	3	3	3	6	6				3,6483	3,8282	0,51079	0,33974	6,3455	37,5829
3	2	3	3	6	5				3,6223	3,5253	0,45009	0,30503	7,461	36,7936
3	1	3	3	6	4				3,5847	3,1215	0,35939	0,2469	10,222	36,9242
3	3	3	2	6	5				3,6223	3,5253	0,45009	0,13968	8,2956	36,8014
2	5	3	2	5	7				3,3825	4,0748	0,48785	0,14909	7,5721	38,3674
2	3	3	2	5	5				3,3158	3,4839	0,38824	0,12556	10,021	37,3284
1	5	3	2	4	7				3,0191	3,9753	0,40086	0,12995	9,5632	38,6393
2	2	4	1	6	3				3,4896	2,6249	0,28728	0,01866	26,979	49,639
2	5	5	0	7	5				3,8392	3,6667	1,2616	0	8,263	39,3485

Πίνακας 4.5 Τιμές των διαφόρων μεταβλητών και του κόστους που προκύπτει για τις συνθήκες της περίπτωσης 3.

Διαπιστώνουμε ότι το βέλτιστο κόστος προκύπτει για τιμές των αποθεμάτων $S^*_1 = 2$ και $S^*_2 = 3$ και για τιμές των καρτών kanban $K^*_1 = 7$, $K^*_2 = 4$.

Μια πρώτη παρατήρηση είναι ότι βρίσκουμε περίπου τα ίδια βέλτιστα αποθέματα των δύο σταδίων όπως και στην περίπτωση που είχαμε άπειρο αριθμό καρτών kanban δηλαδή όπως και στην περίπτωση που είχαμε σύστημα basestock.

Έτσι κρατάμε 2 κομμάτια απόθεμα στο πρώτο στάδιο και στο δεύτερο στάδιο κρατάμε 3 κομμάτια. Γενικά φαίνεται ότι πρέπει να κρατάμε απόθεμα και στο πρώτο και στο δεύτερο στάδιο. Αυτό προφανώς έχει σχέση με το γεγονός ότι έχουμε θέσει για το κόστος αποθέματος h_1 του πρώτου σταδίου μικρότερη τιμή –και μάλιστα για

την ακρίβεια την μισή τιμή - από αυτή του δεύτερου σταδίου h_2 ($h_1=2.5$, $h_2=5$).

Σε σχέση με την περίπτωση 1 αυτό που αλλάζει σε αυτή την περίπτωση είναι ότι έχουμε θέσει για δύο από τις μηχανές -την 2^η και την 4^η - διαφορετική κατανομή στο χρόνο επεξεργασίας ($\exp(0.66)$ αντί για $\exp(1)$ της περίπτωσης 1) και έτσι έχουν γίνει πιο γρήγορες. Επομένως είναι φυσιολογική η πτώση του αποθέματος που πρέπει να κρατάμε στο πρώτο και δεύτερο στάδιο (Συγκεκριμένα σε σύγκριση με την περίπτωση 1 το απόθεμα στο πρώτο στάδιο πέφτει από 3 κομμάτια σε 2 και στο δεύτερο στάδιο πέφτει από 6 σε 3 κομμάτια). Οι κάρτες kanban μειώνονται επίσης.

Επίσης φαίνεται ότι ενώ το βέλτιστο κόστος του συστήματος για την περίπτωση του basestock είναι $TC=45,52$ στην περίπτωση του συστήματος μας -του extended kanban όπου πλέον έχουμε εισάγει στο σύστημα κάρτες εξουσιοδότησης kanban και για τα δύο στάδια - το βέλτιστο κόστος του συστήματος γίνεται $TC= 35,87$.

4.4 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 4

Αυτή η περίπτωση έχει τα ίδια χαρακτηριστικά με την περίπτωση 2 που εξετάστηκε πιο πάνω με τη διαφορά ότι για το μέσο χρόνο επεξεργασίας κάθε τεμαχίου στις μηχανές 2 και 4 έχουμε θέσει $\kappa_{λ 2} = \text{Exp}(0.66)$ και $\kappa_{λ 4} = \text{Exp}(0.66)$. Έχουμε δηλαδή μία μηχανή σε κάθε στάδιο με πιο γρήγορη επεξεργασία από την περίπτωση 1.

Έτσι εξετάσαμε το σύστημα θεωρώντας ότι και πάλι δεν έχουμε έγκαιρη προειδοποίηση της ζήτησης και αφού του προσδώσαμε τα δεδομένα που φαίνονται και στον πίνακα 4.1 δηλ. τα εξής :

- $\sigma_{\lambda} = \text{Exp}(1.25)$
- $\kappa_{\lambda 1} = \text{Exp}(1.0)$
- $\kappa_{\lambda 2} = \text{Exp}(0.66)$
- $\kappa_{\lambda 3} = \text{Exp}(1.0)$
- $\kappa_{\lambda 4} = \text{Exp}(0.66)$
- $b = 1$

- $h_1 = 5$
- $h_2 = 5$

Επειδή ο χρόνος προειδοποίησης της ζήτησης είναι μηδέν θέτουμε στα L_1, L_2 μια οποιαδήποτε τιμή ώστε να μην έχουμε καθυστέρηση σε κανένα στάδιο του συστήματος.

Ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία για να βρούμε τις βέλτιστες τιμές των S_1, S_2, K_1, K_2 : Ξεκινήσαμε από τιμές για K_1 και K_2 πάρα πολύ μεγάλες (θεωρητικά άπειρες) για τις οποίες ξέρουμε ότι το σύστημα μας είναι ισοδύναμο με ένα σύστημα Basestock και κάναμε προσομοιώσεις για διάφορα S_1, S_2 . Αυτές παρουσιάζονται στο παράρτημα Π1 στον πίνακα Π1.7 και που μερικά χαρακτηριστικά αποτελέσματα του οποίου φαίνονται στον πίνακα 4.8 που επισυνάπτεται παρακάτω.

S1	S2	h1	h2	b	Wip1	Wip2	P1	P2	D3	TC
1	5	5	5	1	5,1422	4,9589	0,0939	0,65427	4,9147	59,1610
3	8				5,1382	4,8198	0,65823	2,606	2,2776	68,3887
4	3				5,1743	4,8169	1,11	0,44614	4,5947	62,3314
3	6				5,1382	4,8198	0,65823	1,5023	3,1739	63,7665
2	4				5,1565	4,99	0,31214	0,54273	5,0612	60,0680
0	7				5,0889	5,0551	0	1,0254	4,1711	60,0181
2	6				5,1565	4,99	0,31214	1,2483	3,7668	62,3015
4	4				5,1743	4,8169	1,11	0,7755	3,924	63,3075
3	3				5,1382	4,8198	0,65823	0,38694	5,0585	60,0743
0	5				5,0889	5,0551	0	0,43069	5,5763	58,4497
1	4				5,1422	4,9589	0,0939	0,39683	5,6573	58,6164
2	3				5,1565	4,99	0,31214	0,30193	5,8204	59,6232
3	5				5,1382	4,8198	0,65823	1,053	3,7245	62,0706
4	6				5,1743	4,8169	1,11	1,6821	2,8307	66,7472

Πίνακας 4.8 Τιμές των διαφόρων μεταβλητών και του κόστους για άπειρα kanban (δηλαδή για σύστημα ισοδύναμο με basestock) για την περίπτωση 4.

Από αυτές λοιπόν τις προσομοιώσεις προκύπτει ότι το βέλτιστο κόστος δημιουργείται για $S_1^* = 0$ και $S_2^* = 5$ (για το σύστημα basestock λοιπόν η απάντηση για το πόσο απόθεμα ασφαλείας πρέπει να κρατάμε είναι 0 κομμάτια στο πρώτο στάδιο και 5 κομμάτια στο δεύτερο στάδιο).

Όμως εμείς εξετάζουμε ένα extended kanban σύστημα οπότε αρχίζουμε και κάνουμε προσομοιώσεις εισάγοντας αυτή τη φορά και κάρτες kanban , ξεκινώντας από τιμές μεγάλες και μειώνοντας σιγά σιγά τις τιμές τους . Έτσι για διάφορους συνδυασμούς των αποθεμάτων S_1, S_2, K_1, K_2 , δημιουργείται ένας πίνακας ο οποίος παρουσιάζεται στο παράρτημα ΠΙ στον πίνακα ΠΙ.8 και του οποίου τα πιο χρήσιμα αποτελέσματα μαζί με κάποια άλλα ενδεικτικά φαίνονται στον πίνακα 4.9 που επισυνάπτεται παρακάτω:

K1'	K2	S1	S2	K1	K2	h1	h2	b	Wip1	Wip2	P1	P2	D3	TC
3	1	0	8	3	9	5	5	1	2,5797	4,0488	0	0,82798	10,879	48,1614
8	1	0	6	8	7				4,1253	3,9579	0	0,6595	5,3907	49,1042
7	4	0	6	7	10				3,9464	4,4632	0	0,68387	5,1903	50,6576
7	1	0	6	7	7				3,9272	3,97	0	0,63989	5,5266	48,2120
6	2	0	6	6	8				3,6947	4,1081	0	0,65071	5,4555	47,7230
6	1	0	6	6	7				3,6658	3,9076	0	0,64155	5,9582	47,0329
5	11	0	6	5	17				3,4172	4,8329	0	0,65868	5,2405	49,7844
5	2	0	6	5	8				3,4054	4,11	0	0,60293	6,251	46,8426
5	1	0	6	5	7				3,3691	3,8951	0	0,5906	6,5474	45,8214
4	3	0	6	4	9				3,0289	4,1773	0	0,56623	6,966	45,8281
4	2	0	6	4	8				3,0169	4,0016	0	0,55088	7,315	45,1619
4	1	0	6	4	7				3,0156	3,8319	0	0,51073	8,4653	45,2564
3	4	0	6	3	10				2,5815	4,1676	0	0,41987	10,501	46,3458
3	3	0	6	3	9				2,5797	4,0488	0	0,39423	12,445	47,5586
3	2	0	6	3	8				2,568	3,8826	0	0,37345	13,114	47,2342
3	1	0	6	3	7				2,5629	3,6971	0	0,32138	15,927	48,8339
7	3	0	5	7	8				3,9392	4,1519	0	0,41496	6,1219	48,6522
6	3	0	5	6	8				3,6947	4,1081	0	0,40575	6,2105	47,2532
6	2	0	5	6	7				3,6658	3,9076	0	0,40029	6,717	46,5854
6	1	0	5	6	6				3,6585	3,6756	0	0,37397	7,2137	45,7540
5	2	0	5	5	7				3,3691	3,8951	0	0,36619	7,323	45,4749
5	1	0	5	5	6				3,3559	3,6456	0	0,34708	8,2459	44,9888
3	2	0	5	3	7				2,5629	3,6971	0	0,19838	16,804	49,0959
3	1	1	7	4	8				3,0146	4,0498	0,06305	1,1165	5,8432	47,0629
7	4	1	5	8	9				4,1685	4,41	0,08825	0,64186	5,3644	51,9074
7	1	1	5	8	6				4,1008	3,7653	0,08082	0,59868	5,7739	48,5019
6	2	1	5	7	7				3,9498	4,0049	0,08019	0,60509	5,721	48,9209
6	1	1	5	7	6				3,9065	3,7481	0,0765	0,58521	6,0736	47,6551
5	2	1	5	6	7				3,6757	3,9546	0,07722	0,60109	5,8849	47,4279
5	1	1	5	6	6				3,6693	3,7082	0,07206	0,56504	6,4312	46,5042
4	1	1	5	5	6				3,3654	3,684	0,06363	0,51888	7,2513	45,4108
3	1	1	5	4	6				2,9937	3,6139	0,05035	0,43903	9,9589	45,4438
7	3	1	4	8	7				4,125	3,9984	0,08499	0,38154	6,1407	49,0903
6	3	1	4	7	7				3,9498	4,0049	0,08019	0,36677	6,4827	48,491
6	2	1	4	7	6				3,9065	3,7481	0,0765	0,35355	6,842	47,2652

6	1	1	4	7	5			3,8757	3,431	0,07055	0,33518	7,5111	46,0732
5	2	1	4	6	6			3,6693	3,7082	0,07206	0,34151	7,2077	46,1630
5	1	1	4	6	5			3,6328	3,4167	0,06331	0,30872	8,2789	45,3865
3	2	1	4	4	6			2,9937	3,6139	0,05035	0,26506	10,784	45,3990
8	1	2	6	10	7			4,4326	4,1032	0,29276	1,2152	3,9747	54,1935
7	1	2	5	9	6			4,2642	3,8478	0,27929	0,80841	4,9065	50,905
7	4	2	4	9	8			4,3177	4,3126	0,29241	0,52969	5,2573	52,5193
3	1	2	4	5	5			3,3179	3,4246	0,18722	0,39351	9,2569	45,8730
7	3	2	3	9	6			4,2642	3,8478	0,27929	0,28354	6,3816	49,7557
6	3	2	3	8	6			4,0937	3,8218	0,26997	0,28223	6,4734	48,8119
6	2	2	3	8	5			4,0403	3,4856	0,25799	0,27196	6,8275	47,1067
6	1	2	3	8	4			4,0143	3,1134	0,22222	0,22873	8,7618	46,6550
5	2	2	3	7	5			3,8515	3,4786	0,24175	0,26227	7,4478	46,6184
5	1	2	3	7	4			3,8057	3,0923	0,20469	0,21999	9,2849	45,8983
3	2	2	3	5	5			3,3179	3,4246	0,18722	0,21884	10,082	45,8248
3	1	2	3	5	4			3,3048	3,0516	0,12678	0,15242	16,184	49,362
8	2	3	6	11	8			4,572	4,3951	0,63414	1,48	3,3469	58,7531
8	1	3	5	11	6			4,5375	3,9161	0,60922	1,0026	4,2356	54,5627
7	1	3	5	10	6			4,4357	3,9038	0,59915	0,99739	4,2744	53,9546
3	3	3	3	6	6			3,6483	3,8282	0,51079	0,33974	6,3455	47,9806
3	3	3	2	6	5			3,6223	3,5253	0,45009	0,13968	8,2956	46,9824
2	5	3	2	5	7			3,3825	4,0748	0,48785	0,14909	7,5721	48,0433
2	3	3	2	5	5			3,3158	3,4839	0,38824	0,12556	10,021	46,5885
2	2	3	2	5	4			3,2937	3,0665	0,28012	0,09458	14,707	48,3815
1	5	3	2	4	7			3,0191	3,9753	0,40086	0,12995	9,5632	47,1892
8	1	4	3	12	4			4,5485	3,2435	0,96401	0,37758	6,1618	51,8297
7	1	4	3	11	4			4,3829	3,2387	0,95124	0,37904	6,2037	50,9631
6	1	4	3	10	4			4,3402	3,2315	0,8894	0,365	6,8683	50,9988
5	1	4	3	9	4			4,156	3,2287	0,85736	0,36185	6,8784	49,8979
4	2	4	3	8	5			4,0406	3,6249	0,91677	0,40331	5,8706	50,7985
2	5	4	1	6	6			3,6683	3,9268	0,84185	0,05322	7,9344	50,3852
2	3	4	1	6	4			3,5638	3,1607	0,61006	0,04025	11,638	48,5120
2	2	4	1	6	3			3,4896	2,6249	0,28728	0,01866	26,979	59,0812
1	6	4	1	5	7			3,3895	4,1477	0,81743	0,05187	7,9167	49,9492
1	5	4	1	5	6			3,369	3,882	0,74062	0,04806	8,638	48,8364
2	5	5	0	7	5			3,8392	3,6667	1,2616	0	8,263	52,1005
2	3	5	0	7	3			3,696	2,668	0,62498	0	18,909	53,8539
1	5	5	0	6	5			3,6137	3,6449	1,1092	0	9,3281	51,1671

Πίνακας 4.9 Τιμές των διαφόρων μεταβλητών και του κόστους που προκύπτει για τις συνθήκες της περίπτωσης 4.

Διαπιστώνουμε ότι το βέλτιστο κόστος προκύπτει για τιμές των αποθεμάτων $S_1^* = 0$ και $S_2^* = 5$ και για τιμές των καρτών kanban $K_1^* = 5$, $K_2^* = 6$.

Μια πρώτη παρατήρηση είναι ότι βρίσκουμε τα ίδια βέλτιστα αποθέματα των δύο σταδίων όπως και στην περίπτωση που είχαμε άπειρο αριθμό καρτών kanban δηλαδή όπως και στην περίπτωση που είχαμε σύστημα basestock.

Έτσι δεν κρατάμε απόθεμα στο πρώτο στάδιο και στο δεύτερο στάδιο κρατάμε 5 κομμάτια. Η αλλαγή σε σχέση με την περίπτωση 3 για το απόθεμα – δηλαδή για το ότι αυτή τη φορά δεν πρέπει να κρατάμε καθόλου απόθεμα στο πρώτο στάδιο ενώ στο δεύτερο στάδιο συνεχίζουμε να κρατάμε και μάλιστα περισσότερο ($S_2^* = 5$) από ότι στη περίπτωση 3 – προφανώς έχει σχέση με το γεγονός ότι έχουμε θέσει για το κόστος αποθέματος h_1 του πρώτου σταδίου ίδια τιμή με του δεύτερου αυτή τη φορά. ($h_1 = 5$, $h_2 = 5$).

Σε σχέση με την περίπτωση 2 αυτό που αλλάζει σε αυτή την περίπτωση είναι ότι έχουμε θέσει για δύο από τις μηχανές – την 2^η και την 4^η – μικρότερο χρόνο επεξεργασίας ($\exp(0.66)$ αντί για $\exp(1)$ της περίπτωσης 2) και έτσι έχουν γίνει πιο γρήγορες. Επομένως είναι φυσιολογική η πτώση του αποθέματος που πρέπει να κρατάμε στο πρώτο και δεύτερο στάδιο (Συγκεκριμένα σε σύγκριση με την περίπτωση 2 το απόθεμα στο δεύτερο στάδιο πέφτει από 8 σε 4 κομμάτια).

Επίσης φαίνεται ότι ενώ το βέλτιστο κόστος του συστήματος για την περίπτωση του basestock είναι $TC = 58,44$, στην περίπτωση του συστήματος μας – του extended kanban όπου πλέον έχουμε εισάγει στο σύστημα κάρτες εξουσιοδότησης kanban και για τα δύο στάδια – το βέλτιστο κόστος του συστήματος γίνεται $TC = 44,98$.

4.5 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 5

Αυτή η περίπτωση έχει τα ίδια χαρακτηριστικά με την περίπτωση 1 που εξετάστηκε πιο πάνω με τη διαφορά ότι για το μέσο χρόνο επεξεργασίας κάθε τεμαχίου στις μηχανές έχουμε θέσει $\kappa_\lambda = \text{Erla}(0.5, 2)$.

Έτσι εξετάσαμε το σύστημα θεωρώντας ότι και πάλι δεν έχουμε έγκαιρη προειδοποίηση της ζήτησης και αφού του προσδώσαμε τα δεδομένα που φαίνονται και στον πίνακα 4.1 δηλ. τα εξής :

- $\sigma_\lambda = \text{Exp}(1.25)$
- $\kappa_\lambda = \text{Erla}(0.5, 2)$
- $b = 1$
- $h_1 = 2.5$
- $h_2 = 5$

Επειδή ο χρόνος προειδοποίησης της ζήτησης είναι μηδέν θέτουμε στα L_1, L_2 μια οποιαδήποτε τιμή ώστε να μην έχουμε καθυστέρηση σε κανένα στάδιο του συστήματος.

Ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία για να βρούμε τις βέλτιστες τιμές των S_1, S_2, K_1, K_2 : Ξεκινήσαμε από τιμές για K_1 και K_2 πάρα πολύ μεγάλες (θεωρητικά άπειρες) για τις οποίες ξέρουμε ότι το σύστημα μας είναι ισοδύναμο με ένα σύστημα Basestock και κάναμε προσομοιώσεις για διάφορα S_1, S_2 . Αυτές παρουσιάζονται στο παράρτημα Π1 στον πίνακα Π1.9 και που μερικά χαρακτηριστικά αποτελέσματα του οποίου φαίνονται στον πίνακα 4.10 που επισυνάπτεται παρακάτω.

S1	S2	h1	h2	b	Wip1	Wip2	P1	P2	D3	TC
0	5	2,5	5	1	5,9087	4,933	0	0,27318	6,3097	47,1123
1	4				5,9477	4,9268	0,04913	0,25194	6,4072	47,2929
2	3				5,8966	4,8232	0,18949	0,1962	6,3243	46,6365
3	3				5,9583	4,8441	0,43729	0,25535	5,6889	47,1751
3	5				5,9583	4,8441	0,43729	0,78252	4,2161	48,3381
3	8				5,9583	4,8441	0,43729	2,1396	2,5732	53,4806
4	6				5,9	4,866	0,80333	1,352	3,0915	50,9398
4	8				5,9	4,866	0,80333	2,4314	2,1709	72,1745
6	8				5,8879	5,0486	1,8485	2,8188	1,7239	60,4019

Πίνακας 4.10 Τιμές των διαφόρων μεταβλητών και του κόστους για άπειρα kanban (δηλαδή για σύστημα ισοδύναμο με basestock) για την περίπτωση 5.

Από αυτές λοιπόν τις προσομοιώσεις προκύπτει ότι το βέλτιστο κόστος δημιουργείται για $S_1^* = 2$ και $S_2^* = 3$ (για το σύστημα basestock λοιπόν η απάντηση για το πόσο απόθεμα ασφαλείας πρέπει να κρατάμε είναι 2 κομμάτια στο πρώτο στάδιο και 3 κομμάτια στο δεύτερο στάδιο).

Όμως εμείς εξετάζουμε ένα extended kanban σύστημα οπότε αρχίζουμε και κάνουμε προσομοιώσεις εισάγοντας αυτή τη φορά και κάρτες kanban , ξεκινώντας από τιμές μεγάλες και μειώνοντας σιγά σιγά τις τιμές τους . Έτσι για διάφορους συνδυασμούς των αποθεμάτων S_1, S_2, K_1, K_2 , δημιουργείται ένας πίνακας ο οποίος παρουσιάζεται στο παράρτημα Π1 στον πίνακα Π1.10 και του οποίου τα πιο χρήσιμα αποτελέσματα μαζί με κάποια άλλα ενδεικτικά φαίνονται στον πίνακα 4.11 που επισυνάπτεται παρακάτω:

K1'	K2'	S1	S2	K1	K2	h1	h2	b	Wip1	Wip2	P1	P2	D3	TC
7	1	0	6	7	7	2,5	5	1	4,484	4,253	0	0,42439	6,2682	40,86665
8	2	0	5	8	7				4,7146	4,308	0	0,25317	6,9174	41,51275
7	2	0	5	7	7				4,484	4,253	0	0,24767	7,0915	40,80635
7	1	0	5	7	6				4,4027	4,023	0	0,23943	7,6695	39,9899
6	2	0	5	6	7				4,1894	4,22	0	0,23725	7,6591	40,42135
6	1	0	5	6	6				4,1226	3,997	0	0,22542	8,2867	39,7058
5	2	0	5	5	7				3,8149	4,172	0	0,21918	8,7322	40,22585
5	1	0	5	5	6				3,7683	3,941	0	0,20219	9,6378	39,7755
4	1	0	5	4	6				3,3458	3,861	0	0,14726	14,039	42,4488
8	2	1	4	9	6				4,8817	4,09	0,04424	0,23073	7,2421	41,1616
7	2	1	4	8	6				4,6613	4,058	0,04289	0,22942	7,1988	40,39787
7	1	1	4	8	5				4,5774	3,761	0,03876	0,20884	8,5816	39,9717
6	2	1	4	7	6				4,4044	4,042	0,0411	0,22373	7,7377	40,1846
6	1	1	4	7	5				4,3277	3,735	0,03669	0,20214	8,7312	39,33187
5	2	1	4	6	6				4,1023	4	0,03798	0,21624	8,1496	39,583
5	1	1	4	6	5				4,0539	3,718	0,03256	0,18553	10,115	39,8488
4	1	1	4	5	5				3,711	3,685	0,02602	0,15686	12,534	41,06835
8	1	2	7	10	8				5,1163	4,563	0,18269	1,3293	3,6656	46,37657
7	1	2	7	9	8				5,0032	4,555	0,17738	1,3036	3,8266	46,07405
6	1	2	7	8	8				4,7702	4,526	0,17479	1,3001	3,9099	45,40737
8	1	2	6	10	7				5,093	4,364	0,17827	0,92128	4,4497	44,05627
7	1	2	6	9	7				4,9188	4,367	0,17635	0,91454	4,5935	43,74357
6	1	2	6	8	7				4,7129	4,368	0,17101	0,89834	4,7286	43,27307
7	1	2	5	9	6				4,8492	4,117	0,17135	0,58388	5,5424	41,59967
7	1	2	5	9	6				4,8492	4,117	0,17135	0,58388	5,5424	41,59967
8	2	2	3	10	5				4,9265	3,82	0,16432	0,16921	7,8494	40,5265
7	2	2	3	9	5				4,7325	3,805	0,16239	0,16916	7,7564	39,86842
7	1	2	3	9	4				4,565	3,405	0,13508	0,13409	10,268	39,71565
6	2	2	3	8	5				4,5221	3,78	0,15562	0,16992	7,9891	39,435
6	1	2	3	8	4				4,3744	3,405	0,12446	0,12957	10,907	39,8285
5	2	2	3	7	5				4,3231	3,775	0,14225	0,1576	8,9116	39,74047
5	1	2	3	7	4				4,199	3,399	0,10378	0,11339	13,01	41,3319
4	3	2	3	6	6				4,0816	4,048	0,14913	0,17005	7,9696	39,63817
4	2	2	3	6	5				4,0455	3,755	0,12639	0,14565	9,7828	39,71927
4	1	2	3	6	4				3,9356	3,366	0,08602	0,09966	15,804	43,18935
8	2	3	6	11	8				5,2525	4,668	0,42958	1,161	3,7751	47,1273

6	1	3	5	9	6				4,8515	4,219	0,393	0,72692	4,9658	42,80665
5	1	3	5	8	6				4,6477	4,204	0,38192	0,71673	5,076	42,2562
4	1	3	5	7	6				4,4302	4,203	0,35504	0,68038	5,6124	41,9934
7	1	3	4	10	5				4,8974	3,889	0,38762	0,42447	6,0785	40,8624
6	1	3	4	9	5				4,7303	3,878	0,37497	0,42179	6,3261	40,58922
5	1	3	4	8	5				4,5284	3,871	0,35687	0,41061	6,6053	40,22852
7	1	3	3	10	4				4,7028	3,451	0,34573	0,19122	8,6731	39,50852
6	1	3	3	9	4				4,5577	3,459	0,31447	0,17982	9,7228	40,10032
5	1	3	3	8	4				4,3895	3,445	0,29164	0,17207	9,932	39,7247
4	1	3	3	7	4				4,1636	3,428	0,2601	0,16151	11,15	40,1608
4	1	3	3	7	4				4,1636	3,428	0,2601	0,16151	11,15	40,1608
3	1	3	3	6	4				3,8886	3,391	0,2237	0,14887	13,126	41,1061
2	8	3	2	5	10				3,8553	4,683	0,36685	0,09918	7,6695	42,13627
2	7	3	2	5	9				3,8594	4,629	0,34655	0,09372	7,8826	42,01207
1	7	3	2	4	9				3,4011	4,464	0,27872	0,07892	10,246	42,16365
3	3	3	1	6	4				3,8886	3,391	0,2237	0,01596	14,993	42,30855
8	2	4	5	12	7				5,3357	4,598	0,77981	0,8923	3,9576	46,69935
7	1	4	5	11	6				5,1753	4,336	0,74889	0,85423	4,3227	45,08882
6	1	4	5	10	6				5,012	4,329	0,74249	0,85981	4,3131	44,64587
8	1	4	3	12	4				4,9088	3,531	0,67248	0,23221	8,2041	40,97485
7	1	4	3	11	4				4,8452	3,537	0,63138	0,21872	8,4766	40,94865
6	1	4	3	10	4				4,6966	3,523	0,61512	0,22278	8,5333	40,544
5	1	4	3	9	4				4,5266	3,518	0,57415	0,21601	8,9035	40,32792
4	1	4	3	8	4				4,3725	3,503	0,52356	0,20587	9,5524	40,3414
4	2	4	3	8	5				4,5052	3,962	0,65281	0,26076	6,7904	40,79922
2	8	4	1	6	9				4,2122	4,836	0,70655	0,03168	7,5037	44,14197
2	7	4	1	6	8				4,1934	4,684	0,68588	0,0316	7,8177	43,5979
2	6	4	1	6	7				4,1563	4,471	0,65921	0,03083	8,0099	42,55782
2	5	4	1	6	6				4,1087	4,234	0,60202	0,02803	8,7579	41,84485
1	7	4	1	5	8				3,8261	4,584	0,62053	0,02913	8,628	42,81472
1	6	4	1	5	7				3,7997	4,39	0,58246	0,02799	8,9421	41,98845
1	5	4	1	5	6				3,7626	4,157	0,51589	0,02511	10,191	41,80027
1	4	4	1	5	5				3,7088	3,829	0,41166	0,02077	13,163	42,7155
9	2	5	4	14	6				5,4549	4,47	1,216	0,58945	4,535	46,5115
8	1	5	4	13	5				5,2339	4,096	1,1813	0,55998	5,1322	44,4511
2	8	5	0	7	8				4,4915	4,861	1,1388	0	7,9076	46,28985
2	7	5	0	7	7				4,4414	4,657	1,1025	0	8,0029	45,14915
2	6	5	0	7	6				4,3953	4,38	1,0261	0	8,6137	44,0702
2	5	5	0	7	5				4,2877	4,018	0,9218	0	9,8084	42,92365
1	6	5	0	6	6				4,077	4,319	0,96194	0	9,0823	43,27865
1	5	5	0	6	5				4,0055	3,968	0,81428	0	10,912	42,80595
1	4	5	0	6	4				3,8931	3,47	0,56366	0	15,194	43,6884

Πίνακας 4.11 Τιμές των διαφόρων μεταβλητών και του κόστους που προκύπτει για τις συνθήκες της περίπτωσης 5.

Διαπιστώνουμε ότι το βέλτιστο κόστος προκύπτει για τιμές των αποθεμάτων $S_1^* = 1$ και $S_2^* = 4$ και για τιμές των καρτών kanban $K_1^* = 7$, $K_2^* = 5$.

Μια πρώτη παρατήρηση είναι ότι βρίσκουμε περίπου τα ίδια βέλτιστα αποθέματα των δύο σταδίων όπως και στην περίπτωση που είχαμε άπειρο αριθμό καρτών kanban δηλαδή όπως και στην περίπτωση που είχαμε σύστημα basestock.

Έτσι κρατάμε 1 κομμάτι απόθεμα στο πρώτο στάδιο και στο δεύτερο στάδιο κρατάμε 4 κομμάτια. Γενικά φαίνεται ότι πρέπει να κρατάμε απόθεμα και στο πρώτο και στο δεύτερο στάδιο και μάλιστα το μέγεθος που βρίσκουμε για το απόθεμα του πρώτου σταδίου ($S_1^* = 1$) είναι αρκετά μικρότερο από το μέγεθος του αποθέματος για το δεύτερο στάδιο ($S_2^* = 4$). Αυτό προφανώς έχει σχέση με το γεγονός ότι έχουμε θέσει για το κόστος αποθέματος h_1 του πρώτου σταδίου μικρότερη τιμή – και μάλιστα για την ακρίβεια την μισή τιμή – από αυτή του δεύτερου σταδίου h_2 ($h_1 = 2.5$, $h_2 = 5$).

Σε σχέση με την περίπτωση 1 αυτό που αλλάζει σε αυτή την περίπτωση είναι ότι έχουμε θέσει για τις μηχανές μέσο χρόνο επεξεργασίας $k_l = Erla(0.5, 2)$. Έτσι παρατηρείται πτώση του αποθέματος που πρέπει να κρατάμε στο πρώτο και δεύτερο στάδιο (Συγκεκριμένα σε σύγκριση με την περίπτωση 1 το απόθεμα στο πρώτο στάδιο πέφτει από 3 κομμάτια σε 1 και στο δεύτερο στάδιο πέφτει από 6 σε 4 κομμάτια.

Επίσης φαίνεται ότι ενώ το βέλτιστο κόστος του συστήματος στην περίπτωση μας για το σύστημα basestock είναι $TC = 46.63$ στην περίπτωση του συστήματος μας – του extended kanban όπου πλέον έχουμε εισάγει στο σύστημα κάρτες εξουσιοδότησης kanban και για τα δύο στάδια – το βέλτιστο κόστος του συστήματος γίνεται $TC = 39.33$

4.6 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 6

Αυτή η περίπτωση έχει τα ίδια χαρακτηριστικά με την περίπτωση 2 που εξετάστηκε πιο πάνω με τη διαφορά ότι για το μέσο χρόνο επεξεργασίας κάθε τεμαχίου στις μηχανές έχουμε θέσει $\kappa_\lambda = \text{Erla}(0.5, 2)$.

Έτσι εξετάσαμε το σύστημα θεωρώντας ότι και πάλι δεν έχουμε έγκαιρη προειδοποίηση της ζήτησης και αφού του προσδώσαμε τα δεδομένα που φαίνονται και στον πίνακα 4.1 δηλ. τα εξής :

- $\sigma_\lambda = \text{Exp}(1.25)$
- $\kappa_\lambda = \text{Erla}(0.5, 2)$
- $b = 1$
- $h_1 = 5$
- $h_2 = 5$

Επειδή ο χρόνος προειδοποίησης της ζήτησης είναι μηδέν θέτουμε στα L_1, L_2 μια οποιαδήποτε τιμή ώστε να μην έχουμε καθυστέρηση σε κανένα στάδιο του συστήματος.

Ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία για να βρούμε τις βέλτιστες τιμές των S_1, S_2, K_1, K_2 : Ξεκινήσαμε από τιμές για K_1 και K_2 πάρα πολύ μεγάλες (θεωρητικά άπειρες) για τις οποίες ξέρουμε ότι το σύστημα μας είναι ισοδύναμο με ένα σύστημα Basestock και κάναμε προσομοιώσεις για διάφορα S_1, S_2 . Αυτές παρουσιάζονται στο παράρτημα Π1 στον πίνακα Π1.11 και που μερικά χαρακτηριστικά αποτελέσματα του οποίου φαίνονται στον πίνακα 4.12 που επισυνάπτεται παρακάτω.

S1	S2	h1	h2	b	Wip1	Wip2	P1	P2	D3	TC
0	5	5	5	1	5,9087	4,933	0	0,27318	6,3097	61,8841
1	4				5,9477	4,9268	0,04913	0,25194	6,4072	62,28505
2	3				5,8966	4,8232	0,18949	0,1962	6,3643	61,89175
3	3				5,9583	4,8441	0,43729	0,25535	5,6889	63,1641
3	5				5,9583	4,8441	0,43729	0,78252	4,2161	64,32715
3	8				5,9583	4,8441	0,43729	2,1396	2,5732	69,46965
4	6				5,9	4,866	0,80333	1,352	3,0915	67,69815
4	8				5,9	4,866	0,80333	2,4314	2,1709	72,17455
6	8				5,8879	5,0486	1,8485	2,8188	1,7239	79,7429
0	6				5,9087	4,933	0	0,46635	5,5029	62,04315

Πίνακας 4.12 Τιμές των διαφόρων μεταβλητών και του κόστους για άπειρα kanban (δηλαδή για σύστημα ισοδύναμο με basestock) για την περίπτωση 6.

Από αυτές λοιπόν τις προσομοιώσεις προκύπτει ότι το βέλτιστο κόστος δημιουργείται για $S_1^* = 0$ και $S_2^* = 5$ (για το σύστημα basestock λοιπόν η απάντηση για το πόσο απόθεμα ασφαλείας πρέπει να κρατάμε είναι 0 κομμάτια στο πρώτο στάδιο και 5 κομμάτια στο δεύτερο στάδιο).

Όμως εμείς εξετάζουμε ένα extended kanban σύστημα οπότε αρχίζουμε και κάνουμε προσομοιώσεις εισάγοντας αυτή τη φορά και κάρτες kanban, ξεκινώντας από τιμές μεγάλες και μειώνοντας σιγά σιγά τις τιμές τους. Έτσι για διάφορους συνδυασμούς των αποθεμάτων S_1, S_2, K_1, K_2 , δημιουργείται ένας πίνακας ο οποίος παρουσιάζεται στο παράρτημα Π1 στον πίνακα Π1.12 και του οποίου τα πιο χρήσιμα αποτελέσματα μαζί με κάποια άλλα ενδεικτικά φαίνονται στον πίνακα 4.13 που επισυνάπτεται παρακάτω:

K1'	K2'	S1	S2	K1	K2	h1	h2	b	Wip1	Wip2	P1	P2	D3	TC
8	1	0	8	8	9	5	5	1	4,789	4,648	0	1,0139	4,3672	56,6257
6	1	0	8	6	9				4,243	4,551	0	0,97345	4,7769	53,6181
8	1	0	7	8	8				4,754	4,464	0	0,70444	5,1723	54,792
7	1	0	7	7	8				4,524	4,469	0	0,67448	5,4435	53,7859
7	2	0	7	7	9				4,536	4,596	0	0,69171	5,2152	54,3367
6	1	0	7	6	8				4,217	4,425	0	0,65226	5,8092	52,2855
7	1	0	6	7	7				4,484	4,253	0	0,42439	6,2682	52,0766
6	1	0	6	6	7				4,189	4,22	0	0,40667	6,8286	50,9114
5	1	0	6	5	7				3,814	4,172	0	0,3754	7,8884	49,700

4. Διαδικασία Βελτιστοποίησης του Συστήματος

4	1	0	6	4	7			3,366	4,073	0	0,29773	10,501	49,1901
8	2	0	5	8	7			4,714	4,308	0	0,25317	6,9174	53,2992
7	2	0	5	7	7			4,484	4,253	0	0,24767	7,0915	52,0163
7	1	0	5	7	6			4,402	4,023	0	0,23943	7,6695	50,9966
6	2	0	5	6	7			4,189	4,22	0	0,23725	7,6591	50,8948
6	1	0	5	6	6			4,122	3,997	0	0,22542	8,2867	50,0123
5	2	0	5	5	7			3,814	4,172	0	0,21918	8,7322	49,7631
5	1	0	5	5	6			3,768	3,941	0	0,20219	9,6378	49,1962
4	1	0	5	4	6			3,345	3,861	0	0,14726	14,039	50,8133
8	2	1	4	9	6			4,881	4,09	0,04424	0,23073	7,2421	53,4764
7	2	1	4	8	6			4,661	4,058	0,04289	0,22942	7,1988	52,1589
7	1	1	4	8	5			4,577	3,761	0,03876	0,20884	8,5816	51,5121
6	2	1	4	7	6			4,404	4,042	0,0411	0,22373	7,7377	51,2983
6	1	1	4	7	5			4,327	3,758	0,03669	0,20214	8,7312	50,2428
5	2	1	4	6	6			4,102	4	0,03798	0,21624	8,1496	49,9337
5	1	1	4	6	5			4,053	3,718	0,03256	0,18553	10,115	50,0649
4	1	1	4	5	5			3,711	3,681	0,02602	0,15686	12,534	50,4109
8	1	2	7	10	8			5,116	4,563	0,18269	1,3293	3,6656	59,6240
7	1	2	7	9	8			5,003	4,555	0,17738	1,3036	3,8266	59,0255
6	1	2	7	8	8			4,77	4,526	0,17479	1,3001	3,9099	57,7698
8	1	2	6	10	7			5,093	4,364	0,17827	0,92128	4,4497	57,2344
8	1	2	6	10	7			5,093	4,364	0,17827	0,92128	4,4497	57,2344
7	1	2	6	9	7			4,918	4,367	0,17635	0,91454	4,5935	56,4814
6	1	2	6	8	7			4,712	4,368	0,17101	0,89834	4,7286	55,4828
7	1	2	5	9	6			4,849	4,117	0,17135	0,58388	5,5424	54,1510
7	1	2	5	9	6			4,849	4,117	0,17135	0,58388	5,5424	54,1510
6	1	2	5	8	6			4,664	4,116	0,16461	0,57064	5,8515	53,4312
5	2	2	5	7	7			4,451	4,35	0,16566	0,58503	5,5667	53,3281
8	2	2	3	10	5			4,926	3,82	0,16432	0,16921	7,8494	53,2535
7	2	2	3	9	5			4,732	3,805	0,16239	0,16916	7,7564	52,1056
7	1	2	3	9	4			4,565	3,405	0,13508	0,13409	10,268	51,4658
6	2	2	3	8	5			4,522	3,78	0,15562	0,16992	7,9891	51,1293
6	1	2	3	8	4			4,374	3,405	0,12446	0,12957	10,907	51,0756
5	2	2	3	7	5			4,323	3,775	0,14225	0,1576	8,9116	50,9038
5	1	2	3	7	4			4,199	3,399	0,10378	0,11339	13,01	52,0888
4	3	2	3	6	6			4,081	4,048	0,14913	0,17005	7,9696	50,215
4	2	2	3	6	5			4,045	3,755	0,12639	0,14565	9,7828	50,149
4	1	2	3	6	4			3,935	3,366	0,08602	0,09966	15,804	53,2434
8	2	3	6	11	8			5,252	4,668	0,42958	1,161	3,7751	61,3325
8	1	3	5	11	6			5,167	4,239	0,41	0,73393	4,826	57,5781
8	2	3	5	11	7			5,24	4,508	0,41486	0,74853	4,6362	59,1981
6	1	3	5	9	6			4,851	4,219	0,393	0,72692	4,9658	55,9179
5	1	3	5	8	6			4,647	4,245	0,38192	0,71673	5,076	54,8302
4	1	3	5	7	6			4,43	4,203	0,35504	0,68038	5,6124	53,9565
7	1	3	4	10	5			4,897	3,889	0,38762	0,42447	6,0785	54,0749
6	1	3	4	9	5			4,73	3,878	0,37497	0,42179	6,3261	53,3524
5	1	3	4	8	5			4,528	3,871	0,35687	0,41061	6,6053	52,4417

7	1	3	3	10	4			4,702	3,451	0,34573	0,19122	8,6731	52,1298
5	1	3	3	8	4			4,389	3,445	0,29164	0,17207	9,932	51,4275
4	1	3	3	7	4			4,163	3,428	0,2601	0,16151	11,15	51,2200
3	1	3	3	6	4			3,888	3,391	0,2237	0,14887	13,126	51,3868
3	1	3	2	6	3			3,681	2,833	0,00168	0,00012	571,41	603,990
2	7	3	2	5	9			3,859	4,629	0,34655	0,09372	7,8826	52,5265
1	7	3	2	4	9			3,401	4,464	0,27872	0,07892	10,246	51,3632
3	3	3	1	6	4			3,888	3,391	0,2237	0,01596	14,993	52,5893
8	2	4	5	12	7			5,335	4,583	0,77981	0,8923	3,9576	61,9881
7	1	4	5	11	6			5,175	4,336	0,74889	0,85423	4,3227	59,8993
6	1	4	5	10	6			5,012	4,329	0,74249	0,85981	4,3131	59,0321
8	1	4	3	12	4			4,908	3,531	0,67248	0,23221	8,2041	54,9280
7	1	4	3	11	4			4,845	3,537	0,63138	0,21872	8,4766	54,6401
6	1	4	3	10	4			4,696	3,523	0,61512	0,22278	8,5333	53,8233
5	1	4	3	9	4			4,526	3,518	0,57415	0,21601	8,9035	53,0798
4	1	4	3	8	4			4,372	3,503	0,52356	0,20587	9,5524	52,5815
4	2	4	3	8	5			4,505	3,962	0,65281	0,26076	6,7904	53,6942
2	8	4	1	6	9			4,212	4,836	0,70655	0,03168	7,5037	56,4388
2	7	4	1	6	8			4,193	4,684	0,68588	0,0316	7,8177	55,7961
2	5	4	1	6	6			4,108	4,234	0,60202	0,02803	8,7579	53,6216
1	7	4	1	5	8			3,826	4,584	0,62053	0,02913	8,628	53,9313
1	5	4	1	5	6			3,762	4,157	0,51589	0,02511	10,191	52,4965
1	4	4	1	5	5			3,708	3,829	0,41166	0,02077	13,163	53,0166
9	2	5	4	14	6			5,454	4,47	1,216	0,58945	4,535	63,1887
8	1	5	4	13	5			5,233	4,096	1,1813	0,55998	5,1322	60,4891
2	8	5	0	7	8			4,491	4,861	1,1388	0	7,9076	60,3656
2	7	5	0	7	7			4,441	4,657	1,1025	0	8,0029	59,0089
2	6	5	0	7	6			4,395	4,38	1,0261	0	8,6137	57,6237
2	5	5	0	7	5			4,287	4,018	0,9218	0	9,8084	55,9474
1	6	5	0	6	6			4,077	4,319	0,96194	0	9,0823	55,876
1	5	5	0	6	5			4,005	3,968	0,81428	0	10,912	54,8554
1	4	5	0	6	4			3,893	3,47	0,56366	0	15,194	54,8303

Πίνακας 4.13 Τιμές των διαφόρων μεταβλητών και του κόστους που προκύπτει για τις συνθήκες της περίπτωσης 6.

Διαπιστώνουμε ότι το βέλτιστο κόστος προκύπτει για τιμές των αποθεμάτων $S_1^* = 0$ και $S_2^* = 6$ και για τιμές των καρτών kanban $K_1^* = 4$, $K_2^* = 7$.

Μια πρώτη παρατήρηση είναι ότι βρίσκουμε τα ίδια περίπου (λίγο παραπάνω -αντί για $S_2 = 5$ βρίσκουμε $S_2 = 6$) βέλτιστα αποθέματα των δύο σταδίων όπως και στην περίπτωση που είχαμε άπειρο αριθμό καρτών kanban δηλαδή όπως και στην περίπτωση που είχαμε σύστημα basestock.

Έτσι δεν κρατάμε απόθεμα στο πρώτο στάδιο και στο δεύτερο στάδιο κρατάμε 6 κομμάτια. Η αλλαγή σε σχέση με την περίπτωση 5 για το απόθεμα – δηλαδή για το ότι αυτή τη φορά δεν πρέπει να κρατάμε καθόλου απόθεμα στο πρώτο στάδιο ενώ στο δεύτερο στάδιο συνεχίζουμε να κρατάμε και μάλιστα περισσότερο ($S_2^* = 6$) από ότι στη περίπτωση 5 -προφανώς έχει σχέση με το γεγονός ότι έχουμε θέσει για το κόστος αποθέματος h_1 του πρώτου σταδίου ίδια τιμή με του δεύτερου αυτή τη φορά. ($h_1 = 5$, $h_2 = 5$).

Σε σχέση με την περίπτωση 2 αυτό που αλλάζει σε αυτή την περίπτωση είναι ότι έχουμε θέσει για τις μηχανές χρόνο επεξεργασίας $k_l = Erla(0.5, 2)$ και παρατηρούμε μια πτώση του αποθέματος που πρέπει να κρατάμε στο πρώτο και δεύτερο στάδιο (Συγκεκριμένα σε σύγκριση με την περίπτωση 2 το απόθεμα στο δεύτερο στάδιο πέφτει από 8 σε 6 κομμάτια).

Επίσης για την περίπτωση μας φαίνεται ότι ενώ το βέλτιστο κόστος του συστήματος για basestock είναι $TC = 61,88$, στην περίπτωση του συστήματος μας – του extended kanban όπου πλέον έχουμε εισάγει στο σύστημα κάρτες εξουσιοδότησης kanban και για τα δύο στάδια – το βέλτιστο κόστος του συστήματος γίνεται $TC = 49,14$.

4.7 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 7

Αύτη τη φορά εξετάσαμε το σύστημα θεωρώντας ότι έχουμε **έγκαιρη προειδοποίηση της ζήτησης** δηλαδή εισάγουμε στο σύστημα μας $\tau > 0$ και του προσδώσαμε τα δεδομένα που φαίνονται και στον πίνακα 4.1 δηλ. τα εξής :

- $\sigma_l = \text{Exp}(1.25)$
- $\kappa_l = \text{Exp}(1.0)$
- $b = 1$
- $h_1 = 2.5$
- $h_2 = 5$

Η περίπτωση αυτή είναι η ίδια με την περίπτωση 1 με τη διαφορά ότι αυτή τη φορά εισάγουμε χρόνο προειδοποίησης τ . Αυτή τη φορά λοιπόν θέλουμε να ανακαλύψουμε πια είναι η σχέση των S^*_1, S^*_2 και K^*_1, K^*_2 με το χρόνο προειδοποίησης τ και ποιες είναι οι βέλτιστες τιμές για τους χρόνους υστέρησης του συστήματος L_1 και L_2 .

Συμπεραίνουμε ότι θα πρέπει να κρατάμε λιγότερο απόθεμα από ότι στην περίπτωση 1 γιατί πλέον έχουμε χρόνο προειδοποίησης της ζήτησης. Είναι προφανές ότι ο χρόνος προειδοποίησης της ζήτησης και το απόθεμα που κρατάμε στο σύστημα έχουν αντίστροφη λειτουργία. Έτσι είναι λογικό το ότι όσο μεγαλύτερο χρόνο προειδοποίησης έχουμε τόσο μικρότερο απόθεμα πρέπει να κρατάμε.

Έτσι ξεκινάμε τις προσομοιώσεις από μια αρχική τιμή $S_1 = 3$ και $S_2 = 6$ που είναι το βέλτιστο για το ίδιο σύστημα με $\tau = 0$ και σταδιακά το μειώνουμε ανάλογα και με το χρόνο προειδοποίησης που εισάγουμε. Για κάθε προσομοίωση εισάγουμε και διαφορετικά $kanban$ για να διαπιστώσουμε ποιος είναι ο βέλτιστος αριθμός καρτών K^*_1, K^*_2 που πρέπει να εισάγουμε κάθε φορά. Περιμένουμε λοιπόν ότι για κάποιο κρίσιμο χρόνο τ^*_1 το βέλτιστο απόθεμα θα μηδενιστεί (λογικά θα μηδενιστεί πρώτο το S^*_1) και στη συνέχεια διατηρώντας αυτό το απόθεμα μηδέν θα συνεχίσουμε την ίδια διαδικασία μέχρι να μηδενιστεί και το S^*_2 για κάποιο χρόνο που ονομάζεται κρίσιμος χρόνος τ^*_2 . Θέλουμε επίσης να βρούμε τη σχέση των L^*_1 και L^*_2 με τους κρίσιμους χρόνους τ^*_1 και τ^*_2 .

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε φαίνεται στον πίνακα 4.14 που επισυνάπτεται παρακάτω.

4. Διαδικασία Βελτιστοποίησης του Συστήματος

K1'	K2'	S1	S2	K1	K2	τ	L1	L2	h1	h2	b	Wip1	Wip2	P2	P2	D3	TC
8	2	3	6	11	8	2	10 ^b	10 ^a	2,5	5	1	6,4644	5,846	0,23331	0,7254	10,295	59,8964
9	3	2	5	11	8	2						6,4978	5,8737	0,09908	0,3911	12,533	60,3493
8	4	3	4	11	8	2						6,4432	5,8404	0,23892	0,3547	11,358	59,0389
8	3	3	5	11	8	2						6,4901	5,8408	0,23457	0,5220	11,243	59,8688
9	2	2	6	11	8	2						6,4747	5,8146	0,10304	0,5852	11,518	59,9615
10	4	1	4	11	8	2						6,4862	5,8395	0,02762	0,1728	13,418	59,7642
9	4	2	4	11	8	2						6,4731	5,8642	0,10038	0,2538	13,059	60,0828
10	3	1	5	11	8	2						6,4925	5,8618	0,02748	0,2744	12,78	59,7612
11	4	0	4	11	8	2						6,463	5,8037	0	0,1059	14,388	60,0937
11	3	0	5	11	8	2						6,463	5,8037	0	0,1851	13,467	59,5687
11	5	0	3	11	8	2						6,463	5,8037	0	0,0531	15,335	60,7766
10	1	1	7	11	8	2						6,4624	5,8336	0,02861	0,6008	11,011	59,4106
10	2	1	6	11	8	2						6,5279	5,8525	0,02771	0,41088	12,222	59,9279
11	2	0	6	11	8	2						6,513	5,8396	0	0,28578	13,303	60,2124
11	1	0	7	11	8	2						6,5041	5,8076	0	0,43378	11,931	59,3981
7	4	3	4	10	8	2						6,241	5,8576	0,21674	0,32833	12,879	59,953
10	1	0	7	10	8	2						6,272	5,7768	0	0,41746	12,54	59,1913
9	1	1	7	10	8	2						6,3178	5,7978	0,02503	0,55214	11,944	59,5507
6	4	3	4	9	8	2						5,9668	5,83	0,19243	0,30312	14,632	60,6956
8	4	1	4	9	8	2						6,0071	5,785	0,02299	0,1511	16,612	61,3677
10	4	3	4	13	8	2						6,8292	5,8916	0,26026	0,36308	10,727	59,7240
10	4	1	4	11	8	3						6,5302	5,8534	0,02727	0,2355	13,052	59,8901
9	4	2	4	11	8	3						6,4779	5,8346	0,10143	0,35846	12,256	59,6696
11	5	0	3	11	8	3						6,463	5,8037	0	0,0839	14,566	60,1615
10	5	1	3	11	8	3						6,4862	5,8395	0,02762	0,14439	13,589	59,793
9	5	2	3	11	8	3						6,4804	5,8585	0,10033	0,21879	13,219	60,0572
11	4	0	4	11	8	3						6,463	5,8037	0	0,19547	13,638	59,7913
8	4	3	4	11	8	3						6,4866	5,9076	0,2252	0,44402	11,457	59,9946
13	4	0	4	13	8	3						6,8264	5,8491	0	0,16411	12,857	59,9890
10	4	3	4	13	8	3						6,8157	5,9138	0,25944	0,49073	10,113	59,8235
6	4	3	4	9	8	3						6,0481	5,7918	0,18423	0,39667	14,385	60,9081
8	4	1	4	9	8	3						6,0014	5,7763	0,02326	0,21431	15,794	60,8087
9	4	0	4	9	8	3						6,0158	5,7993	0	0,12978	17,132	61,8169
9	5	0	3	9	8	3						6,0158	5,7993	0	0,07022	18,072	62,4591
10	4	1	4	11	8	4						6,4681	5,8222	0,02884	0,34143	12,277	59,3375
11	5	0	3	11	8	4						6,463	5,8037	0	0,12754	13,81	59,6237
10	5	1	3	11	8	4						6,4505	5,826	0,02852	0,21561	12,891	59,2966
11	4	0	4	11	8	4						6,451	5,7966	0	0,22475	12,771	59,0052
11	6	0	2	11	8	4						6,463	5,8037	0	0,06366	14,747	60,2413
11	7	0	1	11	8	4						6,463	5,8037	0	0,02464	15,707	61,0062
11	8	0	0	11	8	4						6,463	5,8037	0	0,0048	16,688	61,888
12	4	1	4	13	8	4						6,7744	5,8482	0,03249	0,36364	10,976	59,0524
12	5	1	3	13	8	4						6,7641	5,8316	0,03267	0,23248	11,606	58,9183
13	4	0	4	13	8	4						6,8217	5,8629	0	0,22873	12,236	59,7484
13	5	0	3	13	8	4						6,8069	5,8452	0	0,13583	12,956	59,8784
13	6	0	2	13	8	4						6,8069	5,8452	0	0,0682	13,889	60,4732
13	7	0	1	13	8	4						6,8069	5,8452	0	0,02661	14,847	61,2233
13	8	0	0	13	8	4						6,8069	5,8452	0	0,00522	15,826	62,0953
9	4	0	5	9	9	4						6,0353	6,1048	0	0,33467	12,526	59,8116
9	5	0	4	9	9	4						6,0289	6,067	0	0,21884	13,255	59,7564

4. Διαδικασία Βελτιστοποίησης του Συστήματος

9	6	0	3	9	9	4					6,0289	6,067	0	0,12706	14,163	60,2055
8	4	1	4	9	8	4					6,0031	5,7596	0,02344	0,2991	14,962	60,3218
8	5	1	3	9	8	4					5,9833	5,7992	0,02325	0,1826	15,935	60,8603
9	4	0	4	9	8	4					6,0092	5,7818	0	0,18787	16,214	61,0853
9	5	0	3	9	8	4					6,0255	5,7981	0	0,10631	17,195	61,7808
9	6	0	2	9	8	4					6,0158	5,7993	0	0,05348	18,255	62,5584
9	7	0	1	9	8	4					6,0158	5,7993	0	0,02092	19,222	63,3626
9	8	0	0	9	8	4					6,0158	5,7993	0	0,00412	20,206	64,2626
11	5	0	3	11	8	5					6,4748	5,8157	0	0,18535	13,038	59,2302
10	5	1	3	11	8	5					6,4601	5,8087	0,02931	0,37331	12,203	59,3365
11	4	0	4	11	8	5					6,5047	5,8168	0	0,2991	13,045	59,8862
11	8	0	0	11	8	5					6,463	5,8037	0	0,01303	15,896	61,1371
10	8	1	0	11	8	5					6,4862	5,8395	0,02762	0,03857	14,882	60,5569
12	4	1	4	13	8	5					6,9165	5,8827	0,03061	0,45451	10,73	59,7838
13	4	0	4	13	8	5					6,8562	5,8777	0	0,31271	11,805	59,8975
13	5	0	3	13	8	5					6,8118	5,855	0	0,19653	12,286	59,5731
13	6	0	2	13	8	5					6,8124	5,8452	0	0,10833	13,129	59,9276
13	7	0	1	13	8	5					6,8069	5,8452	0	0,04867	14,069	60,5556
13	8	0	0	13	8	5					6,8069	5,8452	0	0,01412	15,035	61,3488
8	4	1	4	9	8	5					5,9868	5,7797	0,02347	0,38924	13,963	59,8333
8	5	1	3	9	8	5					6,0043	5,8055	0,02269	0,24873	15,477	60,8156
9	4	0	4	9	8	5					6,025	5,7918	0	0,25604	15,948	61,2497
9	5	0	3	9	8	5					6,0076	5,7922	0	0,15757	16,184	60,9518
9	6	0	2	9	8	5					6,0255	5,7981	0	0,08466	17,373	61,8505
9	7	0	1	9	8	5					6,0158	5,7993	0	0,03819	18,439	62,6659
9	8	0	0	9	8	5					6,0158	5,7993	0	0,01108	19,412	63,5034
11	3	0	5	11	8	6					6,5265	5,8285	0	0,5687	10,828	59,1302
11	5	0	3	11	8	6					6,4493	5,8039	0	0,27017	12,392	58,8856
11	6	0	2	11	8	6					6,4763	5,8221	0	0,15343	13,362	59,4304
11	7	0	1	11	8	6					6,4752	5,8127	0	0,077	14,221	59,8575
11	8	0	0	11	8	6					6,463	5,8037	0	0,02889	15,113	60,4334
13	4	0	4	13	8	6					6,8129	5,8023	0	0,49239	10,398	58,9037
13	5	0	3	13	8	6					6,8643	5,8576	0	0,27372	11,541	59,3583
13	6	0	2	13	8	6					6,8101	5,841	0	0,16391	12,413	59,4628
13	7	0	1	13	8	6					6,8291	5,8572	0	0,08184	13,402	60,1699
13	8	0	0	13	8	6					6,8069	5,8452	0	0,03112	14,252	60,6508
9	4	0	4	9	8	6					5,9825	5,8001	0	0,35177	14,821	60,5366
9	5	0	3	9	8	6					6,0214	5,7576	0	0,23016	15,03	60,0223
9	6	0	2	9	8	6					6,0174	5,7898	0	0,12993	16,428	61,0701
9	7	0	1	9	8	6					6,0158	5,7993	0	0,06503	17,665	62,0261
9	8	0	0	9	8	6					6,0158	5,7993	0	0,02431	18,625	62,7825
11	3	0	5	11	8	7					6,4911	5,7935	0	0,72573	9,9717	58,7956
11	5	0	3	11	8	7					6,4656	5,8374	0	0,35695	11,853	58,9887
11	6	0	2	11	8	7					6,5027	5,8367	0	0,21854	12,794	59,3269
11	8	0	0	11	8	7					6,4665	5,8053	0	0,05542	14,314	59,7838
11	7	0	1	11	8	7					6,4395	5,8126	0	0,12501	13,376	59,1628
13	6	0	2	13	8	7					6,8235	5,8475	0	0,24124	11,642	59,1444
13	7	0	1	13	8	7					6,7803	5,867	0	0,13224	12,494	59,4409
13	8	0	0	13	8	7					6,8069	5,8452	0	0,05965	13,481	60,0225
9	5	0	3	9	8	7					6,0137	5,7631	0	0,31429	14,707	60,1282
9	6	0	2	9	8	7					5,974	5,7715	0	0,19997	15,595	60,3873
9	7	0	1	9	8	7					5,9905	5,7666	0	0,10824	16,061	60,4114

9	8	0	0	9	8	7					6,0158	5,7993	0	0,04653	17,846	62,1146
9	5	0	1	9	6	7					5,922	5,0125	0	0,04903	37,505	77,6176
11	5	0	3	11	8	8					6,4661	5,797	0	0,47543	11,006	58,5334
11	6	0	2	11	8	8					6,4829	5,8532	0	0,3026	12,363	59,3492
11	7	0	1	11	8	8					6,4633	5,8268	0	0,19026	13,26	59,5035
11	8	0	0	11	8	8					6,4777	5,8161	0	0,09489	13,741	59,4902
13	5	0	3	13	8	8					6,8135	5,8498	0	0,50853	10,239	59,0644
13	6	0	2	13	8	8					6,8481	5,8308	0	0,33486	11,017	58,9655
13	7	0	1	13	8	8					6,8102	5,8518	0	0,19904	11,802	59,0817
13	8	0	0	13	8	8					6,785	5,8562	0	0,10379	12,599	59,3614
9	5	0	3	9	8	8					6,0576	5,7948	0	0,39121	15,567	61,6410
9	6	0	2	9	8	8					5,9846	5,7626	0	0,27509	14,845	59,9949
9	7	0	1	9	8	8					5,9507	5,7416	0	0,17174	14,924	59,3674
9	8	0	0	9	8	8					5,9995	5,7639	0	0,08491	16,312	60,5548
11	7	0	1	11	8	9					6,4717	5,7862	0	0,28007	12,173	58,6836
11	8	0	0	11	8	9					6,5031	5,8157	0	0,15135	13,253	59,346
11	6	0	2	11	8	9					6,4487	5,7963	0	0,43451	11,298	58,5738
13	6	0	2	13	8	9					6,83	5,8433	0	0,45476	10,335	58,9003
13	8	0	0	13	8	9					6,8301	5,8634	0	0,16235	12,012	59,216
9	6	0	2	9	8	9					6,0089	5,7887	0	0,35786	13,877	59,6320
9	7	0	1	9	8	9					6,0104	5,8012	0	0,22824	15,45	60,6232
9	8	0	0	9	8	9					5,9949	5,7568	0	0,13478	14,796	59,2411
11	7	0	1	11	8	10					6,4511	5,7966	0	0,38249	11,017	58,0402
11	8	0	0	11	8	10					6,4698	5,835	0	0,22816	12,444	58,9343
13	7	0	1	13	8	10					6,742	5,8408	0	0,41415	10,219	58,3487
9	7	0	1	9	8	10					6,023	5,7773	0	0,32138	13,974	59,5249
9	8	0	0	9	8	10					5,9366	5,7579	0	0,20855	14,14	58,8137
11	6	0	2	11	8	11					6,4974	5,8016	0	0,6931	10,153	58,87
11	7	0	1	11	8	11					6,4923	5,824	0	0,50173	11,526	59,3854
11	8	0	0	11	8	11					6,4704	5,8006	0	0,3273	11,786	58,6015
13	8	0	0	13	8	11					6,8723	5,8813	0	0,34178	10,839	59,1351
9	7	0	1	9	8	11					6,0109	5,7703	0	0,43031	13,642	59,6723
9	8	0	0	9	8	11					6,0104	5,7957	0	0,27764	14,344	59,7367

Πίνακας 4.14 Τιμές των διαφόρων μεταβλητών και του κόστους που προκύπτει για τις συνθήκες της περίπτωσης 7.

Έτσι βλέπουμε ότι το βέλτιστο κόστος για το σύστημα μας ανάλογα με το χρόνο προειδοποίησης προκύπτει για τις εξής τιμές των αποθεμάτων και των καρτών kanban που παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 4.15

τ	S_1^*	S_2^*	K_1^*	K_2^*
0	3	3	6	11
2	3	3	4	11
3	2	2	4	11
4	0	0	4	11
5	0	0	3	11
6	0	0	3	11
7	0	0	3	11
8	0	0	3	11
9	0	0	2	11
10	0	0	1	11
11	0	0	0	11

Πίνακας 4.15 Βέλτιστες τιμές των S_1^* , S_2^* και K_1^* , K_2^* για διάφορους χρόνους προειδοποίησης τ

Παρατηρούμαι ότι ο βέλτιστος αριθμός των καρτών kanban είναι $K_1^* = 11$ και $K_2^* = 8$ για όλους τους χρόνους προειδοποίησης τ και ότι είναι ίδιος με την περίπτωση που δεν έχουμε χρόνο προειδοποίησης τ . Έτσι σύμφωνα και με τα προηγούμενα ο κρίσιμος χρόνος τ_1^* (δηλαδή ο χρόνος για τον οποίο το S_1^* γίνεται για πρώτη φορά μηδέν) είναι $\tau_1^* = 4$ ενώ ο κρίσιμος χρόνος τ_2^* (για τον οποίο το απόθεμα S_2^* γίνεται μηδέν για πρώτη φορά) είναι $\tau_2^* = 11$.

Επίσης πιο συγκεκριμένα μπορούμε να πούμε τα εξής για την περίπτωση αυτή:

- Αν $0 < \tau < \tau_1^*$ τότε $S_1^* > 0$, $S_2^* > 0$ άρα δεν έχουμε καθυστέρηση σε κανένα από τα δύο στάδια οπότε $\tau_1^* \leq L_2^*$ και $L_1^* + L_2^* \geq \tau_1^*$
- Αν $\tau_1^* < \tau < \tau_2^*$ τότε $S_1^* = 0$ και $S_2^* > 0$ και δεν έχουμε καθυστέρηση σε κανένα από τα δύο στάδια (αφού $k_2 \geq k_1$) οπότε $\tau_1^* \leq L_2^*$ και $L_1^* + L_2^* \geq \tau_1^*$
- Αν $\tau > \tau_2^*$ τότε $S_1^* = S_2^* = 0$. Άρα θα αρχίσουμε να εισάγουμε καθυστέρηση στο δεύτερο στάδιο οπότε $L_2^* = \tau_2^*$. Για την καθυστέρηση στο πρώτο στάδιο (k_1) ισχύει ότι πρέπει να είναι $k_1 = k_2$ οπότε συμπεραίνουμε ότι $L_1^* = 0$.

4.8 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 8

Και αυτή τη φορά εξετάσαμε το σύστημα θεωρώντας ότι έχουμε έγκαιρη προειδοποίηση της ζήτησης δηλαδή εισάγουμε στο σύστημα μας $\tau > 0$ και του προσδώσαμε τα δεδομένα που φαίνονται και στον πίνακα 4.1 δηλ. τα εξής :

- $\sigma_\lambda = \text{Exp}(1.25)$
- $\kappa_\lambda = \text{Exp}(1.0)$
- $b = 1$
- $h_1 = 5$
- $h_2 = 5$

Η περίπτωση αυτή είναι η ίδια με την περίπτωση 2 με τη διαφορά ότι αυτή τη φορά εισάγουμε χρόνο προειδοποίησης τ . Επίσης είναι ίδια με την περίπτωση 7 με τη διαφορά ότι το κόστος διατήρησης της μονάδας αποθέματος για το πρώτο στάδιο είναι πλέον ίδιο με αυτό του δεύτερου σταδίου ($h_1 = h_2 = 5$) Αυτή τη φορά λοιπόν θέλουμε να ανακαλύψουμε πια είναι η σχέση των S_1^* , S_2^* και K_1^* , K_2^* με το χρόνο προειδοποίησης τ και ποιες είναι οι βέλτιστες τιμές για τους χρόνους υστέρησης του συστήματος L_1 και L_2 .

Συμπεραίνουμε ότι θα πρέπει να κρατάμε λιγότερο απόθεμα από ότι στην περίπτωση 2 γιατί πλέον έχουμε χρόνο προειδοποίησης της ζήτησης.

Έτσι ξεκινάμε τις προσομοιώσεις με την ίδια λογική όπως στην περίπτωση 7 από μια αρχική τιμή $S_1 = 0$ και $S_2 = 8$ που είναι το βέλτιστο για το ίδιο σύστημα με $\tau = 0$ και σταδιακά μειώνουμε το απόθεμα S_2 ανάλογα και με το χρόνο προειδοποίησης που εισάγουμε. Για κάθε προσομοίωση εισάγουμε και διαφορετικά κ για να διαπιστώσουμε ποιος είναι ο βέλτιστος αριθμός καρτών K_1^* , K_2^* που πρέπει να εισάγουμε κάθε φορά. Περιμένουμε λοιπόν ότι για κάποιο κρίσιμο χρόνο τ^* το βέλτιστο απόθεμα S_2^* θα μηδενιστεί. Θέλουμε επίσης να βρούμε τη σχέση των L_1^* και L_2^* με το κρίσιμο χρόνο τ^* .

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε φαίνεται στον πίνακα 4.15 που επισυνάπτεται παρακάτω.

K1'	K2'	S1	S2	K1	K2	τ	L1	L2	h1	h2	b	Wip1	Wip2	P1	P2	D3	TC
11	5	0	3	11	8	4						6,463	5,8037	0	0,12754	13,81	75,7812
11	4	0	4	11	8	4						6,451	5,7966	0	0,22475	12,771	75,13275
11	6	0	2	11	8	4						6,463	5,8037	0	0,06366	14,747	76,3988
11	7	0	1	11	8	4						6,463	5,8037	0	0,02464	15,707	77,1637
11	8	0	0	11	8	4						6,463	5,8037	0	0,0048	16,688	78,0455
13	4	0	4	13	8	4						6,8217	5,8629	0	0,22873	12,236	76,80265
13	5	0	3	13	8	4						6,8069	5,8452	0	0,13583	12,956	76,89565
13	6	0	2	13	8	4						6,8069	5,8452	0	0,0682	13,889	77,4905
13	7	0	1	13	8	4						6,8069	5,8452	0	0,02661	14,847	78,24055
13	8	0	0	13	8	4						6,8069	5,8452	0	0,00522	15,826	79,1126
9	4	0	4	9	8	4						6,0092	5,7818	0	0,18787	16,214	76,10835
9	5	0	3	9	8	4						6,0255	5,7981	0	0,10631	17,195	76,84455
9	6	0	2	9	8	4						6,0158	5,7993	0	0,05348	18,255	77,5979
9	7	0	1	9	8	4						6,0158	5,7993	0	0,02092	19,222	78,4021
9	8	0	0	9	8	4						6,0158	5,7993	0	0,00412	20,206	79,3021
9	3	0	6	9	9	4						6,0163	6,018	0	0,52122	11,134	73,9116
9	4	0	5	9	9	4						6,0353	6,1048	0	0,33467	12,526	74,89985
9	5	0	4	9	9	4						6,0289	6,067	0	0,21884	13,255	74,8287
9	6	0	3	9	9	4						6,0289	6,067	0	0,12706	14,163	75,2778
11	3	0	5	11	8	5						6,4473	5,7666	0	0,48025	11,389	74,85975
11	5	0	3	11	8	5						6,4748	5,8157	0	0,18535	13,038	75,41725
11	4	0	4	11	8	5						6,5047	5,8168	0	0,2991	13,045	76,148
11	8	0	0	11	8	5						6,463	5,8037	0	0,01303	15,896	77,29465
13	4	0	4	13	8	5						6,8562	5,8777	0	0,31271	11,805	77,03805
13	5	0	3	13	8	5						6,8118	5,855	0	0,19653	12,286	76,60265
13	6	0	2	13	8	5						6,8124	5,8452	0	0,10833	13,129	76,95865
13	7	0	1	13	8	5						6,8069	5,8452	0	0,04867	14,069	77,57285
13	8	0	0	13	8	5						6,8069	5,8452	0	0,01412	15,035	78,3661
9	3	0	6	9	9	5						6,0387	6,0771	0	0,63444	11,455	75,2062
9	4	0	5	9	9	5						6,0089	6,0661	0	0,45877	11,823	74,49185
9	5	0	4	9	9	5						6,0293	6,0844	0	0,29834	12,891	74,9512
9	4	0	4	9	8	5						6,025	5,7918	0	0,25604	15,948	76,3122
9	5	0	3	9	8	5						6,0076	5,7922	0	0,15757	16,184	75,97085
9	6	0	2	9	8	5						6,0255	5,7981	0	0,08466	17,373	76,9143
9	7	0	1	9	8	5						6,0158	5,7993	0	0,03819	18,439	77,70545
9	8	0	0	9	8	5						6,0158	5,7993	0	0,01108	19,412	78,5429
11	3	0	5	11	8	6						6,5265	5,8285	0	0,5687	10,828	75,4465
11	5	0	3	11	8	6						6,4493	5,8039	0	0,27617	12,392	75,03885
11	6	0	2	11	8	6						6,4763	5,8221	0	0,15343	13,362	75,62115
11	7	0	1	11	8	6						6,4752	5,8127	0	0,077	14,221	76,0455
11	8	0	0	11	8	6						6,463	5,8037	0	0,02889	15,113	76,59095
13	4	0	4	13	8	6						6,8129	5,8023	0	0,45239	10,398	75,73595
13	5	0	3	13	8	6						6,8643	5,8576	0	0,27372	11,541	76,5191
13	6	0	2	13	8	6						6,8101	5,841	0	0,16391	12,413	76,48805
13	7	0	1	13	8	6						6,8291	5,8572	0	0,08184	13,402	77,2427
13	8	0	0	13	8	6						6,8069	5,8452	0	0,03112	14,252	77,6681
9	4	0	5	9	9	6						6,0709	6,101	0	0,56349	11,489	75,16595
9	5	0	4	9	9	6						6,0601	6,0874	0	0,38918	12,473	75,1564
9	6	0	3	9	9	6						6,0523	6,1024	0	0,25145	12,99	75,02075
9	7	0	2	9	9	6						6,0176	6,0469	0	0,15595	13,287	74,38925
9	8	0	1	9	9	6						6,0289	6,067	0	0,0779	14,515	75,384

9	9	0	0	9	9	6					6,0289	6,067	0	0,02943	15,467	76,09365
9	4	0	4	9	8	6					5,9825	5,8001	0	0,35177	14,821	75,49285
9	5	0	3	9	8	6					6,0214	5,7576	0	0,23016	15,03	75,0758
9	6	0	2	9	8	6					6,0174	5,7898	0	0,12993	16,428	76,11365
9	7	0	1	9	8	6					6,0158	5,7993	0	0,06503	17,665	77,06565
9	8	0	0	9	8	6					6,0158	5,7993	0	0,02431	18,625	77,82205
11	5	0	3	11	8	7					6,4656	5,8374	0	0,35695	11,853	75,15275
11	6	0	2	11	8	7					6,5027	5,8367	0	0,21854	12,794	75,5837
11	7	0	1	11	8	7					6,4395	5,8126	0	0,12501	13,376	75,26155
11	8	0	0	11	8	7					6,4665	5,8053	0	0,05542	14,314	75,9501
13	5	0	3	13	8	7					6,8362	5,8508	0	0,38137	10,661	76,00285
13	6	0	2	13	8	7					6,8235	5,8475	0	0,24124	11,642	76,2032
13	7	0	1	13	8	7					6,7803	5,867	0	0,13224	12,494	76,3917
13	8	0	0	13	8	7					6,8069	5,8452	0	0,05965	13,481	77,03975
9	7	0	2	9	9	7					6,0215	6,0432	0	0,22706	12,614	74,0728
9	8	0	1	9	9	7					6,0181	6,0466	0	0,12613	13,388	74,34215
9	9	0	0	9	9	7					6,0289	6,067	0	0,0559	14,694	75,453
9	5	0	3	9	8	7					6,0137	5,7631	0	0,31429	14,707	75,16245
9	6	0	2	9	8	7					5,974	5,7715	0	0,19997	15,595	75,32235
9	7	0	1	9	8	7					5,9905	5,7666	0	0,10824	16,061	75,3877
9	8	0	0	9	8	7					6,0158	5,7993	0	0,04653	17,846	77,15415
9	5	0	1	9	6	7					5,922	5,0125	0	0,04903	37,505	92,42265
11	5	0	3	11	8	8					6,4761	5,797	0	0,47543	11,006	74,74865
11	6	0	2	11	8	8					6,4829	5,8532	0	0,3026	12,363	75,5565
11	7	0	1	11	8	8					6,4633	5,8268	0	0,19026	13,26	75,6618
11	8	0	0	11	8	8					6,4777	5,8161	0	0,09489	13,741	75,68445
13	5	0	3	13	8	8					6,8135	5,8498	0	0,50853	10,239	76,09815
13	6	0	2	13	8	8					6,8481	5,8308	0	0,33486	11,017	76,0858
13	7	0	1	13	8	8					6,8102	5,8518	0	0,19904	11,802	76,1072
13	8	0	0	13	8	8					6,785	5,8562	0	0,10379	12,599	76,32395
9	7	0	2	9	9	8					6,0752	3,111	0	0,29931	12,946	60,37355
9	8	0	1	9	9	8					6,0329	6,074	0	0,18779	13,167	74,64045
9	9	0	0	9	9	8					6,0283	6,0674	0	0,09613	13,934	74,89315
9	5	0	3	9	8	8					6,0576	5,7948	0	0,39121	15,567	76,78505
9	8	0	0	9	8	8					5,9995	5,7639	0	0,08491	16,312	75,55355
11	7	0	1	11	8	9					6,4717	5,7862	0	0,28007	12,173	74,86285
11	8	0	0	11	8	9					6,5031	5,8157	0	0,15135	13,253	75,60375
11	6	0	2	11	8	9					6,4487	5,7963	0	0,43451	11,298	74,69555
13	6	0	2	13	8	9					6,83	5,8433	0	0,45476	10,335	75,9753
13	7	0	1	13	8	9					6,799	5,8337	0	0,29167	10,87	75,49185
13	8	0	0	13	8	9					6,8301	5,8634	0	0,16235	12,012	76,29125
9	7	0	2	9	9	9					6,0897	6,0932	0	0,43903	11,82	74,92985
9	8	0	1	9	9	9					6,055	6,087	0	0,26408	12,836	74,8664
9	9	0	0	9	9	9					6,0141	6,0711	0	0,15458	13,333	74,5319
9	7	0	1	9	8	9					6,0104	5,8012	0	0,22824	15,45	75,6492

Πίνακας 4.16 Τιμές των διαφόρων μεταβλητών και του κόστους που προκύπτει για τις συνθήκες της περίπτωσης 7.

Έτσι βλέπουμε ότι το βέλτιστο κόστος για το σύστημα μας ανάλογα με το χρόνο προειδοποίησης προκύπτει για τις εξής τιμές των αποθεμάτων και των καρτών kanban που παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 4.17

τ	S_1^*	S_2^*	K_1^*	K_2^*
0	0	8	9	9
4	0	6	9	9
5	0	5	9	9
6	0	2	9	9
7	0	2	9	9
8	0	1	9	9
9	0	0	9	9

Πίνακας 4.15 Βέλτιστες τιμές των S_1^* , S_2^* και K_1^* , K_2^* για διάφορους χρόνους προειδοποίησης τ

Παρατηρούμαι ότι ο βέλτιστος αριθμός των καρτών kanban είναι $K_1^* = 9$ και $K_2^* = 9$ για όλους τους χρόνους προειδοποίησης τ και ότι είναι ίδιος με την περίπτωση που δεν έχουμε χρόνο προειδοποίησης τ . Έτσι σύμφωνα και με τα προηγούμενα ο κρίσιμος χρόνος τ^* (δηλαδή ο χρόνος για τον οποίο το S_2^* γίνεται για πρώτη φορά μηδέν) είναι $\tau^* = 9$.

Επίσης πιο συγκεκριμένα μπορούμε να πούμε τα εξής για την περίπτωση αυτή:

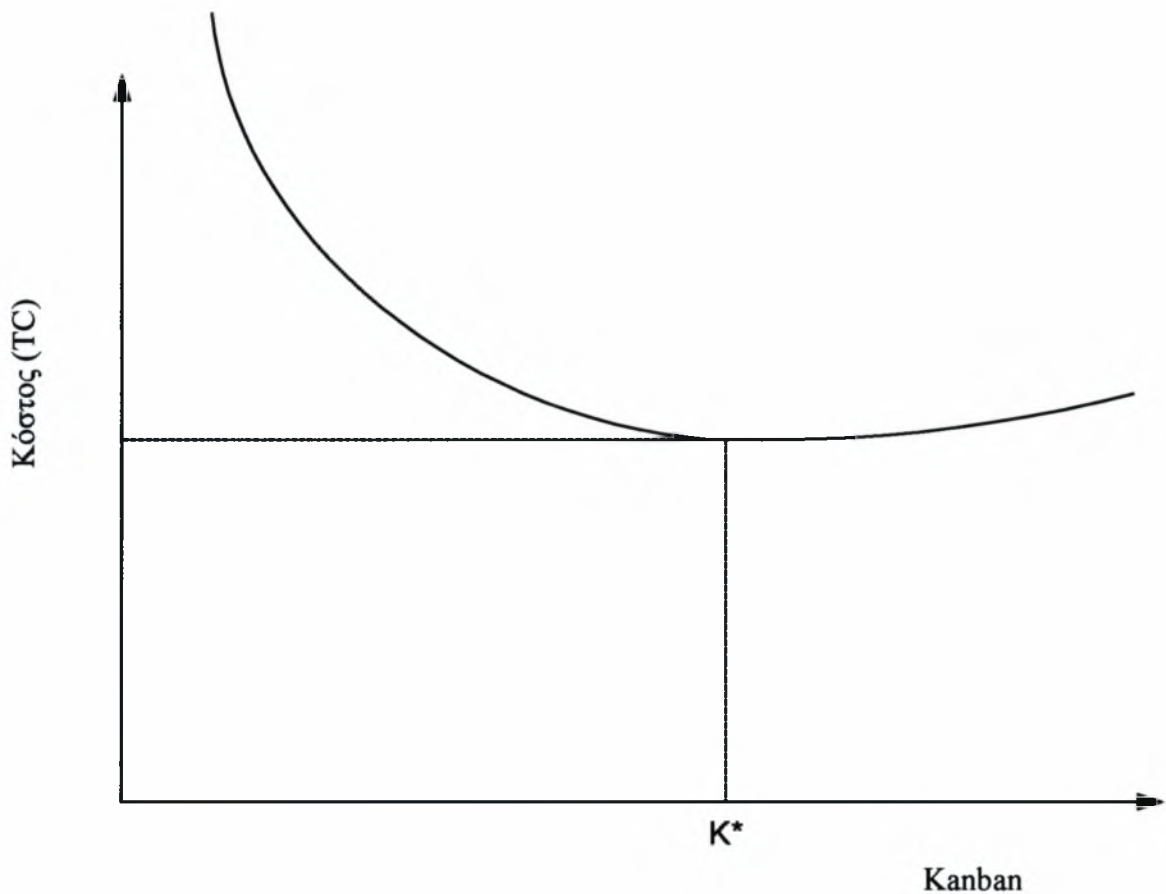
- Αν $0 < \tau < \tau^*$ τότε $S_1^* = 0$, $S_2^* > 0$ ισχύει ότι $k_2 \geq k_1$ και αφού $k_2 = 0$ δεν έχουμε καθυστέρηση σε κανένα από τα δύο στάδια οπότε $\tau^* \leq L_2^*$ και $L_1^* + L_2^* \geq \tau^*$
- $\tau > \tau^*$ τότε $S_1^* = S_2^* = 0$. Άρα θα αρχίσουμε να εισάγουμε καθυστέρηση στο δεύτερο στάδιο οπότε $L_2^* = \tau^*$. Για την καθυστέρηση στο πρώτο στάδιο (k_1) ισχύει ότι πρέπει να είναι $k_1 = k_2$ οπότε συμπεραίνουμε ότι $L_1^* = 0$.

5.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η διαδικασία βελτιστοποίησης του συστήματός μας η οποία παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 4 της παρούσας διπλωματικής εργασίας οδήγησε στην εξαγωγή ορισμένων χρήσιμων συμπερασμάτων γύρω από τη λειτουργία του τα οποία θα αναλύσουμε στη συνέχεια.

Όπως έχει αναφερθεί το σύστημα extended kanban περιλαμβάνει το σύστημα basestock ως ειδική περίπτωση αν θέσουμε αριθμό καρτών kanban πάρα πολύ μεγάλο (θεωρητικά άπειρα kanban). Έτσι παρατηρήθηκε κατά τη διάρκεια της διεξαγωγής των προσομοιώσεων **σε όλες τις περιπτώσεις** ότι η σταδιακή εισαγωγή καρτών στο σύστημα (δηλ. στο extended kanban)- ξεκινώντας από τις πολύ μεγάλες τιμές για τις οποίες το σύστημα λειτουργεί σαν basestock - αρχίζει και μειώνει το κόστος με αποτέλεσμα αυτό να παρουσιάζει σταδιακά μικρότερη τιμή και να πετυχαίνουμε



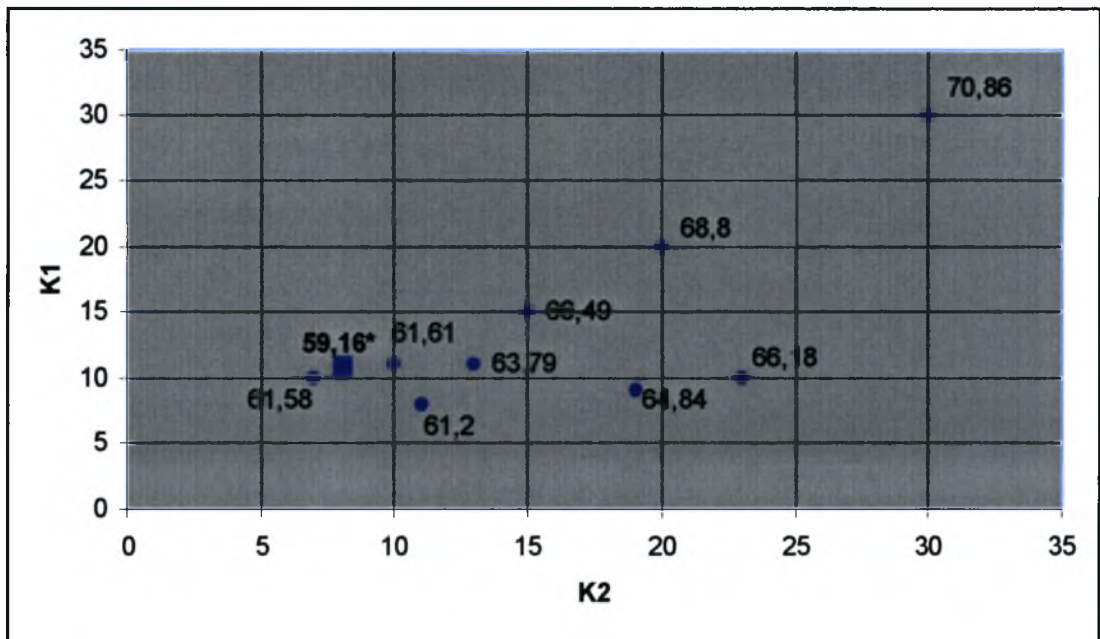
Διάγραμμα 5.1 «Ποιοτική» συμπεριφορά του κόστους του συστήματος συναρτήσει των καρτών εξουσιοδότησης Kanban.

έτσι ακόμα μεγαλύτερη ελαχιστοποίηση του- προφανώς με βέλτιστο κόστος αυτό που προκύπτει για το βέλτιστο συνδυασμό αποθέματος. Από τις προσομοιώσεις που διεξήχθησαν παρατηρήθηκε επίσης ότι αν συνεχίσουμε να μειώνουμε τον αριθμό των καρτών πέρα από την τιμή που παρουσιάζεται βελτιστοποίηση το κόστος αρχίζει να αυξάνεται και πάλι και τότε θα χρειάζεται να αυξήσουμε το απόθεμα για να μπορεί να ικανοποιηθεί η ζήτηση . Αυτό βέβαια φαίνεται ότι έχει επιπτώσεις στο κόστος αφού αυτό παρουσιάζει μεγάλη αύξηση. Αυτό που συμβαίνει φαίνεται ποιοτικά στο παραπάνω διάγραμμα 5.1.

Πιο αναλυτικά για τις περιπτώσεις που αναλύσαμε παρατηρήθηκαν τα εξής:

Για την **περίπτωση 1** όπου το σύστημα Extended Kanban που εξετάζουμε **δεν έχει χρόνο προειδοποίησης της ζήτησης** , έχει μέσο χρόνο άφιξης των ζητήσεων $exp(1)$, μέσο χρόνο επεξεργασίας κάθε μηχανής $exp(1)$, κόστος ανά μονάδα αποθέματος 2,5 και 5 αντίστοιχα για τα δύο στάδια και κόστος ανά μονάδα έλλειψης της ζήτησης 1 διαπιστώσαμε τα παρακάτω.

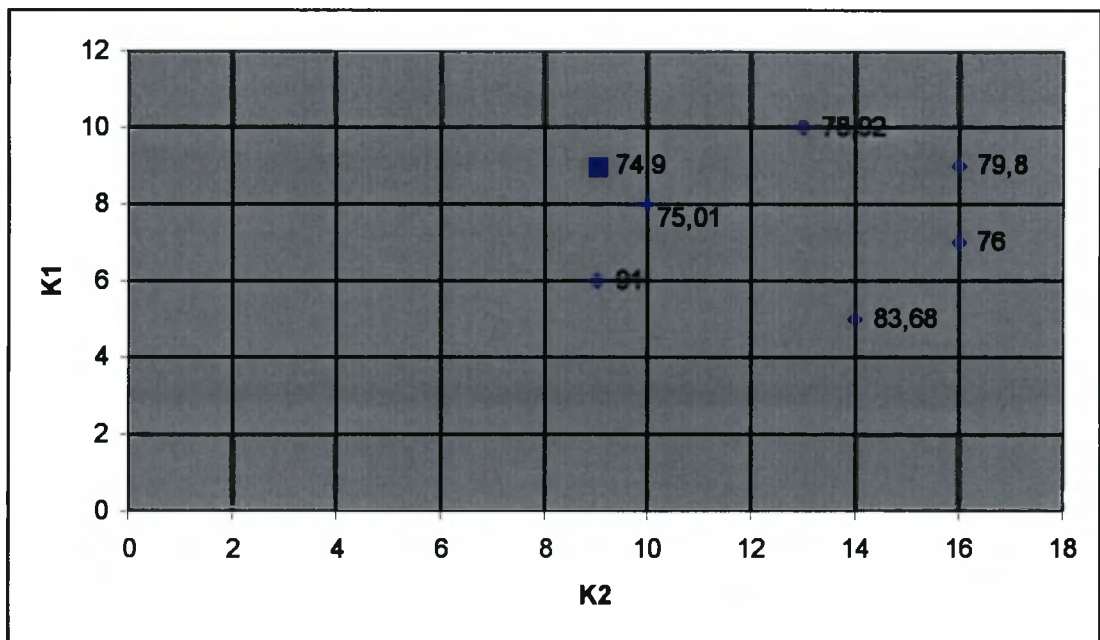
Πρέπει να διατηρούμε απόθεμα και στα δύο στάδια και μάλιστα στο δεύτερο στάδιο το διπλάσιο από ότι στο πρώτο (Συγκεκριμένα η προσομοίωση έδειξε ότι πρέπει να κρατάμε 3 τεμάχια στο πρώτο και 6 στο δεύτερο στάδιο) και είναι προφανές ότι σε αυτό σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν οι τιμές που έχουμε ορίσει για τα h_1, h_2 ($h_1=h_2$) και b . Αυτό συμβαίνει για ένα βέλτιστο συνδυασμό καρτών kanban που συγκεκριμένα βρέθηκαν 11 κάρτες για το πρώτο και 8 για το δεύτερο. Συνδυασμοί των kanban με μεγαλύτερες τιμές από αυτές είχαν ως αποτέλεσμα μεγαλύτερο κόστος λειτουργίας και συνδυασμοί με μικρότερες τιμές είχαν το ίδιο αποτέλεσμα γιατί χρειαζόταν για την ικανοποίηση της ζήτησης αύξηση των αποθεμάτων. Έτσι στο γράφημα 5.2 βλέπουμε αυτά που αναφέραμε για την συμπεριφορά των καρτών εξουσιοδότησης kanban για το βέλτιστο συνδυασμό αποθέματος (S^*_1, S^*_2) .



Γράφημα 5.2 Οι τιμές του κόστους του συστήματος συναρτήσει ενδεικτικών τιμών των $K1$ και $K2$ για το βέλτιστο απόθεμα S^*_1, S^*_2 της περίπτωσης 1 σε ένα γράφημα διασποράς.

Για την περίπτωση 2 όπου το σύστημα Extended Kanban που εξετάζουμε δεν έχει χρόνο προειδοποίησης της ζήτησης τα δεδομένα της είναι ίδια με αυτά της περίπτωσης 1 με τη διαφορά ότι το κόστος ανά μονάδα αποθέματος είναι ίδιο και για τα δύο στάδια ($h1 = h2 = 5$) διαπιστώθηκε ότι:

Δεν χρειάζεται να διατηρούμε απόθεμα στο πρώτο στάδιο αλλά μόνο στο δεύτερο (Συγκεκριμένα η προσομοίωση έδειξε ότι πρέπει να κρατάμε 8 τεμάχια στο δεύτερο στάδιο) και είναι προφανές ότι σε αυτό σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν οι τιμές που έχουμε ορίσει για τα $h1, h2$ και b (όπου αυτή τη φορά σε αντίθεση με την περίπτωση 1 έχουμε θέσει $h1 = h2$). Αυτό συμβαίνει για ένα βέλτιστο συνδυασμό καρτών kanban που συγκεκριμένα βρέθηκαν 9 κάρτες για το πρώτο και 9 για το δεύτερο. Τα παραπάνω φαίνονται παραστατικά στα γραφήματα που ακολουθούν. Έτσι στο γράφημα διασποράς 5.3 βλέπουμε αυτά που αναφέραμε για την συμπεριφορά των καρτών εξουσιοδότησης kanban και για το βέλτιστο συνδυασμό αποθέματος S^*_1, S^*_2 .



Γράφημα 5.3 Οι τιμές του κόστους του συστήματος συναρτήσει ενδεικτικών τιμών των $K1$ και $K2$ για το βέλτιστο απόθεμα S^*_1, S^*_2 της περίπτωσης 2 σε ένα γράφημα διασποράς.

Για την **περίπτωση 3** όπου το σύστημα Extended Kanban που εξετάζουμε **δεν έχει χρόνο προειδοποίησης της ζήτησης** και έχει τα ίδια δεδομένα με αυτά της περίπτωσης 1 μόνο που τώρα οι 2^η και η 4^η μηχανή έχουν διαφορετική κατανομή στο ρυθμό επεξεργασίας ($\text{expo}(0.66)$). Πρέπει και εδώ να διατηρούμε απόθεμα και στα δύο στάδια. Η διάφορα με την περίπτωση 1 είναι ότι αυτή τη φορά έχουμε μείωση του αποθέματος που πρέπει να κρατάμε και στα δύο στάδια. και είναι προφανές ότι αυτή η μείωση οφείλεται στο ότι μία μηχανή σε κάθε στάδιο του συστήματος είναι πιο γρήγορη. Το βέλτιστο απόθεμα είναι και σε αυτή τη περίπτωση περίπου ίδιο με την περίπτωση που το σύστημα είναι ισοδύναμο με ένα basestock. Επίσης παρατηρείται και μείωση ταυτόχρονα με το απόθεμα και των καρτών εξουσιοδότησης kanban. Ακόμα το κόστος του συστήματος είναι μικρότερο αυτή τη φορά και αυτό είναι λογικό αφού κρατάμε πλέον λιγότερο απόθεμα.. Η συμπεριφορά και εδώ είναι ποιοτικά ίδια με αυτή που περιγράφεται στα γραφήματα των προηγούμενων περιπτώσεων.

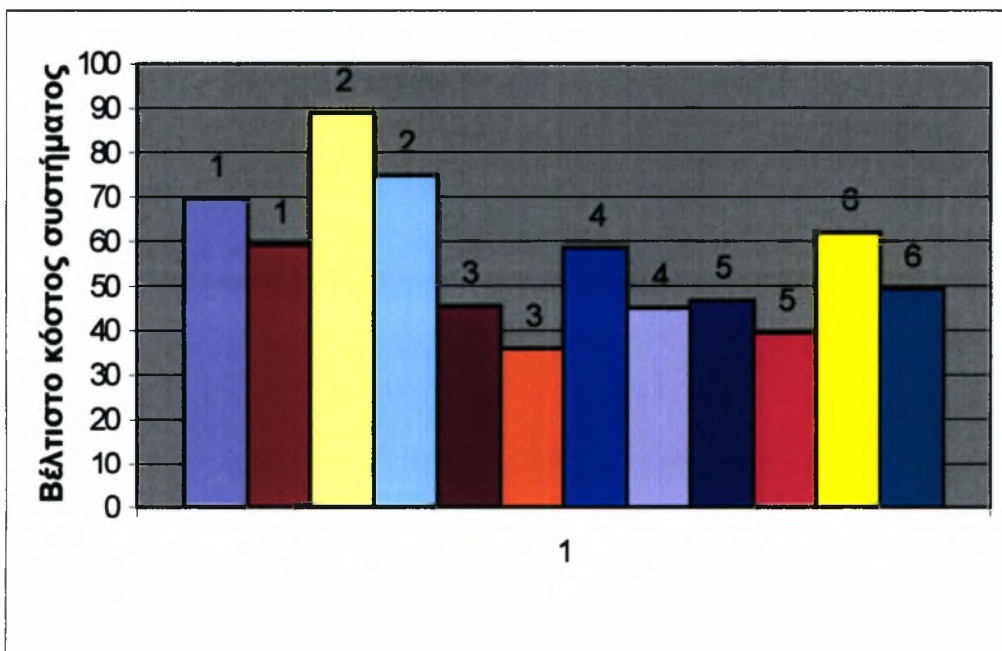
Για την **περίπτωση 4** όπου το σύστημα Extended Kanban που εξετάζουμε **δεν έχει χρόνο προειδοποίησης της ζήτησης** και έχει τα ίδια δεδομένα με αυτά της περίπτωσης 2 μόνο που τώρα οι 2^η και η 4^η μηχανή έχουν μεγαλύτερο ρυθμό επεξεργασίας (**exp(0.66)**). Η διάφορα με την περίπτωση 2 είναι ότι αυτή τη φορά έχουμε μείωση του αποθέματος που πρέπει να κρατάμε στο δεύτερο στάδιο(και εδώ δεν κρατάμε απόθεμα στο πρώτο στάδιο) και είναι προφανές ότι αυτή η μείωση οφείλεται στο ότι μία μηχανή σε κάθε στάδιο του συστήματος έχει διαφορετικό ρυθμό επεξεργασίας. Το βέλτιστο απόθεμα είναι και σε αυτή τη περίπτωση ίδιο με την περίπτωση που το σύστημα είναι ισοδύναμο με ένα basestock. Επίσης παρατηρείται και μείωση ταυτόχρονα με το απόθεμα και των καρτών εξουσιοδότησης kanban. Η διαφορά του με την περίπτωση 3 είναι ίδια ποιοτικά με τη διαφορά των περιπτώσεων 1 και 2(λόγω της διαφοράς στην επιλογή των h_1, h_2) Ακόμα το κόστος του συστήματος είναι μικρότερο αυτή τη φορά σε σχέση με την 2 και αυτό είναι λογικό αφού κρατάμε πλέον λιγότερο απόθεμα.. Η συμπεριφορά και εδώ είναι ποιοτικά ίδια με αυτή που περιγράφεται στα γραφήματα των προηγούμενων περιπτώσεων.

Για την **περίπτωση 5** όπου το σύστημα Extended Kanban που εξετάζουμε **δεν έχει χρόνο προειδοποίησης της ζήτησης** έχει τα ίδια δεδομένα με αυτά της περίπτωσης 1 μόνο που τώρα οι μηχανές έχουν διαφορετική κατανομή στο ρυθμό επεξεργασίας (**erla(0.5, 2)**). Πρέπει και εδώ να διατηρούμε απόθεμα και στα δύο στάδια .Η διάφορα με την περίπτωση 1 είναι ότι αυτή τη φορά έχουμε μείωση του αποθέματος που πρέπει να κρατάμε και στα δύο στάδια. και είναι προφανές ότι αυτή η μείωση οφείλεται στο ότι μία μηχανή σε κάθε στάδιο του συστήματος έχει μικρότερη μεταβλητότητα στο ρυθμό επεξεργασίας. Το βέλτιστο απόθεμα είναι και σε αυτή τη περίπτωση περίπου ίδιο με την περίπτωση που το σύστημα είναι ισοδύναμο με ένα basestock. Επίσης παρατηρείται και μείωση ταυτόχρονα με το απόθεμα και των καρτών εξουσιοδότησης kanban. Ακόμα το κόστος του συστήματος είναι μικρότερο αυτή τη φορά και αυτό είναι λογικό αφού κρατάμε πλέον λιγότερο απόθεμα.. Η συμπεριφορά και εδώ είναι ποιοτικά ίδια με αυτή που περιγράφεται στα γραφήματα των προηγούμενων περιπτώσεων.

Για την **περίπτωση 6** όπου το σύστημα Extended Kanban που εξετάζουμε **δεν έχει χρόνο προειδοποίησης της ζήτησης** έχει τα ίδια δεδομένα με αυτά της περίπτωσης 2 μόνο που τώρα οι μηχανές έχουν διαφορετικό ρυθμό επεξεργασίας (**erla(0.5, 2)**). Στην περίπτωση αυτή ποιοτικά έχουμε την ίδια συμπεριφορά και

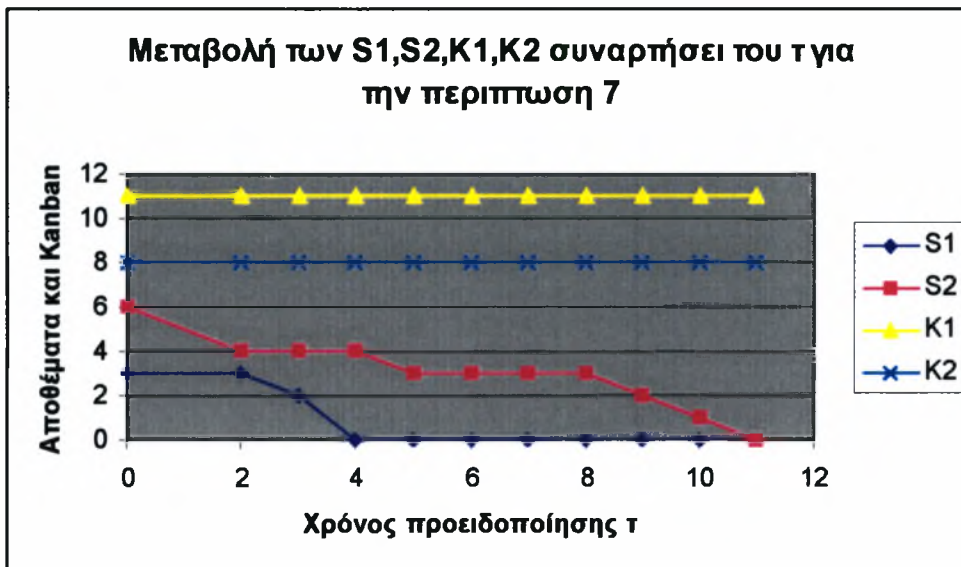
συμπεράσματα με την περίπτωση 2. Συγκεκριμένα η διάφορα με την περίπτωση 2 είναι ότι αυτή τη φορά έχουμε μείωση του αποθέματος που πρέπει να κρατάμε στο δεύτερο στάδιο(και εδώ δεν κρατάμε απόθεμα στο πρώτο στάδιο) και είναι προφανές ότι αυτή η μείωση οφείλεται στο ότι μία μηχανή σε κάθε στάδιο του συστήματος έχει διαφορετικό ρυθμό επεξεργασίας. Το βέλτιστο απόθεμα είναι και σε αυτή τη περίπτωση ίδιο με την περίπτωση που το σύστημα είναι ισοδύναμο με ένα basestock. Επίσης παρατηρείται και μείωση ταυτόχρονα με το απόθεμα και των καρτών εξουσιοδότησης kanban. Η διαφορά του με την περίπτωση 5 είναι ίδια ποιοτικά με τη διαφορά των περιπτώσεων 1 και 2(λόγω της διαφοράς στην επιλογή των h_1, h_2) Ακόμα το κόστος του συστήματος είναι μικρότερο αυτή τη φορά σε σχέση με την 2 και αυτό είναι λογικό αφού κρατάμε πλέον λιγότερο απόθεμα.. Η συμπεριφορά και εδώ είναι ποιοτικά ίδια με αυτή που περιγράφεται στα γραφήματα των προηγούμενων περιπτώσεων.

Συγκεντρωτικά μπορούμε να δούμε τη συμπεριφορά του βέλτιστου κόστους για τις παραπάνω 6 περιπτώσεις στο γράφημα 5.4 που ακολουθεί.



Γράφημα 5.4 Βέλτιστο κόστος συστήματος για κάθε περίπτωση από τις πρώτες 6 που εξετάστηκαν. (Η πρώτη ράβδος κάθε περίπτωσης αναφέρεται στο ισοδύναμο σύστημα basestock)

Για την περίπτωση 7 όπου υπάρχει χρόνος προειδοποίησης τ ισχύουν τα δεδομένα της περίπτωσης 1 και σε αυτή τη περίπτωση το απόθεμα ασφαλείας που πρέπει να υπάρχει στο σύστημα εξαρτάται από το χρόνο προειδοποίησης και συγκεκριμένα το απόθεμα μειώνεται σταδιακά ενώ οι κάρτες εξουσιοδότησης Kanban βρίσκουμε ότι παραμένουν στον ίδιο αριθμό που ήταν και στην βέλτιστη περίπτωση 1 όπου δεν είχαμε χρόνο προειδοποίησης. Έτσι αποδεικνύεται μέσω της προσομοίωσης ότι ο αριθμός των καρτών δεν επηρεάζεται από το χρόνο προειδοποίησης της ζήτησης και παραμένει σταθερός δηλαδή $K^*_{1,2}(\tau=0) = K^*_{1,2}(\tau \neq 0)$. Τα παραπάνω φαίνονται στο γράφημα 5.5 που ακολουθεί.



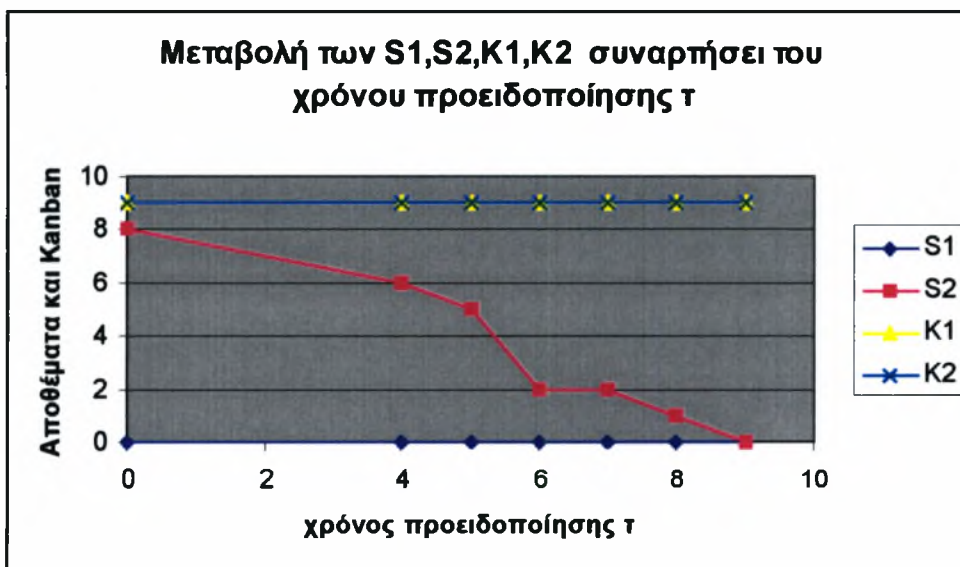
Γράφημα 5.5

Για την καθυστέρηση που πρέπει να εισάγουμε στα δύο στάδια έχουμε:

- Αν $0 < \tau < \tau^*_1$ τότε (τ^*_1 ο χρόνος όπου $S^*_1 = 0$ για πρώτη φορά) δεν έχουμε καθυστέρηση σε κανένα από τα δύο στάδια
- Αν $\tau^*_1 < \tau < \tau^*_2$ τότε (τ^*_2 ο χρόνος όπου $S^*_2 = 0$ για πρώτη φορά) δεν έχουμε καθυστέρηση σε κανένα από τα δύο στάδια (αφού $k_2 \geq k_1$)

- Αν $\tau > \tau_2^*$ θα αρχίσουμε να εισάγουμε καθυστέρηση στο δεύτερο στάδιο ίση με $\tau - L_2^*$. Την ίδια καθυστέρηση θα εισάγουμε και στο πρώτο στάδιο. Ισχύει ότι $L_2^* = \tau_2^*$ και $L_1^* = 0$.

Για την περίπτωση 8 όπου υπάρχει χρόνος προειδοποίησης τ ισχύουν τα δεδομένα της περίπτωσης 2 (Η διαφορά δηλαδή με την περίπτωση 7 έγκειται στο κόστος της μονάδας αποθέματος, όπου εδώ $h_1=h_2$) και σε αυτή τη περίπτωση το απόθεμα ασφαλείας που πρέπει να υπάρχει στο σύστημα εξαρτάται από το χρόνο προειδοποίησης και συγκεκριμένα το απόθεμα μειώνεται σταδιακά ενώ οι κάρτες εξουσιοδότησης kanban βρίσκουμε ότι παραμένουν στον ίδιο αριθμό που ήταν και στην βέλτιστη περίπτωση 2 όπου δεν είχαμε χρόνο προειδοποίησης. Τα παραπάνω φαίνονται στο γράφημα 5.6 που ακολουθεί.



Γράφημα 5.6

Για την καθυστέρηση που πρέπει να εισάγουμε στα δύο στάδια ισχύει ότι :

- Αν $0 < \tau < \tau^*$ τότε (τ^* ο χρόνος όπου $S^* = 0$ για πρώτη φορά) δεν έχουμε καθυστέρηση σε κανένα από τα δύο στάδια

- $\tau > \tau^*$ τότε $S_1^* = S_2^* = 0$. Άρα θα αρχίσουμε να εισάγουμε καθυστέρηση στο δεύτερο στάδιο οπότε $L_2^* = \tau^*$. Για την καθυστέρηση στο πρώτο στάδιο (κ_1) ισχύει ότι πρέπει να είναι $\kappa_1 = \kappa_2$ οπότε συμπεραίνουμε ότι $L_1^* = 0$.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Liberopoulos G. and Dallery Y. (1995), "*On the optimization of a single-stage generalized Kanban control system in manufacturing*", Proceedings of the INRIA/IEEE Symposium on Emerging Technologies and Factory Automation, Paris, pp 437-444, October 10-13.
2. Liberopoulos G. and Dallery Y., (2000) "*Extended Kanban Control System: Combining Kanban and Basestock*", IIE Transactions on Design and Manufacturing, Vol 32, No4, pp. 369-386.
3. Karaesman F. and Dallery Y., (2000) "*A Performance Comparison of Pull Type Control Mechanisms for Multi-Stage Manufacturing*", International Journal of Production Economics, 63.
4. Λυμπερόπουλος Γ. και Dallery Y., (1998) "*Ένα Ενοποιημένο Πλαίσιο για τον Χαρακτηρισμό Ελκνόμενων (Pull) Συστημάτων Ελέγχου της Παραγωγής*", 12^ο Εθνικό Συνέδριο ΕΕΕΕ "Επιχείρηση και Νέες Τεχνολογίες: Σύγχρονα Εργαλεία Υποστήριξης, Διαχείρισης και Λειτουργίας", Σάμος, 6-8 Σεπτεμβρίου.
5. Yannick Frein, Maria Mascolo and Yves Dallery (1995) "*On the Design of Generalized Kanban Control Systems*", Laboratoire d' Automatique de grenoble, INPG, Saint Martin d' Heres France, Laboratoire MASI Université Pierre et Marie Curie, Paris, France,
6. Fikri Karaesman, Yves Dallery and John Buzacott (1998) "*Integrating Advance Information in Pull Type Control Mechanisms for Multi-Stage Production*". Second Aegean International Conference on "Analysis and Modeling of Manufacturing System", May.. Laboratoire d' Informatique de Paris 6 (LIP6-CNRS), Université Pierre et Marie Curie, Schulish School of Business, York University, Canada.
7. Yves Dallery (1989) "*Approximate Analysis of General Open Queuing Networks with Restricted Capacity*"., Laboratoire MASI (URA 818 CNRS), Université Pierre et Marie Curie.

8. Paul H. Zipkin (1991) *"Does Manufacturing Need a JIT Revolution?"* , Harvard Business Review.
9. Uday Karmarkar (1989) *"Getting Control of Just-in-Time"*, Harvard Business Review.
10. Sven Axsater and Kaj Rosling (1998) *"Ranking of Generalized Multi-Stage Kanban policies"*, Department of industrial engineering, Lund University, ELSEVIER.
11. Mahmet Savsar (1997) *"Simulation Analysis of a Pull-Push system for an Electronic Assembly Line"*, Industrial and Systems Engineering, College of Engineering and Petroleum, Kuwait University, ELSEVIER.
12. Rodrigo Rubio and Lawrence M. Wein, *"Setting Base Stock Levels Using Product-Form Queuing Networks"*, Operation Research Center, M.I.T. Sloan School of Management, M.I.T.
13. J.A. Buzacott *"Stochastic Models of Manufacturing Systems"*, Prentice Hall, 1993
14. Sven Axsater and Kaj Rosling (1994), *"Multi-Level Production-Inventory control: Material Requirement Planning or Reorder Point Policies?"*, Department of Industrial Engineering, Lund University, Department of Production Economics, Linkoping Institute of Technology, Sweden, , ELSEVIER.
15. J.A. Buzacott and J.G. Shanthikumar (1994), *"Safety Stock versus Safety Time in MRP Controlled Production Systems"*, York University Ontario, Canada, University of California, Berkeley, California.
16. Sven Axsater and Kaj Rosling (1993), *"Notes: Installation vs. Echelon Stock Policies for Multilevel Inventory Control"*, Management Science, 39, 1274-1279.

17. W. David Kelton, R. P. Sadowski, D. A. Sadowski, "*Simulation with Arena*", McGraw-Hill, 1998.
18. ARENA 3.0 Systems Modeling Corporation, Users Manual.
19. Τ. Λιάπης (1999), "*Βελτιστοποίηση Γενικευμένου Συστήματος Ελέγχου της Παραγωγής Τύπου Generalized Kanban ενός σταδίου με Έγκαιρη Προειδοποίηση της Ζήτησης*", Μεταπτυχιακή Εργασία, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
20. Ι. Τσικίης (2000), "*Απόθεμα Ασφαλείας έναντι χρόνου Ασφαλείας σε Συστήματα Παραγωγής – Αποθεμάτων δύο Σταδίων, με Έγκαιρη Προειδοποίηση της Ζήτησης*", Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
21. J. A. Buzacott (1988), "*Queuing Models of Kanban and MRP Controlled Production Systems*", 5th International Working Seminar on Production Economics, Igls, Austria, Department of Management Science, University of Waterloo, Ontario, Canada.
22. Goddard, W., (1982) "*Kanban versus MRP II – which is best for you?*" Modern Materials Handling,.
23. Dave Detzler, <http://www.davedetzler.com/Kanban-Cards.html>
24. Mark L. Spearman, David L. Woodruff, Wallace J. Hopp "*CONWIP: a pull alternative to kanban*", Department of Industrial Engineering and Management Sciences, Northwestern University, Evanston Illinois, USA.
25. <http://www.iaehv.nl/users/drshofm/planningsystemen/push.htm>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Π1
ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ
ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ Π1.1

Τιμές των διαφόρων μεταβλητών και του κόστους που προκύπτει για τις συνθήκες της περίπτωσης 1 (Για θεωρητικά άπειρο αριθμό καρτών Kanban)

S1	S2	h1	h2	b	Wip1	Wip2	P1	P2	D3	TC
7	7	2,5	5	1	7,9	7,5296	1,8547	1,3475	4,7372	73,6812
8	7				7,989	7,6089	2,4279	1,4435	4,4995	75,80038
7	8				7,9687	7,5296	1,8547	1,781	4,1707	75,2822
6	7				8,1327	7,8116	1,3346	1,1855	5,4973	74,15105
7	6				7,9687	7,5296	1,8547	0,97297	5,3626	72,43395
6	6				8,1327	7,8116	1,3346	0,85303	6,1648	73,1562
7	5				7,9687	7,5296	1,8547	0,66046	6,0501	71,5589
6	5				8,1327	7,8116	1,3346	0,57729	6,8891	72,5018
5	5				8,1344	7,8971	0,92206	0,52711	7,5186	72,2808
4	7				7,996	7,7653	0,58963	0,95587	6,3482	71,41813
4	6				7,996	7,7653	0,58963	0,67868	7,071	70,75498
4	4				7,996	7,7653	0,58963	0,27776	8,67	70,34938
4	5				7,996	7,7653	0,58963	0,4532	7,8455	70,40208
4	3				7,996	7,7653	0,58963	0,14917	9,5415	70,57793
6	4				8,1327	7,8116	1,3346	0,3583	7,6701	72,18785
5	4				8,1344	7,8971	0,92206	0,32564	8,3172	72,07205
3	3				7,991	7,7435	0,32476	0,11819	10,218	70,31585
3	4				7,991	7,7435	0,32476	0,22295	9,323	69,94465
3	5				7,991	7,7435	0,32476	0,36907	8,4691	69,82135
3	6				7,991	7,7435	0,32476	0,56169	7,4117	69,33152
3	7				7,991	7,7435	0,32476	0,80423	6,9042	70,43225
2	5				7,9061	7,8274	0,14699	0,28876	9,2142	69,92773
2	6				7,9061	7,8274	0,14699	0,44952	8,3749	69,89223
2	7				7,9061	7,8274	0,14699	0,65646	7,5819	70,13393
2	4				7,9061	7,8274	0,14699	0,17013	10,095	70,21618
1	4				7,9434	7,8283	0,04042	0,11277	10,96	70,6249
1	5				7,9434	7,8283	0,04042	0,20026	10,047	70,14935
1	6				7,9434	7,8283	0,04042	0,32363	9,1709	69,8901
1	7				7,9434	7,8283	0,04042	0,48735	8,3346	69,8724
1	8				7,9434	7,8283	0,04042	0,69577	7,5431	70,123
0	8				7,8069	7,8621	0	49004	8,158	69,44595
0	7				7,8069	7,8621	0	0,32651	8,9945	69,4548
0	9				7,8069	7,8621	0	0,69881	7,3668	69,6886

ΠΙΝΑΚΑΣ Π1.2

Τιμές των διαφόρων μεταβλητών και του κόστους που προκύπτει για τις συνθήκες της περίπτωσης 1

K1'	K2'	S1	S2	K1	K2	h1	h2	b	Wip1	Wip2	P1	P2	D3	TC
4	40	0	8	4	48	2,5	5	1	3,981	7,0946	0	0,01772	382,72	428,2341
4	35	0	8	4	43				3,9804	7,0002	0	0,01823	429,96	475,0032
4	30	0	8	4	38				3,9862	7,0231	0	0,01301	379,03	424,1761
4	27	0	8	4	35				3,9909	6,9619	0	0,00956	525,45	570,2846
4	20	0	8	4	28				3,9925	6,9676	0	0,00473	754,1	798,9429
4	19	0	8	4	27				3,9924	6,9726	0	0,0034	949,06	993,921
4	18	0	8	4	26				3,987	7	0	0,00901	463,97	508,9826
4	17	0	8	4	25				3,9794	6,9269	0	0,01399	388,53	433,183
4	14	0	8	4	22				3,9837	6,9098	0	0,00352	1224,4	1268,926
4	13	0	8	4	21				3,9741	6,8847	0	0,00906	477,55	521,9541
4	12	0	8	4	20				3,9675	6,7524	0	0,01301	455,49	499,2358
4	11	0	8	4	19				3,9682	6,8082	0	0,0035	1034,7	1078,679
5	40	0	8	5	48				4,5705	7,2739	0	0,2513	19,688	68,74025
5	35	0	8	5	43				4,5685	7,2459	0	0,25375	19,682	68,6015
5	30	0	8	5	38				4,5775	7,2951	0	0,24709	20,114	69,2687
5	25	0	8	5	33				4,5772	7,2293	0	0,24982	20,975	69,8136
5	18	0	8	5	26				4,5786	7,2692	0	0,24009	20,846	69,83895
5	12	0	8	5	20				4,5799	7,1672	0	0,22449	23,425	71,8332
5	11	0	8	5	19				4,5654	7,0341	0	0,22708	21,191	68,9104
5	10	0	8	5	18				4,5798	7	0	0,21632	24,048	71,5791
5	9	0	8	5	17				4,58	6,9819	0	0,20673	24,523	71,91615
5	8	0	8	5	16				4,5687	6,9111	0	0,19998	24,214	71,19115
5	6	0	8	5	14				4,5525	6,6306	0	0,18751	26,829	72,3008
6	20	0	8	6	28				5,0789	7,4794	0	0,34869	13,93	65,7677
6	14	0	8	6	22				5,0686	7,2942	0	0,34897	12,863	63,75035
6	13	0	8	6	21				5,0879	7,3621	0	0,3407	13,718	64,95175
6	12	0	8	6	20				5,0575	7,2394	0	0,35198	13,203	63,80365
6	11	0	8	6	19				5,0465	7,1578	0	0,34872	13,207	63,35585
6	10	0	8	6	18				5,0749	7,163	0	0,33987	14,457	64,6586
6	8	0	8	6	16				5,0361	7,0184	0	0,33941	14,347	63,7263
7	30	0	8	7	38				5,4878	7,5664	0	0,41687	10,766	64,40185
7	25	0	8	7	33				5,505	7,627	0	0,40279	10,956	64,86745
7	20	0	8	7	28				5,5117	7,6145	0	0,40762	10,948	64,83785
7	17	0	8	7	25				5,5166	7,6541	0	0,39823	10,934	64,98715
7	14	0	8	7	22				5,5194	7,5201	0	0,40088	10,994	64,3974
7	13	0	8	7	21				5,5167	7,5179	0	0,39062	11,509	64,84335
7	10	0	8	7	18				5,4782	7,3132	0	0,40232	11,344	63,6171
7	9	0	8	7	17				5,4854	7,1541	0	0,40433	11,147	62,65265
7	8	0	8	7	16				5,508	7,1173	0	0,38811	11,943	63,24005
7	3	0	8	7	11				5,4632	6,4517	0	0,32448	15,211	62,7499

Παράρτημα ΠΙ- Αναλυτικά Αποτελέσματα Προσομοιώσεων

8	20	0	8	8	28			5,8717	7,5776	0	0,43472	9,9293	64,67015
8	15	0	8	8	23			5,91	7,6228	0	0,43256	10,235	65,2868
8	13	0	8	8	21			5,9063	7,8498	0	0,42588	10,202	66,34615
8	12	0	8	8	20			5,8723	7,1375	0	0,41281	10,92	63,3523
8	11	0	8	8	19			5,8577	7,2504	0	0,41982	10,496	63,49135
8	10	0	8	8	18			5,8845	7,3552	0	0,41629	10,319	63,8877
8	9	0	8	8	17			5,878	7,4341	0	0,41735	10,22	64,17225
8	8	0	8	8	16			5,8441	7,4003	0	0,4366	9,8426	63,63735
8	7	0	8	8	15			5,8641	7,4394	0	0,43715	10,058	64,101
8	2	0	8	8	10			5,7939	6,2855	0	0,35189	13,368	61,0397
9	15	0	8	9	23			6,2141	7,5628	0	0,45146	9,381	64,98755
9	12	0	8	9	20			6,2122	7,5379	0	0,44268	9,5319	64,9653
9	11	0	8	9	19			6,1431	7,3857	0	0,45951	9,2127	63,7965
9	10	0	8	9	18			6,1541	7,3787	0	0,46801	9,3452	63,964
9	9	0	8	9	17			6,1887	7,3775	0	0,44753	9,6921	64,289
9	8	0	8	9	16			6,1769	7,2251	0	0,43963	9,5964	63,3623
9	6	0	8	9	14			6,139	7,0761	0	0,43816	10,046	62,9648
9	4	0	8	9	12			6,0888	6,7692	0	0,42183	10,527	61,70415
9	2	0	8	9	10			6,0753	6,3909	0	0,38082	11,949	60,99585
10	30	0	8	10	38			6,5318	7,8088	0	0,45529	9,1764	66,82635
10	25	0	8	10	33			6,484	7,7659	0	0,46314	9,0399	66,3951
10	20	0	8	10	28			6,5044	7,7425	0	0,46218	9,0162	66,3006
10	15	0	8	10	23			6,5433	7,703	0	0,45181	9,3256	66,4579
10	9	0	8	10	17			6,4433	7,4203	0	0,46053	9,279	64,7914
10	7	0	8	10	15			6,457	7,2032	0	0,45421	9,4584	63,88795
10	6	0	8	10	14			6,4481	7,2032	0	0,43187	9,6459	63,9415
10	5	0	8	10	13			6,4065	6,9704	0	0,44453	9,8184	62,9093
8	16	2	10	10	26			6,4803	7,6738	0,13465	1,4981	6,0909	68,48778
6	14	2	10	8	24			5,8503	7,6004	0,12539	1,4106	6,8639	66,85813
4	12	2	10	6	22			5,0903	7,3629	0,09148	1,1008	10,308	65,58095
16	8	2	10	18	18			7,5793	7,612	0,14141	1,53	5,6155	70,62728
14	6	2	10	16	16			7,4462	7,41	0,13858	1,5217	5,726	69,34645
12	4	2	10	14	14			7,256	7,2944	0,13386	1,45	6,2362	68,43285
10	2	2	10	12	12			6,7529	6,9114	0,13004	1,4532	6,4406	65,47095
8	16	4	12	12	28			6,9494	7,886	0,56166	3,0835	3,7307	77,35585
6	14	4	12	10	26			6,5056	7,7856	0,54307	3,0241	4,0862	75,75638
4	12	4	12	8	24			5,8787	7,6571	0,50711	2,8914	4,6171	73,32413
16	8	4	12	20	20			7,654	7,6903	0,59105	3,2007	3,3937	78,46133
14	6	4	12	18	18			7,602	7,6448	0,5838	3,1652	3,615	78,1295
12	4	4	12	16	16			7,3723	7,5172	0,57503	3,1356	3,6569	76,78923
10	2	4	12	14	14			7,1627	7,1974	0,56101	3,1139	3,7287	74,59448
8	16	6	14	14	30			7,195	8,0477	1,3458	5,1059	2,2593	89,3793
6	14	6	14	12	28			6,8831	7,8884	1,3261	5,1145	2,2744	87,8119
4	12	6	14	10	26			6,4534	7,9443	1,2833	4,9259	2,6015	86,29425
16	8	6	14	22	22			7,7139	7,8464	1,3666	5,1833	2,0155	89,86525
14	6	6	14	20	20			7,6423	7,9088	1,359	5,1224	2,1241	89,78335
12	4	6	14	18	18			7,5108	7,7078	1,3546	5,1629	2,1019	88,6189

10	2	6	14	16	16			7,4094	7,6246	1,3185	5,0556	2,2895	87,51025
8	16	8	16	16	32			7,449	8,0925	2,3962	7,2776	1,2412	102,7047
6	14	8	16	14	30			7,2733	8,1784	2,3632	7,1459	1,4209	102,1337
16	8	8	16	24	24			7,9703	8,1531	2,3845	7,1535	1,4056	103,8256
14	6	8	16	22	22			7,8781	8,0385	2,3723	7,224	1,3171	103,2556
12	4	8	16	20	20			7,7186	8,0013	2,4064	7,2208	1,3585	102,7815
10	2	8	16	18	18			7,6545	7,8651	2,3674	7,1705	1,394	101,6268
8	16	10	2	18	18			7,6217	8,0347	3,6625	0,11732	7,6051	76,5757
6	14	10	2	16	16			7,3987	7,8074	3,6373	0,11901	7,609	74,83105
4	12	10	2	14	14			7,1848	7,621	3,496	0,11686	7,8918	73,2831
16	8	10	2	26	10			7,927	6,9062	3,6331	0,11186	8,1783	72,16885
14	6	10	2	24	8			7,6871	6,2344	3,5377	0,10505	8,9596	68,71885
12	4	10	2	22	6			7,332	5,2831	3,1278	0,08462	12,247	65,2351
10	2	10	2	20	4			6,8247	3,9772	0,03193	0,00048	965,88	1002,91
8	16	12	4	20	20			7,7356	8,2199	5,1592	0,52516	5,4571	81,4194
6	14	12	4	18	18			7,5407	8,1087	5,1725	0,52146	5,3939	80,3277
4	12	12	4	16	16			7,4653	8,0057	4,9923	0,51021	5,716	79,43955
16	8	12	4	28	12			7,8432	7,4553	5,1809	0,5103	5,7415	78,12975
14	6	12	4	26	10			7,79	6,9307	5,1129	0,50327	6,0158	75,4429
12	4	12	4	24	8			7,6562	6,2941	4,9229	0,45905	7,1246	72,3381
10	2	12	4	22	6			7,4163	5,3341	4,1735	0,35069	11,205	68,60345
8	16	14	6	22	22			7,8015	8,4068	6,8197	1,273	3,8532	88,8052
6	14	14	6	20	20			7,7096	8,3255	6,7961	1,2658	3,765	87,98575
4	12	14	6	18	18			7,4971	8,2162	6,8068	1,2735	3,8492	87,05745
16	8	14	6	30	14			7,954	7,8941	6,7797	1,243	4,0669	86,58665
14	6	14	6	28	12			7,9696	7,5177	6,7269	1,2295	4,1684	84,64565
12	4	14	6	26	10			7,7168	7,0144	6,742	1,2078	4,4699	81,7279
10	2	14	6	24	8			7,6617	6,3087	6,3847	1,1149	5,3453	77,5793
8	16	16	8	24	24			7,7998	8,5521	8,6158	2,3352	2,6901	98,1656
6	14	16	8	22	22			7,7622	8,4867	8,5893	2,3375	2,6831	97,68285
4	12	16	8	20	20			7,676	8,4809	8,537	2,3135	2,735	97,2395
16	8	16	8	32	16			7,8817	8,1578	8,5938	2,319	2,7314	96,30415
14	6	16	8	30	14			7,8744	7,8635	8,5831	2,3252	2,7895	94,87675
12	4	16	8	28	12			7,94	7,5947	8,4561	2,238	2,9846	93,13835
10	2	16	8	26	10			7,6849	7,0222	8,4327	2,2357	3,1665	89,75
8	16	16	8	24	24			7,7998	8,5521	8,6158	2,3352	2,6901	98,1656
13	20	16	8	29	28			7,8951	8,5396	8,6338	2,3543	2,6451	98,43685
8	16	14	6	22	22			7,8015	8,4068	6,8197	1,273	3,8532	88,8052
13	20	14	6	27	26			7,9747	8,5352	6,805	1,2608	3,904	89,83325
13	20	10	2	23	22			7,8432	8,1328	3,7277	0,12176	7,4771	77,67715
6	11	9	9	15	20			7,2995	7,9826	3,0069	2,5368	3,2702	81,6332
6	11	9	8	15	19			7,3585	7,9883	2,9657	1,957	3,8021	79,3391
6	11	8	9	14	20			7,2191	7,884	2,3593	2,4032	3,5913	78,9733
6	11	8	8	14	19			7,2375	7,9126	2,3411	1,8555	4,1474	76,9344
13	20	8	16	21	36			7,861	8,3191	2,379	7,133	1,3738	104,2343
6	14	6	2	12	16			6,7888	7,5228	1,2939	0,08734	9,3159	67,57335
6	11	6	2	12	13			6,8433	7,2034	1,2354	0,8516	9,8315	70,30325

6	8	6	2	12	10			6,7114	6,5233	1,1789	0,08299	10,214	62,9712
13	20	6	14	19	34			7,6754	8,0643	1,3515	5,1172	2,1509	90,62565
6	14	5	5	11	19			6,6423	7,6772	0,8876	0,51991	7,6173	67,4276
6	14	5	3	11	17			6,675	7,565	0,8665	0,17555	9,5299	67,0864
6	11	5	5	11	16			6,691	7,4662	0,85507	0,51363	7,8697	66,63403
6	11	5	3	11	14			6,6309	7,2196	0,84698	0,17283	9,4394	65,09625
6	8	5	5	11	13			6,5553	7,0931	0,84703	0,51473	7,8592	64,40418
6	8	5	3	11	11			6,6024	6,7856	0,78997	0,16127	10,448	63,66328
6	14	4	4	10	18			6,4985	7,5302	0,5305	0,26656	9,5926	66,1489
6	11	4	4	10	15			6,4989	7,32	0,50517	0,25556	9,7146	65,10258
6	8	4	4	10	12			6,395	6,9163	0,48723	0,25175	10,213	63,25883
6	14	3	5	9	19			6,1738	7,4967	0,29066	0,34826	9,3705	64,75645
6	11	3	5	9	16			6,1929	7,3547	0,27485	0,33242	9,8875	64,49248
6	8	3	5	9	13			6,138	6,9627	0,26532	0,33545	10,399	62,89805
6	14	2	6	8	20			5,8705	7,5274	0,12036	0,38699	10,046	64,5951
6	11	2	6	8	17			5,8477	7,3345	0,11902	0,38777	10,16	63,68815
6	8	2	6	8	14			5,8204	7,019	0,11277	0,37472	10,711	62,51253
13	20	2	10	15	30			7,3274	7,9435	0,14446	1,5386	5,6322	71,72235
6	11	0	15	6	26			5,0736	7,3411	0	2,2126	8,256	68,7085
6	11	0	4	6	15			5,0504	6,8714	0	0,03927	18,434	65,61335
6	11	0	1	6	12			5,0394	6,5735	0	0,00095	26,302	71,77277
9	16	0	8	9	24			6,1774	7,6991	0	0,44735	9,2068	65,38255
11	18	0	8	11	26			6,7184	7,9249	0	0,46235	8,9514	67,68365
13	20	0	8	13	28			7,1319	7,9502	0	0,47123	8,8621	68,799
27	24	3	6	30	30			7,9104	7,9526	0,32275	0,57115	7,659	70,8606
17	14	3	6	20	20			7,6756	7,6773	0,32309	0,572	7,5573	68,8005
12	9	3	6	15	15			7,35	7,3427	0,30852	0,54377	7,9114	66,49
8	7	3	6	11	13			6,6489	7,023	0,28816	0,53426	8,6668	63,79575
8	6	3	6	11	12			6,6322	6,8561	0,28388	0,52926	8,9766	63,1936
8	5	3	6	11	11			6,5962	6,7133	0,27418	0,50457	9,0548	62,3201
8	4	3	6	11	10			6,5894	6,443	0,2638	0,49595	9,7841	61,61185
8	3	3	6	11	9			6,4611	6,1654	0,25792	0,48803	9,9985	60,0632
8	2	3	6	11	8			6,44	5,8476	0,23656	0,4483	10,999	59,1699
8	1	3	6	11	7			6,4035	5,4786	0,2066	0,38832	13,63	59,48985
7	2	3	6	10	8			6,2359	5,854	0,21729	0,41997	12,403	59,90583
7	1	3	6	10	7			6,2107	5,5056	0,17669	0,33852	16,4	61,58908
5	5	3	6	8	11			5,7662	6,5406	0,2302	0,46065	11,209	61,20625
5	6	3	6	8	12			5,7801	6,7575	0,24087	0,46155	10,128	61,27568
5	7	3	6	8	13			5,799	6,9082	0,24955	0,48109	10,437	62,50483
5	8	3	6	8	14			5,8711	7,0346	0,24856	0,47455	10,249	63,0939
5	9	3	6	8	15			5,8233	7,1625	0,26356	0,50253	9,6972	63,2395
5	18	3	6	8	24			5,8474	7,5498	0,28321	0,53291	9,0895	64,82958
5	30	3	6	8	36			5,8615	7,7368	0,28437	0,52704	9,0125	65,69638
6	6	3	6	9	12			6,1259	6,8319	0,25265	0,48409	9,9443	62,47063
6	7	3	6	9	13			6,138	6,9627	0,26532	0,50917	9,5734	62,94105
6	8	3	6	9	14			6,113	7,0857	0,27786	0,5149	9,1748	63,15495
6	9	3	6	9	15			6,1484	7,2724	0,27633	0,50999	9,0842	64,05798

Παράρτημα ΠΙ- Αναλυτικά Αποτελέσματα Προσομοιώσεων

6	10	3	6	9	16			6,1929	7,3547	0,27485	0,50716	9,0622	64,54088
6	11	3	6	9	17			6,1973	7,4158	0,28286	0,51876	9,0372	64,9104
6	13	3	6	9	19			6,1738	7,4967	0,29066	0,5305	8,5527	64,84985
7	3	3	6	10	9			6,3028	6,1607	0,23462	0,45175	11,413	60,8188
7	8	3	6	10	14			6,4139	7,1829	0,28357	0,51841	8,9353	64,18553
7	9	3	6	10	15			6,4865	7,2828	0,28157	0,51676	8,841	64,75898
7	13	3	6	10	19			6,4409	7,5051	0,30135	0,55173	8,2275	65,36728
7	17	3	6	10	23			6,4476	7,6731	0,30641	0,5521	8,1788	66,18983
8	8	3	6	11	14			6,674	7,1931	0,28917	0,5378	8,7011	64,76353
8	9	3	6	11	15			6,7019	7,2798	0,29438	0,54346	8,4606	65,0676
8	12	3	6	11	18			6,7037	7,5747	0,3014	0,5486	8,2585	66,38775
8	15	3	6	11	21			6,7535	7,6894	0,30384	0,54401	8,1788	66,9892
8	20	3	6	11	26			6,7286	7,8709	0,30918	0,54462	8,103	67,77505
9	1	3	6	12	7			6,6269	5,5286	0,21528	0,39312	14,03	60,74405
9	2	3	6	12	8			6,6465	5,8879	0,24736	0,45114	10,575	59,50485
9	3	3	6	12	9			6,7568	6,222	0,25693	0,4713	10,411	61,41183
9	4	3	6	12	10			6,7216	6,4474	0,27734	0,51419	9,1891	61,4944
9	5	3	6	12	11			6,7528	6,6852	0,28412	0,52687	8,9515	62,60415
9	6	3	6	12	12			6,8205	6,9708	0,28577	0,52347	8,9647	64,20173
9	7	3	6	12	13			6,8327	7,0514	0,29597	0,53247	8,3299	64,07093
9	8	3	6	12	14			6,9244	7,2881	0,29416	0,53135	8,7258	65,86945
9	10	3	6	12	16			6,8838	7,5121	0,30197	0,54645	8,3525	66,60968
10	5	3	6	13	11			6,963	6,711	0,28761	0,52668	8,6397	62,95463
10	9	3	6	13	15			7,0512	7,3517	0,30433	0,54586	8,1059	65,98253
5	6	0	9	5	15			4,5753	6,7907	0	0,27131	26,376	73,1243
5	9	0	9	5	18			4,5798	7	0	0,30943	23,141	71,13765
5	18	0	9	5	27			4,5795	7,203	0	0,34415	19,612	68,7965
5	30	0	9	5	39			4,57	7,2573	0	0,36505	18,664	68,20075
6	7	0	9	6	16			5,0361	7,0184	0	0,4841	13,492	63,59475
6	8	0	9	6	17			5,0547	7,0431	0	0,49263	12,807	63,1224
6	9	0	9	6	18			5,0749	7,163	0	0,4857	13,603	64,53375
6	10	0	9	6	19			5,0465	7,1578	0	0,49785	12,357	63,2515
6	11	0	9	6	20			5,0575	7,2394	0	0,50207	12,353	63,7041
6	13	0	9	6	22			5,0686	7,2942	0	0,49829	12,012	63,64595
7	7	0	9	7	16			5,508	7,1173	0	0,55288	11,107	63,2279
7	8	0	9	7	17			5,4854	7,1541	0	0,5757	10,319	62,6815
7	9	0	9	7	18			5,4782	7,3132	0	0,57336	10,515	63,6433
7	10	0	9	7	19			5,507	7,348	0	0,56318	10,828	64,1514
7	11	0	9	7	20			5,4672	7,3304	0	0,59413	10,116	63,40665
7	13	0	9	7	22			5,5194	7,5201	0	0,57161	10,165	64,42205
7	17	0	9	7	26			5,4818	7,5408	0	0,59892	9,7838	64,1869
8	1	0	9	8	10			5,7939	6,2855	0	0,50288	12,519	60,94565
8	2	0	9	8	11			5,7752	6,5126	0	0,5514	11,286	61,044
8	6	0	9	8	15			5,8723	7,1375	0	0,5887	10,096	63,40775
8	7	0	9	8	16			5,8577	7,2504	0	0,59928	9,6764	63,56905
8	8	0	9	8	17			5,8845	7,3552	0	0,59294	9,496	63,94795
8	12	0	9	8	21			5,8717	7,5776	0	0,61906	9,1136	64,77615

Παράρτημα ΠΙ- Αναλυτικά Αποτελέσματα Προσομοιώσεων

8	15	0	9	8	24			5,9245	7,7391	0	0,59387	9,4546	65,9307
8	20	0	9	8	29			5,9092	7,7535	0	0,6081	9,4028	65,9838
9	2	0	9	9	11			6,0757	6,5638	0	0,59444	10,219	61,19945
9	4	0	9	9	13			6,1116	6,9579	0	0,61211	9,5015	62,63055
9	8	0	9	9	17			6,1887	7,3775	0	0,63716	8,8818	64,42685
9	10	0	9	9	19			6,1431	7,3857	0	0,65587	8,4091	63,9747
10	5	0	9	10	14			6,4481	7,2032	0	0,6168	8,8308	64,05105
10	9	0	9	10	18			6,4047	7,4045	0	0,6702	8,1777	64,56295
5	6	2	7	7	13			5,4779	6,7894	0,09476	0,48112	11,714	61,99825
5	9	2	7	7	16			5,5006	7,1645	0,10408	0,5082	10,931	63,3062
5	18	2	7	7	25			5,4981	7,4973	0,11416	0,54394	10,019	64,25585
5	30	2	7	7	37			5,5265	7,6342	0,11302	0,53713	9,8955	64,85095
6	8	2	7	8	15			5,8621	7,158	0,11213	0,54681	9,8759	63,33553
6	11	2	7	8	18			5,8633	7,3632	0,11971	0,57297	9,4865	64,12488
6	13	2	7	8	20			5,8705	7,5274	0,12036	0,56665	9,2261	64,6735
7	1	2	7	9	8			6,0247	5,7776	0,08349	0,43368	14,771	61,09788
7	8	2	7	9	15			6,1384	7,161	0,1239	0,59315	8,923	63,3495
7	9	2	7	9	16			6,1467	7,3289	0,1254	0,59287	8,9898	64,2789
7	13	2	7	9	20			6,1969	7,5575	0,12643	0,58906	8,5828	65,12393
7	17	2	7	9	24			6,1736	7,7103	0,13173	0,59779	8,3791	65,68288
8	1	2	7	10	8			6,2923	5,8284	0,09197	0,45875	12,287	59,68343
8	2	2	7	10	9			6,2896	6,1648	0,10385	0,51379	11,425	60,80158
8	3	2	7	10	10			6,3327	6,4148	0,11152	0,54079	10,292	61,1805
8	4	2	7	10	11			6,3607	6,6198	0,11632	0,57173	9,4024	61,5526
8	5	2	7	10	12			6,4005	6,8242	0,11958	0,58051	9,1827	62,50645
8	6	2	7	10	13			6,4001	7,0098	0,12411	0,5834	8,9039	63,18043
8	7	2	7	10	14			6,4432	7,1176	0,12472	0,59185	8,6455	63,61255
8	8	2	7	10	15			6,4126	7,2331	0,1292	0,60857	8,6527	64,21555
8	9	2	7	10	16			6,4571	7,3478	0,12718	0,59132	8,6879	64,8442
8	12	2	7	10	19			6,4619	7,4962	0,13321	0,61933	8,4242	65,48963
8	15	2	7	10	22			6,4655	7,6085	0,13524	0,61264	8,0704	65,67795
8	20	2	7	10	27			6,4972	7,7762	0,1346	0,61718	8,3546	66,901
9	2	2	7	11	9			6,5395	6,169	0,11034	0,53135	10,449	60,57535
9	4	2	7	11	11			6,5756	6,5749	0,12415	0,59508	8,8566	61,45588
9	8	2	7	11	15			6,6671	7,3067	0,13021	0,60571	8,3956	64,95093
9	10	2	7	11	17			6,6841	7,5032	0,13219	0,6136	8,3439	65,96863
10	5	2	7	12	12			6,7529	6,9114	0,13004	0,6015	8,5889	63,36075
10	9	2	7	12	16			6,843	7,4613	0,13584	0,61367	8,0534	65,87535
5	6	4	5	9	11			6,1311	6,5854	0,44661	0,39084	10,256	61,58148
5	9	4	5	9	14			6,1638	7,0939	0,49106	0,41775	9,2577	63,4531
5	18	4	5	9	23			6,2284	7,7369	0,52362	0,42601	8,8396	66,5342
5	30	4	5	9	35			6,2314	7,8579	0,52801	0,42291	8,7604	67,06298
6	8	4	5	10	13			6,3775	7,0118	0,51404	0,42872	8,8921	63,32355
6	11	4	5	10	16			6,4244	7,3348	0,53294	0,44248	8,6086	64,88835
6	13	4	5	10	18			6,4985	7,5302	0,5305	0,43636	8,7624	66,1677
7	8	4	5	11	13			6,6054	7,0051	0,53176	0,44061	8,3603	63,43175
7	9	4	5	11	14			6,7089	7,1971	0,52156	0,43158	8,7646	64,98415

7	13	4	5	11	18			6,7688	7,5099	0,53585	0,43701	8,4475	66,44368
7	17	4	5	11	22			6,6915	7,6988	0,56115	0,46331	8,3055	67,24768
8	1	4	5	12	6			6,5818	5,1118	0,3027	0,24271	18,631	62,6148
8	2	4	5	12	7			6,6111	5,53	0,40148	0,32737	12,873	59,6913
8	8	4	5	12	13			6,7877	7,0378	0,54822	0,44738	8,3828	64,1485
8	12	4	5	12	17			6,8788	7,4925	0,55567	0,45772	8,2656	66,60288
8	15	4	5	12	20			6,9052	7,639	0,5659	0,45469	8,0375	67,1837
8	20	4	5	12	25			6,8886	7,8543	0,56964	0,45658	7,9877	68,1877
9	1	4	5	13	6			6,6177	5,1029	0,36536	0,27821	15,74	60,1032
9	2	4	5	13	7			6,7339	5,5591	0,42545	0,33375	12,475	59,83763
9	4	4	5	13	9			6,9256	6,2271	0,49253	0,40088	9,659	61,34423
9	8	4	5	13	13			6,8761	7,0148	0,57082	0,46713	8,0083	64,03525
9	10	4	5	13	15			6,9946	7,2623	0,56172	0,46606	8,0883	65,6209
10	5	4	5	14	10			7,0442	6,5466	0,52777	0,4246	9,0392	62,82513
10	9	4	5	14	14			7,1627	7,1974	0,56101	0,45482	8,0695	65,63988
5	6	5	4	10	10			6,3047	6,4706	0,73893	0,28778	10,514	61,91498
5	9	5	4	10	13			6,3943	7,0593	0,80137	0,30403	9,2046	64,01043
5	18	5	4	10	22			6,4579	7,7592	0,87254	0,31778	8,5433	67,2543
5	30	5	4	10	34			6,4611	7,9468	0,88645	0,32059	8,5763	68,28213
6	8	5	4	11	12			6,5483	6,9093	0,83217	0,31839	8,995	63,58463
6	11	5	4	11	15			6,6001	7,3264	0,86881	0,32275	8,4652	65,38323
6	13	5	4	11	17			6,675	7,565	0,8665	0,32291	8,6773	66,9706
7	8	5	4	12	12			6,7796	6,9526	0,84639	0,31344	8,7319	64,12708
7	9	5	4	12	13			6,8296	7,114	0,85185	0,32035	8,6425	65,01788
7	13	5	4	12	17			6,8187	7,4288	0,89553	0,3379	8,0649	66,18398
7	17	5	4	12	21			6,9038	7,8371	0,88937	0,32058	8,3007	68,57203
8	1	5	4	13	5			6,5362	4,5925	0,34151	0,11447	30,998	71,72713
8	2	5	4	13	6			6,6659	5,1489	0,54634	0,19233	17,455	62,19175
8	8	5	4	13	12			6,8842	6,9406	0,87175	0,32289	8,5129	64,22023
8	12	5	4	13	16			6,9974	7,482	0,90259	0,32285	8,1146	66,88883
8	15	5	4	13	19			7,029	7,6767	0,91068	0,33065	8,0138	67,89975
8	20	5	4	13	24			7,0974	7,9273	0,90458	0,32331	8,2127	69,4707
9	2	5	4	14	6			6,752	5,1458	0,61628	0,20793	14,758	59,94735
9	4	5	4	14	8			6,9478	5,9906	0,77276	0,27667	10,408	61,04575
9	8	5	4	14	12			7,0783	6,9793	0,88733	0,32377	8,7088	65,13823
9	10	5	4	14	14			7,1404	7,3069	0,88571	0,32188	8,3099	66,51908
10	5	5	4	15	9			7,2094	6,3489	0,81331	0,29013	9,7633	63,01523
10	9	5	4	15	13			7,2186	7,1794	0,89868	0,32344	8,3207	66,1281
6	1	1	8	7	9			5,3527	5,9581	0,02001	0,40377	17,57	62,81113
6	2	1	8	7	10			5,3883	6,2219	0,02233	0,45105	15,515	62,40633
6	3	1	8	7	11			5,4464	6,5052	0,02288	0,45356	14,48	62,947
8	1	1	8	9	9			6,0393	6,0937	0,02647	0,50537	12,045	60,20478
8	2	1	8	9	10			6,0961	6,399	0,02821	0,53489	11,451	61,43123
8	3	1	8	9	11			6,1128	6,5656	0,03011	0,57166	10,226	61,26958
8	4	1	8	9	12			6,0984	6,7449	0,03234	0,6012	9,6459	61,70325
8	5	1	8	9	13			6,1822	6,939	0,03256	0,58902	9,6388	62,8158
9	1	1	8	10	9			6,3081	6,1309	0,02881	0,534	11,121	60,28778

9	2	1	8	10	10			6,3399	6,4357	0,03044	0,56436	10,329	61,25515
9	3	1	8	10	11			6,3798	6,6118	0,0321	0,59681	9,77	61,8428
9	4	1	8	10	12			6,4014	6,788	0,03321	0,61009	9,0976	62,17458
8	1	0	10	8	11			5,797	6,5128	0	0,74323	10,276	61,04865
8	2	0	10	8	12			5,8387	6,7063	0	0,75837	10,043	61,9631
9	1	0	10	9	11			6,0757	6,5638	0	0,81102	9,4358	61,49915
9	2	0	10	9	12			6,0888	6,7692	0	0,82424	8,9299	62,1191
8	1	1	7	9	8			6,0071	5,785	0,02299	0,31216	15,374	60,93503
8	2	1	7	9	9			6,0393	6,0937	0,02647	0,35101	12,891	60,27898
9	1	1	7	10	8			6,2728	5,7954	0,02631	0,34349	13,754	60,19623
9	2	1	7	10	9			6,3081	6,1309	0,02881	0,37112	11,958	60,31038
9	2	1	8	10	10			6,3399	6,4357	0,03044	0,56436	10,329	61,25515
8	1	1	9	9	10			6,0961	6,399	0,02821	0,7352	10,651	61,63278
8	2	1	9	9	11			6,1128	6,5656	0,03011	0,78378	9,4391	61,54328
9	1	1	9	10	10			6,3399	6,4357	0,03044	0,77454	9,5394	61,51645
9	2	1	9	10	11			6,3798	6,6118	0,0321	0,81917	8,9924	62,177
8	2	2	6	10	8			6,2923	5,8284	0,09197	0,31352	13,142	59,81228
8	1	2	6	10	7			6,2399	5,4773	0,0774	0,25886	17,462	61,93605
8	2	2	6	10	8			6,2923	5,8284	0,09197	0,31352	13,142	59,81228
9	1	2	6	11	7			6,3688	5,454	0,09243	0,30683	14,415	59,37223
9	2	2	6	11	8			6,4725	5,8615	0,10049	0,33266	12,725	60,12828
8	1	2	8	10	9			6,2896	6,1648	0,10385	0,71458	10,626	61,00653
8	2	2	8	10	10			6,3025	6,4178	0,11208	0,75521	9,2869	61,1884
9	1	2	8	11	9			6,5454	6,1642	0,10982	0,74127	9,7895	60,9549
8	2	3	5	11	7			6,4035	5,4786	0,2066	0,25548	14,497	59,69265
8	1	3	5	11	6			6,3708	5,0898	0,14646	0,1769	21,999	64,62565
8	2	3	5	11	7			6,4035	5,4786	0,2066	0,25548	14,497	59,69265
9	4	3	5	12	9			6,7568	6,222	0,25693	0,30805	11,248	61,43258
9	1	3	5	12	6			6,5322	5,0785	0,17369	0,20641	18,89	62,07928
9	2	3	5	12	7			6,6269	5,5286	0,21528	0,25816	14,895	60,93425
7	1	3	7	10	8			6,2359	5,854	0,21729	0,60126	11,584	59,99328
7	2	3	7	10	9			6,3028	6,1607	0,23462	0,64699	10,608	60,99
7	3	3	7	10	10			6,3235	6,4008	0,25654	0,69631	9,3078	61,24345
8	2	3	7	11	9			6,4611	6,1654	0,25792	0,69755	9,208	60,3203
8	1	3	7	11	8			6,44	5,8476	0,23656	0,64263	10,193	59,33555
8	2	3	7	11	9			6,4611	6,1654	0,25792	0,69755	9,208	60,3203
8	3	3	7	11	10			6,5894	6,443	0,2638	0,70951	8,9976	61,89315
9	1	3	7	12	8			6,6465	5,8879	0,24736	0,64762	9,7721	59,68435
9	2	3	7	12	9			6,7568	6,222	0,25693	0,67687	9,6172	61,64588
9	3	3	7	12	10			6,7216	6,4474	0,27734	0,73671	8,4116	61,8295
5	2	3	10	8	12			5,7801	6,7575	0,24087	1,5304	7,1977	63,68963
8	2	4	4	12	6			6,5818	5,1118	0,3027	0,14775	19,536	63,045
8	1	4	4	12	5			6,389	4,5686	0,17345	0,08134	42,689	82,34483
8	2	4	4	12	6			6,5818	5,1118	0,3027	0,14775	19,536	63,045
9	1	4	4	13	5			6,5382	4,5714	0,21575	0,09827	34,976	75,20923
9	2	4	4	13	6			6,6177	5,1029	0,36536	0,16973	16,631	60,4518
7	2	4	6	11	8			6,5041	5,8854	0,42065	0,52932	10,587	59,97248

8	1	4	6	12	7			6,6111	5,53	0,40148	0,49171	12,037	59,677
8	2	4	6	12	8			6,6527	5,9041	0,44965	0,55947	10,678	60,75173
9	1	4	6	13	7			6,7339	5,5591	0,42545	0,50216	11,643	59,84768
9	2	4	6	13	8			6,8073	5,9203	0,47263	0,57019	9,8933	60,54558
16	13	4	7	20	20			7,654	7,6903	0,59105	0,98406	6,177	70,1614
11	8	4	7	15	15			7,2957	7,3971	0,56707	0,95954	6,5434	67,9835
8	2	4	7	12	9			6,6647	6,2245	0,48373	0,84879	8,3723	61,60983
7	1	4	7	11	8			6,5041	5,8854	0,42065	0,74837	9,8064	60,28713
5	2	4	7	9	9			6,061	6,1805	0,38288	0,71635	11,388	61,9819
4	2	4	7	8	8			5,7562	5,8056	0,27063	0,53606	16,992	63,7673
16	12	4	8	20	20			7,654	7,6903	0,59105	1,3232	5,5163	71,1964
11	7	4	8	15	15			7,2957	7,3971	0,56707	1,2903	5,8742	68,9681
6	2	4	8	10	10			6,3374	6,4786	0,44809	1,1091	8,7029	63,60513
7	1	4	8	11	9			6,5335	6,2211	0,45399	1,2903	8,1928	62,2285
5	1	4	8	9	9			6,061	6,1805	0,38288	0,96692	10,639	62,4858
4	1	4	8	8	9			5,742	6,1165	0,33898	0,87964	12,499	62,68215
8	2	5	3	13	5			6,5362	4,5925	0,34151	0,06174	31,945	72,41048
9	2	5	3	14	5			6,7162	4,6274	0,33199	0,05754	31,888	72,93318
8	2	5	5	13	7			6,8062	5,5835	0,66972	0,39413	12,021	60,59895
8	1	5	5	13	6			6,6659	5,1489	0,54634	0,31268	16,575	61,9135
8	2	5	5	13	7			6,8062	5,5835	0,66972	0,39413	12,021	60,59895
9	1	5	5	14	6			6,752	5,1458	0,61628	0,33804	13,888	59,7279
9	2	5	5	14	7			6,9837	5,6145	0,68616	0,39286	11,76	60,97145
2	8	6	3	8	11			5,7993	6,7089	0,92463	0,15919	12,369	63,51928
8	2	6	3	14	5			6,7343	4,6273	0,50169	0,06692	32,635	74,19608
9	2	6	3	15	5			6,8176	4,6204	0,60369	0,08053	27,732	69,78988
8	2	6	6	14	8			6,9977	6,0499	1,1045	0,73034	8,2449	62,4016
2	8	7	2	9	10			6,0646	6,5654	1,3215	0,07812	11,732	63,41485
8	2	7	4	15	6			6,927	5,2367	1,2077	0,2512	14,177	61,95325
8	2	7	5	15	7			6,937	5,6775	1,4945	0,52838	9,7677	61,87585
8	2	7	7	15	9			7,0825	6,3745	1,6735	1,2418	5,7892	65,7607
5	4	8	3	13	7			6,7336	5,7094	1,6905	0,17607	11,942	62,4296
5	4	8	3	13	7			6,7336	5,7094	1,6905	0,17607	11,942	62,4296

ΠΙΝΑΚΑΣ Π1.3

Τιμές των διαφόρων μεταβλητών και του κόστους που προκύπτει για τις συνθήκες της περίπτωσης 2 (Για θεωρητικά άπειρο αριθμό καρτών Kanban)

S1	S2	h1	h2	b	Wip1	Wip2	P1	P2	D3	TC
8	8	5	5	1	7,989	2,4279	7,6089	1,8987	3,9546	103,5771
9	8				7,9327	3,05	7,6441	1,9732	3,6265	109,6265
8	9				7,989	2,4279	7,6089	2,4105	3,4664	105,6479
9	9				7,9327	3,05	7,6441	2,5022	3,1555	108,8005
7	7				7,9687	1,8547	7,5296	1,3475	4,7372	98,2397
7	8				7,9687	1,8547	7,5296	1,781	4,1707	99,8407
8	7				7,989	2,4279	7,6089	1,4435	4,4995	101,846
6	6				8,1327	1,3346	7,8116	0,853	6,1648	96,82445
6	7				8,1327	1,3346	7,8116	1,1855	5,4973	97,8193
7	6				7,9687	1,8547	7,5296	0,9729	5,3626	96,99245
5	5				8,1344	0,922	7,8971	0,5271	7,5186	94,92195
4	5				7,996	0,5896	7,7653	0,4532	7,8455	91,86615
5	4				8,1344	0,922	8,1344	0,3256	8,3172	94,5304
4	4				7,996	0,5896	7,7653	0,2777	8,67	91,81345
3	4				7,991	0,3247	7,7435	0,2229	9,323	90,73405
4	3				7,996	0,5896	7,7653	0,1491	9,5415	92,042
3	3				7,991	0,3247	7,7435	0,1181	10,218	91,10525
3	2				7,991	0,3247	7,7435	0,0503	11,15	91,698
2	3				7,9061	0,1469	7,8274	0,088	11,013	90,8555
1	2				7,9434	0,0404	7,8283	0,0217	12,869	92,0383
0	1				7,8069	0	7,8621	0,0017	14,669	93,0225
0	9				7,8069	0	7,8621	0,6988	7,3668	89,20585
0	8				7,8069	0	7,8621	0,49	8,158	88,97721

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙ.4

Τιμές των διαφόρων μεταβλητών και του κόστους που προκύπτει για τις συνθήκες της περίπτωσης 2

K1'	K2'	S1	S2	K1	K2	h1	h2	b	Wip1	Wip2	P1	P2	D3	TC
4	40	0	8	4	48	5	5	1	3,981	7,0946	0	0,01772	382,72	438,1866
4	35	0	8	4	43				3,9804	7,0002	0	0,01823	429,96	484,9542
4	30	0	8	4	38				3,9862	7,0231	0	0,01301	379,03	434,1416
4	27	0	8	4	35				3,9909	6,9619	0	0,00956	525,45	580,2618
4	20	0	8	4	28				3,9925	6,9676	0	0,00473	754,1	808,9242
4	19	0	8	4	27				3,9924	6,9726	0	0,0034	949,06	1003,902
4	18	0	8	4	26				3,987	7	0	0,00901	463,97	518,9501
4	17	0	8	4	25				3,9794	6,9269	0	0,01399	388,53	443,1315
4	14	0	8	4	22				3,9837	6,9098	0	0,00352	1224,4	1278,885
4	13	0	8	4	21				3,9741	6,8847	0	0,00906	477,55	531,8893
4	12	0	8	4	20				3,9675	6,7524	0	0,01301	455,49	509,1546
4	11	0	8	4	19				3,9682	6,8082	0	0,0035	1034,7	1088,6
5	40	0	8	5	48				4,5705	7,2739	0	0,2513	19,688	80,1665
5	35	0	8	5	43				4,5685	7,2459	0	0,25375	19,682	80,02275
5	30	0	8	5	38				4,5775	7,2951	0	0,24709	20,114	80,71245
5	25	0	8	5	33				4,5772	7,2293	0	0,24982	20,975	81,2566
5	18	0	8	5	26				4,5786	7,2692	0	0,24009	20,846	81,28545
5	12	0	8	5	20				4,5799	7,1672	0	0,22449	23,425	83,28295
5	11	0	8	5	19				4,5654	7,0341	0	0,22708	21,191	80,3239
5	10	0	8	5	18				4,5798	7	0	0,21632	24,048	83,0286
5	9	0	8	5	17				4,58	6,9819	0	0,20673	24,523	83,36615
5	8	0	8	5	16				4,5687	6,9111	0	0,19998	24,214	82,6129
5	6	0	8	5	14				4,5525	6,6306	0	0,18751	26,829	83,68205
6	20	0	8	6	28				5,0789	7,4794	0	0,34869	13,93	78,46495
6	14	0	8	6	22				5,0686	7,2942	0	0,34897	12,863	76,42185
6	13	0	8	6	21				5,0879	7,3621	0	0,3407	13,718	77,6715
6	12	0	8	6	20				5,0575	7,2394	0	0,35198	13,203	76,4474
6	11	0	8	6	19				5,0465	7,1578	0	0,34872	13,207	75,9721
6	10	0	8	6	18				5,0749	7,163	0	0,33987	14,457	77,34585
6	8	0	8	6	16				5,0361	7,0184	0	0,33941	14,347	76,31655
6	1	0	8	6	9				4,9948	5,9236	0	0,16132	35,68	91,0786
7	30	0	8	7	38				5,4878	7,5664	0	0,41687	10,766	78,12135
7	25	0	8	7	33				5,505	7,627	0	0,40279	10,956	78,62995
7	20	0	8	7	28				5,5117	7,6145	0	0,40762	10,948	78,6171
7	17	0	8	7	25				5,5166	7,6541	0	0,39823	10,934	78,77865
7	14	0	8	7	22				5,5194	7,5201	0	0,40088	10,994	78,1959
7	13	0	8	7	21				5,5167	7,5179	0	0,39062	11,509	78,6351

Παράρτημα ΠΙ- Αναλυτικά Αποτελέσματα Προσομοιώσεων

7	10	0	8	7	18			5,4782	7,3132	0	0,40232	11,344	77,3126
7	9	0	8	7	17			5,4854	7,1541	0	0,40433	11,147	76,36615
7	8	0	8	7	16			5,508	7,1173	0	0,38811	11,943	77,01005
7	3	0	8	7	11			5,4632	6,4517	0	0,32448	15,211	76,4079
8	20	0	8	8	28			5,8717	7,5776	0	0,43472	9,9293	79,3494
8	15	0	8	8	23			5,91	7,6228	0	0,43256	10,235	80,0618
8	13	0	8	8	21			5,9063	7,8498	0	0,42588	10,202	81,1119
8	12	0	8	8	20			5,8723	7,1375	0	0,41281	10,92	78,03305
8	11	0	8	8	19			5,8577	7,2504	0	0,41982	10,496	78,1356
8	10	0	8	8	18			5,8845	7,3552	0	0,41629	10,319	78,59895
8	9	0	8	8	17			5,878	7,4341	0	0,41735	10,22	78,86725
8	8	0	8	8	16			5,8441	7,4003	0	0,4366	9,8426	78,2476
8	7	0	8	8	15			5,8641	7,4394	0	0,43715	10,058	78,76125
8	2	0	8	8	10			5,7939	6,2855	0	0,35189	13,368	75,52445
9	15	0	8	9	23			6,2141	7,5628	0	0,45146	9,381	80,5228
9	12	0	8	9	20			6,2122	7,5379	0	0,44268	9,5319	80,4958
9	11	0	8	9	19			6,1431	7,3857	0	0,45951	9,2127	79,15425
9	10	0	8	9	18			6,1541	7,3787	0	0,46801	9,3452	79,34925
9	9	0	8	9	17			6,1887	7,3775	0	0,44753	9,6921	79,76075
9	8	0	8	9	16			6,1769	7,2251	0	0,43963	9,5964	78,80455
9	6	0	8	9	14			6,139	7,0761	0	0,43816	10,046	78,3123
9	4	0	8	9	12			6,0888	6,7692	0	0,42183	10,527	76,92615
9	2	0	8	9	10			6,0753	6,3909	0	0,38082	11,949	76,1841
10	30	0	8	10	38			6,5318	7,8088	0	0,45529	9,1764	83,15585
10	25	0	8	10	33			6,484	7,7659	0	0,46314	9,0399	82,6051
10	20	0	8	10	28			6,5044	7,7425	0	0,46218	9,0162	82,5616
10	15	0	8	10	23			6,5433	7,703	0	0,45181	9,3256	82,81615
10	9	0	8	10	17			6,4433	7,4203	0	0,46053	9,279	80,89965
10	7	0	8	10	15			6,457	7,2032	0	0,45421	9,4584	80,03045
10	6	0	8	10	14			6,4481	7,2032	0	0,43187	9,6459	80,06175
10	5	0	8	10	13			6,4065	6,9704	0	0,44453	9,8184	78,92555
9	1	0	8	9	9			6,0289	6,067	0	0,36972	12,603	74,9311
8	16	2	10	10	26			6,4803	7,6738	0,13465	1,4981	6,0909	85,02515
6	14	2	10	8	24			5,8503	7,6004	0,12539	1,4106	6,8639	81,79735
4	12	2	10	6	22			5,0903	7,3629	0,09148	1,1008	10,308	78,5354
16	8	2	10	18	18			7,5793	7,612	0,14141	1,53	5,6155	89,92905
14	6	2	10	16	16			7,4462	7,41	0,13858	1,5217	5,726	88,3084
12	4	2	10	14	14			7,256	7,2944	0,13386	1,45	6,2362	86,9075
10	2	2	10	12	12			6,7529	6,9114	0,13004	1,4532	6,4406	82,6783
8	16	4	12	12	28			6,9494	7,886	0,56166	3,0835	3,7307	96,1335
6	14	4	12	10	26			6,5056	7,7856	0,54307	3,0241	4,0862	93,37805
4	12	4	12	8	24			5,8787	7,6571	0,50711	2,8914	4,6171	89,28865
16	8	4	12	20	20			7,654	7,6903	0,59105	3,2007	3,3937	99,07395
14	6	4	12	18	18			7,602	7,6448	0,5838	3,1652	3,615	98,594
12	4	4	12	16	16			7,3723	7,5172	0,57503	3,1356	3,6569	96,65755

Παράρτημα ΠΙ- Αναλυτικά Αποτελέσματα Προσομοιώσεων

10	2	4	12	14	14			7,1627	7,1974	0,56101	3,1139	3,7287	93,90375
8	16	6	14	14	30			7,195	8,0477	1,3458	5,1059	2,2593	110,7313
6	14	6	14	12	28			6,8831	7,8884	1,3261	5,1145	2,2744	108,3349
4	12	6	14	10	26			6,4534	7,9443	1,2833	4,9259	2,6015	105,636
16	8	6	14	22	22			7,7139	7,8464	1,3666	5,1833	2,0155	112,5665
14	6	6	14	20	20			7,6423	7,9088	1,359	5,1224	2,1241	112,2866
12	4	6	14	18	18			7,5108	7,7078	1,3546	5,1629	2,1019	110,7824
10	2	6	14	16	16			7,4094	7,6246	1,3185	5,0556	2,2895	109,33
8	16	8	16	16	32			7,449	8,0925	2,3962	7,2776	1,2412	127,3177
6	14	8	16	14	30			7,2733	8,1784	2,3632	7,1459	1,4209	126,2249
16	8	8	16	24	24			7,9703	8,1531	2,3845	7,1535	1,4056	129,7126
14	6	8	16	22	22			7,8781	8,0385	2,3723	7,224	1,3171	128,8816
12	4	8	16	20	20			7,7186	8,0013	2,4064	7,2208	1,3585	128,094
10	2	8	16	18	18			7,6545	7,8651	2,3674	7,1705	1,394	126,6815
8	16	10	2	18	18			7,6217	8,0347	3,6625	0,11732	7,6051	104,7862
6	14	10	2	16	16			7,3987	7,8074	3,6373	0,11901	7,609	102,4211
4	12	10	2	14	14			7,1848	7,621	3,496	0,11686	7,8918	99,9851
16	8	10	2	26	10			7,927	6,9062	3,6331	0,11186	8,1783	101,0691
14	6	10	2	24	8			7,6871	6,2344	3,5377	0,10505	8,9596	96,78085
12	4	10	2	22	6			7,332	5,2831	3,1278	0,08462	12,247	91,3846
10	2	10	2	20	4			6,8247	3,9772	0,03193	0,00048	965,88	1020,052
8	16	12	4	20	20			7,7356	8,2199	5,1592	0,52516	5,4571	113,6564
6	14	12	4	18	18			7,5407	8,1087	5,1725	0,52146	5,3939	112,1107
4	12	12	4	16	16			7,4653	8,0057	4,9923	0,51021	5,716	110,5836
16	8	12	4	28	12			7,8432	7,4553	5,1809	0,5103	5,7415	110,69
14	6	12	4	26	10			7,79	6,9307	5,1129	0,50327	6,0158	107,7002
12	4	12	4	24	8			7,6562	6,2941	4,9229	0,45905	7,1246	103,7859
10	2	12	4	22	6			7,4163	5,3341	4,1735	0,35069	11,205	97,57795
8	16	14	6	22	22			7,8015	8,4068	6,8197	1,273	3,8532	125,3582
6	14	14	6	20	20			7,7096	8,3255	6,7961	1,2658	3,765	124,25
4	12	14	6	18	18			7,4971	8,2162	6,8068	1,2735	3,8492	122,8172
16	8	14	6	30	14			7,954	7,8941	6,7797	1,243	4,0669	123,4209
14	6	14	6	28	12			7,9696	7,5177	6,7269	1,2295	4,1684	121,3869
12	4	14	6	26	10			7,7168	7,0144	6,742	1,2078	4,4699	117,8749
10	2	14	6	24	8			7,6617	6,3087	6,3847	1,1149	5,3453	112,6953
8	16	16	8	24	24			7,7998	8,5521	8,6158	2,3352	2,6901	139,2046
6	14	16	8	22	22			7,7622	8,4867	8,5893	2,3375	2,6831	138,5616
4	12	16	8	20	20			7,676	8,4809	8,537	2,3135	2,735	137,772
16	8	16	8	32	16			7,8817	8,1578	8,5938	2,319	2,7314	137,4929
14	6	16	8	30	14			7,8744	7,8635	8,5831	2,3252	2,7895	136,0205
12	4	16	8	28	12			7,94	7,5947	8,4561	2,238	2,9846	134,1286
10	2	16	8	26	10			7,6849	7,0222	8,4327	2,2357	3,1665	130,044
8	16	16	8	24	24			7,7998	8,5521	8,6158	2,3352	2,6901	139,2046
13	20	16	8	29	28			7,8951	8,5396	8,6338	2,3543	2,6451	139,7591
8	16	14	6	22	22			7,8015	8,4068	6,8197	1,273	3,8532	125,3582

13	20	14	6	27	26			7,9747	8,5352	6,805	1,2608	3,904	126,7825
13	20	10	2	23	22			7,8432	8,1328	3,7277	0,12176	7,4771	106,6044
6	11	9	9	15	20			7,2995	7,9826	3,0069	2,5368	3,2702	107,3992
6	11	9	8	15	19			7,3585	7,9883	2,9657	1,957	3,8021	105,1496
6	11	8	9	14	20			7,2191	7,884	2,3593	2,4032	3,5913	102,9193
6	11	8	8	14	19			7,2375	7,9126	2,3411	1,8555	4,1474	100,8809
13	20	8	16	21	36			7,861	8,3191	2,379	7,133	1,3738	129,8343
6	14	6	2	12	16			6,7888	7,5228	1,2939	0,08734	9,3159	87,7801
6	11	6	2	12	13			6,8433	7,2034	1,2354	0,8516	9,8315	90,5
6	8	6	2	12	10			6,7114	6,5233	1,1789	0,08299	10,214	82,69695
13	20	6	14	19	34			7,6754	8,0643	1,3515	5,1172	2,1509	113,1929
6	14	5	5	11	19			6,6423	7,6772	0,8876	0,51991	7,6173	86,25235
6	14	5	3	11	17			6,675	7,565	0,8665	0,17555	9,5299	85,94015
6	11	5	5	11	16			6,691	7,4662	0,85507	0,51363	7,8697	85,4992
6	11	5	3	11	14			6,6309	7,2196	0,84698	0,17283	9,4394	83,79095
6	8	5	5	11	13			6,5553	7,0931	0,84703	0,51473	7,8592	82,91
6	8	5	3	11	11			6,6024	6,7856	0,78997	0,16127	10,448	82,1442
6	14	4	4	10	18			6,4985	7,5302	0,5305	0,26656	9,5926	83,7214
6	11	4	4	10	15			6,4989	7,32	0,50517	0,25556	9,7146	82,61275
6	8	4	4	10	12			6,395	6,9163	0,48723	0,25175	10,213	80,4644
6	14	3	5	9	19			6,1738	7,4967	0,29066	0,34826	9,3705	80,9176
6	11	3	5	9	16			6,1929	7,3547	0,27485	0,33242	9,8875	80,66185
6	8	3	5	9	13			6,138	6,9627	0,26532	0,33545	10,399	78,90635
6	14	2	6	8	20			5,8705	7,5274	0,12036	0,38699	10,046	79,57225
6	11	2	6	8	17			5,8477	7,3345	0,11902	0,38777	10,16	78,60495
6	8	2	6	8	14			5,8204	7,019	0,11277	0,37472	10,711	77,34545
13	20	2	10	15	30			7,3274	7,9435	0,14446	1,5386	5,6322	90,402
6	11	0	15	6	26			5,0736	7,3411	0	2,2126	8,256	81,3925
6	11	0	4	6	15			5,0504	6,8714	0	0,03927	18,434	78,23935
6	11	0	1	6	12			5,0394	6,5735	0	0,00095	26,302	84,37127
9	16	0	8	9	24			6,1774	7,6991	0	0,44735	9,2068	80,82605
11	18	0	8	11	26			6,7184	7,9249	0	0,46235	8,9514	84,47965
13	20	0	8	13	28			7,1319	7,9502	0	0,47123	8,8621	86,62875
5	5	3	6	8	11			5,7662	6,5406	0,2302	0,46065	11,209	76,19725
5	6	3	6	8	12			5,7801	6,7575	0,24087	0,46155	10,128	76,3281
5	7	3	6	8	13			5,799	6,9082	0,24955	0,48109	10,437	77,6262
5	8	3	6	8	14			5,8711	7,0346	0,24856	0,47455	10,249	78,39305
5	9	3	6	8	15			5,8233	7,1625	0,26356	0,50253	9,6972	78,45665
5	18	3	6	8	24			5,8474	7,5498	0,28321	0,53291	9,0895	80,1561
5	30	3	6	8	36			5,8615	7,7368	0,28437	0,52704	9,0125	81,06105
6	6	3	6	9	12			6,1259	6,8319	0,25265	0,48409	9,9443	78,417
6	7	3	6	9	13			6,138	6,9627	0,26532	0,50917	9,5734	78,94935
6	8	3	6	9	14			6,113	7,0857	0,27786	0,5149	9,1748	79,1321
6	9	3	6	9	15			6,1484	7,2724	0,27633	0,50999	9,0842	80,1198
6	10	3	6	9	16			6,1929	7,3547	0,27485	0,50716	9,0622	80,71025

Παράρτημα ΠΙ- Αναλυτικά Αποτελέσματα Προσομοιώσεων

6	11	3	6	9	17			6,1973	7,4158	0,28286	0,51876	9,0372	81,1108
6	13	3	6	9	19			6,1738	7,4967	0,29066	0,5305	8,5527	81,011
7	1	3	6	10	7			6,2107	5,5056	0,17669	0,33852	16,4	77,55755
7	2	3	6	10	8			6,2359	5,854	0,21729	0,41997	12,403	76,0388
7	3	3	6	10	9			6,3028	6,1607	0,23462	0,45175	11,413	77,16235
7	8	3	6	10	14			6,4139	7,1829	0,28357	0,51841	8,9353	80,9292
7	9	3	6	10	15			6,4865	7,2828	0,28157	0,51676	8,841	81,67915
7	13	3	6	10	19			6,4409	7,5051	0,30135	0,55173	8,2275	82,2229
7	17	3	6	10	23			6,4476	7,6731	0,30641	0,5521	8,1788	83,07485
8	1	3	6	11	7			6,4035	5,4786	0,2066	0,38832	13,63	76,0151
8	2	3	6	11	8			6,44	5,8476	0,23656	0,4483	10,999	75,8613
8	3	3	6	11	9			6,4611	6,1654	0,25792	0,48803	9,9985	76,86075
8	4	3	6	11	10			6,5894	6,443	0,2638	0,49595	9,7841	78,74485
8	5	3	6	11	11			6,5962	6,7133	0,27418	0,50457	9,0548	79,49605
8	6	3	6	11	12			6,6322	6,8561	0,28388	0,52926	8,9766	80,4838
8	7	3	6	11	13			6,6489	7,023	0,28816	0,53426	8,6668	81,1384
8	8	3	6	11	14			6,674	7,1931	0,28917	0,5378	8,7011	82,17145
8	9	3	6	11	15			6,7019	7,2798	0,29438	0,54346	8,4606	82,5583
8	12	3	6	11	18			6,7037	7,5747	0,3014	0,5486	8,2585	83,9005
8	15	3	6	11	21			6,7535	7,6894	0,30384	0,54401	8,1788	84,63255
8	20	3	6	11	26			6,7286	7,8709	0,30918	0,54462	8,103	85,3695
9	1	3	6	12	7			6,6269	5,5286	0,21528	0,39312	14,03	77,8495
9	2	3	6	12	8			6,6465	5,8879	0,24736	0,45114	10,575	76,7395
9	3	3	6	12	9			6,7568	6,222	0,25693	0,4713	10,411	78,94615
9	4	3	6	12	10			6,7216	6,4474	0,27734	0,51419	9,1891	78,99175
9	5	3	6	12	11			6,7528	6,6852	0,28412	0,52687	8,9515	80,19645
9	6	3	6	12	12			6,8205	6,9708	0,28577	0,52347	8,9647	81,9674
9	7	3	6	12	13			6,8327	7,0514	0,29597	0,53247	8,3299	81,8926
9	8	3	6	12	14			6,9244	7,2881	0,29416	0,53135	8,7258	83,91585
9	10	3	6	12	16			6,8838	7,5121	0,30197	0,54645	8,3525	84,5741
10	5	3	6	13	11			6,963	6,711	0,28761	0,52668	8,6397	81,08115
10	9	3	6	13	15			7,0512	7,3517	0,30433	0,54586	8,1059	84,37135
5	6	0	9	5	15			4,5753	6,7907	0	0,27131	26,376	84,56255
5	9	0	9	5	18			4,5798	7	0	0,30943	23,141	82,58715
5	18	0	9	5	27			4,5795	7,203	0	0,34415	19,612	80,24525
5	30	0	9	5	39			4,57	7,2573	0	0,36505	18,664	79,62575
6	7	0	9	6	16			5,0361	7,0184	0	0,4841	13,492	76,185
6	8	0	9	6	17			5,0547	7,0431	0	0,49263	12,807	75,75915
6	9	0	9	6	18			5,0749	7,163	0	0,4857	13,603	77,221
6	10	0	9	6	19			5,0465	7,1578	0	0,49785	12,357	75,86775
6	11	0	9	6	20			5,0575	7,2394	0	0,50207	12,353	76,34785
6	13	0	9	6	22			5,0686	7,2942	0	0,49829	12,012	76,31745
7	7	0	9	7	16			5,508	7,1173	0	0,55288	11,107	76,9979
7	8	0	9	7	17			5,4854	7,1541	0	0,5757	10,319	76,395
7	9	0	9	7	18			5,4782	7,3132	0	0,57336	10,515	77,3388

7	10	0	9	7	19			5,507	7,348	0	0,56318	10,828	77,9189
7	11	0	9	7	20			5,4672	7,3304	0	0,59413	10,116	77,07465
7	13	0	9	7	22			5,5194	7,5201	0	0,57161	10,165	78,22055
7	17	0	9	7	26			5,4818	7,5408	0	0,59892	9,7838	77,8914
8	1	0	9	8	10			5,7939	6,2855	0	0,50288	12,519	75,4304
8	2	0	9	8	11			5,7752	6,5126	0	0,5514	11,286	75,482
8	6	0	9	8	15			5,8723	7,1375	0	0,5887	10,096	78,0885
8	7	0	9	8	16			5,8577	7,2504	0	0,59928	9,6764	78,2133
8	8	0	9	8	17			5,8845	7,3552	0	0,59294	9,496	78,6592
8	12	0	9	8	21			5,8717	7,5776	0	0,61906	9,1136	79,4554
8	15	0	9	8	24			5,9245	7,7391	0	0,59387	9,4546	80,74195
8	20	0	9	8	29			5,9092	7,7535	0	0,6081	9,4028	80,7568
9	2	0	9	9	11			6,0757	6,5638	0	0,59444	10,219	76,3887
9	4	0	9	9	13			6,1116	6,9579	0	0,61211	9,5015	77,90955
9	8	0	9	9	17			6,1887	7,3775	0	0,63716	8,8818	79,8986
9	10	0	9	9	19			6,1431	7,3857	0	0,65587	8,4091	79,33245
10	5	0	9	10	14			6,4481	7,2032	0	0,6168	8,8308	80,1713
10	9	0	9	10	18			6,4047	7,4045	0	0,6702	8,1777	80,5747
5	6	2	7	7	13			5,4779	6,7894	0,09476	0,48112	11,714	75,9299
5	9	2	7	7	16			5,5006	7,1645	0,10408	0,5082	10,931	77,3179
5	18	2	7	7	25			5,4981	7,4973	0,11416	0,54394	10,019	78,2865
5	30	2	7	7	37			5,5265	7,6342	0,11302	0,53713	9,8955	78,94975
6	8	2	7	8	15			5,8621	7,158	0,11213	0,54681	9,8759	78,2711
6	11	2	7	8	18			5,8633	7,3632	0,11971	0,57297	9,4865	79,0824
6	13	2	7	8	20			5,8705	7,5274	0,12036	0,56665	9,2261	79,65065
7	1	2	7	9	8			6,0247	5,7776	0,08349	0,43368	14,771	76,36835
7	8	2	7	9	15			6,1384	7,161	0,1239	0,59315	8,923	79,00525
7	9	2	7	9	16			6,1467	7,3289	0,1254	0,59287	8,9898	79,95915
7	13	2	7	9	20			6,1969	7,5575	0,12643	0,58906	8,5828	80,93225
7	17	2	7	9	24			6,1736	7,7103	0,13173	0,59779	8,3791	81,4462
8	1	2	7	10	8			6,2923	5,8284	0,09197	0,45875	12,287	75,6441
8	2	2	7	10	9			6,2896	6,1648	0,10385	0,51379	11,425	76,7852
8	3	2	7	10	10			6,3327	6,4148	0,11152	0,54079	10,292	77,29105
8	4	2	7	10	11			6,3607	6,6198	0,11632	0,57173	9,4024	77,74515
8	5	2	7	10	12			6,4005	6,8242	0,11958	0,58051	9,1827	78,80665
8	6	2	7	10	13			6,4001	7,0098	0,12411	0,5834	8,9039	79,49095
8	7	2	7	10	14			6,4432	7,1176	0,12472	0,59185	8,6455	80,03235
8	8	2	7	10	15			6,4126	7,2331	0,1292	0,60857	8,6527	80,57005
8	9	2	7	10	16			6,4571	7,3478	0,12718	0,59132	8,6879	81,3049
8	12	2	7	10	19			6,4619	7,4962	0,13321	0,61933	8,4242	81,9774
8	15	2	7	10	22			6,4655	7,6085	0,13524	0,61264	8,0704	82,1798
8	20	2	7	10	27			6,4972	7,7762	0,1346	0,61718	8,3546	83,4805
9	2	2	7	11	9			6,5395	6,169	0,11034	0,53135	10,449	77,19995
9	4	2	7	11	11			6,5756	6,5749	0,12415	0,59508	8,8566	78,20525
9	8	2	7	11	15			6,6671	7,3067	0,13021	0,60571	8,3956	81,9442

9	10	2	7	11	17			6,6841	7,5032	0,13219	0,6136	8,3439	83,00935
10	5	2	7	12	12			6,7529	6,9114	0,13004	0,6015	8,5889	80,5681
10	9	2	7	12	16			6,843	7,4613	0,13584	0,61367	8,0534	83,32245
5	6	4	5	9	11			6,1311	6,5854	0,44661	0,39084	10,256	78,02575
5	9	4	5	9	14			6,1638	7,0939	0,49106	0,41775	9,2577	80,09025
5	18	4	5	9	23			6,2284	7,7369	0,52362	0,42601	8,8396	83,41425
5	30	4	5	9	35			6,2314	7,8579	0,52801	0,42291	8,7604	83,9615
6	8	4	5	10	13			6,3775	7,0118	0,51404	0,42872	8,8921	80,5524
6	11	4	5	10	16			6,4244	7,3348	0,53294	0,44248	8,6086	82,2817
6	13	4	5	10	18			6,4985	7,5302	0,5305	0,43636	8,7624	83,7402
7	8	4	5	11	13			6,6054	7,0051	0,53176	0,44061	8,3603	81,27465
7	9	4	5	11	14			6,7089	7,1971	0,52156	0,43158	8,7646	83,0603
7	13	4	5	11	18			6,7688	7,5099	0,53585	0,43701	8,4475	84,7053
7	17	4	5	11	22			6,6915	7,6988	0,56115	0,46331	8,3055	85,3793
8	1	4	5	12	6			6,5818	5,1118	0,3027	0,24271	18,631	79,82605
8	2	4	5	12	7			6,6111	5,53	0,40148	0,32737	12,873	77,22275
8	8	4	5	12	13			6,7877	7,0378	0,54822	0,44738	8,3828	82,4883
8	12	4	5	12	17			6,8788	7,4925	0,55567	0,45772	8,2656	85,18905
8	15	4	5	12	20			6,9052	7,639	0,5659	0,45469	8,0375	85,86145
8	20	4	5	12	25			6,8886	7,8543	0,56964	0,45658	7,9877	86,8333
9	1	4	5	13	6			6,6177	5,1029	0,36536	0,27821	15,74	77,56085
9	2	4	5	13	7			6,7339	5,5591	0,42545	0,33375	12,475	77,736
9	4	4	5	13	9			6,9256	6,2271	0,49253	0,40088	9,659	79,88955
9	8	4	5	13	13			6,8761	7,0148	0,57082	0,46713	8,0083	82,65255
9	10	4	5	13	15			6,9946	7,2623	0,56172	0,46606	8,0883	84,5117
10	5	4	5	14	10			7,0442	6,5466	0,52777	0,4246	9,0392	81,75505
10	9	4	5	14	14			7,1627	7,1974	0,56101	0,45482	8,0695	84,94915
5	6	5	4	10	10			6,3047	6,4706	0,73893	0,28778	10,514	79,52405
5	9	5	4	10	13			6,3943	7,0593	0,80137	0,30403	9,2046	81,9996
5	18	5	4	10	22			6,4579	7,7592	0,87254	0,31778	8,5433	85,5804
5	30	5	4	10	34			6,4611	7,9468	0,88645	0,32059	8,5763	86,651
6	8	5	4	11	12			6,5483	6,9093	0,83217	0,31839	8,995	82,0358
6	11	5	4	11	15			6,6001	7,3264	0,86881	0,32275	8,4652	84,0555
6	13	5	4	11	17			6,675	7,565	0,8665	0,32291	8,6773	85,82435
7	8	5	4	12	12			6,7796	6,9526	0,84639	0,31344	8,7319	83,19205
7	9	5	4	12	13			6,8296	7,114	0,85185	0,32035	8,6425	84,2215
7	13	5	4	12	17			6,8187	7,4288	0,89553	0,3379	8,0649	85,46955
7	17	5	4	12	21			6,9038	7,8371	0,88937	0,32058	8,3007	88,05495
8	1	5	4	13	5			6,5362	4,5925	0,34151	0,11447	30,998	88,9214
8	2	5	4	13	6			6,6659	5,1489	0,54634	0,19233	17,455	80,22235
8	8	5	4	13	12			6,8842	6,9406	0,87175	0,32289	8,5129	83,6101
8	12	5	4	13	16			6,9974	7,482	0,90259	0,32285	8,1146	86,6388
8	15	5	4	13	19			7,029	7,6767	0,91068	0,33065	8,0138	87,74895
8	20	5	4	13	24			7,0974	7,9273	0,90458	0,32331	8,2127	89,47565
9	2	5	4	14	6			6,752	5,1458	0,61628	0,20793	14,758	78,36805

9	4	5	4	14	8			6,9478	5,9906	0,77276	0,27667	10,408	80,34715
9	8	5	4	14	12			7,0783	6,9793	0,88733	0,32377	8,7088	85,0523
9	10	5	4	14	14			7,1404	7,3069	0,88571	0,32188	8,3099	86,58435
10	5	5	4	15	9			7,2094	6,3489	0,81331	0,29013	9,7633	83,072
10	9	5	4	15	13			7,2186	7,1794	0,89868	0,32344	8,3207	86,4213
6	1	1	8	7	9			5,3527	5,9581	0,02001	0,40377	17,57	76,2429
6	2	1	8	7	10			5,3883	6,2219	0,02233	0,45105	15,515	75,9329
6	3	1	8	7	11			5,4464	6,5052	0,02288	0,45356	14,48	76,6202
8	1	1	8	9	9			6,0393	6,0937	0,02647	0,50537	12,045	75,3692
8	2	1	8	9	10			6,0961	6,399	0,02821	0,53489	11,451	76,742
8	3	1	8	9	11			6,1128	6,5656	0,03011	0,57166	10,226	76,62685
8	4	1	8	9	12			6,0984	6,7449	0,03234	0,6012	9,6459	77,0301
8	5	1	8	9	13			6,1822	6,939	0,03256	0,58902	9,6388	78,3527
9	1	1	8	10	9			6,3081	6,1309	0,02881	0,534	11,121	76,13005
9	2	1	8	10	10			6,3399	6,4357	0,03044	0,56436	10,329	77,181
9	3	1	8	10	11			6,3798	6,6118	0,0321	0,59681	9,77	77,87255
9	4	1	8	10	12			6,4014	6,788	0,03321	0,61009	9,0976	78,2611
8	1	0	10	8	11			5,797	6,5128	0	0,74323	10,276	75,54115
8	2	0	10	8	12			5,8387	6,7063	0	0,75837	10,043	76,55985
9	1	0	10	9	11			6,0757	6,5638	0	0,81102	9,4358	76,6884
9	2	0	10	9	12			6,0888	6,7692	0	0,82424	8,9299	77,3411
8	1	1	7	9	8			6,0071	5,785	0,02299	0,31216	15,374	76,01025
8	2	1	7	9	9			6,0393	6,0937	0,02647	0,35101	12,891	75,4434
9	1	1	7	10	8			6,2728	5,7954	0,02631	0,34349	13,754	75,944
9	2	1	7	10	9			6,3081	6,1309	0,02881	0,37112	11,958	76,15265
9	2	1	8	10	10			6,3399	6,4357	0,03044	0,56436	10,329	77,181
8	1	1	9	9	10			6,0961	6,399	0,02821	0,7352	10,651	76,94355
8	2	1	9	9	11			6,1128	6,5656	0,03011	0,78378	9,4391	76,90055
9	1	1	9	10	10			6,3399	6,4357	0,03044	0,77454	9,5394	77,4423
9	2	1	9	10	11			6,3798	6,6118	0,0321	0,81917	8,9924	78,20675
8	2	2	6	10	8			6,2923	5,8284	0,09197	0,31352	13,142	75,77295
8	1	2	6	10	7			6,2399	5,4773	0,0774	0,25886	17,462	77,7293
8	2	2	6	10	8			6,2923	5,8284	0,09197	0,31352	13,142	75,77295
9	1	2	6	11	7			6,3688	5,454	0,09243	0,30683	14,415	75,5253
9	2	2	6	11	8			6,4725	5,8615	0,10049	0,33266	12,725	76,56075
8	1	2	8	10	9			6,2896	6,1648	0,10385	0,71458	10,626	76,99015
8	2	2	8	10	10			6,3025	6,4178	0,11208	0,75521	9,2869	77,22485
9	1	2	8	11	9			6,5454	6,1642	0,10982	0,74127	9,7895	77,59295
8	2	3	5	11	7			6,4035	5,4786	0,2066	0,25548	14,497	76,2179
8	1	3	5	11	6			6,3708	5,0898	0,14646	0,1769	21,999	80,9188
8	2	3	5	11	7			6,4035	5,4786	0,2066	0,25548	14,497	76,2179
9	4	3	5	12	9			6,7568	6,222	0,25693	0,30805	11,248	78,9669
9	1	3	5	12	6			6,5322	5,0785	0,17369	0,20641	18,89	78,844
9	2	3	5	12	7			6,6269	5,5286	0,21528	0,25816	14,895	78,0397
7	1	3	7	10	8			6,2359	5,854	0,21729	0,60126	11,584	76,12625

7	2	3	7	10	9			6,3028	6,1607	0,23462	0,64699	10,608	77,33355
7	3	3	7	10	10			6,3235	6,4008	0,25654	0,69631	9,3078	77,69355
8	2	3	7	11	9			6,4611	6,1654	0,25792	0,69755	9,208	77,11785
8	1	3	7	11	8			6,44	5,8476	0,23656	0,64263	10,193	76,02695
8	2	3	7	11	9			6,4611	6,1654	0,25792	0,69755	9,208	77,11785
8	3	3	7	11	10			6,5894	6,443	0,2638	0,70951	8,9976	79,02615
9	1	3	7	12	8			6,6465	5,8879	0,24736	0,64762	9,7721	76,919
9	2	3	7	12	9			6,7568	6,222	0,25693	0,67687	9,6172	79,1802
9	3	3	7	12	10			6,7216	6,4474	0,27734	0,73671	8,4116	79,32685
5	2	3	10	8	12			5,7801	6,7575	0,24087	1,5304	7,1977	78,74205
8	2	4	4	12	6			6,5818	5,1118	0,3027	0,14775	19,536	80,25625
8	1	4	4	12	5			6,389	4,5686	0,17345	0,08134	42,689	98,75095
8	2	4	4	12	6			6,5818	5,1118	0,3027	0,14775	19,536	80,25625
9	1	4	4	13	5			6,5382	4,5714	0,21575	0,09827	34,976	92,0941
9	2	4	4	13	6			6,6177	5,1029	0,36536	0,16973	16,631	77,90945
7	2	4	6	11	8			6,5041	5,8854	0,42065	0,52932	10,587	77,28435
8	1	4	6	12	7			6,6111	5,53	0,40148	0,49171	12,037	77,20845
8	2	4	6	12	8			6,6527	5,9041	0,44965	0,55947	10,678	78,5076
9	1	4	6	13	7			6,7339	5,5591	0,42545	0,50216	11,643	77,74605
9	2	4	6	13	8			6,8073	5,9203	0,47263	0,57019	9,8933	78,7454
7	1	4	7	11	8			6,5041	5,8854	0,42065	0,74837	9,8064	77,599
8	2	4	7	12	9			6,6647	6,2245	0,48373	0,84879	8,3723	79,4809
6	2	4	8	10	10			6,3374	6,4786	0,44809	1,1091	8,7029	80,56885
8	2	5	3	13	5			6,5362	4,5925	0,34151	0,06174	31,945	89,60475
9	2	5	3	14	5			6,7162	4,6274	0,33199	0,05754	31,888	90,55365
8	2	5	5	13	7			6,8062	5,5835	0,66972	0,39413	12,021	79,28875
8	1	5	5	13	6			6,6659	5,1489	0,54634	0,31268	16,575	79,9441
8	2	5	5	13	7			6,8062	5,5835	0,66972	0,39413	12,021	79,28875
9	1	5	5	14	6			6,752	5,1458	0,61628	0,33804	13,888	78,1486
9	2	5	5	14	7			6,9837	5,6145	0,68616	0,39286	11,76	80,1461
2	8	6	3	8	11			5,7993	6,7089	0,92463	0,15919	12,369	80,3291
8	2	6	3	14	5			6,7343	4,6273	0,50169	0,06692	32,635	92,28605
9	2	6	3	15	5			6,8176	4,6204	0,60369	0,08053	27,732	88,3431
8	2	6	6	14	8			6,9977	6,0499	1,1045	0,73034	8,2449	82,6571
2	8	7	2	9	10			6,0646	6,5654	1,3215	0,07812	11,732	81,8801
8	2	7	4	15	6			6,927	5,2367	1,2077	0,2512	14,177	82,29
8	2	7	5	15	7			6,937	5,6775	1,4945	0,52838	9,7677	82,9546
8	2	7	7	15	9			7,0825	6,3745	1,6735	1,2418	5,7892	87,6507
5	4	8	3	13	7			6,7336	5,7094	1,6905	0,17607	11,942	83,48985
5	4	8	3	13	7			6,7336	5,7094	1,6905	0,17607	11,942	83,48985

ΠΙΝΑΚΑΣ Π1.5

Τιμές των διαφόρων μεταβλητών και του κόστους που προκύπτει για τις συνθήκες της περίπτωσης 3 (Για θεωρητικά άπειρο αριθμό καρτών Kanban)

S1	S2	h1	h2	b	Wip1	Wip2	P1	P2	D3	TC
1	5	2,5	5	1	5,1422	4,9589	0,0939	0,65427	4,9147	46,0708
3	8				5,1382	4,8198	0,65823	2,606	2,2776	53,89768
4	3				5,1743	4,8169	1,11	0,44614	4,5947	46,62065
3	6				5,1382	4,8198	0,65823	1,5023	3,1739	49,27548
2	4				5,1565	4,99	0,31214	0,54273	5,0612	46,39645
0	7				5,0889	5,0551	0	1,0254	4,1711	47,29585
2	6				5,1565	4,99	0,31214	1,2483	3,7668	48,6299
4	4				5,1743	4,8169	1,11	0,7755	3,924	47,59675
3	3				5,1382	4,8198	0,65823	0,38694	5,0585	45,58328
0	5				5,0889	5,0551	0	0,43069	5,5763	45,7275
1	4				5,1422	4,9589	0,0939	0,39683	5,6573	45,5262
2	3				5,1565	4,99	0,31214	0,30193	5,8204	45,95165
3	5				5,1382	4,8198	0,65823	1,053	3,7245	47,57958
4	6				5,1743	4,8169	1,11	1,6821	2,8307	51,03645

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙ.6

Τιμές των διαφόρων μεταβλητών και του κόστους που προκύπτει για τις συνθήκες της περίπτωσης 3

K1'	K2'	S1	S2	K1	K2	h1	h2	b	Wip1	Wip2	P1	P2	D3	TC
8	1	0	8	8	9	2,5	5	1	4,1771	4,3735	0	1,386	3,9464	43,18665
7	1	0	8	7	9				3,9714	4,3681	0	1,3684	4,1263	42,7373
7	2	0	8	7	10				3,9464	4,4632	0	1,4116	3,9181	43,1581
6	1	0	8	6	9				3,6914	4,3146	0	1,3572	4,1182	41,7057
8	1	0	7	8	8				4,1255	4,1726	0	1,003	4,4938	40,68555
7	1	0	7	7	8				3,9392	4,1519	0	0,98665	4,6936	40,23435
7	2	0	7	7	9				3,9714	4,3681	0	0,98128	4,7391	41,4145
6	1	0	7	6	8				3,6947	4,1081	0	0,96443	4,7692	39,3686
8	1	2	7	10	8				4,4796	4,3301	0,29441	1,6802	3,4303	45,41683
7	1	2	7	9	8				4,3177	4,3126	0,29241	1,6785	3,4062	44,88698
6	1	2	7	8	8				4,1554	4,294	0,28771	1,6689	3,5269	44,44918
8	1	2	6	10	7				4,4326	4,1032	0,29276	1,2152	3,9747	42,3801
8	1	2	6	10	7				4,4326	4,1032	0,29276	1,2152	3,9747	42,3801
7	1	2	6	9	7				4,3008	4,1015	0,28833	1,2125	4,0189	42,06173
6	1	2	6	8	7				4,1006	4,0703	0,28259	1,2136	4,0477	41,42518
7	1	2	5	9	6				4,2642	3,8478	0,27929	0,80841	4,9065	39,54628
7	1	2	5	9	6				4,2642	3,8478	0,27929	0,80841	4,9065	39,54628
6	1	2	5	8	6				4,0937	3,8218	0,26997	0,80632	4,9975	39,04728
5	2	2	5	7	7				3,9401	4,078	0,26674	0,79865	4,9958	39,89615
8	2	3	6	11	8				4,572	4,3951	0,63414	1,48	3,3469	45,73775
8	1	3	5	11	6				4,5375	3,9161	0,60922	1,0026	4,2356	41,6959
8	2	3	5	11	7				4,5458	4,1504	0,62755	1,0394	3,9639	42,84628
7	1	3	5	10	6				4,4357	3,9038	0,59915	0,99739	4,2744	41,36748
6	1	3	5	9	6				4,2534	3,8879	0,59232	1,0031	4,2912	40,8605
5	1	3	5	8	6				4,1093	3,8872	0,57081	0,97875	4,5054	40,53543
4	1	3	5	7	6				3,8986	3,863	0,54409	0,96149	4,6926	39,92178
7	1	3	4	10	5				4,3595	3,5647	0,5888	0,62997	5,1132	38,4573
6	1	3	4	9	5				4,2294	3,5632	0,56273	0,61694	5,3745	38,25553
5	1	3	4	8	5				4,0701	3,5626	0,53654	0,59339	5,5139	37,81045
3	1	3	2	6	3				3,4698	2,6035	0,1887	0,05958	26,214	48,67565
3	3	3	1	6	4				3,5847	3,1215	0,35939	0,03304	12,008	37,64093
8	2	4	5	12	7				4,6463	4,2763	1,077	1,1728	3,5105	45,06425
7	1	4	5	11	6				4,5239	3,9765	1,0451	1,1607	3,5572	43,1657
6	1	4	5	10	6				4,3997	3,9649	1,0314	1,1588	3,632	42,82825
8	1	4	3	12	4				4,5485	3,2435	0,96401	0,37758	6,1618	38,04848
7	1	4	3	11	4				4,3829	3,2387	0,95124	0,37904	6,2037	37,62775
6	1	4	3	10	4				4,3402	3,2315	0,8894	0,365	6,8683	37,9248
5	1	4	3	9	4				4,156	3,2287	0,85736	0,36185	6,8784	37,36455
4	1	4	3	8	4				4,0012	3,2102	0,79797	0,34967	7,2319	37,02925
4	2	4	3	8	5				4,0406	3,6249	0,91677	0,40331	5,8706	38,40508

3	1	4	3	7	4			3,7935	3,1963	0,72151	0,32782	8,1652	37,07333
9	2	5	4	14	6			4,8216	4,1004	1,592	0,81421	4,0095	44,61655
8	1	5	4	13	5			4,6521	3,7348	1,5721	0,80232	4,087	42,3331
3	4	0	6	3	10			2,5815	4,1676	0	0,41987	10,501	39,8921
3	3	0	6	3	9			2,5797	4,0488	0	0,39423	12,445	41,1094
3	2	0	6	3	8			2,568	3,8826	0	0,37345	13,114	40,81425
3	1	0	6	3	7			2,5629	3,6971	0	0,32138	15,927	42,42665
4	3	0	6	4	9			3,0289	4,1773	0	0,56623	6,966	38,2559
4	2	0	6	4	8			3,0169	4,0016	0	0,55088	7,315	37,61965
4	1	0	6	4	7			3,0156	3,8319	0	0,51073	8,4653	37,71745
5	11	0	6	5	17			3,4172	4,8329	0	0,65868	5,2405	41,2414
5	8	0	6	5	14			3,4209	4,7712	0	0,64999	5,5286	41,1868
5	2	0	6	5	8			3,4054	4,11	0	0,60293	6,251	38,32915
5	1	0	6	5	7			3,3691	3,8951	0	0,5906	6,5474	37,39865
6	2	0	6	6	8			3,6947	4,1081	0	0,65071	5,4555	38,4863
6	1	0	6	6	7			3,6658	3,9076	0	0,64155	5,9582	37,86845
7	8	0	6	7	14			4,0045	4,8609	0	0,67754	5,21	42,91345
7	7	0	6	7	13			3,9672	4,738	0	0,69444	5,0511	42,1313
7	4	0	6	7	10			3,9464	4,4632	0	0,68387	5,1903	40,79165
7	1	0	6	7	7			3,9272	3,97	0	0,63989	5,5266	38,39405
8	1	0	6	8	7			4,1253	3,9579	0	0,6595	5,3907	38,79095
3	4	3	3	6	7			3,6717	4,0878	0,54104	0,35714	6,1025	38,85905
3	3	3	3	6	6			3,6483	3,8282	0,51079	0,33974	6,3455	37,58293
3	2	3	3	6	5			3,6223	3,5253	0,45009	0,30503	7,461	36,79363
3	1	3	3	6	4			3,5847	3,1215	0,35939	0,2469	10,222	36,92423
4	3	3	3	7	6			3,9059	3,8871	0,53833	0,34571	6,286	38,56063
4	2	3	3	7	5			3,882	3,5504	0,49406	0,32392	6,9386	37,25035
4	1	3	3	7	4			3,7903	3,1381	0,43306	0,28656	8,4985	36,1802
5	11	3	3	8	14			4,1791	4,9792	0,64684	0,38256	5,0878	43,96145
5	8	3	3	8	11			4,2015	4,7792	0,62681	0,37551	5,1937	43,03803
5	2	3	3	8	5			4,0701	3,5626	0,53654	0,33686	6,2574	37,2713
5	1	3	3	8	4			4,0155	3,1638	0,46511	0,29464	8,1537	36,64743
6	2	3	3	9	5			4,2294	3,5632	0,56273	0,35083	6,1084	37,65888
6	1	3	3	9	4			4,1739	3,1638	0,51028	0,30833	7,101	36,1721
7	8	3	3	10	11			4,5019	4,7655	0,64014	0,38293	5,1134	43,71065
7	7	3	3	10	10			4,4742	4,6608	0,63888	0,38211	5,0532	43,05045
7	4	3	3	10	7			4,4489	4,1673	0,61377	0,37386	5,4755	40,83798
7	1	3	3	10	4			4,2735	3,1796	0,5369	0,31744	6,9028	36,414
8	1	3	3	11	4			4,4194	3,1878	0,55435	0,31745	6,8857	36,84633
3	1	2	4	5	5			3,3179	3,4246	0,18722	0,39351	9,2569	37,11025
4	1	2	4	6	5			3,6544	3,4762	0,20727	0,418	7,9896	37,11478
5	2	2	4	7	6			3,902	3,821	0,25463	0,49016	6,0446	37,99198
5	1	2	4	7	5			3,8515	3,4786	0,24175	0,47227	6,6578	36,64528
6	2	2	4	8	6			4,0937	3,8218	0,26997	0,50838	5,6996	38,25968
6	1	2	4	8	5			4,0403	3,4856	0,25799	0,48962	6,0452	36,66703
7	4	2	4	9	8			4,3177	4,3126	0,29241	0,52969	5,2573	40,99403
7	1	2	4	9	5			4,2096	3,5087	0,26891	0,49517	6,038	37,25363

Παράρτημα ΠΙ- Αναλυτικά Αποτελέσματα Προσομοιώσεων

3	1	1	5	4	6			2,9937	3,6139	0,05035	0,43903	9,9589	37,83368
4	1	1	5	5	6			3,3654	3,684	0,06363	0,51888	7,2513	36,83828
5	2	1	5	6	7			3,6757	3,9546	0,07722	0,60109	5,8849	38,04565
5	1	1	5	6	6			3,6693	3,7082	0,07206	0,56504	6,4312	37,1508
6	2	1	5	7	7			3,9498	4,0049	0,08019	0,60509	5,721	38,84593
6	1	1	5	7	6			3,9065	3,7481	0,0765	0,58521	6,0736	37,69765
7	4	1	5	8	9			4,1685	4,41	0,08825	0,64186	5,3644	41,26558
7	1	1	5	8	6			4,1008	3,7653	0,08082	0,59868	5,7739	38,04785
3	2	0	5	3	7			2,5629	3,6971	0	0,19838	16,804	42,68865
5	2	0	5	5	7			3,3691	3,8951	0	0,36619	7,323	37,0522
5	1	0	5	5	6			3,3559	3,6456	0	0,34708	8,2459	36,59905
6	3	0	5	6	8			3,6947	4,1081	0	0,40575	6,2105	38,0165
6	2	0	5	6	7			3,6658	3,9076	0	0,40029	6,717	37,42095
6	1	0	5	6	6			3,6585	3,6756	0	0,37397	7,2137	36,6078
7	3	0	5	7	8			3,9392	4,1519	0	0,41496	6,1219	38,8042
3	2	1	4	4	6			2,9937	3,6139	0,05035	0,26506	10,784	37,78893
5	2	1	4	6	6			3,6693	3,7082	0,07206	0,34151	7,2077	36,80965
5	1	1	4	6	5			3,6328	3,4167	0,06331	0,30872	8,2789	36,14628
6	3	1	4	7	7			3,9498	4,0049	0,08019	0,36677	6,4827	38,41603
6	2	1	4	7	6			3,9065	3,7481	0,0765	0,35355	6,842	37,30775
6	1	1	4	7	5			3,8757	3,431	0,07055	0,33518	7,5111	36,20763
7	3	1	4	8	7			4,125	3,9984	0,08499	0,38154	6,1407	38,56538
3	2	2	3	5	5			3,3179	3,4246	0,18722	0,21884	10,082	37,062
3	1	2	3	5	4			3,3048	3,0516	0,12678	0,15242	16,184	40,78305
5	2	2	3	7	5			3,8515	3,4786	0,24175	0,26227	7,4478	36,38528
5	1	2	3	7	4			3,8057	3,0923	0,20469	0,21999	9,2849	35,87233
6	3	2	3	8	6			4,0937	3,8218	0,26997	0,28223	6,4734	37,90273
6	2	2	3	8	5			4,0403	3,4856	0,25799	0,27196	6,8275	36,36103
6	1	2	3	8	4			4,0143	3,1134	0,22222	0,22873	8,7618	36,06375
7	3	2	3	9	6			4,2642	3,8478	0,27929	0,28354	6,3816	38,39703
2	5	5	0	7	5			3,8392	3,6667	1,2616	0	8,263	39,3485
1	5	5	0	6	5			3,6137	3,6449	1,1092	0	9,3281	39,35985
2	3	5	0	7	3			3,696	2,668	0,62498	0	18,909	43,05145
1	6	4	1	5	7			3,3895	4,1477	0,81743	0,05187	7,9167	39,43188
1	5	4	1	5	6			3,369	3,882	0,74062	0,04806	8,638	38,56235
2	5	4	1	6	6			3,6683	3,9268	0,84185	0,05322	7,9344	39,10988
2	3	4	1	6	4			3,5638	3,1607	0,61006	0,04025	11,638	38,0774
2	2	4	1	6	3			3,4896	2,6249	0,28728	0,01866	26,979	49,639
1	5	3	2	4	7			3,0191	3,9753	0,40086	0,12995	9,5632	38,63935
2	5	3	2	5	7			3,3825	4,0748	0,48785	0,14909	7,5721	38,36743
2	3	3	2	5	5			3,3158	3,4839	0,38824	0,12556	10,021	37,3284
2	2	3	2	5	4			3,2937	3,0665	0,28012	0,09458	14,707	39,44695
3	3	3	2	6	5			3,6223	3,5253	0,45009	0,13968	8,2956	36,80148
3	1	0	8	3	9			2,5797	4,0488	0	0,82798	10,879	41,71215
3	1	1	7	4	8			3,0146	4,0498	0,06305	1,1165	5,8432	39,36883
7	4	1	4	8	8			4,1747	4,213	0,08638	0,38505	6,0415	39,68445
7	1	1	4	8	5			4,0803	3,4431	0,07557	0,34262	7,1105	36,42878

ΠΙΝΑΚΑΣ Π1.7

Τιμές των διαφόρων μεταβλητών και του κόστους που προκύπτει για τις συνθήκες της περίπτωσης 4 (Για θεωρητικά άπειρο αριθμό καρτών Kanban)

S1	S2	h1	h2	b	Wip1	Wip2	P1	P2	D3	TC
1	5	5	5	1	5,1422	4,9589	0,0939	0,65427	4,9147	59,16105
3	8				5,1382	4,8198	0,65823	2,606	2,2776	68,38875
4	3				5,1743	4,8169	1,11	0,44614	4,5947	62,3314
3	6				5,1382	4,8198	0,65823	1,5023	3,1739	63,76655
2	4				5,1565	4,99	0,31214	0,54273	5,0612	60,06805
0	7				5,0889	5,0551	0	1,0254	4,1711	60,0181
2	6				5,1565	4,99	0,31214	1,2483	3,7668	62,3015
4	4				5,1743	4,8169	1,11	0,7755	3,924	63,3075
3	3				5,1382	4,8198	0,65823	0,38694	5,0585	60,07435
0	5				5,0889	5,0551	0	0,43069	5,5763	58,44975
1	4				5,1422	4,9589	0,0939	0,39683	5,6573	58,61645
2	3				5,1565	4,99	0,31214	0,30193	5,8204	59,62325
3	5				5,1382	4,8198	0,65823	1,053	3,7245	62,07065
4	6				5,1743	4,8169	1,11	1,6821	2,8307	66,7472

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙ.8

Τιμές των διαφόρων μεταβλητών και του κόστους που προκύπτει για τις συνθήκες της περίπτωσης 4

K1'	K2	S1	S2	K1	K2	h1	h2	b	Wip1	Wip2	P1	P2	D3	TC
8	2	3	6	11	8	5	5	1	4,572	4,3951	0,63414	1,48	3,3469	58,7531
7	1	2	5	9	6				4,2642	3,8478	0,27929	0,80841	4,9065	50,905
8	1	3	5	11	6				4,5375	3,9161	0,60922	1,0026	4,2356	54,5627
8	1	2	6	10	7				4,4326	4,1032	0,29276	1,2152	3,9747	54,1935
8	2	3	5	11	7				4,5458	4,1504	0,62755	1,0394	3,9639	55,77965
6	1	2	5	8	6				4,0937	3,8218	0,26997	0,80632	4,9975	49,95645
5	2	2	5	7	7				3,9401	4,078	0,26674	0,79865	4,9958	50,41325
6	1	0	8	6	9				3,6914	4,3146	0	1,3572	4,1182	50,9342
7	1	0	8	7	9				3,9714	4,3681	0	1,3684	4,1263	52,6658
7	2	0	8	7	10				3,9464	4,4632	0	1,4116	3,9181	53,0241
8	1	0	8	8	9				4,1771	4,3735	0	1,386	3,9464	53,6294
6	1	0	7	6	8				3,6947	4,1081	0	0,96443	4,7692	48,60535
7	1	0	7	7	8				3,9392	4,1519	0	0,98665	4,6936	50,08235
7	2	0	7	7	9				3,9714	4,3681	0	0,98128	4,7391	51,343
8	1	0	7	8	8				4,1255	4,1726	0	1,003	4,4938	50,9993
6	1	2	7	8	8				4,1554	4,294	0,28771	1,6689	3,5269	55,55695
7	1	2	7	9	8				4,3177	4,3126	0,29241	1,6785	3,4062	56,41225
8	1	2	7	10	8				4,4796	4,3301	0,29441	1,6802	3,4303	57,35185
6	1	2	6	8	7				4,1006	4,0703	0,28259	1,2136	4,0477	52,38315
7	1	2	6	9	7				4,3008	4,1015	0,28833	1,2125	4,0189	53,53455
8	1	2	6	10	7				4,4326	4,1032	0,29276	1,2152	3,9747	54,1935
7	1	2	5	9	6				4,2642	3,8478	0,27929	0,80841	4,9065	50,905
6	1	4	5	10	6				4,3997	3,9649	1,0314	1,1588	3,632	56,406
7	1	4	5	11	6				4,5239	3,9765	1,0451	1,1607	3,5572	57,0882
8	2	4	5	12	7				4,6463	4,2763	1,077	1,1728	3,5105	59,3725
4	1	3	5	7	6				3,8986	3,863	0,54409	0,96149	4,6926	51,0285
5	1	3	5	8	6				4,1093	3,8872	0,57081	0,97875	4,5054	52,2357
6	1	3	5	9	6				4,2534	3,8879	0,59232	1,0031	4,2912	52,9748
3	1	4	3	7	4				3,7935	3,1963	0,72151	0,32782	8,1652	48,36085
5	1	3	4	8	5				4,0701	3,5626	0,53654	0,59339	5,5139	49,32705
6	1	3	4	9	5				4,2294	3,5632	0,56273	0,61694	5,3745	50,23585
7	1	3	4	10	5				4,3595	3,5647	0,5888	0,62997	5,1132	50,82805
3	1	3	2	6	3				3,4698	2,6035	0,1887	0,05958	26,214	57,8219
3	3	3	1	6	4				3,5847	3,1215	0,35939	0,03304	12,008	47,50115
9	2	5	4	14	6				4,8216	4,1004	1,592	0,81421	4,0095	60,65055
8	1	5	4	13	5				4,6521	3,7348	1,5721	0,80232	4,087	57,8936
4	1	4	3	8	4				4,0012	3,2102	0,79797	0,34967	7,2319	49,02725
4	2	4	3	8	5				4,0406	3,6249	0,91677	0,40331	5,8706	50,7985
5	1	4	3	9	4				4,156	3,2287	0,85736	0,36185	6,8784	49,89795

Παράρτημα ΠΙ- Αναλυτικά Αποτελέσματα Προσομοιώσεων

6	1	4	3	10	4			4,3402	3,2315	0,8894	0,365	6,8683	50,9988
7	1	4	3	11	4			4,3829	3,2387	0,95124	0,37904	6,2037	50,9631
8	1	4	3	12	4			4,5485	3,2435	0,96401	0,37758	6,1618	51,82975
7	1	3	5	10	6			4,4357	3,9038	0,59915	0,99739	4,2744	53,9546
3	4	0	6	3	10			2,5815	4,1676	0	0,41987	10,501	46,34585
3	3	0	6	3	9			2,5797	4,0488	0	0,39423	12,445	47,55865
3	2	0	6	3	8			2,568	3,8826	0	0,37345	13,114	47,23425
3	1	0	6	3	7			2,5629	3,6971	0	0,32138	15,927	48,8339
4	3	0	6	4	9			3,0289	4,1773	0	0,56623	6,966	45,82815
4	2	0	6	4	8			3,0169	4,0016	0	0,55088	7,315	45,1619
4	1	0	6	4	7			3,0156	3,8319	0	0,51073	8,4653	45,25645
5	11	0	6	5	17			3,4172	4,8329	0	0,65868	5,2405	49,7844
5	8	0	6	5	14			3,4209	4,7712	0	0,64999	5,5286	49,73905
5	2	0	6	5	8			3,4054	4,11	0	0,60293	6,251	46,84265
5	1	0	6	5	7			3,3691	3,8951	0	0,5906	6,5474	45,8214
6	2	0	6	6	8			3,6947	4,1081	0	0,65071	5,4555	47,72305
6	1	0	6	6	7			3,6658	3,9076	0	0,64155	5,9582	47,03295
7	8	0	6	7	14			4,0045	4,8609	0	0,67754	5,21	52,9247
7	7	0	6	7	13			3,9672	4,738	0	0,69444	5,0511	52,0493
7	4	0	6	7	10			3,9464	4,4632	0	0,68387	5,1903	50,65765
7	1	0	6	7	7			3,9272	3,97	0	0,63989	5,5266	48,21205
8	1	0	6	8	7			4,1253	3,9579	0	0,6595	5,3907	49,1042
3	4	3	3	6	7			3,6717	4,0878	0,54104	0,35714	6,1025	49,3909
3	3	3	3	6	6			3,6483	3,8282	0,51079	0,33974	6,3455	47,98065
3	2	3	3	6	5			3,6223	3,5253	0,45009	0,30503	7,461	46,9746
3	1	3	3	6	4			3,5847	3,1215	0,35939	0,2469	10,222	46,78445
4	3	3	3	7	6			3,9059	3,8871	0,53833	0,34571	6,286	49,6712
4	2	3	3	7	5			3,882	3,5504	0,49406	0,32392	6,9386	48,1905
4	1	3	3	7	4			3,7903	3,1381	0,43306	0,28656	8,4985	46,7386
5	11	3	3	8	14			4,1791	4,9792	0,64684	0,38256	5,0878	56,0263
5	8	3	3	8	11			4,2015	4,7792	0,62681	0,37551	5,1937	55,1088
5	2	3	3	8	5			4,0701	3,5626	0,53654	0,33686	6,2574	48,7879
5	1	3	3	8	4			4,0155	3,1638	0,46511	0,29464	8,1537	47,84895
6	2	3	3	9	5			4,2294	3,5632	0,56273	0,35083	6,1084	49,6392
6	1	3	3	9	4			4,1739	3,1638	0,51028	0,30833	7,101	47,8255
7	8	3	3	10	11			4,5019	4,7655	0,64014	0,38293	5,1134	56,56575
7	7	3	3	10	10			4,4742	4,6608	0,63888	0,38211	5,0532	55,83315
7	4	3	3	10	7			4,4489	4,1673	0,61377	0,37386	5,4755	53,49465
7	1	3	3	10	4			4,2735	3,1796	0,5369	0,31744	6,9028	48,44
8	1	3	3	11	4			4,4194	3,1878	0,55435	0,31745	6,8857	49,2807
3	1	2	4	5	5			3,3179	3,4246	0,18722	0,39351	9,2569	45,87305
4	1	2	4	6	5			3,6544	3,4762	0,20727	0,418	7,9896	46,76895
5	2	2	4	7	6			3,902	3,821	0,25463	0,49016	6,0446	48,38355
5	1	2	4	7	5			3,8515	3,4786	0,24175	0,47227	6,6578	46,8784
6	2	2	4	8	6			4,0937	3,8218	0,26997	0,50838	5,6996	49,16885
6	1	2	4	8	5			4,0403	3,4856	0,25799	0,48962	6,0452	47,41275
7	4	2	4	9	8			4,3177	4,3126	0,29241	0,52969	5,2573	52,5193

Παράρτημα ΠΙ- Αναλυτικά Αποτελέσματα Προσομοιώσεων

7	1	2	4	9	5			4,2096	3,5087	0,26891	0,49517	6,038	48,4499
3	1	1	5	4	6			2,9937	3,6139	0,05035	0,43903	9,9589	45,4438
4	1	1	5	5	6			3,3654	3,684	0,06363	0,51888	7,2513	45,41085
5	2	1	5	6	7			3,6757	3,9546	0,07722	0,60109	5,8849	47,42795
5	1	1	5	6	6			3,6693	3,7082	0,07206	0,56504	6,4312	46,5042
6	2	1	5	7	7			3,9498	4,0049	0,08019	0,60509	5,721	48,9209
6	1	1	5	7	6			3,9065	3,7481	0,0765	0,58521	6,0736	47,65515
7	4	1	5	8	9			4,1685	4,41	0,08825	0,64186	5,3644	51,90745
7	1	1	5	8	6			4,1008	3,7653	0,08082	0,59868	5,7739	48,5019
3	2	0	5	3	7			2,5629	3,6971	0	0,19838	16,804	49,0959
5	2	0	5	5	7			3,3691	3,8951	0	0,36619	7,323	45,47495
5	1	0	5	5	6			3,3559	3,6456	0	0,34708	8,2459	44,9888
6	3	0	5	6	8			3,6947	4,1081	0	0,40575	6,2105	47,25325
6	2	0	5	6	7			3,6658	3,9076	0	0,40029	6,717	46,58545
6	1	0	5	6	6			3,6585	3,6756	0	0,37397	7,2137	45,75405
7	3	0	5	7	8			3,9392	4,1519	0	0,41496	6,1219	48,6522
3	2	1	4	4	6			2,9937	3,6139	0,05035	0,26506	10,784	45,39905
5	2	1	4	6	6			3,6693	3,7082	0,07206	0,34151	7,2077	46,16305
5	1	1	4	6	5			3,6328	3,4167	0,06331	0,30872	8,2789	45,38655
6	3	1	4	7	7			3,9498	4,0049	0,08019	0,36677	6,4827	48,491
6	2	1	4	7	6			3,9065	3,7481	0,0765	0,35355	6,842	47,26525
6	1	1	4	7	5			3,8757	3,431	0,07055	0,33518	7,5111	46,07325
7	3	1	4	8	7			4,125	3,9984	0,08499	0,38154	6,1407	49,09035
3	2	2	3	5	5			3,3179	3,4246	0,18722	0,21884	10,082	45,8248
3	1	2	3	5	4			3,3048	3,0516	0,12678	0,15242	16,184	49,362
5	2	2	3	7	5			3,8515	3,4786	0,24175	0,26227	7,4478	46,6184
5	1	2	3	7	4			3,8057	3,0923	0,20469	0,21999	9,2849	45,8983
6	3	2	3	8	6			4,0937	3,8218	0,26997	0,28223	6,4734	48,8119
6	2	2	3	8	5			4,0403	3,4856	0,25799	0,27196	6,8275	47,10675
6	1	2	3	8	4			4,0143	3,1134	0,22222	0,22873	8,7618	46,65505
7	3	2	3	9	6			4,2642	3,8478	0,27929	0,28354	6,3816	49,75575
2	5	5	0	7	5			3,8392	3,6667	1,2616	0	8,263	52,1005
1	5	5	0	6	5			3,6137	3,6449	1,1092	0	9,3281	51,1671
2	3	5	0	7	3			3,696	2,668	0,62498	0	18,909	53,8539
1	6	4	1	5	7			3,3895	4,1477	0,81743	0,05187	7,9167	49,9492
1	5	4	1	5	6			3,369	3,882	0,74062	0,04806	8,638	48,8364
2	5	4	1	6	6			3,6683	3,9268	0,84185	0,05322	7,9344	50,38525
2	3	4	1	6	4			3,5638	3,1607	0,61006	0,04025	11,638	48,51205
2	2	4	1	6	3			3,4896	2,6249	0,28728	0,01866	26,979	59,0812
1	5	3	2	4	7			3,0191	3,9753	0,40086	0,12995	9,5632	47,18925
2	5	3	2	5	7			3,3825	4,0748	0,48785	0,14909	7,5721	48,0433
2	3	3	2	5	5			3,3158	3,4839	0,38824	0,12556	10,021	46,5885
2	2	3	2	5	4			3,2937	3,0665	0,28012	0,09458	14,707	48,3815
3	3	3	2	6	5			3,6223	3,5253	0,45009	0,13968	8,2956	46,98245
3	1	0	8	3	9			2,5797	4,0488	0	0,82798	10,879	48,1614
3	1	1	7	4	8			3,0146	4,0498	0,06305	1,1165	5,8432	47,06295

ΠΙΝΑΚΑΣ Π1.9

Τιμές των διαφόρων μεταβλητών και του κόστους που προκύπτει για τις συνθήκες της περίπτωσης 5 (Για θεωρητικά άπειρο αριθμό καρτών Kanban)

S1	S2	h1	h2	b	Wip1	Wip2	P1	P2	D3	TC
0	5	2,5	5	1	5,9087	4,933	0	0,27318	6,3097	47,11235
1	4				5,9477	4,9268	0,04913	0,25194	6,4072	47,292975
2	3				5,8966	4,8232	0,18949	0,1962	6,3243	46,636525
3	3				5,9583	4,8441	0,43729	0,25535	5,6889	47,175125
3	5				5,9583	4,8441	0,43729	0,78252	4,2161	48,338175
3	8				5,9583	4,8441	0,43729	2,1396	2,5732	53,480675
4	6				5,9	4,866	0,80333	1,352	3,0915	50,939825
4	8				5,9	4,866	0,80333	2,4314	2,1709	55,41622
6	8				5,8879	5,0486	1,8485	2,8188	1,7239	60,4019

ΠΙΝΑΚΑΣ Π1.10

Τιμές των διαφόρων μεταβλητών και του κόστους που προκύπτει για τις συνθήκες της περίπτωσης 5 .

K1'	K2'	S1	S2	K1	K2	h1	h2	b	Wip1	Wip2	P1	P2	D3	TC
8	1	0	8	8	9	2,5	5	1	4,7896	4,648	0	1,0139	4,3672	44,6517
7	1	0	8	7	9				4,5234	4,6	0	1,0091	4,5595	43,918
7	2	0	8	7	10				4,5546	4,721	0	1,0127	4,4942	44,5532
6	1	0	8	6	9				4,243	4,551	0	0,97345	4,7769	43,01065
8	1	0	7	8	8				4,7546	4,464	0	0,70444	5,1723	42,9055
7	1	0	7	7	8				4,5246	4,469	0	0,67448	5,4435	42,4744
7	2	0	7	7	9				4,5366	4,596	0	0,69171	5,2152	42,99525
6	1	0	7	6	8				4,2179	4,425	0	0,65226	5,8092	41,74075
7	1	0	6	7	7				4,484	4,253	0	0,42439	6,2682	40,86665
6	1	0	6	6	7				4,1894	4,22	0	0,40667	6,8286	40,43795
5	1	0	6	5	7				3,8149	4,172	0	0,3754	7,8884	40,16315
4	1	0	6	4	7				3,3669	4,073	0	0,29773	10,501	40,7729
8	2	0	5	8	7				4,7146	4,308	0	0,25317	6,9174	41,51275
7	2	0	5	7	7				4,484	4,253	0	0,24767	7,0915	40,80635
7	1	0	5	7	6				4,4027	4,023	0	0,23943	7,6695	39,9899
6	2	0	5	6	7				4,1894	4,22	0	0,23725	7,6591	40,42135
6	1	0	5	6	6				4,1226	3,997	0	0,22542	8,2867	39,7058
5	2	0	5	5	7				3,8149	4,172	0	0,21918	8,7322	40,22585
5	1	0	5	5	6				3,7683	3,941	0	0,20219	9,6378	39,7755
4	1	0	5	4	6				3,3458	3,861	0	0,14726	14,039	42,4488
8	2	1	4	9	6				4,8817	4,09	0,04424	0,23073	7,2421	41,1616
7	2	1	4	8	6				4,6613	4,058	0,04289	0,22942	7,1988	40,39787
7	1	1	4	8	5				4,5774	3,761	0,03876	0,20884	8,5816	39,9717
6	2	1	4	7	6				4,4044	4,042	0,0411	0,22373	7,7377	40,1846
6	1	1	4	7	5				4,3277	3,735	0,03669	0,20214	8,7312	39,33187
5	2	1	4	6	6				4,1023	4	0,03798	0,21624	8,1496	39,583
5	1	1	4	6	5				4,0539	3,718	0,03256	0,18553	10,115	39,8488
4	1	1	4	5	5				3,711	3,681	0,02602	0,15686	12,534	41,06835
8	1	2	7	10	8				5,1163	4,563	0,18269	1,3293	3,6656	46,37657
7	1	2	7	9	8				5,0032	4,555	0,17738	1,3036	3,8266	46,07405
6	1	2	7	8	8				4,7702	4,526	0,17479	1,3001	3,9099	45,40737
8	1	2	6	10	7				5,093	4,364	0,17827	0,92128	4,4497	44,05627
8	1	2	6	10	7				5,093	4,364	0,17827	0,92128	4,4497	44,05627
7	1	2	6	9	7				4,9188	4,367	0,17635	0,91454	4,5935	43,74357
6	1	2	6	8	7				4,7129	4,368	0,17101	0,89834	4,7286	43,27307
7	1	2	5	9	6				4,8492	4,117	0,17135	0,58388	5,5424	41,59967
7	1	2	5	9	6				4,8492	4,117	0,17135	0,58388	5,5424	41,59967
6	1	2	5	8	6				4,664	4,116	0,16461	0,57064	5,8515	41,35972
5	2	2	5	7	7				4,4514	4,35	0,16566	0,58503	5,5667	41,7855
8	2	2	3	10	5				4,9265	3,82	0,16432	0,16921	7,8494	40,5265

7	2	2	3	9	5			4,7325	3,805	0,16239	0,16916	7,7564	39,86842
7	1	2	3	9	4			4,565	3,405	0,13508	0,13409	10,268	39,71565
6	2	2	3	8	5			4,5221	3,78	0,15562	0,16992	7,9891	39,435
6	1	2	3	8	4			4,3744	3,405	0,12446	0,12957	10,907	39,8285
5	2	2	3	7	5			4,3231	3,775	0,14225	0,1576	8,9116	39,74047
5	1	2	3	7	4			4,199	3,399	0,10378	0,11339	13,01	41,3319
4	3	2	3	6	6			4,0816	4,048	0,14913	0,17005	7,9696	39,63817
4	2	2	3	6	5			4,0455	3,755	0,12639	0,14565	9,7828	39,71927
4	1	2	3	6	4			3,9356	3,366	0,08602	0,09966	15,804	43,18935
8	2	3	6	11	8			5,2525	4,668	0,42958	1,161	3,7751	47,1273
8	1	3	5	11	6			5,1674	4,239	0,41	0,73393	4,826	43,63465
8	2	3	5	11	7			5,2405	4,508	0,41486	0,74853	4,6362	45,05975
6	1	3	5	9	6			4,8515	4,219	0,393	0,72692	4,9658	42,80665
5	1	3	5	8	6			4,6477	4,204	0,38192	0,71673	5,076	42,2562
4	1	3	5	7	6			4,4302	4,203	0,35504	0,68038	5,6124	41,9934
7	1	3	4	10	5			4,8974	3,889	0,38762	0,42447	6,0785	40,8624
6	1	3	4	9	5			4,7303	3,878	0,37497	0,42179	6,3261	40,58922
5	1	3	4	8	5			4,5284	3,871	0,35687	0,41061	6,6053	40,22852
7	1	3	3	10	4			4,7028	3,451	0,34573	0,19122	8,6731	39,50852
6	1	3	3	9	4			4,5577	3,459	0,31447	0,17982	9,7228	40,10032
5	1	3	3	8	4			4,3895	3,445	0,29164	0,17207	9,932	39,7247
4	1	3	3	7	4			4,1636	3,428	0,2601	0,16151	11,15	40,1608
4	1	3	3	7	4			4,1636	3,428	0,2601	0,16151	11,15	40,1608
3	1	3	3	6	4			3,8886	3,391	0,2237	0,14887	13,126	41,1061
3	1	3	2	6	3			3,6811	2,833	0,00168	0,00012	571,41	594,7835
2	8	3	2	5	10			3,8553	4,683	0,36685	0,09918	7,6695	42,13627
2	7	3	2	5	9			3,8594	4,629	0,34655	0,09372	7,8826	42,01207
2	6	3	2	5	8			3,8321	4,464	0,34041	0,09412	8,1803	41,40367
2	5	3	2	5	7			3,81	4,324	0,31628	0,08815	8,9058	41,28275
1	7	3	2	4	9			3,4011	4,464	0,27872	0,07892	10,246	42,16365
1	6	3	2	4	8			3,4085	4,34	0,25182	0,07278	11,243	42,46071
1	5	3	2	4	7			3,3752	4,154	0,23747	0,06916	11,343	41,49197
1	4	3	2	4	6			3,3539	3,95	0,19468	0,05906	14,684	43,60175
3	3	3	1	6	4			3,8886	3,391	0,2237	0,01596	14,993	42,30855
11	4	4	8	15	12			5,6466	5,178	0,80723	2,4493	2,1427	56,41777
10	3	4	8	14	11			5,597	5,143	0,7993	2,4353	2,179	56,06225
9	2	4	8	13	10			5,5085	5,02	0,80387	2,4386	2,0904	55,16782
8	1	4	8	12	9			5,3782	4,921	0,79829	2,4376	2,1813	54,41702
6	2	4	8	10	10			5,1635	5,025	0,78963	2,4249	2,1982	54,33452
5	2	4	8	9	10			4,9963	5,01	0,78234	2,4182	2,2529	53,8415
8	2	4	5	12	7			5,3357	4,598	0,77981	0,8923	3,9576	46,69937
7	1	4	5	11	6			5,1753	4,336	0,74889	0,85423	4,3227	45,08882
6	1	4	5	10	6			5,012	4,329	0,74249	0,85981	4,3131	44,64587
8	1	4	3	12	4			4,9088	3,531	0,67248	0,23221	8,2041	40,97485
7	1	4	3	11	4			4,8452	3,537	0,63138	0,21872	8,4766	40,94865
6	1	4	3	10	4			4,6966	3,523	0,61512	0,22278	8,5333	40,544
5	1	4	3	9	4			4,5266	3,518	0,57415	0,21601	8,9035	40,32792

Παράρτημα ΠΙ- Αναλυτικά Αποτελέσματα Προσομοιώσεων

4	1	4	3	8	4			4,3725	3,503	0,52356	0,20587	9,5524	40,3414
4	2	4	3	8	5			4,5052	3,962	0,65281	0,26076	6,7904	40,79922
2	8	4	1	6	9			4,2122	4,836	0,70655	0,03168	7,5037	44,14197
2	7	4	1	6	8			4,1934	4,684	0,68588	0,0316	7,8177	43,5979
2	6	4	1	6	7			4,1563	4,471	0,65921	0,03083	8,0099	42,55782
2	5	4	1	6	6			4,1087	4,234	0,60202	0,02803	8,7579	41,84485
1	7	4	1	5	8			3,8261	4,584	0,62053	0,02913	8,628	42,81472
1	6	4	1	5	7			3,7997	4,39	0,58246	0,02799	8,9421	41,98845
1	5	4	1	5	6			3,7626	4,157	0,51589	0,02511	10,191	41,80027
1	4	4	1	5	5			3,7088	3,829	0,41166	0,02077	13,163	42,7155
9	2	5	4	14	6			5,4549	4,47	1,216	0,58945	4,535	46,5115
8	1	5	4	13	5			5,2339	4,096	1,1813	0,55998	5,1322	44,4511
2	8	5	0	7	8			4,4915	4,861	1,1388	0	7,9076	46,28985
2	7	5	0	7	7			4,4414	4,657	1,1025	0	8,0029	45,14915
2	6	5	0	7	6			4,3953	4,38	1,0261	0	8,6137	44,0702
2	5	5	0	7	5			4,2877	4,018	0,9218	0	9,8084	42,92365
1	6	5	0	6	6			4,077	4,319	0,96194	0	9,0823	43,27865
1	5	5	0	6	5			4,0055	3,968	0,81428	0	10,912	42,80595
1	4	5	0	6	4			3,8931	3,47	0,56366	0	15,194	43,6884

ΠΙΝΑΚΑΣ Π1.11

Τιμές των διαφόρων μεταβλητών και του κόστους που προκύπτει για τις συνθήκες της περίπτωσης 6 (Για θεωρητικά άπειρο αριθμό καρτών Kanban)

S1	S2	h1	h2	b	Wip1	Wip2	P1	P2	D3	TC
0	5	5	5	1	5,9087	4,933	0	0,27318	6,3097	61,8841
1	4				5,9477	4,9268	0,04913	0,25194	6,4072	62,28505
2	3				5,8966	4,8232	0,18949	0,1962	6,3243	61,85175
3	3				5,9583	4,8441	0,43729	0,25535	5,6889	63,1641
3	5				5,9583	4,8441	0,43729	0,78252	4,2161	64,32715
3	8				5,9583	4,8441	0,43729	2,1396	2,5732	69,46965
4	6				5,9	4,866	0,80333	1,352	3,0915	67,69815
4	8				5,9	2,4314	0,80333	2,4314	2,1709	72,17455
6	8				5,8879	5,0486	1,8485	2,8188	1,7239	79,7429
0	6				5,9087	4,933	0	0,46635	5,5029	62,04315

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙ.12

Τιμές των διαφόρων μεταβλητών και του κόστους που προκύπτει για τις συνθήκες της περίπτωσης 6 .

K1'	K2'	S1	S2	K1	K2	h1	h2	b	Wip1	Wip2	P1	P2	D3	TC
8	1	0	8	8	9	5	5	1	4,7896	4,648	0	1,0139	4,3672	56,6257
7	1	0	8	7	9				4,5234	4,6	0	1,0091	4,5595	55,2265
7	2	0	8	7	10				4,5546	4,721	0	1,0127	4,4942	55,9397
6	1	0	8	6	9				4,243	4,551	0	0,97345	4,7769	53,61815
8	1	0	7	8	8				4,7546	4,464	0	0,70444	5,1723	54,792
7	1	0	7	7	8				4,5246	4,469	0	0,67448	5,4435	53,7859
7	2	0	7	7	9				4,5366	4,596	0	0,69171	5,2152	54,33675
6	1	0	7	6	8				4,2179	4,425	0	0,65226	5,8092	52,2855
7	1	0	6	7	7				4,484	4,253	0	0,42439	6,2682	52,07665
6	1	0	6	6	7				4,1894	4,22	0	0,40667	6,8286	50,91145
5	1	0	6	5	7				3,8149	4,172	0	0,3754	7,8884	49,7004
4	1	0	6	4	7				3,3669	4,073	0	0,29773	10,501	49,19015
8	2	0	5	8	7				4,7146	4,308	0	0,25317	6,9174	53,29925
7	2	0	5	7	7				4,484	4,253	0	0,24767	7,0915	52,01635
7	1	0	5	7	6				4,4027	4,023	0	0,23943	7,6695	50,99665
6	2	0	5	6	7				4,1894	4,22	0	0,23725	7,6591	50,89485
6	1	0	5	6	6				4,1226	3,997	0	0,22542	8,2867	50,0123
5	2	0	5	5	7				3,8149	4,172	0	0,21918	8,7322	49,7631
5	1	0	5	5	6				3,7683	3,941	0	0,20219	9,6378	49,19625
4	1	0	5	4	6				3,3458	3,861	0	0,14726	14,039	50,8133
8	2	1	4	9	6				4,8817	4,09	0,04424	0,23073	7,2421	53,47645
7	2	1	4	8	6				4,6613	4,058	0,04289	0,22942	7,1988	52,15835
7	1	1	4	8	5				4,5774	3,761	0,03876	0,20884	8,5816	51,5121
6	2	1	4	7	6				4,4044	4,042	0,0411	0,22373	7,7377	51,29835
6	1	1	4	7	5				4,3277	3,735	0,03669	0,20214	8,7312	50,24285
5	2	1	4	6	6				4,1023	4	0,03798	0,21624	8,1496	49,9337
5	1	1	4	6	5				4,0539	3,718	0,03256	0,18553	10,115	50,06495
4	1	1	4	5	5				3,711	3,681	0,02602	0,15686	12,534	50,4109
8	1	2	7	10	8				5,1163	4,563	0,18269	1,3293	3,6656	59,62405
7	1	2	7	9	8				5,0032	4,555	0,17738	1,3036	3,8266	59,0255
6	1	2	7	8	8				4,7702	4,526	0,17479	1,3001	3,9099	57,76985
8	1	2	6	10	7				5,093	4,364	0,17827	0,92128	4,4497	57,23445
8	1	2	6	10	7				5,093	4,364	0,17827	0,92128	4,4497	57,23445
7	1	2	6	9	7				4,9188	4,367	0,17635	0,91454	4,5935	56,48145
6	1	2	6	8	7				4,7129	4,368	0,17101	0,89834	4,7286	55,48285
7	1	2	5	9	6				4,8492	4,117	0,17135	0,58388	5,5424	54,15105
7	1	2	5	9	6				4,8492	4,117	0,17135	0,58388	5,5424	54,15105
6	1	2	5	8	6				4,664	4,116	0,16461	0,57064	5,8515	53,43125

5	2	2	5	7	7			4,4514	4,35	0,16566	0,58503	5,5667	53,32815
8	2	2	3	10	5			4,9265	3,82	0,16432	0,16921	7,8494	53,25355
7	2	2	3	9	5			4,7325	3,805	0,16239	0,16916	7,7564	52,10565
7	1	2	3	9	4			4,565	3,405	0,13508	0,13409	10,268	51,46585
6	2	2	3	8	5			4,5221	3,78	0,15562	0,16992	7,9891	51,1293
6	1	2	3	8	4			4,3744	3,405	0,12446	0,12957	10,907	51,07565
5	2	2	3	7	5			4,3231	3,775	0,14225	0,1576	8,9116	50,90385
5	1	2	3	7	4			4,199	3,399	0,10378	0,11339	13,01	52,08885
4	3	2	3	6	6			4,0816	4,048	0,14913	0,17005	7,9696	50,215
4	2	2	3	6	5			4,0455	3,755	0,12639	0,14565	9,7828	50,149
4	1	2	3	6	4			3,9356	3,366	0,08602	0,09966	15,804	53,2434
8	2	3	6	11	8			5,2525	4,668	0,42958	1,161	3,7751	61,3325
8	1	3	5	11	6			5,1674	4,239	0,41	0,73393	4,826	57,57815
8	2	3	5	11	7			5,2405	4,508	0,41486	0,74853	4,6362	59,19815
6	1	3	5	9	6			4,8515	4,219	0,393	0,72692	4,9658	55,9179
5	1	3	5	8	6			4,6477	4,204	0,38192	0,71673	5,076	54,83025
4	1	3	5	7	6			4,4302	4,203	0,35504	0,68038	5,6124	53,9565
7	1	3	4	10	5			4,8974	3,889	0,38762	0,42447	6,0785	54,07495
6	1	3	4	9	5			4,7303	3,878	0,37497	0,42179	6,3261	53,3524
5	1	3	4	8	5			4,5284	3,871	0,35687	0,41061	6,6053	52,4417
7	1	3	3	10	4			4,7028	3,451	0,34573	0,19122	8,6731	52,12985
6	1	3	3	9	4			4,5577	3,459	0,31447	0,17982	9,7228	52,28075
5	1	3	3	8	4			4,3895	3,445	0,29164	0,17207	9,932	51,42755
4	1	3	3	7	4			4,1636	3,428	0,2601	0,16151	11,15	51,22005
4	1	3	3	7	4			4,1636	3,428	0,2601	0,16151	11,15	51,22005
3	1	3	3	6	4			3,8886	3,391	0,2237	0,14887	13,126	51,38685
3	1	3	2	6	3			3,6811	2,833	0,00168	0,00012	571,41	603,9905
2	8	3	2	5	10			3,8553	4,683	0,36685	0,09918	7,6695	52,69165
2	7	3	2	5	9			3,8594	4,629	0,34655	0,09372	7,8826	52,52695
2	6	3	2	5	8			3,8321	4,464	0,34041	0,09412	8,1803	51,83495
2	5	3	2	5	7			3,81	4,324	0,31628	0,08815	8,9058	51,59845
1	7	3	2	4	9			3,4011	4,464	0,27872	0,07892	10,246	51,3632
1	6	3	2	4	8			3,4085	4,34	0,25182	0,07278	11,243	51,61152
1	5	3	2	4	7			3,3752	4,154	0,23747	0,06916	11,343	50,52365
1	4	3	2	4	6			3,3539	3,95	0,19468	0,05906	14,684	52,4732
3	3	3	1	6	4			3,8886	3,391	0,2237	0,01596	14,993	52,5893
11	4	4	8	15	12			5,6466	5,178	0,80723	2,4493	2,1427	72,55235
10	3	4	8	14	11			5,597	5,143	0,7993	2,4353	2,179	72,053
9	2	4	8	13	10			5,5085	5,02	0,80387	2,4386	2,0904	70,94875
8	1	4	8	12	9			5,3782	4,921	0,79829	2,4376	2,1813	69,85825
6	2	4	8	10	10			5,1635	5,025	0,78963	2,4249	2,1982	69,21735
5	2	4	8	9	10			4,9963	5,01	0,78234	2,4182	2,2529	68,2881
8	2	4	5	12	7			5,3357	4,598	0,77981	0,8923	3,9576	61,98815
7	1	4	5	11	6			5,1753	4,336	0,74889	0,85423	4,3227	59,8993
6	1	4	5	10	6			5,012	4,329	0,74249	0,85981	4,3131	59,0321
8	1	4	3	12	4			4,9088	3,531	0,67248	0,23221	8,2041	54,92805
7	1	4	3	11	4			4,8452	3,537	0,63138	0,21872	8,4766	54,6401

Παράρτημα ΠΙ- Αναλυτικά Αποτελέσματα Προσομοιώσεων

6	1	4	3	10	4			4,6966	3,523	0,61512	0,22278	8,5333	53,8233
5	1	4	3	9	4			4,5266	3,518	0,57415	0,21601	8,9035	53,0798
4	1	4	3	8	4			4,3725	3,503	0,52356	0,20587	9,5524	52,58155
4	2	4	3	8	5			4,5052	3,962	0,65281	0,26076	6,7904	53,69425
2	8	4	1	6	9			4,2122	4,836	0,70655	0,03168	7,5037	56,43885
2	7	4	1	6	8			4,1934	4,684	0,68588	0,0316	7,8177	55,7961
2	6	4	1	6	7			4,1563	4,471	0,65921	0,03083	8,0099	54,5966
2	5	4	1	6	6			4,1087	4,234	0,60202	0,02803	8,7579	53,62165
1	7	4	1	5	8			3,8261	4,584	0,62053	0,02913	8,628	53,9313
1	6	4	1	5	7			3,7997	4,39	0,58246	0,02799	8,9421	52,94385
1	5	4	1	5	6			3,7626	4,157	0,51589	0,02511	10,191	52,4965
1	4	4	1	5	5			3,7088	3,829	0,41166	0,02077	13,163	53,01665
9	2	5	4	14	6			5,4549	4,47	1,216	0,58945	4,535	63,18875
8	1	5	4	13	5			5,2339	4,096	1,1813	0,55998	5,1322	60,4891
2	8	5	0	7	8			4,4915	4,861	1,1388	0	7,9076	60,3656
2	7	5	0	7	7			4,4414	4,657	1,1025	0	8,0029	59,0089
2	6	5	0	7	6			4,3953	4,38	1,0261	0	8,6137	57,6237
2	5	5	0	7	5			4,2877	4,018	0,9218	0	9,8084	55,9474
1	6	5	0	6	6			4,077	4,319	0,96194	0	9,0823	55,876
1	5	5	0	6	5			4,0055	3,968	0,81428	0	10,912	54,8554
1	4	5	0	6	4			3,8931	3,47	0,56366	0	15,194	54,8303

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Π2

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ARENΑ

Παράρτημα Π2 – Ενδεικτικά Αποτελέσματα του ARENA

1

ARENA Simulation Results
Systems Modeling <user unknown> - License #9810727

Summary for Replication 1 of 1

Project: EKCS1STG Run execution date : 7/29/2000
Analyst: p.tryfonopoulos Model revision date: 7/29/2000

Replication ended at time : 1e+006.0

TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
products_queue4 Queue	.41499	.01850	.00000	22.224	801034
demands_queue4 Queue T	14.239	.40665	5.7350E-05	88.036	694363
Machine 4_R_Q Queue Ti	3.6202	.05015	.00000	33.310	801030
kanban_queue Queue Tim	2.8447	.06736	.00000	29.248	801040
Machine 1_R_Q Queue Ti	2.8157	.03580	.00000	24.234	801040
kanban_queue2 Queue Ti	10.558	.09554	.00000	44.027	801034
orders_queue Queue Tim	9.7012	.43993	1.2465E-05	70.396	373538
demands_queue2 Queue T	10.467	.35100	1.2399E-05	73.635	677538
orders_queue2 Queue Ti	3.6571	.08827	2.3618E-04	24.107	69135
products_queue Queue T	.34312	.01057	.00000	20.488	801034
Machine 1_R_Q Queue Ti	2.9141	.03431	.00000	23.228	801032
Machine 3_R_Q Queue Ti	3.3815	.06082	.00000	33.342	801034

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
wip1 value	6.1929	.04762	.00000	9.0000	9.0000
wip2 value	7.3547	.08442	.00000	16.000	5.0000
# in products_queue	.27495	.00691	.00000	3.0000	.00000
# in products_queue4	.33242	.01300	.00000	5.0000	.00000
# in demands_queue4	9.8875	.29071	.00000	73.000	13.000
# in demands_queue2	7.0922	.23242	.00000	65.000	13.000
# in orders_queue	3.6238	.21004	.00000	59.000	7.0000
# in orders_queue2	.25283	.01881	.00000	9.0000	.00000
KANBAN1	6.0000	(Insuf)	6.0000	6.0000	6.0000
KANBAN2	11.000	(Insuf)	11.000	11.000	11.000
STOCK1	3.0000	(Insuf)	3.0000	3.0000	3.0000
STOCK2	5.0000	(Insuf)	5.0000	5.0000	5.0000
L1	1.0000E+05	(Insuf)	1.0000E+05	1.0000E+05	1.0000E+05
L2	1.0000E+05	(Insuf)	1.0000E+05	1.0000E+05	1.0000E+05
advanced info	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Machine 2_R Available	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Machine 1_R Available	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
# in Machine 4_R_Q	2.8999	.05285	.00000	15.000	4.0000
# in Machine 3_R_Q	2.7087	.05128	.00000	15.000	.00000
totwip16	9.8164	.23549	.00000	67.000	15.000
# in Machine 2_R_Q	2.3343	(Corr)	.00000	8.0000	8.0000
Machine 4_R Busy	.80120	.00243	.00000	1.0000	1.0000
# in Machine 1_R_Q	2.2554	.02475	.00000	8.0000	.00000
# in kanban_queue	2.2787	.04779	.00000	7.0000	.00000
Machine 3_R Busy	.80022	.00230	.00000	1.0000	.00000
Machine 2_R Busy	.80073	.00254	.00000	1.0000	1.0000
Machine 1_R Busy	.80299	.00185	.00000	1.0000	.00000
# in kanban_queue2	8.4575	.07957	.00000	16.000	11.000
Machine 4_R Available	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Machine 3_R Available	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000

COUNTERS

Identifier	Count	Limit
c1	801040	Infinite
c2	801031	Infinite
c3	801034	Infinite
c4	801047	Infinite
c5	801031	Infinite
c6	801034	Infinite
c7	801034	Infinite
c8	0	Infinite
c9	0	Infinite
c10	801029	Infinite
c11	801034	Infinite
afixeis_C	801047	Infinite

Simulation run time: 5.32 minutes.
Simulation run complete.

Παράρτημα Π2 – Ενδεικτικά Αποτελέσματα του ARENA

ARENA Simulation Results
Systems Modeling <user unknown> - License #9810727

Summary for Replication 1 of 1

Project: EKOSISTG Run execution date : 7/29/2000
Analyst: prtyfonopoulos Model revision date: 7/29/2000

Replication ended at time : 1e+006.0

TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
products_queue4 Queue	.31884	.01218	.00000	18.991	801541
Machine 4_R_Q Queue Ti	3.5134	.07715	.00000	33.495	801538
demands_queue4 Queue T	13.746	.51650	8.3493E-06	93.135	706721
kanban_queue Queue Tim	3.3094	.08059	.00000	30.545	801549
orders_queue Queue Tim	9.0690	.55283	3.4241E-05	75.998	331556
kanban_queue2 Queue Ti	9.5305	.13422	.00000	39.317	801546
Machine 1_R_Q Queue Ti	2.9829	.04314	.00000	25.299	801543
orders_queue2 Queue Ti	3.9021	.10250	1.0870E-04	23.230	87366
demands_queue2 Queue T	9.7177	.35251	1.5818E-05	81.000	618762
products_queue Queue T	.62025	.01764	.00000	20.551	801546
Machine 2_R_Q Queue Ti	3.1247	.03895	.00000	26.535	801542
Machine 3_R_Q Queue Ti	3.3522	.06825	.00000	34.075	801540

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
wip1 value	6.4989	.05204	.00000	10.000	10.000
wip2 value	7.3200	.08525	.00000	15.000	5.0000
# in products_queue	.50517	.01225	.00000	4.0000	.00000
# in products_queue4	.25556	.00950	.00000	4.0000	.00000
# in demands_queue4	9.7146	.34386	.00000	73.000	8.0000
# in demands_queue2	6.0129	.27053	.00000	70.000	3.0000
# in orders_queue	3.0065	.24040	.00000	64.000	.00000
# in orders_queue2	.34092	.03426	.00000	10.000	.00000
KANBAN1	6.0000	(Insuf)	6.0000	6.0000	6.0000
KANBAN2	11.000	(Insuf)	11.000	11.000	11.000
STOCK1	4.0000	(Insuf)	4.0000	4.0000	4.0000
STOCK2	4.0000	(Insuf)	4.0000	4.0000	4.0000
L1	1.0000E+05	(Insuf)	1.0000E+05	1.0000E+05	1.0000E+05
L2	1.0000E+05	(Insuf)	1.0000E+05	1.0000E+05	1.0000E+05
advanced info	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Machine 2_R Available	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Machine 1_R Available	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
# in Machine 4_R_Q	2.8161	.05599	.00000	14.000	1.0000
totwipk16	9.5040	.27969	.00000	73.000	13.000
# in Machine 3_R_Q	2.6869	.05707	.00000	14.000	6.0000
# in Machine 2_R_Q	2.5046	.03280	.00000	9.0000	.00000
# in kanban_queue	2.6526	.05371	.00000	7.0000	3.0000
# in Machine 1_R_Q	2.3910	.03451	.00000	9.0000	6.0000
Machine 4_R Busy	.80017	.00234	.00000	1.0000	1.0000
Machine 3_R Busy	.80194	.00282	.00000	1.0000	1.0000
Machine 2_R Busy	.80279	.00215	.00000	1.0000	.00000
Machine 1_R Busy	.80283	.00225	.00000	1.0000	1.0000
# in kanban_queue2	7.6392	.08290	.00000	15.000	6.0000
Machine 4_R Available	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Machine 3_R Available	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000

COUNTERS

Identifier	Count	Limit
c1	801549	Infinite
c2	801542	Infinite
c3	801541	Infinite
c4	801549	Infinite
c5	801542	Infinite
c6	801546	Infinite
c7	801546	Infinite
c8	0	Infinite
c9	0	Infinite
c10	801537	Infinite
c11	801546	Infinite
afixeis_C	801549	Infinite

Simulation run time: 6.65 minutes.
Simulation run complete.

Παράρτημα Π2 – Ενδεικτικά Αποτελέσματα του ARENA

3

ARENA Simulation Results
Systems Modeling <user unknown> - License #9810727

Summary for Replication 1 of 1

Project: EKCS1STG Run execution date : 7/28/2000
Analyst: ptryfonopoulos Model revision date: 7/28/2000

Replication ended at time : 1e+006.0

TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
products_queue4 Queue	.21615	.00658	.00000	18.648	799571
Machine 4_R_Q Queue Ti	3.4590	.06149	.00000	30.122	799569
demands_queue4 Queue T	13.085	.36783	2.1693E-05	85.949	721396
kanban_queue Queue Tim	3.8457	.07537	.00000	30.069	799571
orders_queue Queue Tim	8.5625	.48929	2.1271E-07	63.363	281849
kanban_queue2 Queue Ti	8.6274	.11182	.00000	36.866	799571
Machine 1_R_Q Queue Ti	3.0919	.03660	.00000	27.010	799571
orders_queue2 Queue Ti	4.1728	.10984	2.9429E-05	29.284	107130
demands_queue2 Queue T	8.9367	.35110	1.4276E-05	72.200	547146
products_queue Queue T	1.0592	.02070	.00000	24.466	799571
Machine 2_R_Q Queue Ti	3.2006	.04121	.00000	27.574	799571
Machine 3_R_Q Queue Ti	3.2077	.05616	.00000	28.997	799571

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
wip1 value	6.6309	.06761	.00000	11.000	4.0000
wip2 value	7.2196	.09363	.00000	14.000	5.0000
# in products_queue	.84698	.02042	.00000	5.0000	4.0000
# in products_queue4	1.17223	.00821	.00000	3.0000	.00000
# in demands_queue4	9.4394	.32559	.00000	72.000	.00000
# in demands_queue2	4.8907	.23783	.00000	64.000	.00000
# in orders_queue	2.4127	.20009	.00000	58.000	.00000
# in orders_queue2	1.44704	.03150	.00000	11.000	.00000
KANBAN1	6.0000	(Insuf)	6.0000	6.0000	6.0000
KANBAN2	11.000	(Insuf)	11.000	11.000	11.000
STOCK1	5.0000	(Insuf)	5.0000	5.0000	5.0000
STOCK2	3.0000	(Insuf)	3.0000	3.0000	3.0000
L1	1.0000E+05	(Insuf)	1.0000E+05	1.0000E+05	1.0000E+05
L2	1.0000E+05	(Insuf)	1.0000E+05	1.0000E+05	1.0000E+05
advanced info	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Machine 2_R Available	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Machine 1_R Available	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
# in Machine 4_R_Q	2.7657	.05767	.00000	13.000	2.0000
tctwipk16	9.0419	.25504	.00000	68.000	4.0000
# in Machine 3_R_Q	2.5648	.05127	.00000	13.000	.00000
# in Machine 2_R_Q	2.5591	.03729	.00000	10.000	.00000
# in kanban_queue	3.0749	.06721	.00000	7.0000	6.0000
# in Machine 1_R_Q	2.4722	.03932	.00000	10.000	.00000
Machine 4_R Busy	.79973	.00290	.00000	1.0000	1.0000
Machine 3_R Busy	.79852	.00264	.00000	1.0000	.00000
Machine 2_R Busy	.79905	.00257	.00000	1.0000	1.0000
Machine 1_R Busy	.80063	.00257	.00000	1.0000	.00000
# in kanban_queue2	6.8983	.09494	.00000	14.000	11.000
Machine 4_R Available	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Machine 3_R Available	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000

COUNTERS

Identifier	Count	Limit
c1	799571	Infinite
c2	799570	Infinite
c3	799571	Infinite
c4	799571	Infinite
c5	799570	Infinite
c6	799571	Infinite
c7	799571	Infinite
c8	0	Infinite
c9	0	Infinite
c10	799568	Infinite
c11	799571	Infinite
afixeis_C	799571	Infinite

Simulation run time: 24.93 minutes.
Simulation run complete.

Παράρτημα Π2 – Ενδεικτικά Αποτελέσματα του ARENA

4

ARENA Simulation Results
Systems Modeling <user unknown> - License #9810727

Summary for Replication 1 of 1

Project: EKCS1STG Run execution date : 7/26/2000
Analyst: ptryfonopoulos Model revision date: 7/26/2000

Replication ended at time : 1e+006.0

TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
products_queue4 Queue	.46864	.02031	.00000	27.008	799573
demands_queue4 Queue T	15.496	.71709	1.2204E-05	112.69	691203
Machine 4_R_Q Queue Ti	3.4399	.04759	.00000	31.512	799568
kanban_queue Queue Tim	2.1771	.06450	.00000	28.646	799576
Machine 1_R_Q Queue Ti	2.5903	.02701	.00000	20.890	799573
kanban_queue2 Queue Ti	8.3590	.10420	.00000	34.220	799574
orders_queue Queue Tim	11.478	.77347	6.5365E-06	102.39	447329
demands_queue2 Queue T	12.357	.61599	6.8925E-05	110.26	733891
orders_queue2 Queue Ti	3.4279	.05642	2.0655E-05	23.297	94741
products_queue Queue T	.14104	.00520	.00000	17.012	799574
Machine 2_R_Q Queue Ti	2.6916	.02821	.00000	24.195	799572
Machine 3_R_Q Queue Ti	3.2418	.05999	.00000	27.936	799574

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
wip1 value	5.8204	.04901	.00000	8.0000	3.0000
wip2 value	7.0190	.08782	.00000	14.000	7.0000
* in products_queue	.11277	.00409	.00000	2.0000	.00000
* in products_queue4	.37472	.01809	.00000	6.0000	.00000
* in demands_queue4	10.711	.53076	.00000	102.00	3.0000
* in demands_queue2	9.0692	.47702	.00000	94.000	2.0000
* in orders_queue	5.1348	.44559	.00000	88.000	.00000
* in orders_queue2	.32477	.01913	.00000	8.0000	.00000
KANBAN1	6.0000	(Insuf)	6.0000	6.0000	6.0000
KANBAN2	8.0000	(Insuf)	8.0000	8.0000	8.0000
STOCK1	2.0000	(Insuf)	2.0000	2.0000	2.0000
STOCK2	6.0000	(Insuf)	6.0000	6.0000	6.0000
L1	1.0000E+05	(Insuf)	1.0000E+05	1.0000E+05	1.0000E+05
L2	1.0000E+05	(Insuf)	1.0000E+05	1.0000E+05	1.0000E+05
advanced info	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Machine 2_R Available	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Machine 1_R Available	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
* in Machine 4_R_Q	2.7505	.04610	.00000	13.000	5.0000
* in Machine 3_R_Q	2.5921	.05822	.00000	13.000	.00000
totwipk16	10.954	.48009	.00000	95.000	3.0000
* in Machine 2_R_Q	2.1521	.02991	.00000	7.0000	.00000
Machine 4_R Busy	.80005	.00249	.00000	1.0000	1.0000
* in Machine 1_R_Q	2.0712	.02306	.00000	7.0000	3.0000
* in kanban_queue	1.7408	.04883	.00000	7.0000	4.0000
Machine 3_R Busy	.79964	.00293	.00000	1.0000	1.0000
Machine 2_R Busy	.79913	.00290	.00000	1.0000	.00000
Machine 1_R Busy	.79914	.00262	.00000	1.0000	1.0000
* in kanban_queue2	6.6829	.07760	.00000	14.000	7.0000
Machine 4_R Available	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Machine 3_R Available	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000

COUNTERS

Identifier	Count	Limit
c1	799576	Infinite
c2	799572	Infinite
c3	799573	Infinite
c4	799576	Infinite
c5	799572	Infinite
c6	799574	Infinite
c7	799574	Infinite
c8	0	Infinite
c9	0	Infinite
c10	799567	Infinite
c11	799574	Infinite
afixeis_C	799576	Infinite

Simulation run time: 5.45 minutes.
Simulation run complete.



Παράρτημα Π2 – Ενδεικτικά Αποτελέσματα του ARENA

5

ARENA Simulation Results
Systems Modeling <user unknown> - License #9810727

Summary for Replication 1 of 1

Project: EKCS1STG Run execution date : 9/18/2000
Analyst: ptryf Model revision date: 9/18/2000

Replication ended at time : 1e+006.0

TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
products_queue4 Queue	.35290	.00811	.00000	18.821	799754
demands_queue4 Queue T	9.5927	.26564	6.7611E-06	78.201	674917
Machine 4_R_Q Queue Ti	.65693	.00649	.00000	11.681	799752
kanban_queue Queue Tim	3.3734	.06097	.00000	30.646	799763
Machine 1_R_Q Queue Ti	2.7691	.03837	.00000	23.649	799759
kanban_queue2 Queue Ti	2.5568	.02655	.00000	24.280	799757
orders_queue Queue Tim	7.4689	.40346	1.3326E-04	70.771	296725
demands_queue2 Queue T	7.0697	.23180	9.5509E-06	75.185	647802
orders_queue2 Queue Ti	3.4691	.04672	1.0234E-04	22.541	270528
products_queue Queue T	.33756	.00665	.00000	16.575	799759
Machine 2_R_Q Queue Ti	.69130	.00726	.00000	12.921	799758
Machine 3_R_Q Queue Ti	2.2740	.02024	.00000	21.349	799753

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
wip1 value	4.0937	.03241	.00000	8.0000	6.0000
wip2 value	3.8218	.02650	.00000	6.0000	6.0000
# in products_queue	.26997	.00531	.00000	2.0000	.00000
# in products_queue4	.28223	.00714	.00000	3.0000	.00000
# in demands_queue4	6.4734	.21971	.00000	63.000	16.000
# in demands_queue2	4.5798	.18227	.00000	60.000	11.000
# in orders_queue	2.2162	.17022	.00000	54.000	7.0000
# in orders_queue2	.93849	.03237	.00000	8.0000	2.0000
KANBAN1	6.0000	(Insuf)	6.0000	6.0000	6.0000
KANBAN2	3.0000	(Insuf)	3.0000	3.0000	3.0000
STOCK1	2.0000	(Insuf)	2.0000	2.0000	2.0000
STOCK2	3.0000	(Insuf)	3.0000	3.0000	3.0000
L1	1.0000E+05	(Insuf)	1.0000E+05	1.0000E+05	1.0000E+05
L2	1.0000E+05	(Insuf)	1.0000E+05	1.0000E+05	1.0000E+05
advanced info	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Machine 2_R Available	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Machine 1_R Available	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
# in Machine 4_R_Q	.52538	.00559	.00000	5.0000	.00000
# in Machine 3_R_Q	1.8186	.02231	.00000	5.0000	4.0000
totwipk16	6.3094	.18681	.00000	61.000	12.000
# in Machine 2_R_Q	.55288	.00601	.00000	7.0000	.00000
Machine 4_R Busy	.52783	.00151	.00000	1.0000	1.0000
# in Machine 1_R_Q	2.2138	.02630	.00000	7.0000	4.0000
# in kanban_queue	2.6979	.04280	.00000	7.0000	.00000
Machine 3_R Busy	.80103	.00259	.00000	1.0000	1.0000
Machine 2_R Busy	.52641	.00173	.00000	1.0000	1.0000
Machine 1_R Busy	.80048	.00242	.00000	1.0000	1.0000
# in kanban_queue2	2.0448	.02315	.00000	6.0000	.00000
Machine 4_R Available	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Machine 3_R Available	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000

COUNTERS

Identifier	Count	Limit
c1	799763	Infinite
c2	799757	Infinite
c3	799754	Infinite
c4	799770	Infinite
c5	799757	Infinite
c6	799757	Infinite
c7	799757	Infinite
c8	0	Infinite
c9	0	Infinite
c10	799751	Infinite
c11	799759	Infinite
afixeis_C	799770	Infinite

Simulation run time: 5.60 minutes.
Simulation run complete.

