



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Επίλυση Προβλημάτων Προγραμματισμού Ανθρωπίνων Πόρων με τη Χρήση της Προσομοίωσης Διακριτών Γεγονότων: Ενδεικτική Εφαρμογή Χρήσης του Λογισμικού Προσομοίωσης ARENA

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΣ ΓΑΡΥΦΑΛΙΑΣ ΤΑΤΑΡΑΚΗ

Επιβλέπων:

Σταύρος Πόνης

Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΜΠ

ΑΘΗΝΑ

ΙΟΥΝΙΟΣ 2020

Υπεύθυνη Δήλωση εναντίον λογοκλοπής

Έχω διαβάσει και κατανοήσει τους κανόνες για τη λογοκλοπή και τον τρόπο σωστής αναφοράς των πηγών που περιέχονται στον οδηγό συγγραφής Διπλωματικών εργασιών. Δηλώνω ότι, από όσα γνωρίζω, το περιεχόμενο της παρούσας Διπλωματικής εργασίας είναι προϊόν δικής μου δουλειάς και υπάρχουν αναφορές σε όλες τις πηγές που χρησιμοποίησα.

Γαρυφαλιά Ταταράκη

Ευχαριστίες

Με την παρούσα διπλωματική εργασία με θέμα «Επίλυση Προβλημάτων Προγραμματισμού Ανθρωπίνων Πόρων με τη Χρήση της Προσομοίωσης Διακριτών Γεγονότων: Ενδεικτική Εφαρμογή Χρήσης του Λογισμικού Προσομοίωσης ARENA» κλείνει ο κύκλος των σπουδών μου στη Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Αντικείμενο της εργασίας αποτελεί η αντιμετώπιση των ουρών αναμονής σε μια επιχείρηση προγραμματίζοντας τους ανθρώπινους πόρους, με τη βοήθεια του λογισμικού προσομοίωσης ARENA..

Αναμφισβήτητα θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής εργασίας, κ. Σ. Πόνη για την κατανόηση, την υπομονή και την καθοδήγηση σε όλη τη διάρκεια εκπόνησής της.

Ταυτόχρονα θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στους φίλους μου, στα μέλη της οικογένειάς μου και ιδιαίτερα στους γονείς μου για τη στήριξη, την εμπιστοσύνη και την αμέριστη συμπαράστασή τους σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία με τίτλο «Επίλυση Προβλημάτων Προγραμματισμού Ανθρωπίνων Πόρων με τη Χρήση της Προσομοίωσης Διακριτών Γεγονότων: Ενδεικτική Εφαρμογή Χρήσης του Λογισμικού Προσομοίωσης ARENA» εκπονήθηκε στο πλαίσιο του μαθήματος «Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων» που προσφέρεται από τον τομέα Βιομηχανικής Διοίκησης και Επιχειρησιακής Έρευνας της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Συγκεκριμένα πραγματεύεται την έννοια των ουρών αναμονής και τις επιπτώσεις τους σε μια επιχείρηση super market αλλά και τον τρόπο στελέχωσης της επιχείρησης με τη βοήθεια του λογισμικού προσομοίωσης ROCKWELL ARENA.

Αρχικά παρουσιάζεται το πρόβλημα και τα δεδομένα του όπως ο ρυθμός άφιξης πελατών και παράλληλα δίνονται οι περιορισμοί του προβλήματος σύμφωνα με την επιθυμία του εργοδότη και των πελατών. Στη συνέχεια αφού ορίζονται οι στόχοι του προβλήματος, μοντελοποιείται η κίνηση πελατών στην επιχείρηση και έπειτα τρέχει το μοντέλο αλλάζοντας το ρυθμό άφιξης πελατών και τον αριθμό εργαζομένων στα ταμεία και στο πακετάρισμα.

Τέλος με βάση το σύνολο των αποτελεσμάτων που έδωσε το λογισμικό δίνονται λύσεις για τη βέλτιστη στελέχωση της επιχείρησης, με κύριο γνώμονα τη σχέση κόστους στελέχωσης, χρόνου αναμονής στις ουρές που δημιουργούνται και αριθμό πελατών σε αυτές. Η στελέχωση των ταμείων μελετάται κατά τις ώρες αιχμής οι οποίες είναι από τις 14:00 μμ. έως τις 22:00 μμ.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	3
Περίληψη.....	4
Περιεχόμενα.....	5
Κατάλογος εικόνων	7
Κατάλογος πινάκων.....	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο	14
1.1 Αντικείμενο της εργασίας.....	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο	17
2.1 Εισαγωγή	17
2.2 Σύστημα.....	17
2.2.1 Ταξινόμηση συστημάτων	18
2.2.2 Συστατικά μέρη των συστημάτων.....	19
2.2.3 Μοντέλα συστημάτων.....	20
2.2.4 Διαδικασία μοντελοποίησης.....	21
2.3 Προσομοίωση.....	22
2.3.1 Μοντέλα προσομοίωσης.....	22
2.3.2 Διαδικασία μελέτης προσομοίωσης	24
2.3.3 Προσομοίωση διακριτών συστημάτων.....	26
2.3.4 Λογισμικό προσομοίωσης.....	29
2.4 Θεωρία ουρών αναμονής.....	31
2.4.1 Πληθυσμός πελατών-Διαδικασία αφίξεων.....	32
2.4.2 Σύστημα ουράς.....	32
2.4.3 Ουρά αναμονής-Πειθαρχία.....	32
2.4.4 Διαδικασία εξυπηρέτησης.....	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο	34
3.1 Εισαγωγή	34
3.2 Βασικά μενού	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο	43
4.1 Παρουσίαση του προβλήματος	43
4.2 Σχεδιασμός του μοντέλου	48
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο	73

5.1 Εισαγωγή	73
5.2 Πιθανά σενάρια.....	74
5.2.1 Σενάριο 1ο Βάρδια 1η –Παρατηρήσεις.....	74
5.2.2 Σενάριο 1ο Βάρδια 2η –Παρατηρήσεις.....	82
5.2.3 Σενάριο 2ο Βάρδια 1η –Παρατηρήσεις.....	90
5.2.4 Σενάριο 2ο Βάρδια 2η –Παρατηρήσεις.....	97
5.2.5 Σενάριο 3ο Βάρδια 1η –Παρατηρήσεις.....	105
5.2.6 Σενάριο 3ο Βάρδια 2η –Παρατηρήσεις.....	112
5.3 Βέλτιστη λύση.....	120
Βιβλιογραφία.....	124

Κατάλογος εικόνων

<u>Εικόνα 2.1 Ταξινόμηση συστημάτων</u>	<u>19</u>
<u>Εικόνα 2.2 Ταξινόμηση μοντέλων</u>	<u>20</u>
<u>Εικόνα 2.3 Διαδικασία μοντελοποίησης</u>	<u>21</u>
<u>Εικόνα 2.4 Μοντέλα προσομοίωσης</u>	<u>23</u>
<u>Εικόνα 2.5 Διαδικασία μελέτης προσομοίωσης</u>	<u>24</u>
<u>Εικόνα 2.6 Δομή προβλημάτων αναμονής</u>	<u>31</u>
<u>Εικόνα 3.1 Περιβάλλον εργασίας ARENA</u>	<u>34</u>
<u>Εικόνα 3.2 Μπάρα συντομεύσεων</u>	<u>35</u>
<u>Εικόνα 3.3 Μενού Edit-File</u>	<u>35</u>
<u>Εικόνα 3.4 Μενού View</u>	<u>36</u>
<u>Εικόνα 3.5 Μενού Tools</u>	<u>36</u>
<u>Εικόνα 3.6 Υπομενού Model documentation report</u>	<u>37</u>
<u>Εικόνα 3.7 Υπομενού Options</u>	<u>37</u>
<u>Εικόνα 3.8 Μενού Object-Arena</u>	<u>38</u>
<u>Εικόνα 3.9 Μενού Run</u>	<u>39</u>
<u>Εικόνα 3.10 Υπομενού Run Setup</u>	<u>39</u>
<u>Εικόνα 3.11 Μενού Window</u>	<u>40</u>
<u>Εικόνα 3.12 Μενού Help</u>	<u>40</u>
<u>Εικόνα 3.13 Μενού Διεργασιών</u>	<u>41</u>
<u>Εικόνα 3.14 Τμήμα σχολίων και προδιαγραφών</u>	<u>41</u>
<u>Εικόνα 4.1 Εντολή CREATE(1 άφιξη/25 δευτερόλεπτα)</u>	<u>49</u>
<u>Εικόνα 4.2 Εντολή ASSIGN items per customer</u>	<u>49</u>
<u>Εικόνα 4.3 Εντολή DECIDE less than 10 items</u>	<u>50</u>
<u>Εικόνα 4.4 Εντολή PROCESS shopping less than 10 items</u>	<u>50</u>
<u>Εικόνα 4.5 Εντολή PROCESS shopping more than 10 items</u>	<u>51</u>
<u>Εικόνα 4.6 Εντολή PROCESS wait cashier</u>	<u>51</u>
<u>Εικόνα 4.7 Selection rule smallest number busy</u>	<u>52</u>
<u>Εικόνα 4.8 Εντολή SET cashiers</u>	<u>53</u>
<u>Εικόνα 4.9 Μοντελοποίηση (τμήμα 1ο)</u>	<u>53</u>

Εικόνα 4.10 Εντολή PROCESS checkout	54
Εικόνα 4.11 Εντολή DECIDE need price check	54
Εικόνα 4.12 Εντολή PROCESS price check	55
Εικόνα 4.13 Μοντελοποίηση (τμήμα 2ο)	55
Εικόνα 4.14 Εντολή amount of items is 20 or less	56
Εικόνα 4.15 Μοντελοποίηση (τμήμα 3ο)	57
Εικόνα 4.16 Εντολή DECIDE items less than 20	58
Εικόνα 4.17 Condition 30%	58
Εικόνα 4.18 Condition 45%	59
Εικόνα 4.19 Εντολή DECIDE έξοδος true 30% 45% else 25%	59
Εικόνα 4.20 Εντολή DECIDE έξοδος true 45% 20% else 35%	60
Εικόνα 4.21 Εντολή DECIDE paying with check without checking card	60
Εικόνα 4.22 Εντολή PROCESS cash	61
Εικόνα 4.23 Εντολή PROCESS without check card	61
Εικόνα 4.24 Εντολή PROCESS with check card	62
Εικόνα 4.25 Εντολή PROCESS credid card	62
Εικόνα 4.26 Εντολή DECIDE bagger available	63
Εικόνα 4.27 Εντολή PROCESS leave cashier	63
Εικόνα 4.28 Εντολή DECIDE will customer help	64
Εικόνα 4.29 Εντολή PROCESS cashier bags without customer	65
Εικόνα 4.30 Εντολή PROCESS cashier bags with customer	65
Εικόνα 4.31 Μοντελοποίηση (τμήμα 4ο)	66
Εικόνα 4.32 Εντολή PROCESS bagger bags the items	67
Εικόνα 4.33 Selection rule Largest Remaining Capacity	67
Εικόνα 4.34 Εντολή SET baggers	68
Εικόνα 4.35 Εντολή RESOURCE	69
Εικόνα 4.36 Μοντελοποίηση (τμήμα 5ο)	69
Εικόνα 4.37 Εντολή DECIDE customer leave with plastic bag	70
Εικόνα 4.38 Εντολή RECORD plastic bags used	70
Εικόνα 4.39 Εντολή RECORD paper bags used	71
Εικόνα 4.40 Εντολή DISPOSE customer leave store	71
Εικόνα 5.1 Εντολή Create (ρυθμός άφιξης οντοτήτων=27,56)	74

Εικόνα 5.2 Μενού Run Setup	75
Εικόνα 5.3 Replication Length =4 (σενάριο 1ο - 1η 4ωρη βάρδια)	75
Εικόνα 5.4 Συνολικό κόστος ,10 cashiers-3 baggers (1ο σενάριο 1η βάρδια)	78
Εικόνα 5.5 Συνολικό κόστος 11 cashiers-3 baggers (1ο σενάριο 1η βάρδια)	80
Εικόνα 5.6 Συνολικό κόστος 11 cashiers-2 baggers (1ο σενάριο 1η βάρδια)	82
Εικόνα 5.7 Εντολή Create (ρυθμός άφιξης οντοτήτων=33,69)	83
Εικόνα 5.8 Replication Length =4 (σενάριο 1ο - 2η 4ωρη βάρδια)	83
Εικόνα 5.9 Συνολικό κόστος 7 cashiers-2 baggers (1ο σενάριο 2η βάρδια)	85
Εικόνα 5.10 Συνολικό κόστος 8 cashiers-2 baggers (1ο σενάριο 2η βάρδια)	87
Εικόνα 5.11 Συνολικό κόστος 8 cashiers-3 baggers (1ο σενάριο 2η βάρδια)	89
Εικόνα 5.12 Εντολή Create (ρυθμός άφιξης οντοτήτων=27,87)	90
Εικόνα 5.13 Replication Length =3 (σενάριο 2ο -1η 3ωρη βάρδια)	90
Εικόνα 5.14 Συνολικό κόστος 9 cashiers-9 baggers (2ο σενάριο 1η βάρδια)	93
Εικόνα 5.15 Συνολικό κόστος 10 cashiers-2 baggers (2ο σενάριο 1η βάρδια)	95
Εικόνα 5.16 Συνολικό κόστος 10 cashiers-3 baggers (2ο σενάριο 1η βάρδια)	97
Εικόνα 5.17 Εντολή Create (ρυθμός άφιξης οντοτήτων=32)	98
Εικόνα 5.18 Replication Length =5 (σενάριο 2ο-2η 5ωρη βάρδια)	98
Εικόνα 5.19 Συνολικό κόστος 8 cashiers-2 baggers (2ο σενάριο 2η βάρδια)	100
Εικόνα 5.20 Συνολικό κόστος 9 cashiers-2 baggers (2ο σενάριο 2η βάρδια)	102
Εικόνα 5.21 Συνολικό κόστος 9 cashiers-3 baggers (2ο σενάριο 2η βάρδια)	104
Εικόνα 5.22 Εντολή Create (ρυθμός άφιξης οντοτήτων=28,91)	105
Εικόνα 5.23 Replication Length =5 (σενάριο 3ο -1η 5ωρη βάρδια)	105
Εικόνα 5.24 Συνολικό κόστος 9 cashiers-2 baggers (3ο σενάριο 1η βάρδια)	108
Εικόνα 5.25 Συνολικό κόστος 10 cashiers-2 baggers (3ο σενάριο 1η βάρδια)	110
Εικόνα 5.26 Συνολικό κόστος 10 cashiers-3 baggers (3ο σενάριο 1η βάρδια)	112
Εικόνα 5.27 Εντολή Create (ρυθμός άφιξης οντοτήτων=32,98)	113
Εικόνα 5.28 Replication Length =3 (σενάριο 3ο-2η 3ωρη βάρδια)	113
Εικόνα 5.29 Συνολικό κόστος 8 cashiers-2 baggers (3ο σενάριο 2η βάρδια)	115
Εικόνα 5.30 Συνολικό κόστος 9 cashiers-2 baggers (3ο σενάριο 2η βάρδια)	117
Εικόνα 5.31 Συνολικό κόστος 9 cashiers-3 baggers (3ο σενάριο 2η βάρδια)	119

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 2.1 Διαδικασία μελέτης προσομοίωσης	29
Πίνακας 4.1 Ρυθμός άφιξης οντοτήτων	44
Πίνακας 4.2 Χρόνος ανά τεμάχιο	44
Πίνακας 4.3 Μορφή πληρωμής	45
Πίνακας 4.4 Χρόνοι πληρωμής	45
Πίνακας 4.5 Ποσό πληρωμής	46
Πίνακας 4.6 Διάγραμμα άφιξης οντοτήτων	47
Πίνακας 5.1 Εντολή Set , 10 cashiers-3 baggers (1ο σενάριο 1η βάρδια)	76
Πίνακας 5.2 Χρόνος αναμονής και αριθμός οντοτήτων στις ουρές αναμονής 10 cashiers-3 baggers (1ο σενάριο 1η βάρδια)	77
Πίνακας 5.3 Εντολή Set , 11 cashiers-3 baggers (1ο σενάριο 1η βάρδια)	78
Πίνακας 5.4 Χρόνος αναμονής και αριθμός οντοτήτων στις ουρές αναμονής 11 cashiers-3 baggers (1ο σενάριο 1η βάρδια)	79
Πίνακας 5.5 Εντολή Set , 10 cashiers-2 baggers (1ο σενάριο 1η βάρδια)	80
Πίνακας 5.6 Χρόνος αναμονής και αριθμός οντοτήτων στις ουρές αναμονής 11 cashiers-2 baggers (1ο σενάριο 1η βάρδια)	81
Πίνακας 5.7 Εντολή Set , 7 cashiers-2 baggers (1ο σενάριο 2η βάρδια)	84
Πίνακας 5.8 Χρόνος αναμονής και αριθμός οντοτήτων στις ουρές αναμονής 7 cashiers-2 baggers (1ο σενάριο 2η βάρδια)	84
Πίνακας 5.9 Εντολή Set , 8 cashiers-2 baggers (1ο σενάριο 2η βάρδια)	85
Πίνακας 5.10 Χρόνος αναμονής και αριθμός οντοτήτων στις ουρές αναμονής 8 cashiers-2 baggers (1ο σενάριο 2η βάρδια)	86
Πίνακας 5.11 Εντολή Set , 8 cashiers-3 baggers (1ο σενάριο 2η βάρδια)	87
Πίνακας 5.12 Χρόνος αναμονής και αριθμός οντοτήτων στις ουρές αναμονής 8 cashiers-3 baggers (1ο σενάριο 2η βάρδια)	88
Πίνακας 5.13 Εντολή Set , 9 cashiers-2 baggers (2ο σενάριο 1η βάρδια)	91
Πίνακας 5.14 Χρόνος αναμονής και αριθμός οντοτήτων στις ουρές αναμονής 9 cashiers-9 baggers (2ο σενάριο 1η βάρδια)	92
Πίνακας 5.15 Εντολή Set , 10 cashiers-2 baggers (2ο σενάριο 1η βάρδια)	93

<u>Πίνακας 5.16 Χρόνος αναμονής και αριθμός οντοτήτων στις ουρές αναμονής</u>	<u>94</u>
10 cashiers-2 baggers (2ο σενάριο 1η βάρδια)	
<u>Πίνακας 5.17 Εντολή Set , 10 cashiers-3 baggers (2ο σενάριο 1η βάρδια)</u>	<u>95</u>
<u>Πίνακας 5.18 Χρόνος αναμονής και αριθμός οντοτήτων στις ουρές αναμονής</u>	<u>96</u>
10 cashiers-3 baggers (2ο σενάριο 1η βάρδια)	
<u>Πίνακας 5.19 Εντολή Set , 8 cashiers-2 baggers (2ο σενάριο 2η βάρδια)</u>	<u>99</u>
<u>Πίνακας 5.20 Χρόνος αναμονής και αριθμός οντοτήτων στις ουρές αναμονής</u>	<u>99</u>
8 cashiers-2 baggers (2ο σενάριο 2η βάρδια)	
<u>Πίνακας 5.21 Εντολή Set , 9 cashiers-2 baggers (2ο σενάριο 2η βάρδια)</u>	<u>100</u>
<u>Πίνακας 5.22 Χρόνος αναμονής και αριθμός οντοτήτων στις ουρές αναμονής</u>	<u>101</u>
9 cashiers-2 baggers (2ο σενάριο 2η βάρδια)	
<u>Πίνακας 5.23 Εντολή Set , 9 cashiers-3 baggers (2ο σενάριο 2η βάρδια)</u>	<u>102</u>
<u>Πίνακας 5.24 Χρόνος αναμονής και αριθμός οντοτήτων στις ουρές αναμονής</u>	<u>103</u>
9 cashiers-3 baggers (2ο σενάριο 2η βάρδια)	
<u>Πίνακας 5.25 Εντολή Set , 9 cashiers-2 baggers (3ο σενάριο 1η βάρδια)</u>	<u>106</u>
<u>Πίνακας 5.26 Χρόνος αναμονής και αριθμός οντοτήτων στις ουρές αναμονής</u>	<u>107</u>
9 cashiers-2 baggers (3ο σενάριο 1η βάρδια)	
<u>Πίνακας 5.27 Εντολή Set , 10 cashiers-2 baggers (3ο σενάριο 1η βάρδια)</u>	<u>108</u>
<u>Πίνακας 5.28 Χρόνος αναμονής και αριθμός οντοτήτων στις ουρές αναμονής</u>	<u>109</u>
10 cashiers-2 baggers (3ο σενάριο 1η βάρδια)	
<u>Πίνακας 5.29 Εντολή Set , 10 cashiers-3 baggers (3ο σενάριο 1η βάρδια)</u>	<u>110</u>
<u>Πίνακας 5.30 Χρόνος αναμονής και αριθμός οντοτήτων στις ουρές αναμονής</u>	<u>111</u>
10 cashiers-3 baggers (3ο σενάριο 1η βάρδια)	
<u>Πίνακας 5.31 Εντολή Set , 8 cashiers-2 baggers (3ο σενάριο 2η βάρδια)</u>	<u>114</u>
<u>Πίνακας 5.32 Χρόνος αναμονής και αριθμός οντοτήτων στις ουρές αναμονής</u>	<u>114</u>
8 cashiers-2 baggers (3ο σενάριο 2η βάρδια)	
<u>Πίνακας 5.33 Εντολή Set , 9 cashiers-2 baggers (3ο σενάριο 2η βάρδια)</u>	<u>115</u>
<u>Πίνακας 5.34 Χρόνος αναμονής και αριθμός οντοτήτων στις ουρές αναμονής</u>	<u>116</u>
9 cashiers-2 baggers (3ο σενάριο 2η βάρδια)	
<u>Πίνακας 5.35 Εντολή Set , 9 cashiers-3 baggers (3ο σενάριο 2η βάρδια)</u>	<u>117</u>
<u>Πίνακας 5.36 Χρόνος αναμονής και αριθμός οντοτήτων στις ουρές αναμονής</u>	<u>118</u>
9 cashiers-3 baggers (3ο σενάριο 2η βάρδια)	

<u>Πίνακας 5.37 Βέλτιστη λύση 1^{ου} σεναρίου</u>	<u>120</u>
<u>Πίνακας 5.38 Βέλτιστη λύση 2^{ου} σεναρίου</u>	<u>121</u>
<u>Πίνακας 5.39 Βέλτιστη λύση 3^{ου} σεναρίου</u>	<u>121</u>
<u>Πίνακας 5.40 Τελική βέλτιστη λύση</u>	<u>122</u>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται εισαγωγή στο υπό μελέτη θέμα και ορίζονται οι στόχοι της εργασίας αλλά και η χρησιμότητα αυτής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

Εισαγωγή

1.1 Αντικείμενο της εργασίας

Το θέμα το οποίο πραγματεύεται η παρούσα διπλωματική εργασία αφορά ένα σύστημα με αλληλοεπιδρώντα στοιχεία το προσωπικό στελέχωσης του συστήματος και τις ουρές αναμονής που δημιουργούνται από τις οντότητες (πελάτες) που εισέρχονται. Το σύστημα είναι μια επιχείρηση αλυσίδας τροφίμων (super market) στην οποία αρχικά παρουσιάζεται η υπάρχουσα προβληματική κατάσταση ενώ στη συνέχεια ο σχεδιασμός μιας νέας που αποσκοπεί στη βέλτιστη σχέση κόστους στελέχωσης και ουρών αναμονής. Η λειτουργία του συστήματος επηρεάζεται από πολλές παραμέτρους που παρουσιάζονται αναλυτικά και προκύπτουν από τα αποτελέσματα της παρατήρησης. Τελικά φαίνεται η χρησιμότητα του λογισμικού ARENA στην επίλυση του συγκεκριμένου αλλά και ανάλογων προβλημάτων.

Αναλυτικότερα στο πλαίσιο του παρόντος συγγράμματος πραγματοποιείται η επίλυση προβλήματος που αφορά επιχείρηση τροφίμων με πολλά χρόνια εμπειρία σε αλυσίδα μικρών καταστημάτων. Το νέο εγχείρημα αφορά ένα νέου τύπου κατάστημα με το όνομα " SM Superstore". Σκοπός του εγχειρήματος αυτού είναι να προσφέρει ένα μεγάλο κατάστημα με πολυάριθμους τύπους από μάρκες προϊόντων που θα είναι διαθέσιμα γρήγορα με φιλική εξυπηρέτηση. Το κατάστημα έχει ξεκινήσει τη λειτουργία του εδώ και έξι μήνες και παρουσιάζει σοβαρά προβλήματα στις ουρές αναμονής.

Αρχικά αναλύονται όλες οι λεπτομέρειες που δίνονται από τα αποτελέσματα της παρατήρησης αλλά και της συλλογής πληροφοριών, όπως ο ρυθμός άφιξης των πελατών, ο χρόνος προτίμησης των πελατών στις ουρές αναμονής που δημιουργούνται, ο μέσος χρόνος αγοράς των προϊόντων ανά τεμάχιο, ο μέσος αριθμός αγοράς τεμαχίων ανά πελάτη, η μορφή πληρωμής, οι χρόνοι πληρωμής ανάλογα με την μορφή πληρωμής, ο χρόνος ανά τεμάχιο για το πακετάρισμα, η αμοιβή ανά ώρα των εργαζομένων, η σχέση εργασίας και πολλές ακόμα λεπτομέρειες που αναλύονται στην παρουσίαση του προβλήματος. Στόχος της παρούσας εργασίας είναι οι λεπτομέρειες των πληροφοριών και τα αποτελέσματα της παρατήρησης να αποθηκευτούν στο λογισμικό ARENA, να σχεδιαστεί το ανάλογο μοντέλο και τελικά να δημιουργηθεί μια σχέση αλληλεξάρτησης του κόστους στελέχωσης των εργαζομένων της επιχείρησης με τον αριθμό πελατών στις ουρές αναμονής που δημιουργούνται αλλά και τον χρόνο αναμονής σε αυτές. Τελικά με τη βοήθεια του λογισμικού δημιουργείται ένα πρόγραμμα απασχόλησης του προσωπικού των ταμείων και των ατόμων που βοηθούν στις συσκευασίες (baggers) ώστε να δίνεται το βέλτιστο κόστος για την επιχείρηση και παράλληλα να λαμβάνονται όλοι οι υφιστάμενοι περιορισμοί.

Τέλος τονίζεται ότι το πρόβλημα αντιμετωπίζεται κατά τις ώρες αιχμής οι οποίες είναι από τις 14:00 μμ. έως τις 22:00 μμ. Επίσης κατά τη διάρκεια συλλογής πληροφοριών διαπιστώθηκε ότι όλες οι μέρες είναι πανομοιότυπες οπότε οι πληροφορίες συλλέχθηκαν από Δευτέρα έως Πέμπτη. Την Παρασκευή αυξάνει η ζήτηση κατά 15% και το Σαββατοκύριακο είναι

διαφορετική. Τα όρια της παρούσης διπλωματικής εργασίας αφορούν στην καθημερινή στελέχωση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται εισαγωγή στη θεωρία των συστημάτων, στις κατηγορίες τους και στα μοντέλα ανάλυσης τους. Παράλληλα δίνονται οι βασικές αρχές προσομοίωσης και η διαδικασία μελέτης αυτής. Τέλος παρουσιάζονται τα προβλήματα που εμφανίζονται στη βασική δομή των ουρών αναμονής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο

Βιβλιογραφική ανασκόπηση

2.1 Εισαγωγή

Μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις της σύγχρονης καταναλωτικής κοινωνίας είναι η εξυπηρέτηση του καταναλωτή στο βέλτιστο χρόνο. Σε αυτό το ανταγωνιστικό περιβάλλον όλες οι εταιρείες προσπαθούν να βρουν τα μέσα εκείνα για να πετύχουν τον απώτερο σκοπό τους. Η πρώτη διαδικασία που μπαίνει στη φαρέτρα των εταιρειών είναι η διαδικασία της προσομοίωσης. Η προσομοίωση είναι μια πλήρης μελέτη ενός υπαρκτού προβλήματος και μας αποτυπώνει θεωρητικά τη διαδικασία μηχανισμού πχ μιας επιχείρησης. Η προσομοίωση περιγράφεται από ένα ή περισσότερα συστήματα τα οποία σχεδιάζουν τη δομή λειτουργίας του εκάστοτε ζητούμενου προβλήματος και από μοντέλα τα οποία επιτρέπουν τη μελέτη των συστημάτων.

2.2 Σύστημα

Το σύνολο των στοιχείων τα οποία αλληλοεπιδρούν και συμπράττουν ομαδικά για να επιτύχουν ένα στόχο, ορίζουν το σύστημα. Ένα σύστημα αντικατοπτρίζει υπαρκτές καταστάσεις και δημιουργείται για την ανάλυση και μελέτη αυτών. Οι διαδικασίες αυτές εξηγούν τη χρήση διατάξεων μέσα στο σύστημα και αν χρειαστεί προθέτονται και άλλες. Τα όρια ενός συστήματος είναι η είσοδος και η έξοδος του τα οποία οροθετούνται κατά τη μελέτη του. Επειδή όμως ένα σύστημα απεικονίζει μια πραγματικότητα, θα υπάρχουν εξωγενής περιστατικά που θα το επηρεάζουν οπότε ορίζουμε ένα περιβάλλον συστήματος που δέχεται εξωτερικές επιδράσεις οι οποίες και το μεταβάλλουν κάθε φορά. Οι εξωτερικές αυτές επιδράσεις ορίζουν ένα διαφορετικό αυτόνομο σύστημα.

Το βασικό πρόβλημα ενός αναλυτή είναι να μπορέσει να συγχωνεύσει ή να απορρίψει τις διάφορες εξωτερικές επιδράσεις στο σύστημα που μελετά, λαμβάνοντας υπόψη του τις παρακάτω συνθήκες:

-Όταν εξωτερικές επιδράσεις (συστήματα) επηρεάζουν με σημαντικό τρόπο τη λειτουργία του υπό μελέτη συστήματος, τότε αυτές θα πρέπει να απορροφηθούν από το τελευταίο. Αποτέλεσμα είναι η επέκταση των ορίων του συστήματος.

-Όταν οι εξωτερικές επιδράσεις επηρεάζουν με τέτοιο τρόπο το υπό μελέτη σύστημα που μπορούν να παρατηρηθούν με ασφαλή μέθοδο χωρίς περαιτέρω ανάλυση, τότε τοποθετούνται ως είσοδοι στο εν λόγω σύστημα.

-Όταν οι εξωτερικές επιδράσεις επιδρούν για μικρό χρονικό διάστημα και είναι άνευ σημασίας για το υπό μελέτη σύστημα τότε δε λαμβάνονται υπόψη από τον αναλυτή.

Σαν σύστημα ορίζουμε την απεικόνιση μιας υπαρκτής λειτουργίας η οποία μελετάται και περιλαμβάνει στοιχεία που αλληλοεπιδρούν εντός συγκεκριμένων ορίων και βάση πάντοτε κάποιων αρχών. Ένα ολοκληρωμένο σύστημα εκτελεί ένα μηχανισμό που δεν τον εκτελεί κάθε στοιχείο του.

2.2.1 Ταξινόμηση συστημάτων

Ένα σύστημα αποτελείται από μεταβλητές και παραμέτρους οι οποίες το χαρακτηρίζουν και το μετράνε σαν μέγεθος. Σαν παραμέτρους ορίζουμε εκείνους τους αυτόνομους κανόνες που δημιουργούν τους όρους των εισόδων ενώ μεταβλητές είναι οι κανόνες που προσκολλούνται από άλλες μεταβλητές και παραμέτρους. Για τις ανάγκες της μελέτης παρατηρούμε όλες τις τιμές συγκεκριμένων σημαντικών μεταβλητών στη μονάδα του χρόνου, τη διαδικασία αυτή την ονομάζουμε κατάσταση (state). Η μεταβολή της κατάστασης ενός συστήματος που πραγματοποιείται από μια στιγμιαία αλλαγή ονομάζεται συμβάν ή γεγονός (event). Η μελέτη ενός συστήματος γίνεται μέσω κατάλληλης επιλογής των μετρήσιμων μεγεθών, που ονομάζονται μεταβλητές κατάστασης του συστήματος (system state variables). Ο καθορισμός του συνόλου των μεταβλητών είναι συνάρτηση του σκοπού της μελέτης. Για το ίδιο φυσικό σύστημα ενδέχεται να υπάρχουν διαφορετικά σύνολα από μεταβλητές κατάστασης που εξυπηρετούν διαφορετικούς σκοπούς της μελέτης κάθε φορά.

Τα συστήματα χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες: σε στατικά και σε δυναμικά.

-Στατικά συστήματα: αμετάβλητη κατάσταση του συστήματος στο χρόνο.

-Δυναμικά συστήματα: μεταβλητή κατάσταση του συστήματος στο χρόνο.

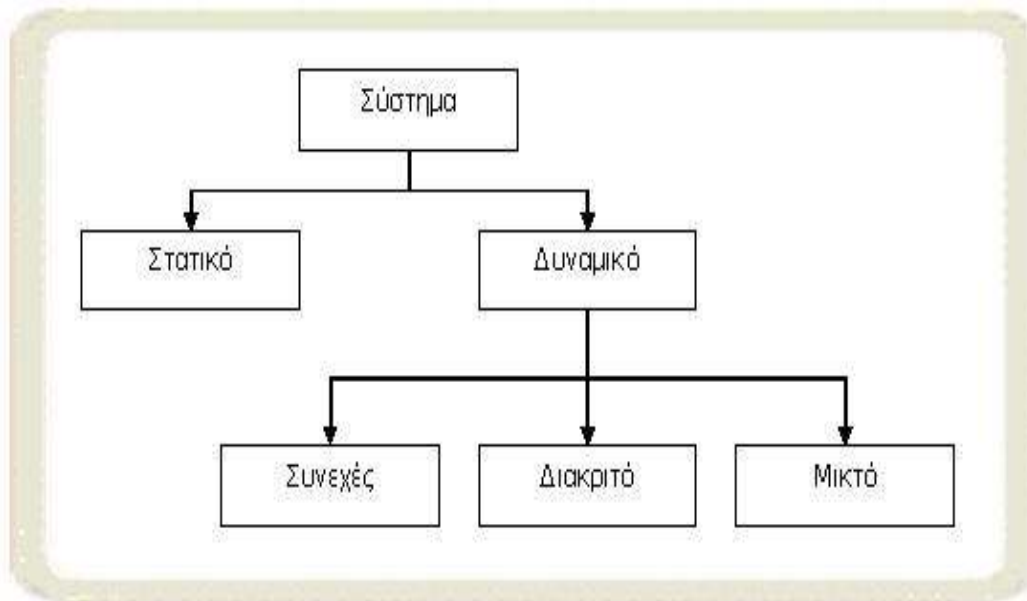
Οι αλλαγές της κατάστασης του συστήματος γίνονται με δύο τρόπους: α)με μεταβατική (transient) μεταβολή και β)με σταθερή (steady) μεταβολή. Σε μια μεταβατική μεταβολή οι συνθήκες λειτουργίας του συστήματος (εισόδων /εξόδων) δεν εκτελούνται ορθά και υποχρεώνουν σε ριζικές αλλαγές στο ίδιο το σύστημα. Αντιθέτως σε μια σταθερή μεταβολή πραγματοποιούνται αλλαγές στην κατάσταση του συστήματος σε σταθερές χρονικές περιόδους. Οι κατηγορίες των δυναμικών συστημάτων είναι:

-συνεχή, όπου οι αλλαγές στις μεταβλητές του συστήματος πραγματοποιούνται με σταθερό τρόπο στην πάροδο του χρόνου.

-διακριτά, όπου οι αλλαγές στις μεταβλητές του συστήματος πραγματοποιούνται με μεταβλητό τρόπο στην πάροδο του χρόνου.

-μικτά, αποτελούν την πραγματική απεικόνιση των δυναμικών συστημάτων. Σε πραγματικό χρόνο οι μεταβλητές του συστήματος αλλάζουν είτε συνεχώς είτε διακριτά, γεγονός που δυσκολεύει κατά πολύ τη μελέτη του συστήματος. Οπότε ο αναλυτής θα πρέπει να «διαβάσει» ποιο από τα δυο συστήματα υπερέχει (διακριτό ή συνεχή) και να το κατατάξει ανάλογα.

Ο σκοπός του συστήματος είναι εκείνος που θα καθορίσει την ταξινόμηση του σε δυναμικό, στατικό και αντίστοιχα σε διακριτό, συνεχή ή μικτό. Έπειτα επιλέγουμε τις μεταβλητές που θα απεικονίζουν την κατάσταση του και τις ταξινομούμε αντίστοιχα.



Εικόνα 2.1 Ταξινόμηση συστημάτων

2.2.2 Συστατικά μέρη των συστημάτων

Σε ένα δυναμικό σύστημα είναι σύνηθες φαινόμενο η αλλαγή θέσης ενός πόρου ή μέσου παραγωγής από ένα σύστημα προς ένα άλλο ή και εσωτερικά σε αυτό. Αυτή η μεταφορά ορίζεται σαν ροή στα συνεχή συστήματα και σαν μετακίνηση στα διακριτά. Κατά την κίνηση τους, οι πόροι, αποθηκεύονται σε μέρη του συστήματος. Οι «αποθήκες» αυτές ορίζονται σαν επίπεδα στα συνεχή συστήματα ενώ ουρές στα διακριτά. Τα προς μελέτη αντικείμενα ενός συστήματος ονομάζονται οντότητες οι οποίες είναι υπεύθυνες για την κίνηση των αγαθών του συστήματος. Οι οντότητες είναι δυναμικές, κινούνται άμεσα στο σύστημα ή στατικές, αλληλοεπιδρούν με άλλες οντότητες. Τα γνωρίσματα μια οντότητας ονομάζονται ιδιοχαρακτηριστικά (attributes) και αποτελούν την «ταυτότητα» για την κάθε οντότητα.

Οι μεταβλητές κατάστασης του συστήματος, θεωρούν τα ιδιοχαρακτηριστικά τοπική πληροφορία γιατί ορίζουν την οντότητα ενώ χαρακτηριστικά λόγου χάρη ο χρόνος θεωρούνται καθολικές μεταβλητές και είναι ορατές σε κάθε σημείο του συστήματος. Καθολικές μεταβλητές οι οποίες συμμετέχουν σε μελέτες διακριτών συστημάτων, είναι ο μετρητής των οντοτήτων και ορίζει το άθροισμα ίδιων οντοτήτων στη μονάδα του χρόνου, το συνολικό πλήθος των οντοτήτων σε καθορισμένα κομμάτια του συστήματος και η κατάσταση των πόρων ή μέσων παραγωγής. Οι πόροι ή μέσα παραγωγής (resources) του συστήματος είναι αγαθά σε μικρές ποσότητες που βοηθάνε, χρησιμοποιούνται ή αλλάζουν από τις οντότητες. Οι οντότητες χρησιμοποιούν έναν ή πολλούς πόρους με αποτέλεσμα να εξυπηρετούν το σύστημα.

Κάθε αλλαγή σε ένα διακριτό σύστημα λαμβάνει χώρα με τη βοήθεια των δραστηριοτήτων μέσα σε ένα μικρό χρονικό διάστημα. Οι δραστηριότητες εκτελούνται εντός του συστήματος και ονομάζονται ενδογενείς ή στο ευρύτερο περιβάλλον του και το μεταβάλλουν εξωτερικά και ονομάζονται εξωγενείς. Μια προσδιορισμένη δραστηριότητα (deterministic) αναλύεται πλήρως από τις εισόδους του συστήματος. Εάν αντίθετα για ένα

δεδομένο σύνολο εισόδων υπάρχουν πολλαπλάσια σύνολα εξόδων και αυτό που θα συμβεί κάθε φορά είναι αποτέλεσμα τυχαίων παραγόντων, τότε οι δραστηριότητες ονομάζονται στοχαστικές (stochastic). Οι πόροι αναλώνονται από τις δραστηριότητες και γεννούν συμβάντα που αλλάζουν την κατάσταση του συστήματος.

2.2.3 Μοντέλα συστημάτων

Ένα σύστημα αποτελεί μια πραγματικότητα και για να μπορέσει να γίνει η ανάλυση του θα πρέπει πρώτα να το σχεδιάσουμε ,να φτιάξουμε δηλαδή το μοντέλο που το αναπαριστά. (Banks et al,2005).Τα μοντέλα χωρίζονται σε κατηγορίες όπως φαίνεται στην **Εικόνα 2.2**.



Εικόνα 2.2 Ταξινόμηση μοντέλων

Φυσικό:Το φυσικό μοντέλο αναπαριστά ένα αντικείμενο με πιθανότητα διαφορετικής κλίμακας αλλά και ίδιας με το σύστημα. Ο τύπος αυτός του μοντέλου χρησιμοποιείται σπάνια στη διαχείριση έργων.

Μαθηματικό:Το μαθηματικό μοντέλο δουλεύει με λογικές και ποσοτικές σχέσεις οι οποίες μεταλλάσσονται για να καταλήξουμε στη συμπεριφορά του συστήματος. Όλες οι ιδιότητες αποτυπώνονται με μαθηματικές έννοιες.

Αναλυτικό:Το αναλυτικό μοντέλο χρησιμοποιεί ένα σύνολο εξισώσεων και προτιμάται για μελέτη συστημάτων με αναλυτικές μαθηματικές σχέσεις και συνθήκες. Έχουν πλεονέκτημα σε σχέση με τα αριθμητικά μοντέλα.

Αριθμητικό:Το αριθμητικό μοντέλο αναφέρεται σε δαιδαλώδη συστήματα που δεν δύναται να εκφραστούν με σχέσεις μαθηματικές. Εδώ χρησιμοποιούνται αριθμητικά δεδομένα βγαλμένα από μελέτες παρατήρησης και έρευνας. Έτσι εισάγεται η κατάσταση της εισόδου και υπολογίζεται η ανάλογη κατάσταση της εξόδου.

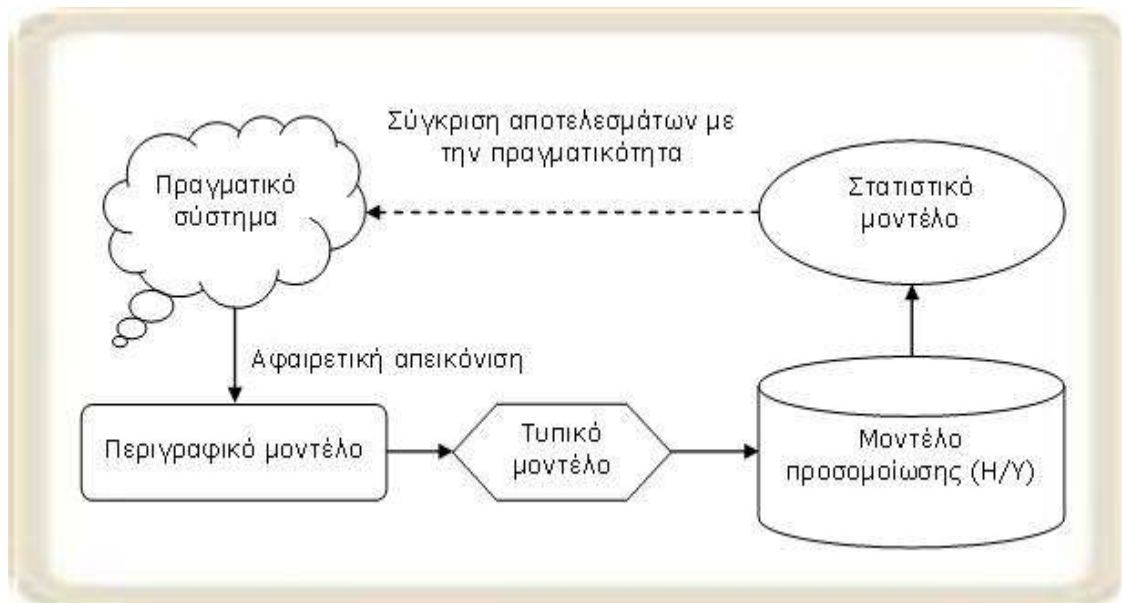
Προσομοίωση: Αρχικά η μέθοδος της προσομοίωσης δεν ήταν η καλύτερη δυνατή όμως με την εξέλιξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών έγινε αναμφισβήτητα ίσως το πιο δυνατό

εργαλείο ή μέσο για την αναπαράσταση μιας πραγματικής διαδικασίας, κατάστασης ή προβλήματος. Στην προσομοίωση χρησιμοποιούνται μαθηματικές σχέσεις ή και δεδομένα που γνωρίζουμε από την εμπειρία, την παρατήρηση ή την έρευνα. Μπορούν να περιληφθούν παράμετροι όπως αριθμός άφιξης οντοτήτων, αμοιβή και αριθμός εργαζομένων. Με την προσομοίωση αξιολογούμε και συγκρίνουμε πολλαπλά αποτελέσματα γι' αυτό και θεωρείται η καλύτερη δυνατή σε πολύπλοκα συστήματα.

2.2.4 Διαδικασία μοντελοποίησης

Στις μέρες μας δεν νοείται προσομοίωση χωρίς την χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή.(computer simulation).Αυτό είναι λογικό γιατί τα μοντέλα που επεξεργαζόμαστε σήμερα είναι μεγάλης πολυπλοκότητας. Για να μειωθεί το κόστος της ανάλυσης σε χρήμα αλλά και σε χρόνο τα μοντέλα προσομοίωσης αναπαριστούν πραγματικά συστήματα με αφαιρετικό ή απλό τρόπο. Τα αποτελέσματα της μοντελοποίησης αξιολογούν ένα μοντέλο ως προς την ορθότητά του και όχι η πολύπλοκη ανάλυση του. Όσο προχωράει η μελέτη του συστήματος αξιολογείται, διορθώνεται και γίνεται πιο πολύπλοκο ενώ παράλληλα τα αποτελέσματα είναι αξιόπιστα. Παράλληλα προτιμούνται μοντέλα τα οποία στο σύνολο της σύστασης τους προσομοιάζουν τα πραγματικά συστήματα που περιγράφουν.

Ανεξάρτητα από τη μεθοδολογία της μοντελοποίησης, τα συστατικά μέρη των μοντέλων προσομοίωσης δεν διαφέρουν από αυτά των συστημάτων. Κάθε μοντέλο προσομοίωσης περιλαμβάνει οντότητες που δεσμεύουν μέσα παραγωγής και μεταβάλλουν την κατάσταση του μοντέλου όταν συμβαίνουν καθορισμένα γεγονότα π.χ σε ένα σταθμό εξυπηρέτησης.



Εικόνα 2.3 Διαδικασία μοντελοποίησης

Τα βασικά στάδια για την διαδικασία της μοντελοποίησης είναι τέσσερα **Εικόνα 2.3** (Sanchez, 2006). Στο πρώτο στάδιο κατασκευάζεται το περιγραφικό ή εννοιολογικό μοντέλο, μπαίνουν τα όρια του συστήματος και καθορίζονται οι αλληλεπιδράσεις των οντοτήτων του συστήματος. Η αλληλεπίδραση γίνεται μέσω μαθηματικών σχέσεων ή περιορισμών. Στο στάδιο αυτό δημιουργείται το τυπικό μοντέλο προσομοίωσης (formal model). Στη συνέχεια υπολογίζεται ο αλγόριθμος της προσομοίωσης που περιγράφει το σύστημα και μετά περιγράφεται το σύστημα μέσω κατάλληλων στατιστικών μεγεθών. Η ορθή δημιουργία του μοντέλου δίνει αξιόπιστα αποτελέσματα και καθορίζει την αξία της προσομοίωσης. Στο τελευταίο στάδιο γίνεται επαλήθευση (verification) και επικύρωση (validation) όπου φαίνεται αν το μοντέλο αποτελεί σωστή αναπαράσταση της πραγματικότητας. (Sargent, 2003).

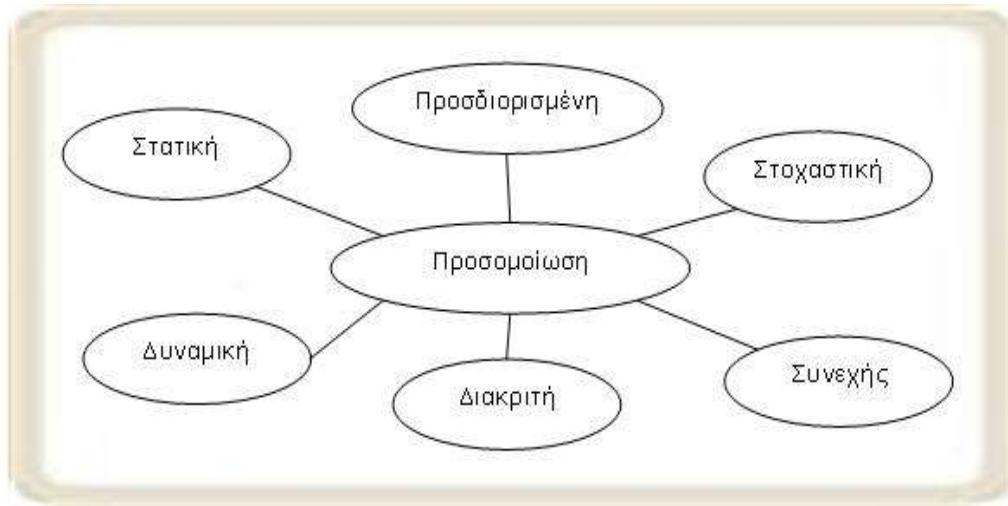
Το αποτέλεσμα της διαδικασίας της μοντελοποίησης είναι μία γραφική απεικόνιση του υπό μελέτη συστήματος, όπου φαίνονται όχι μόνο τα συστατικά του συστήματος αλλά και οι μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις (είσοδοι, έξοδοι, σχέσης αλληλουχίας). Υπάρχουν πολλές μέθοδοι για τη γραφική απεικόνιση συστημάτων και ο αναλυτής καλείται να επιλέξει αυτή που θεωρεί ότι ικανοποιεί καλύτερα τις ανάγκες της συγκεκριμένης μελέτης. Πρέπει να σημειωθεί ότι η περιγραφή της διαδικασίας είναι αρκετά γενική και απλουστευμένη και αποτελεί εισαγωγή των επόμενων κεφαλαίων που εμβαθύνουν τόσο στον τρόπο δημιουργίας του μοντέλου της προσομοίωσης όσο και στην επεξεργασία των εισόδων και των εξόδων της.

2.3 Προσομοίωση

Ο όρος «προσομοίωση» αναφέρεται στις πειραματικές μεθόδους που χρησιμοποιούνται στη μοντελοποίηση και στα πειράματα με τα μοντέλα των δυναμικών συστημάτων. Η προσομοίωση αφορά στη χρήση Η/Υ για την αξιολόγηση ενός αριθμητικού μοντέλου με δεδομένα τα οποία συλλέγονται για την εκτίμηση των πραγματικών χαρακτηριστικών του συστήματος (Law, 2007). Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται τα είδη των μοντέλων προσομοίωσης, η διαδικασία εκτέλεσης μίας μελέτης προσομοίωσης και τα συστατικά μέρη ενός μοντέλου προσομοίωσης. Επίσης, γίνεται και μία σύντομη αναφορά στις επικρατέστερες μεθόδους καθώς και στις γλώσσες που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία προγραμμάτων προσομοίωσης σε Η/Υ.

2.3.1 Μοντέλα προσομοίωσης

Τα μοντέλα προσομοίωσης αντιπροσωπεύουν μαθηματικά μοντέλα τα οποία επιλύονται αριθμητικά, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του προς μελέτη συστήματος. Οι κατηγορίες των μοντέλων προσομοίωσης απεικονίζονται στην **Εικόνα 2.4**.



Εικόνα 2.4 Μοντέλα προσομοίωσης

Στατική: Όταν το σύστημα μιας προσομοίωσης δεν εξαρτάται από τον χρόνο τότε λέμε την προσομοίωση στατική. Κλασικό παράδειγμα μοντέλου στατικής προσομοίωσης είναι τα μοντέλα Monte Carlo.

Δυναμική: Όταν το σύστημα μιας προσομοίωσης εξαρτάται από τον χρόνο τότε λέμε την προσομοίωση δυναμική.

Προσδιορισμένη: Αναφέρεται σε μοντέλα που δεν επηρεάζονται από τυχαίες μεταβλητές. Προσδιορίζονται από συγκεκριμένα όρια καθώς και από σύνολο δεδομένων εισόδου που θα αναπαραγάγει ένα συγκεκριμένο σύνολο εξόδου.

Στοχαστική: Αναφέρεται σε μοντέλα τα οποία παράγουν τυχαίες εξόδους λόγω των τυχαίων μεταβλητών μέσα στο σύστημα που εξετάζουν. Εκλαμβάνοντας ως προσεγγίσεις του συστήματος και όχι σαν μια πραγματική απεικόνισή του.

Συνεχής: Όταν η κατάσταση των μοντέλων αλλάζει με το χρόνο μιλάμε για συνεχή προσομοίωση. Η περιγραφή των μοντέλων τις περισσότερες φορές γίνεται με διαφορικές εξισώσεις.

Διακριτή: Ονομάζεται η προσομοίωση διακριτή όταν το σύστημα που περιγράφεται αλλάζει την κατάστασή του με το χρόνο σε συγκεκριμένα γεγονότα.

Σημειώνεται ότι ένα διακριτό μοντέλο προσομοίωσης δεν μοντελοποιεί πάντα ένα διακριτό σύστημα και το ίδιο ισχύει και για τα συνεχή μοντέλα προσομοίωσης (Banks et al., 2005). Πάντως, στην ανάλυση των κατασκευαστικών διαδικασιών ενδιαφέρουν κυρίως τα μοντέλα προσομοίωσης διακριτών συστημάτων και σε αυτά θα γίνει ιδιαίτερη αναφορά στην επόμενη παράγραφο. Πριν όμως, θα περιγραφούν με συντομία κάποιες άλλες κατηγορίες μοντέλων προσομοίωσης που είναι εξειδικεύσεις των προαναφερθέντων και χρησιμοποιούνται αρκετά συχνά.

Τα μοντέλα της προσομοίωσης κατηγοριοποιούνται επίσης ανάλογα με την εφαρμογή τους, τα χαρακτηριστικά τους αλλά και τον τρόπο που μοντελοποιούνται.

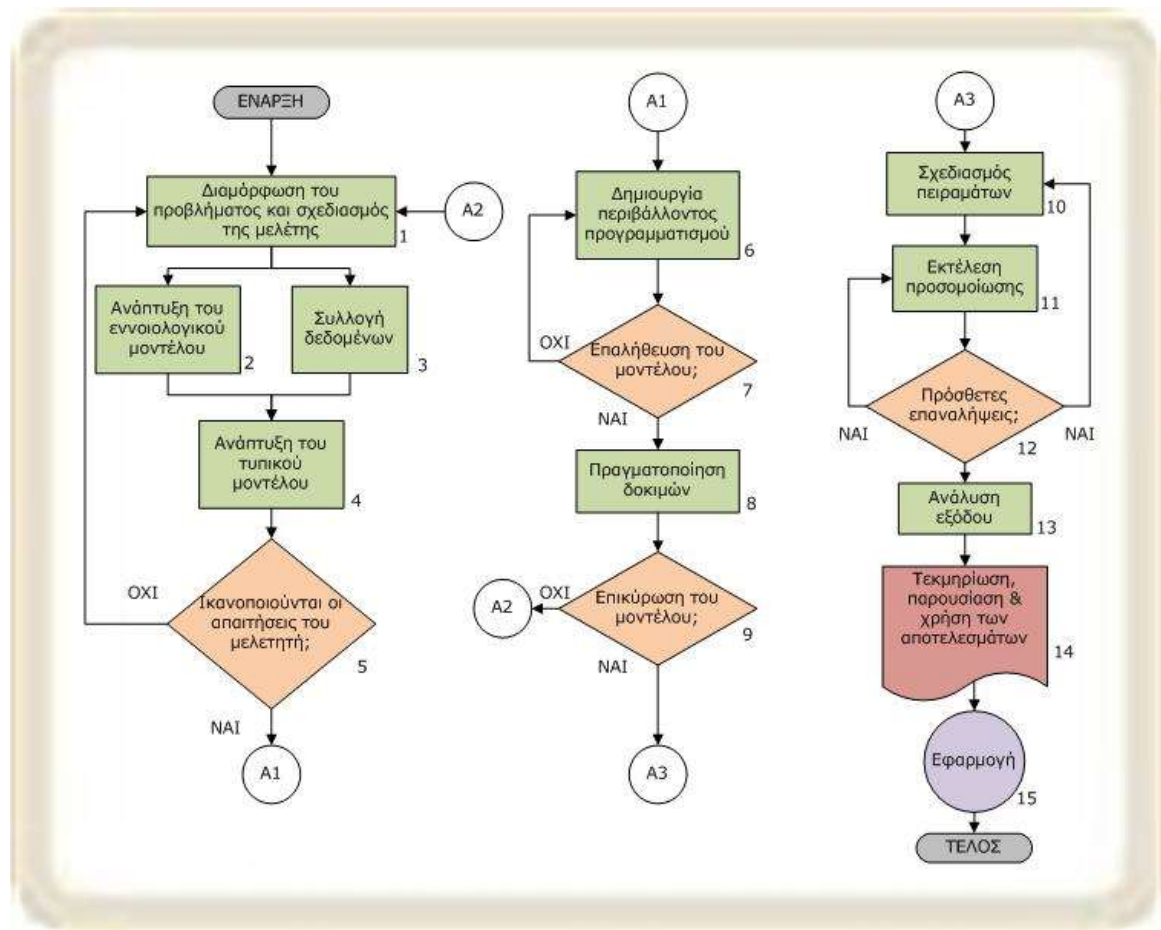
Μοντέλα γενικού / ειδικού σκοπού: Τα μοντέλα γενικού σκοπού μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πολλές διαφορετικές εφαρμογές και προσομοιώνουν συστήματα που δεν ανήκουν σε ένα μόνο τομέα ενώ τα μοντέλα ειδικού σκοπού χρησιμοποιούνται στη μοντελοποίηση συγκεκριμένης εφαρμογής.

Αντικειμενοστραφή μοντέλα προσομοίωσης: Εδώ καθώς ο χρόνος της προσομοίωσης τρέχει όλα τα αντικείμενα του μοντέλου αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους. Τα αντικείμενα εμπεριέχουν δεδομένα που περιγράφουν την κατάστασή τους και εκτελούν διάφορες λειτουργίες μέσω κατάλληλα διαμορφωμένων μεθόδων.

Παράλληλη / κατανεμημένη προσομοίωση: Στην παράλληλη προσομοίωση τα μοντέλα της προσομοίωσης εκτελούνται σε υπολογιστές που είναι σε ζεύγη. Με τον τρόπο αυτό μειώνεται ο χρόνος εκτέλεσης της προσομοίωσης. Συγκεκριμένα ο χρόνος μειώνεται τόσες φορές όσοι είναι οι υπολογιστές του συστήματος. Κατανεμημένη προσομοίωση δημιουργείται όταν πολλά μοντέλα προσομοίωσης δημιουργούν ένα γενικότερο μοντέλο. Τα επιμέρους μοντέλα που τρέχουν σε υπολογιστές που εγκαθίστανται σε δίκτυο.

2.3.2 Διαδικασία μελέτης προσομοίωσης

Η διαδικασία της μελέτης μιας προσομοίωσης είναι αρκετά σύνθετη και τα βασικά στάδια που την αποτελούν απεικονίζονται στην **εικόνα 2.5**.



Εικόνα 2.5 Διαδικασία μελέτης προσομοίωσης

Συγκεκριμένα:

Το πρώτο στάδιο είναι η διαμόρφωση του προβλήματος και ο σχεδιασμός της μελέτης. Έχει σπουδαία σημασία γιατί οι διαχειριστές του συστήματος ορίζουν τα ζητούμενα και τους στόχους της μελέτης. Πρέπει να αποφασιστεί αν η προσομοίωση είναι η αρμόζουσα μέθοδος ανάλυσης του προβλήματος. Έπειτα οροθετούνται τα χαρακτηριστικά και οι λειτουργίες του συστήματος για να αξιολογηθεί η εγκυρότητα του μοντέλου προσομοίωσης. Προσδιορίζεται ο χρόνος εκτέλεσης της μελέτης και επιλέγονται τα μέσα παραγωγής για την τελική επιλογή λογισμικού που θα τρέξει το πρόγραμμα προσομοίωσης.

Στο επόμενο στάδιο γίνεται η ανάπτυξη του εννοιολογικού μοντέλου. Ο μελετητής – αναλυτής πρέπει να είναι σε επαφή με τους άμεσα ενδιαφερόμενους ώστε να ορίσουν τα κύρια συστατικά στοιχεία του συστήματος και τις βασικές παραδοχές. Η πλήρης απεικόνιση του συστήματος με τμήματα και οντότητες οδηγεί σε χρονοβόρα διαδικασία ανάπτυξης και παράβλεψη κύριων παραμέτρων. Οπότε η εμπειρία του αναλυτή βοηθά στην αφαίρεση χρονοβόρων διαδικασιών και στην δημιουργία ενός απλοποιημένου μοντέλου.

Το τρίτο στάδιο περιλαμβάνει τη συλλογή δεδομένων και όπως φαίνεται στην εικόνα 2.5 και είναι άρρηκτα συνδεδεμένο πρακτικά και θεωρητικά με το δεύτερο στάδιο. Σε αυτή τη φάση ο αναλυτής διαχειρίζεται τις πληροφορίες και τα χαρακτηριστικά του συστήματος και καταλήγει στη θεώρηση των παραμέτρων και των δεδομένων εισόδου.

Στο τέταρτο στάδιο λαμβάνει χώρα η ανάπτυξη του τυπικού μοντέλου. Δίνεται ο καθορισμός των στοιχείων (οντοτήτων και πόρων) βάση των χαρακτηριστικών που επιλέχθηκαν από την ανάπτυξη του εννοιολογικού μοντέλου.

Στο πέμπτο στάδιο επαληθεύεται όλη η προηγούμενη διαδικασία. Ο τελικός πελάτης μαζί με τους αναλυτές – μελετητές αξιολογούν την ανάπτυξη του μοντέλου και κρίνουν αν είναι επαρκής ο σχεδιασμός του.

Στο έκτο στάδιο και αφού έχει αποφασιστεί από όλους τους εμπλεκόμενους ότι το μοντέλο καλύπτει τις ανάγκες του προβλήματος, ο αναλυτής δημιουργεί το περιβάλλον προγραμματισμού. Επιλέγει δηλαδή τη γλώσσα προγραμματισμού για το μοντέλο προσομοίωσης.

Στο επόμενο στάδιο γίνεται επαλήθευση του προγραμματισμού (verification). Εξετάζεται αν η δομή του μοντέλου και οι παράμετροι εισόδου απεικονίζονται σωστά στο πρόγραμμα.

Στο όγδοο στάδιο πραγματοποίησης δοκιμών διασφαλίζεται ότι το μοντέλο με δοκιμαστικές εκτελέσεις του προγράμματος λειτουργεί ορθά.

Στο ένατο στάδιο γίνεται η επικύρωση του μοντέλου (validation). Δηλαδή εάν το μοντέλο αναπαριστά ορθά το σύστημα στη διάρκεια της προσομοίωσης. Σε αυτό το στάδιο οι αναλυτές εξετάζουν και ποια χαρακτηριστικά του συστήματος επηρεάζουν την προσομοίωση.

Στο δέκατο στάδιο εκτελείται σχεδιασμός πειραμάτων, δηλαδή προσδιορίζεται ο χρόνος που διαρκεί η προσομοίωση και η διάρκεια των επαναλήψεων ως ότου κατανοηθεί η ορθότητα του μοντέλου προσομοίωσης.

Στο εντέκατο στάδιο γίνεται εκτέλεση της προσομοίωσης και δίνονται τα αποτελέσματα ενώ στο δωδέκατο στάδιο εκτελείται γίνονται πρόσθετες επαναλήψεις ώστε να σιγουρευτεί ο αναλυτής ότι δεν χρειάζεται περετέρω έλεγχος.

Στο δέκατο τρίτο στάδιο λαμβάνει χώρα η ανάλυση εξόδου. Βγαίνουν συμπεράσματα για την απόδοση των διατάξεων του μοντέλου μέσω της ανάλυσης των δεδομένων εξόδου.

Στο τελευταίο ουσιαστικά στάδιο της τεκμηρίωσης - παρουσίασης ελέγχεται η αξιοπιστία του μοντέλου. Τα αποτελέσματα της μελέτης πρέπει να είναι αξιόπιστα και επικυρωμένα ώστε να ληφθούν οι καλύτερες αποφάσεις. Το στάδιο αυτό είναι θεμιτό να εκτελείται και ενδιάμεσα στην πορεία δημιουργίας του μοντέλου.

2.3.3 Προσομοίωση διακριτών συστημάτων

Από τα μοντέλα προσομοίωσης που παρουσιάστηκαν στην προηγούμενη παράγραφο, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα μοντέλα που αναλύουν διακριτά συστήματα. Η προσομοίωση διακριτών συστημάτων αφορά στη μελέτη χρονικά μεταβαλλόμενων συστημάτων υπό την επήρεια συμβάντων. Ο χρονικός έλεγχος γίνεται στην εκτέλεση της προσομοίωσης και ορίζεται σαν μηχανισμός ροής του χρόνου (simulation clock). Υπάρχουν δύο βασικές προσεγγίσεις ως προς τον έλεγχο της ροής του χρόνου σε μία προσομοίωση:

-Μηχανισμός επόμενου γεγονότος (next-event time advance): Ο μηχανισμός αυτός διαθέτει λίστες σημαντικών γεγονότων που πρόκειται να εκτελεσθούν μελλοντικά. Με αποτέλεσμα η διαδικασία προσομοίωσης να προχωρά απευθείας σε αυτά προσπερνώντας τα νεκρά διαστήματα. Ο μηχανισμός αυτός χρησιμοποιείται κατά κόρον στα διακριτά συστήματα.

-Μηχανισμός σταθερού χρονικού διαστήματος (fixed-increment time advance): Αναφέρεται στο χρονικό εκείνο σημείο της προσομοίωσης όπου γεγονότα που προηγήθηκαν ή τρέχουν εκείνη τη στιγμή φαίνονται να λαμβάνουν χώρα μαζί, με αποτέλεσμα το ρολόι της προσομοίωσης να κυλά σταθερά μπροστά κατά ένα μικρό χρονικό διάστημα. Ο μηχανισμός αυτός χρησιμοποιείται σε συνεχή συστήματα.

Λόγω της εξέλιξης των Η/Υ και παρόλο που ο μηχανισμός επόμενου γεγονότος είναι πιο δαιδαλώδης, έχει επικρατήσει έναντι του μηχανισμού σταθερού χρονικού διαστήματος.

2.3.3.1 Συστατικά του μοντέλου προσομοίωσης

Όλα τα μοντέλα προσομοίωσης διακριτών συστημάτων, όπου και αν εφαρμόζονται, έχουν κάποιες κοινές ιδιότητες και συστατικά όσον αφορά στη λογική οργάνωση του μοντέλου, την μοντελοποίηση και τη διαχείριση των αλλαγών του συστήματος. Έτσι, η πλειοψηφία των μοντέλων προσομοίωσης διακριτών συστημάτων, που ελέγχονται με μηχανισμούς επόμενου γεγονότος και είναι γενικού σκοπού αποτελούνται από τα παρακάτω συστατικά στοιχεία:

Κατάσταση συστήματος και μοντέλου (system state): το σύνολο των μεταβλητών κατάστασης που περιγράφουν το σύστημα (μοντέλο) σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές.

Ρολόι της προσομοίωσης (simulation clock): μεταβλητή που επιστρέφει τον τρέχοντα χρόνο της προσομοίωσης.

Λίστα γεγονότων / συμβάντων (event list): λίστα που καθορίζει τη χρονική αλληλουχία των γεγονότων. Η λίστα διαχειρίζεται τα γεγονότα με βάση κάποια λογική (FIFO (first in, first out), LIFO (last in, first out)), με βάση κάποια κρίσιμη ιδιότητα ή με τυχαία σειρά.

Στατιστικοί δείκτες (statistical counters): μεταβλητές που χρησιμοποιούνται για στατιστικές παρατηρήσεις που καταγράφονται σε σχέση με την απόδοση του συστήματος.

Ρουτίνα αρχικοποίησης μεταβλητών (initialization routine): υποπρόγραμμα, συνήθως με τη μορφή ξεχωριστής λειτουργικής μονάδας (module) ή κλάσης (class) που χρησιμοποιείται για την αρχικοποίηση του προγράμματος της προσομοίωσης τη χρονική στιγμή 0.

Μηχανισμός ροής του χρόνου (timing routine): εδώ από τη χρονική λίστα των γεγονότων προσδιορίζεται το επόμενο γεγονός και στην πορεία πηγαίνει το ρολόι της προσομοίωσης στη συγκεκριμένη χρονική στιγμή.

Ρουτίνα γεγονότων (event routine): κάθε φορά που γίνεται ένα γεγονός η κατάσταση του συστήματος ενημερώνεται από αυτό το υποπρόγραμμα.

Βιβλιοθήκη (library routines): αποτελείται από υποπρογράμματα που χρησιμοποιούνται για το συγκεκριμένο μοντέλο προσομοίωσης, ώστε να προκύψουν τυχαία δείγματα από συγκεκριμένες κατανομές που έχουν ορισθεί για το μοντέλο προσομοίωσης που τρέχει.

Δημιουργία αναφορών (report generator): υποπρόγραμμα που πραγματοποιεί υπολογισμούς μεγεθών από στατιστικούς δείκτες σχετικά με τα επιθυμητά μεγέθη της απόδοσης του συστήματος και τα παρουσιάζει σε μορφή αναφοράς όταν τελειώσει η προσομοίωση.

Κύριο πρόγραμμα: Εδώ ενεργοποιείται ο μηχανισμός ροής του χρόνου ώστε να καθοριστεί το επόμενο γεγονός και να μεταπηδήσει ο έλεγχος της προσομοίωσης στην συγκεκριμένη ρουτίνα γεγονότος. Στη συνέχεια θα ενημερωθεί το σύστημα.

Η λογική οργάνωση των παραπάνω εννοιών και η εκτέλεση της προσομοίωσης εξαρτάται από τη μέθοδο προσομοίωσης που θα επιλεγεί, όπως περιγράφεται στην επόμενη παράγραφο.

2.3.3.2 Μέθοδοι προσομοίωσης

Η μέθοδος προσομοίωσης που θα επιλέξει ο αναλυτής έχει αντίκτυπο στη μοντελοποίηση του συστήματος καθώς και στην επιλογή της γλώσσας προγραμματισμού. Με τη δυναμική που προσφέρουν και οι τέσσερις μέθοδοι προσομοίωσης δίνουν ευχέρεια στη μοντελοποίηση συστημάτων, οπότε ο αναλυτής επιλέγει την ανάλογη μέθοδο συγκριτικά με τα τεχνικά χαρακτηριστικά του υπό μελέτη συστήματος. Στη συνέχεια περιγράφεται η μέθοδος προσομοίωσης

- διεργασιών (process-interaction method),
- γεγονότων (event-scheduling method),
- δραστηριοτήτων (activity scanning) και

- των τριών φάσεων (three-phase approach).

Προσομοίωση διεργασιών: αυτή η μέθοδος προσομοίωσης εκτελεί παράλληλες διεργασίες ανεξαρτήτων στοιχείων ή τμημάτων του μοντέλου που επικοινωνούν και αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους. Με αυτόν τον τρόπο το πρόγραμμα παρακολουθεί τη ροή μιας οντότητας μέσα στο σύστημα. Πρέπει να επισημανθεί σε αυτό το σημείο ότι μια οντότητα μπορεί να κινείται μέσα στο σύστημα μέχρι να σταματήσει σε έναν κόμβο ή να βγει από αυτό και ονομάζεται δυναμική οντότητα. Στην αντίθετη περίπτωση δηλαδή όταν μια οντότητα παραμένει ακίνητη στο σύστημα ονομάζεται στατική. Όταν η οντότητα είναι στατική ο μηχανισμός ροής του χρόνου μεταπηδά το χρόνο της προσομοίωσης στην εκτέλεση μιας άλλης δυναμικής οντότητας. Η κίνηση κάθε οντότητας του συστήματος δείχνει τις φάσεις που μπορεί να βρεθεί ένα αντικείμενο του συστήματος. Η συγκεκριμένη μέθοδος προσομοίωσης είναι ενδεδειγμένη για οντότητες οι οποίες μεταλλάσσονται λόγω των διαφορετικών τους χαρακτηριστικών. Σημαντικός παράγοντας για να εκτελεστεί η προσομοίωση διεργασιών είναι τα μέσα παραγωγής του συστήματος να ναι αδρανή για να μην αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους.

Προσομοίωση γεγονότων: η πιο γνωστή μεθοδολογία προσομοίωσης στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής. Εδώ ο χρόνος προσομοίωσης αυξάνεται όταν γίνεται το επόμενο γεγονός. Με τη μέθοδο αυτή εκτελούνται συγκεκριμένα γεγονότα που το καθένα πραγματοποιεί τη δικιά του μοναδική ρουτίνα. Κατά την εκτέλεση ενός γεγονότος γεννιούνται πολλά μέσα παραγωγής τα οποία ενεργοποιούν την εκτέλεση άλλων γεγονότων ρουτίνας. Με αυτόν τον τρόπο συλλέγονται από όλες τις ρουτίνες οι διαθέσιμες οντότητες και προγραμματίζονται κατά βέλτιστο τρόπο για το που και πως θα πάρουν μέρος στην εκτέλεση του συστήματος. Σε αυτή τη μέθοδο γίνεται πολλαπλάσια διαχείριση γεγονότων στο βέλτιστο χρόνο με αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη απόδοση του συστήματος.

Προσομοίωση δραστηριοτήτων: η μέθοδος αυτή ξεκίνησε στην Αγγλία και εκτελείται σε δυο φάσεις. Αρχικά ο αναλυτής αναγνωρίζει τις οντότητες του συστήματος, αναλύει τις προϋποθέσεις που χρειάζονται για να λειτουργήσουν και οριοθετεί τις δραστηριότητες που εκτελούν. Με τα παραπάνω δεδομένα κατασκευάζει ανεξάρτητες λειτουργικές μονάδες έτοιμες να ενεργοποιηθούν όταν ζητηθεί από τις ανάγκες του συστήματος. Παράλληλα ελέγχονται τα χαρακτηριστικά των οντοτήτων σε κατάλληλες χρονικές στιγμές και επικυρώνεται η εκτέλεση του γεγονότος. Η μέθοδος αυτή μοντελοποιεί συστήματα με πολύπλοκες αρχικές συνθήκες που περιέχουν οντότητες που αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους.

Μέθοδος των τριών φάσεων: η τελευταία μέθοδος είναι η πιο εξελιγμένη και η πιο αποδοτική συγκριτικά με τις προηγούμενες. Στηρίζεται στο διαχωρισμό σε δυο ειδών δραστηριοτήτων: τις δραστηριότητες Β τις δραστηριότητες C. Οι πρώτες είναι αυτές που πραγματοποιούνται σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή ενώ οι δεύτερες πραγματοποιούνται όταν συμβεί χρονικά μια άλλη δραστηριότητα. Ενώ ο χρόνος πραγματοποίησης των ανεξάρτητων δραστηριοτήτων ορίζεται από την εκκίνηση της προσομοίωσης. Στην πρώτη φάση της μεθόδου ελέγχονται οι χρόνοι πραγματοποίησης των γεγονότων και ανιχνεύονται οι δραστηριότητες που θα εκτελεστούν κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης. Στη δεύτερη φάση, διασφαλίζεται η ορθότητα εκτέλεσης του συνόλου των δραστηριοτήτων στην κατάλληλη χρονική στιγμή της προσομοίωσης ενώ στην τρίτη και τελευταία φάση ελέγχεται αν ικανοποιούνται τα κριτήρια πραγματοποίησης των

εξαρτημένων δραστηριοτήτων. Η «εξυπνάδα» της συγκεκριμένης φάσης είναι ότι ελέγχει τα κριτήρια ικανοποίησης μόνο για τις δραστηριότητες C που είναι πιο σημαντικές, με αποτέλεσμα την αύξηση απόδοσης του συστήματος.

Παρακάτω όπως φαίνεται στον **Πίνακα 2.1** γίνεται μια σύντομη σύγκριση και αξιολόγηση των μεθόδων που περιεγράφηκαν. Η σύγκριση είναι ποιοτική και επειδή έγινε το 1989 πιθανόν κάποια από τα ποιοτικά στοιχεία να έχουν αλλάξει λόγω της εξέλιξης των Η/Υ.

Μεθοδολογία Προσομοίωσης	Προσομοίωση Γεγονότων	Προσομοίωση Δραστηριοτήτων	Προσομοίωση Διεργασιών
Συνθήκες βέλτιστης απόδοσης	Ανεξάρτητες οντότητες	Εξαρτημένες οντότητες	Ισορροπία μεταξύ εξαρτημένων και ανεξάρτητων οντοτήτων
Φόρτος εργασίας για τη μοντελοποίηση	Μεγάλος	Μικρός	Μέσος
Απαιτήσεις σε υπολογιστική ισχύ	Χαμηλές	Υψηλές	Υψηλές
Φιλοσοφία μοντελοποίησης	Καταμερισμός της προσομοίωσης σε ρουτίνες γεγονότων	Πραγματοποίηση ελέγχων για την ικανοποίηση συνθηκών	Δημιουργία και προσομοίωση ανεξάρτητων τμημάτων του μοντέλου
Φόρτος εργασίας για τη συντήρηση	Μικρός	Μεγάλος	Μεγάλος
Ικανότητα απεικόνισης φυσικού συστήματος	Μικρή	Μέση	Εξαιρετική
Απαιτούμενος χρόνος / φόρτος εργασίας για την ανάπτυξη της εφαρμογής	Πολύ μεγάλος	Μικρός	Μεγάλος

Πίνακας 2.1 Διαδικασία μελέτης προσομοίωσης

2.3.4 Λογισμικό προσομοίωσης

Στις μέρες μας μια μελέτη προσομοίωσης εφαρμόζεται με τη βοήθεια Η/Υ , οπότε ο αναλυτής του μοντέλου πρέπει να δώσει τις κατάλληλες εντολές στην αντίστοιχη γλώσσα προγραμματισμού που θα επιλέξει. Η επιλογή ,λοιπόν, του λογισμικού που θα τρέξει το

πρόγραμμα προσομοίωσης είναι σημαντική γιατί θα επηρεάσει τη μοντελοποίηση του συστήματος. Στη συνέχεια θα αναπτυχθούν οι τρεις κατηγορίες επιλογής λογισμικών προσομοίωσης με:

- χρήση γλώσσας γενικής χρήσης
- χρήση γλωσσών προσομοίωσης
- Ολοκληρωμένο περιβάλλον προσομοίωσης

Στις μέρες μας μια μελέτη προσομοίωσης εφαρμόζεται με τη βοήθεια Η/Υ , οπότε ο αναλυτής του μοντέλου πρέπει να δώσει τις κατάλληλες εντολές στην αντίστοιχη γλώσσα προγραμματισμού που θα επιλέξει. Η επιλογή ,λοιπόν, του λογισμικού που θα τρέξει το πρόγραμμα προσομοίωσης είναι σημαντική γιατί θα επηρεάσει τη μοντελοποίηση του συστήματος.

2.3.4.1 Λογισμικό με χρήση γενικής χρήσης

Η χρήση γλωσσών γενικής χρήσης είναι η πιο διαδεδομένη για το λόγο ότι κυκλοφορούν στην αγορά λογισμικά για πολλές δεκαετίες που είναι αρκετά γνωστά στους αναλυτές. Δίνουν τη δυνατότητα στο χρήστη να υπερκεράσει εύκολα τα τυχόν προβλήματα και μπορεί να προγραμματίσει κάθε σύστημα όσο πολύπλοκο και αν είναι. Τέτοιες γλώσσες προγραμματισμού δημιουργούν υπορουτίνες, διαδικασίες και λειτουργίες (C, C++) και μεθόδους (Java) ή και πακέτων (Java) ώστε να δημιουργηθούν βιβλιοθήκες για μελλοντική χρήση του κώδικα . Λόγω του χαμηλού κόστους του λογισμικού των γλωσσών αποκτά ένα σημαντικό πλεονέκτημα έναντι των άλλων λογισμικών.

2.3.4.2 Λογισμικό με χρήση γλωσσών προσομοίωσης

Η διαδικασία της προσομοίωσης αναφέρεται σε συγκεκριμένα προβλήματα και πεδία εφαρμογών και η κατασκευή ενός τέτοιου μοντέλου πρέπει να λάβει υπόψιν πολλά δεδομένα και εξωτερικές μεταβλητές, οπότε και το λογισμικό πρέπει να έχει εξειδικευμένη γλώσσα προγραμματισμού. Ένα τέτοιο λογισμικό με χρήση γλώσσας προσομοίωσης αυτοματοποιεί τις λειτουργίες της και τελικά μειώνει το χρόνο ανάπτυξης του μοντέλου. Έτσι ο αναλυτής επενδύει περισσότερο χρόνο στην ανάλυση και επεξεργασία των αποτελεσμάτων ,την επαλήθευση αλλά και την επικύρωση του μοντέλου. Όπως γίνεται κατανοητό τα πλεονεκτήματα από την εφαρμογή τους είναι πολλά και χρησιμοποιούνται σε πλήθος εφαρμογών και πεδίων. Μειονέκτημα αυτών των λογισμικών είναι το κόστος τους λόγω της εξειδίκευσης που προσφέρουν.

2.3.4.3 Ολοκληρωμένο περιβάλλον προσομοίωσης

Από τα πιο βασικά προβλήματα των λογισμικών είναι η δυσνόητη παρουσίαση τους στους χρήστες τους και η δυσκολία στο χειρισμό τους. Οπότε δημιουργήθηκε η ανάγκη παρουσίασης ενός λογισμικού προσομοίωσης που θα καθοδηγεί το χρήστη με παραστάσεις μέχρι την τελειοποίηση του μοντέλου καθώς και εύκολη επεξήγηση στα αποτελέσματα. Η ανάλυση του μοντέλου περιλαμβάνει ένα γραφικό περιβάλλον για τον αναλυτή (graphical user interface), οπτικοποίηση (animation), αλλαγή αν χρειάζεται και επεξεργασία των αποτελεσμάτων για την απόδοση ή όχι του συστήματος. Τα αποτελέσματα λαμβάνονται ως

πίνακες ή γραφήματα που αποτυπώνονται με δυναμικό τρόπο, μετά την εκτέλεση της προσομοίωσης.

2.4 Θεωρία ουρών αναμονής

Η θεωρία των ουρών αναμονής βασίζεται στη διαφορά που δημιουργείται όταν η ζήτηση για εξυπηρέτηση σε ένα σύστημα αναμονής είναι πολύ μεγαλύτερη από την ικανότητα του συστήματος για εξυπηρέτηση. Στην καθημερινότητα παρουσιάζονται συχνά τέτοια φαινόμενα που δημιουργούν πρόβλημα τόσο στις οντότητες που αποτελούν την ουρά αναμονής αλλά και στο ίδιο το σύστημα.

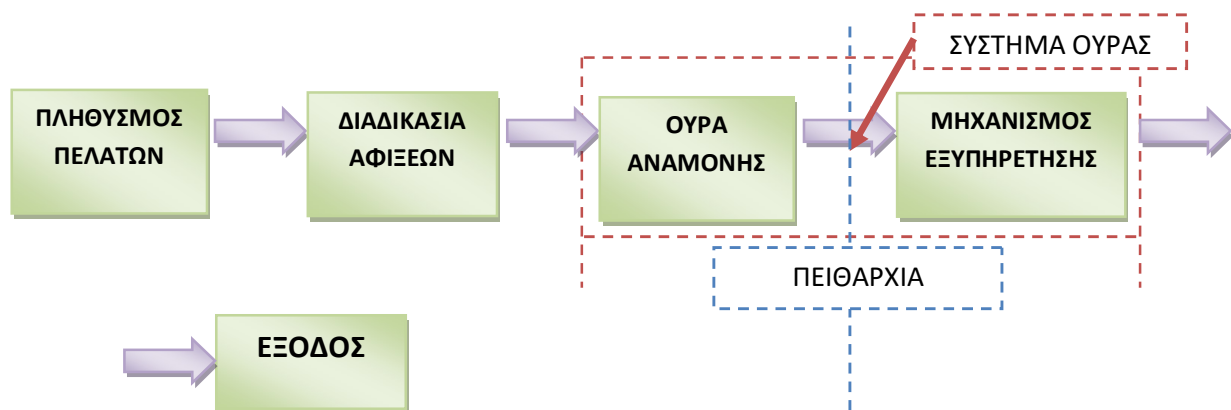
Μια βασική αιτία δημιουργίας των ουρών αναμονής είναι η άταχτη και όχι κανονική άφιξη των οντοτήτων στο σύστημα αναμονής. Πολλές φορές δημιουργούνται ουρές αναμονής και σε συστήματα με μεγάλη δυναμικότητα εξυπηρέτησης και αυτό συμβαίνει λόγω της μεταβλητότητας στις διαδικασίες άφιξης και εξυπηρέτησης των οντοτήτων. Δηλαδή ουρές αναμονής σχηματίζονται όταν συμβαίνει τουλάχιστον ένα από τα δύο ενδεχόμενα:

-Οι πελάτες προσέρχονται κατά ακανόνιστα διαστήματα χρόνου.

-Υπάρχει μεταβλητότητα στο χρόνο εξυπηρέτησης ενός πελάτη.

Αποφάσεις που αφορούν την ικανότητα που πρέπει να έχει το σύστημα εξυπηρέτησης καθώς και άλλα χαρακτηριστικά μεγέθη ενός συστήματος αναμονής ,εμφανίζονται συχνά στη βιομηχανία, τις επιχειρήσεις ,μεταφορές, κοινωνικές υπηρεσίες κλπ. Επειδή όμως είναι συνήθως αδύνατο να προβλεφθεί πότε θα έχουμε άφιξη ενός πελάτη και πόσο θα διαρκέσει η εξυπηρέτηση του οι αποφάσεις αυτές είναι δύσκολες. Εάν στο σύστημα εξυπηρέτησης έχει δοθεί πολύ μεγάλη ικανότητα τότε το κόστος εξυπηρέτησης θα είναι υπερβολικά μεγάλο. Εάν, αντίθετα δοθεί μικρότερη ικανότητα εξυπηρέτησης από ότι πρέπει τότε σε κάποια διαστήματα χρόνου η ουρά αναμονής θα γίνεται υπερβολικά μεγάλη. Ο χρόνος αναμονής των πελατών συνεπάγεται κάποιο κόστος, είτε κόστος απώλειας πελατών, είτε κοινωνικό κόστος κλπ. Επομένως ο τελικός στόχος για την μοντελοποίηση του συστήματος είναι να βρεθεί ένα βέλτιστο αποτέλεσμα ώστε να ισορροπήσει το κόστος εξυπηρέτησης με το κόστος αναμονής των πελατών στο σύστημα.

Η βασική δομή των περισσότερων προβλημάτων αναμονής δίνεται στην **Εικόνα 2.6**



Εικόνα 2.6 Δομή προβλημάτων αναμονής

2.4.1 Πληθυσμός πελατών-Διαδικασία αφίξεων

Η πηγή προέλευσης των πελατών μπορεί να είναι είτε άπειρο μέγεθος, δηλαδή ο ρυθμός αφίξεων δεν έχει σχέση με τους πελάτες που υπάρχουν στο σύστημα, είτε πεπερασμένο μέγεθος, όπου ο ρυθμός αφίξεων εξαρτάται από τους πελάτες του συστήματος.

Οι αφίξεις των πελατών παρουσιάζουν συχνά ορισμένες ιδιομορφίες, όπως

- Μη προσχώρηση όταν η ουρά είναι μεγάλη
- Αφίξη των πελατών κατά ομάδες
- Προσχώρηση στην ουρά αναμονής αλλά αποχώρηση όταν ο χρόνος αναμονής υπερβεί μια τιμή
- Προγραμματισμένες αφίξεις
- Τυχαίες αφίξεις

2.4.2 Σύστημα ουράς

Το απλούστερο σύστημα αναμονής είναι εκείνο που έχει μια ουρά αναμονής και ένα σταθμό εξυπηρέτησης. Το αμέσως επόμενο σε πολυπλοκότητα είναι το σύστημα αναμονής με μια ουρά αναμονής και σύστημα εξυπηρέτησης παράλληλων σταθμών εξυπηρέτησης. Υπάρχει και η περίπτωση που οι σταθμοί εξυπηρέτησης είναι σε σειρά και κάθε πελάτης περνάει για εξυπηρέτηση από όλους τους σταθμούς κατά τρόπο ώστε να δημιουργούνται ενδιάμεσα ουρές αναμονής. Τέλος υπάρχει και η πιο σύνθετη περίπτωση που οι σταθμοί εξυπηρέτησης είναι και παράλληλοι και σε σειρά ώστε να δημιουργούνται τα δίκτυα ουρών αναμονής.

Το σύστημα αναμονής αποτελείται από δύο στοιχεία:

A)Την ουρά αναμονής-πειθαρχία και

B)Το σύστημα εξυπηρέτησης

2.4.3 Ουρά αναμονής-Πειθαρχία

Αριθμός οντοτήτων στην ουρά αναμονής \longrightarrow απεριόριστη, όταν δεν υπάρχει κενή θέση αναμονής στην ουρά τότε ο πραγματικός ρυθμός αφίξεων μηδενίζεται.

Συνήθειες των πελατών \longrightarrow όταν δεν έρχονται (balking), όταν δεν έχουν υπομονή και όταν αποχωρούν (reneging).

Πειθαρχία \longrightarrow με τον κανόνα αυτό επιλέγεται ο επόμενος πελάτης για τον συγκεκριμένο σταθμό εξυπηρέτησης, FIFO(FCFS), LIFO(LCFS).


2.4.4 Διαδικασία εξυπηρέτησης

-Θέσεις εξυπηρέτησης \longrightarrow πλήθος παράλληλων θέσεων

-Φάσεις εξυπηρέτησης \longrightarrow πλήθος διαδοχικών φάσεων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

Παρουσίαση ROCKWELL ARENA



Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια σύντομη παρουσίαση του λογισμικού ARENA δίνοντας έμφαση στο βασικό μενού του ενώ παράλληλα απεικονίζεται και το βασικό περιβάλλον εργασίας του.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

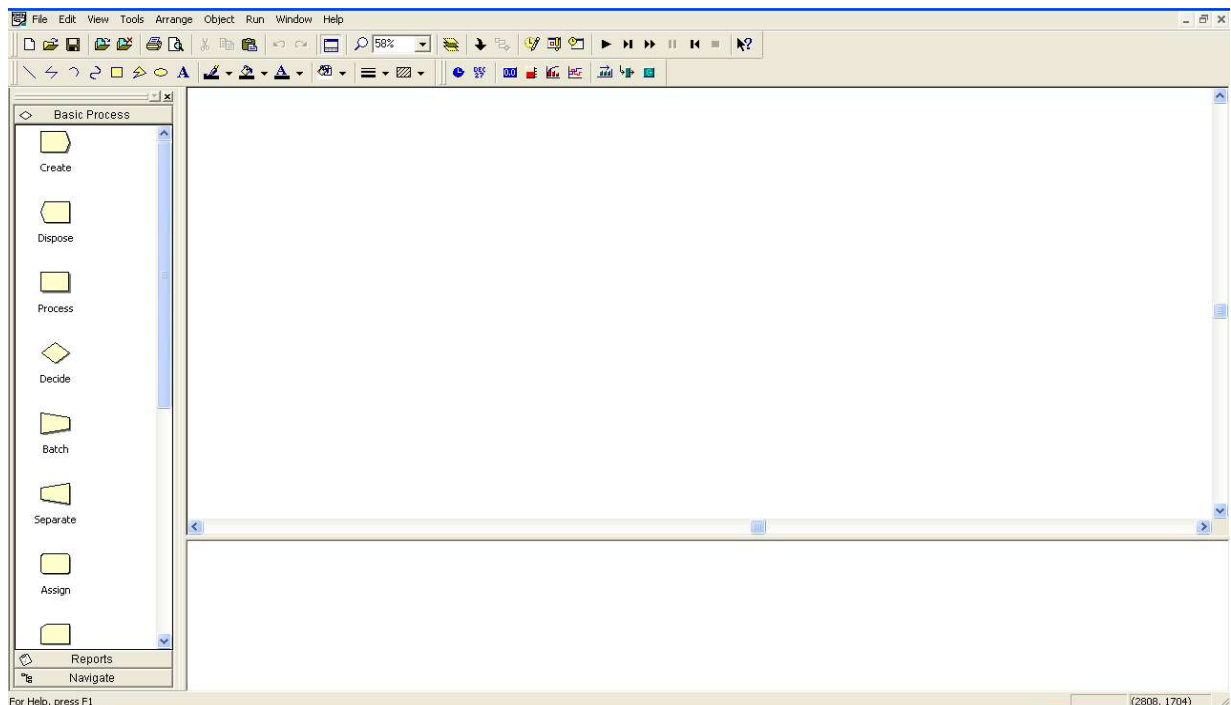
Παρουσίαση ARENA

3.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται περιληπτικά οι δυνατότητες και τα μενού του λογισμικού προσομοίωσης Arena. Κατά την ανάλυση του προβλήματος που θα ακολουθήσει στο επόμενο κεφάλαιο θα γίνει η ανάλυση του λογισμικού με περισσότερη λεπτομέρεια. Με το συγκεκριμένο λογισμικό μπορούν να μοντελοποιηθούν πραγματικά προβλήματα με μεγάλη ακρίβεια δίνοντας τους κατάλληλους περιορισμούς και τις πληροφορίες που έχουν συλλεχθεί από την παρατήρηση ή την έρευνα. Η εφαρμογή του λογισμικού είναι μεγάλη και περιλαμβάνει πολλούς τύπους επιχειρήσεων. Αφού σχεδιαστεί το μοντέλο τρέχει στο χρόνο και δίνει αποτελέσματα κόστους με σκοπό την βελτιστοποίηση του.

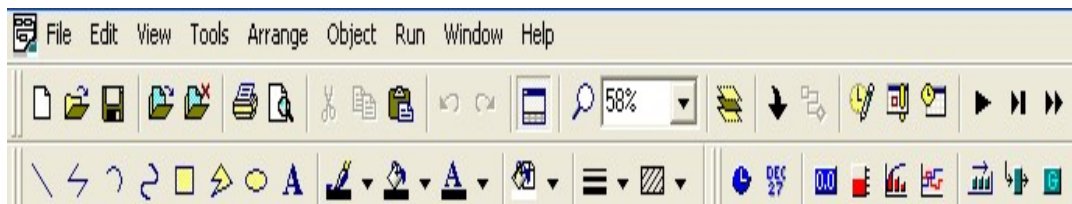
3.2 Βασικά μενού

Μόλις τρέξουμε το πρόγραμμα απεικονίζεται η παρακάτω **Εικόνα 3.1**. Αυτό είναι και το βασικό περιβάλλον εργασίας του ARENA.



Εικόνα 3.1 Περιβάλλον εργασίας ARENA

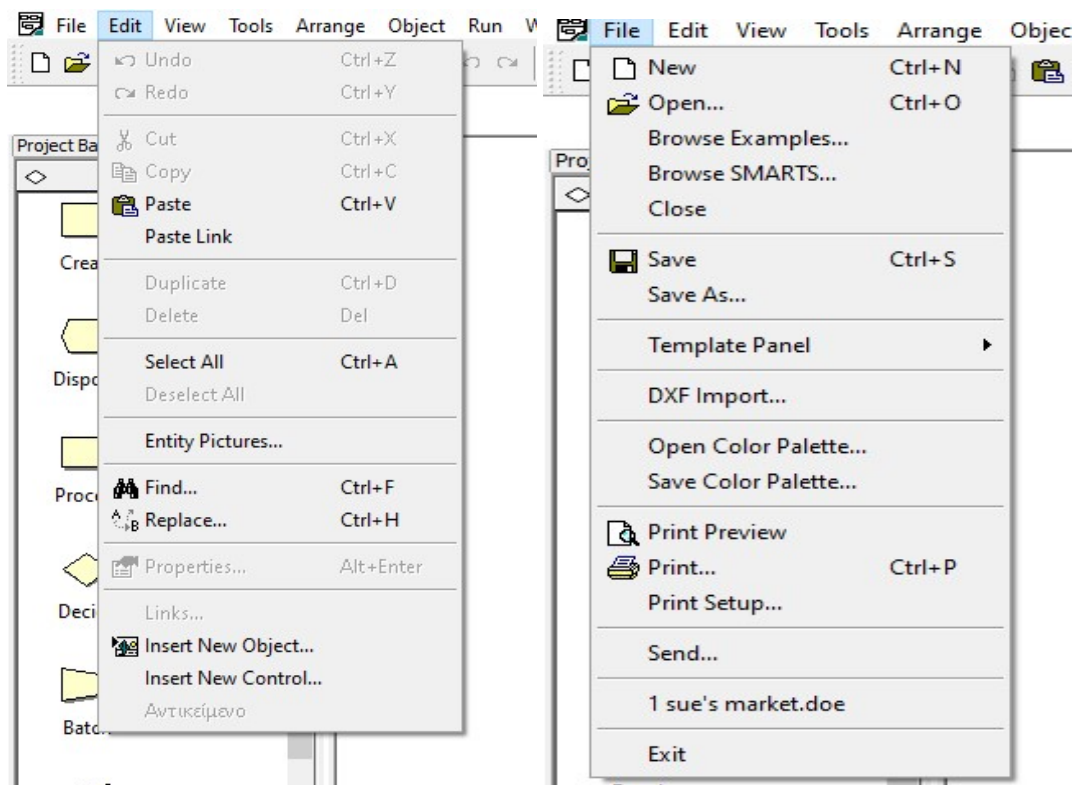
Το λογισμικό δουλεύει σε γνωστό περιβάλλον αφού έχει σχεδιαστεί όπως όλες της εφαρμογές της Microsoft. Παρακάτω **Εικόνα 3.2** φαίνεται η μπάρα συντομεύσεων και ακολουθούν λίγα λόγια για τα μενού.



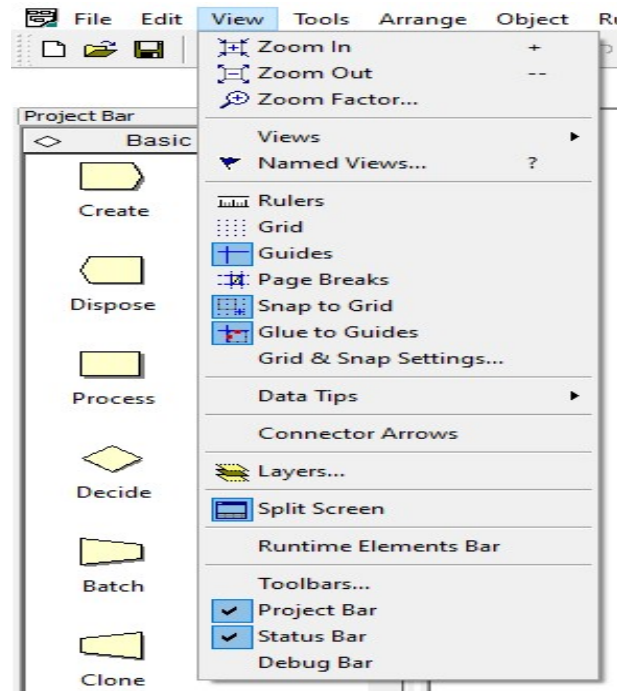
Εικόνα 3.2 Μπάρα συντομεύσεων

Μενού File -Μενού Edit-Μενού View

Στο μενού File **Εικόνα 3.3** γίνεται όπως είναι γνωστό από εφαρμογές της Microsoft. Εδώ αποθηκεύονται αρχεία ,ανοίγουμε νέα αρχεία, γίνεται επισκόπηση και εκτύπωση αρχείων. Στο μενού Edit γίνεται επικόλληση και επεξεργασία του μοντέλου ενώ από το μενού View **Εικόνα 3.4** μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα επιθυμητά εργαλεία στην οθόνη εργασίας για κάθε περίπτωση.



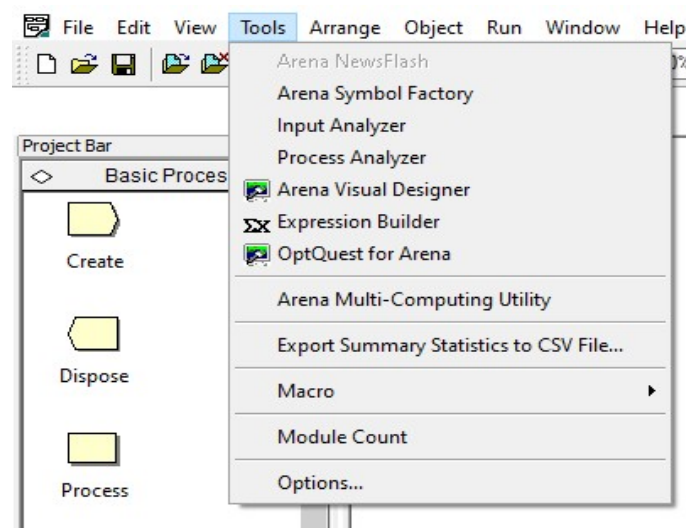
Εικόνα 3.3 Μενού Edit-File



Εικόνα 3.4 Μενού View

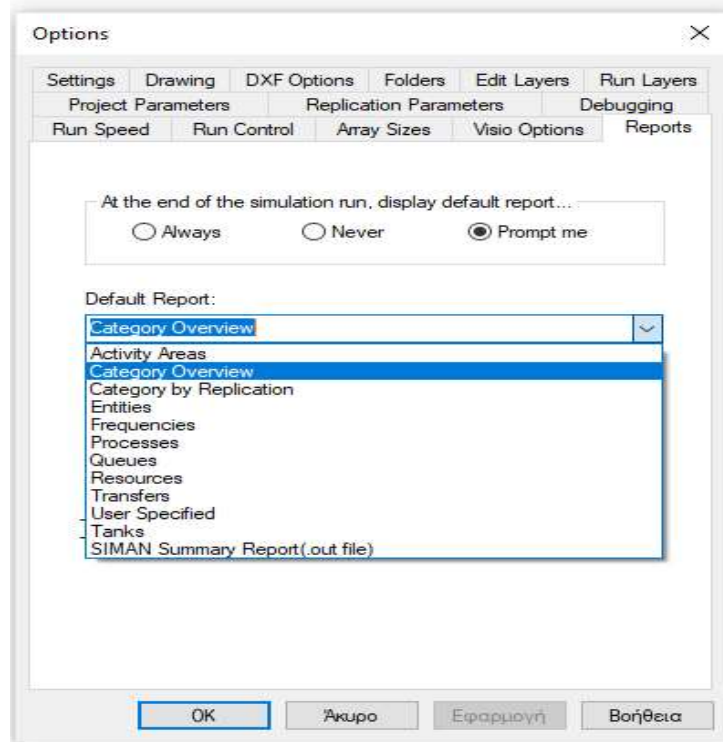
Μενού Tools

Στο μενού Tools **Εικόνα 3.5** μπορούν να χρησιμοποιηθούν σημαντικά εργαλεία όπως το Input Analyzer, το οποίο μας επιτρέπει την επεξεργασία εκφράσεων και τύπων ώστε τα δεδομένα που θα μπουν στην είσοδο να έχουν μεγαλύτερη ακρίβεια ώστε να δώσουν αξιόπιστα αποτελέσματα.



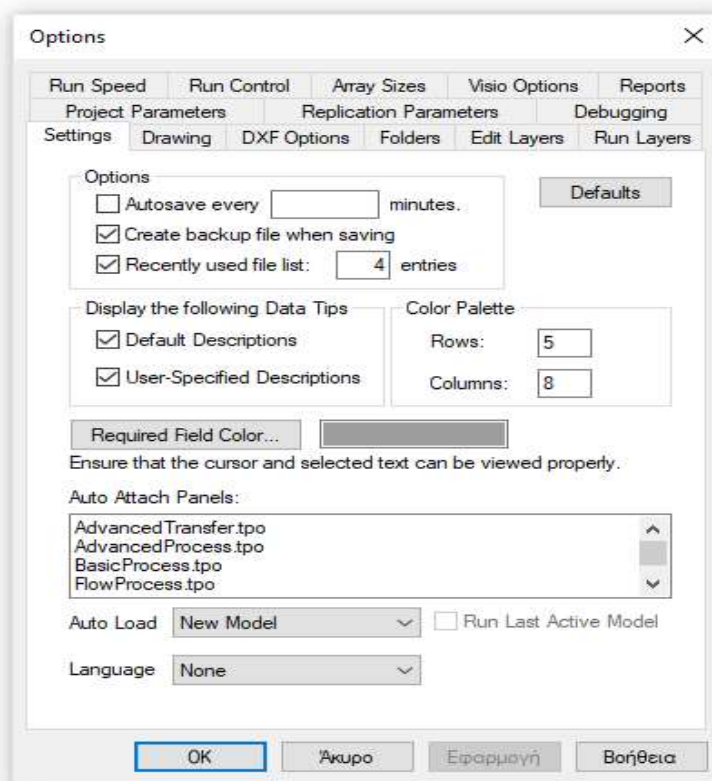
Εικόνα 3.5 Μενού Tools

Ένα ακόμα πολύ σημαντικό εργαλείο είναι το υπομενού options-reports **Εικόνα 3.6**. Εδώ μπορούμε να επιλέξουμε ποια αποτελέσματα αναφοράς θα πάρουμε αφού τρέξει το μοντέλο.



Εικόνα 3.6 Υπομενού Options-Reports

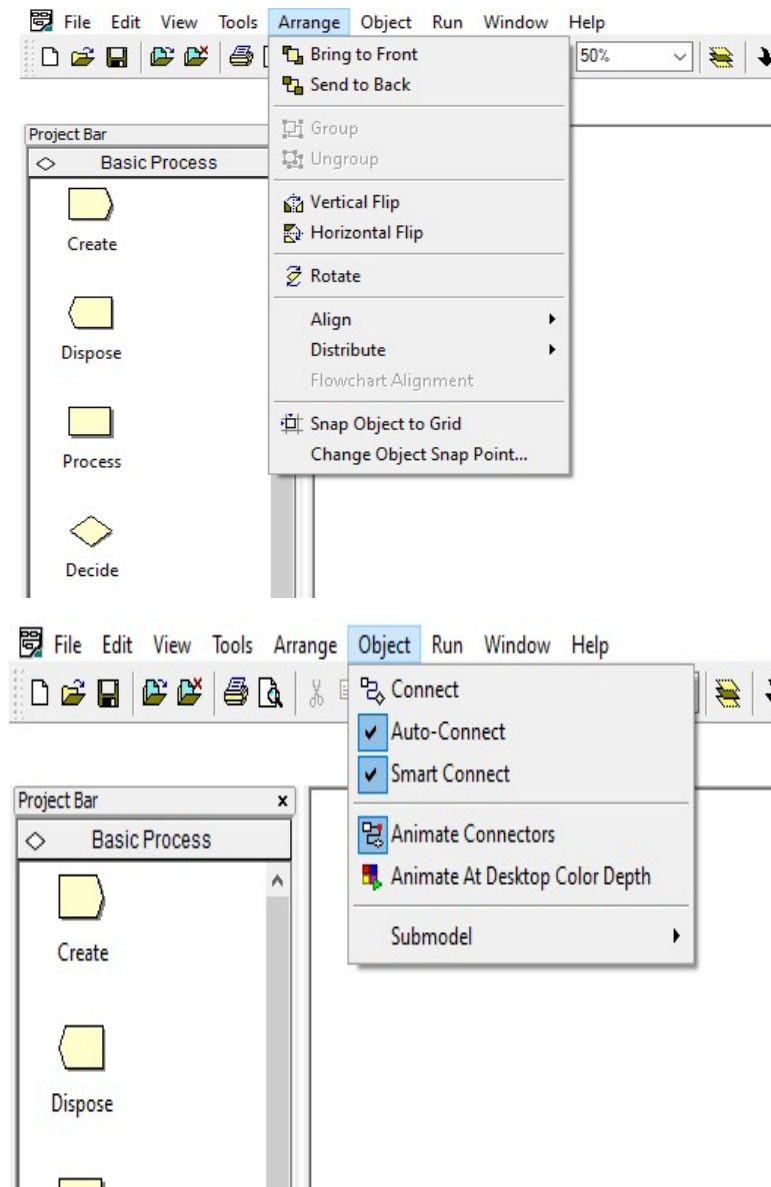
Στο υπομενού Tools-Options **Εικόνα 3.7** ρυθμίζονται οι κατάλληλοι παράμετροι για να τρέξει το πρόγραμμα όπως ο χρονικός κύκλος λειτουργίας που θα εξεταστεί το μοντέλο, το μέγεθος και τα όρια των οντοτήτων στο σύστημα.



Εικόνα 3.7 Υπομενού Options

Μενού Arrange-Μενού Object

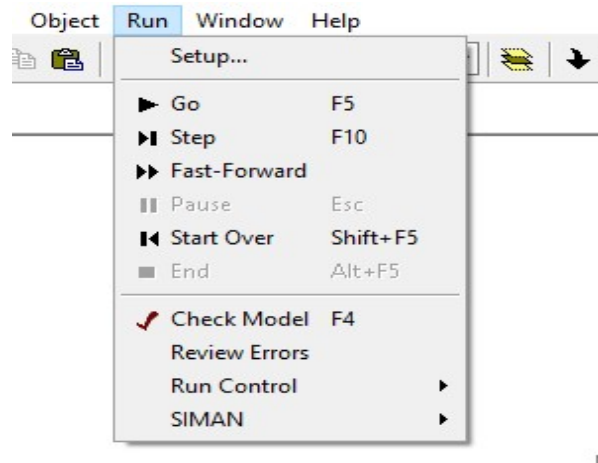
Στο μενού Arrange **Εικόνα 3.8** ο αναλυτής μπορεί να αλλάξει την οπτική του μοντέλου που σχεδιάζει στο περιβάλλον εργασίας του λογισμικού ενώ στο μενού Object ο αναλυτής επιλέγει την αυτόματη ή όχι σύνδεση των διαδικασιών του μοντέλου.



Εικόνα 3.8 Μενού Object-Arena

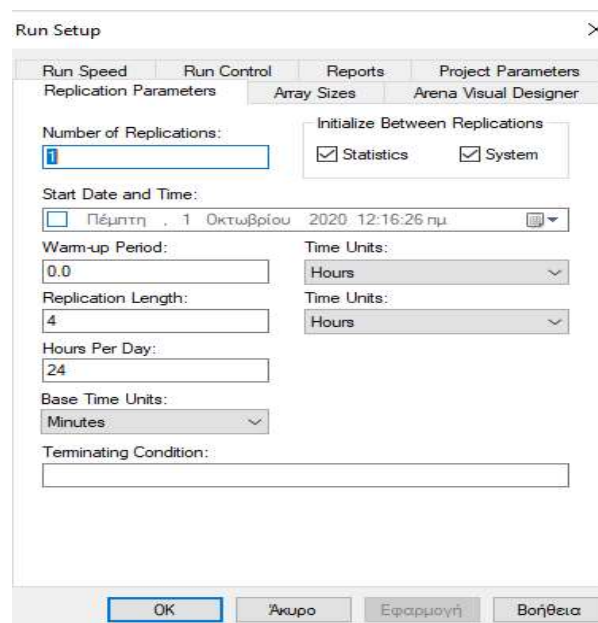
Μενού Run

Στο μενού Run **Εικόνα 3.9** ο αναλυτής δίνει εντολή για να τρέξει το μοντέλο της προσομοίωσης. Τονίζεται ότι ανάλογα με τις επιλογές του αναλυτή μπορεί το μοντέλο να τρέξει βημα-βήμα ενώ παράλληλα εντοπίζονται τα πιθανά λάθη στον σχεδιασμό και ενημερώνεται ο αναλυτής με λεπτομέρεια.



Εικόνα 3.9 Μενού Run

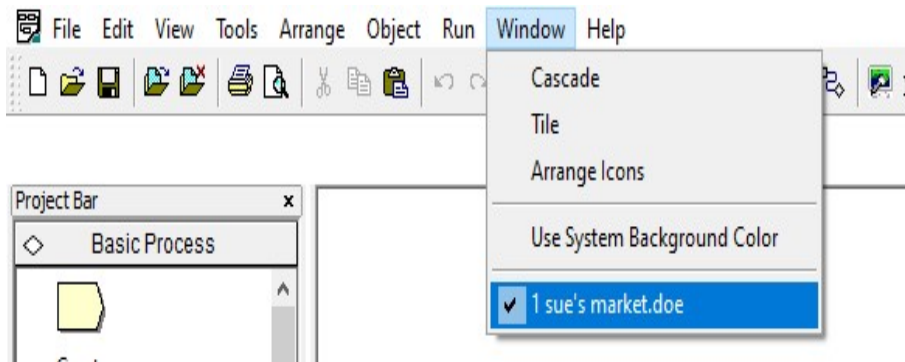
Το υπομενού Run Setup **Εικόνα 3.10** είναι πολύ σημαντικό γιατί εδώ ρυθμίζεται ο τρόπος που θα εκτελεστεί η προσομοίωση.



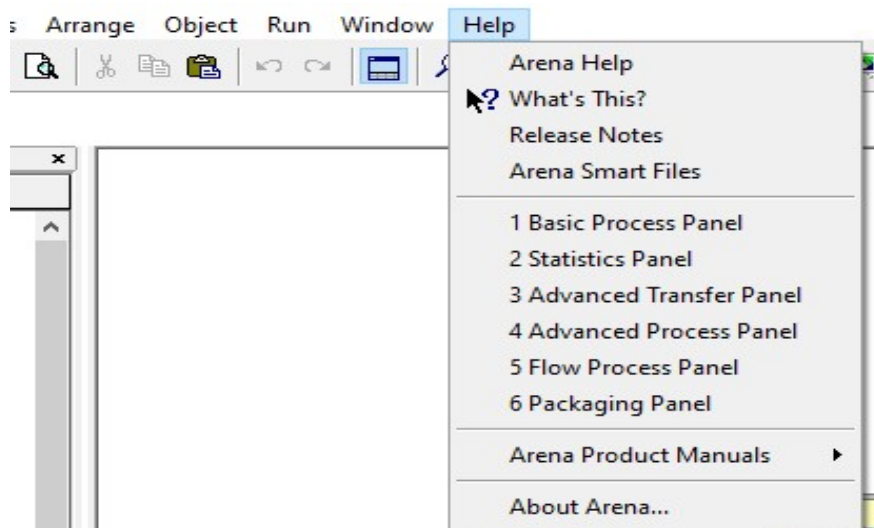
Εικόνα 3.10 Υπομενού Run Setup

Μενού Window-Μενού Help

Στο μενού Window **Εικόνα 3.11** μπορεί να αλλάξει η παρουσίαση του λογισμικού όπως σε όλες τις γνωστές εφαρμογές ενώ στο Μενού Help **Εικόνα 3.12** μπορούμε να πάρουμε βοήθεια όπως όλα τα κλασικά μενού βοήθειας που υπάρχουν στα περισσότερα λογισμικά αλλά και στα εγχειρίδια χρήσης.



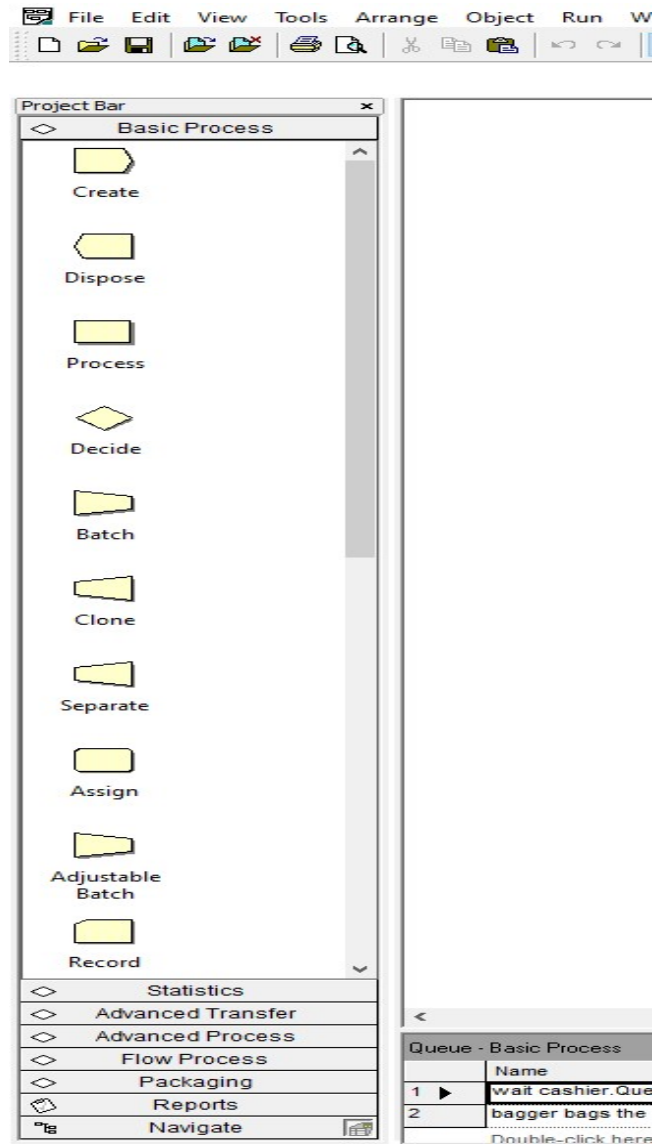
Εικόνα 3.11 Μενού Window



Εικόνα 3.12 Μενού Help

Μενού αντικειμένων

Στο αριστερό τμήμα του περιβάλλον εργασίας του ARENA υπάρχουν οι διαδικασίες (processes), οι αναφορές (reports) και πλοήγηση (navigate). **Εικόνα 3.13** Εδώ υπάρχουν όλα τα σημαντικά αντικείμενα που χρησιμοποιούνται για να κατασκευαστεί ένα μοντέλο προσομοίωσης ενώ παράλληλα βρίσκονται όλοι οι τύποι των αναφορών που δίνονται αφού τρέξει το πρόγραμμα.



Εικόνα 3.13 Μενού Διεργασιών

Τμήμα σχολίων

Στο τμήμα σχολίων στο αριστερό κάτω μέρος της οθόνη **Εικόνα 3.14** παρουσιάζονται εφαρμογές στις οποίες μπορούν να γίνουν αλλαγές όπως να προστεθούν οντότητες ή να αλλάξει η αμοιβή τους.

Queue - Basic Process				
	Name	Type	Shared	Report Statistics
1	wait cashier.Queue	First In First Out	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	bagger bags the items.Queue	First In First Out	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Double-click here to add a new row.

Εικόνα 3.14 Τμήμα σχολίων και προδιαγραφών

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

Παρουσίαση και Επίλυση Προβλημάτων
Προγραμματισμού Ανθρωπίνων Πόρων με τη χρήση του
Λογισμικού Προσομοίωσης ARENA

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μοντελοποίηση κίνησης πελατών σε επιχείρηση Super Market για την εύρεση του βέλτιστου πλάνου στελέχωσης των εργαζομένων με γνώμονα το κόστος ,το χρόνο στις ουρές αναμονής που δημιουργούνται και τον αριθμό πελατών σε αυτές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο

Μοντελοποίηση κίνησης πελατών σε επιχείρηση με το λογισμικό ARENA

4.1 Παρουσίαση του προβλήματος

Το πρόβλημα που καλούμαστε να επιλύσουμε ως σύμβουλοι αφορά τα καταστήματα Sue. Η Sue έχει εμπειρία στην επιχείρηση τροφίμων πολλά χρόνια με μεγάλη αλυσίδα μικρών καταστημάτων. Πρόσφατα άνοιξε το πρώτο νέου τύπου κατάστημα με το όνομα "The SM Superstore". Σκοπός του εγχειρήματος αυτού είναι να προσφέρει ένα μεγάλο κατάστημα με πολυάριθμους τύπους από μάρκες προϊόντων που θα είναι διαθέσιμα γρήγορα με φιλική εξυπηρέτηση. Αυτό το πρώτο κατάστημα θα χρησιμοποιηθεί για να ελέγξει τη διαδικασία λειτουργίας για μια μεγάλη αλυσίδα υπερκαταστημάτων που θέλει να αναπτύξει η Sue.

Αυτό το κατάστημα είναι ανοιχτό εδώ και έξι μήνες και η Sue αντιμετωπίζει πρόβλημα στην στελέχωση των ταμείων κατά τις ώρες αιχμής οι οποίες είναι από τις 14:00 μμ. έως τις 22:00 μμ. Έχει λάβει πολλά παράπονα από τους πελάτες σχετικά με τις μεγάλες ουρές μπροστά από τα ταμεία. Έχει 20 ταμεία που μπορεί να χρησιμοποιήσει αλλά δεν μπορεί να αναπτύξει ένα επαρκές πλάνο στελέχωσης για την εξάλειψη τις μεγάλης αναμονής. Αυτό που καλούμαστε να κάνουμε είναι ένα οικονομικό πλάνο στελέχωσης που θα ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις της Sue.

Μια ομάδα φοιτητών από ένα τοπικό πανεπιστήμιο βοήθησε στην συλλογή και ανάλυση κάποιων πληροφοριών τις οποίες θα δούμε παρακάτω. Η Sue δεν μπορεί να προσεγγιστεί γιατί λείπει σε ταξίδι για ένα μήνα στο Νότιο Ειρηνικό και τόνισε ότι δεν θέλει το προσωπικό του καταστήματος της να ενοχλείται με ερωτήσεις διαταράσσοντας έτσι τη λειτουργία του καταστήματος. Η Sue θέλει την έκθεση στο γραφείο της όταν θα επιστρέψει από διακοπές και καμία άλλη πληροφορία δεν είναι διαθέσιμη. Μετά την ανάγνωση της έκθεσης θα αποφασίσει αν θα ζητήσει πρόσθετη εργασία.

Μια ανεπίσημη έρευνα που έγινε για να προσδιορίσει τι προτιμούν οι πελάτες για το χρόνο αναμονής των πελατών στην ουρά πριν φτάσουν στο ταμείο έδειξε τα εξής:

Οι περισσότεροι πελάτες προτιμούν 2 με 3 λεπτά αναμονής ενώ οι πελάτες με λίγα τεμάχια έχουν συνήθως μικρότερη αναμονή. Υπέδειξαν ότι αν έπρεπε να περιμένουν περισσότερο από 10 λεπτά μπορεί να πήγαιναν σε άλλο κατάστημα την επόμενη φορά. Επιπλέον αν ο αριθμός υπερβαίνει τους 4 ή 5 ανά ουρά η συμφόρηση ενοχλεί και τους υπόλοιπους αγοραστές.

Ο ρυθμός αύξησης των πελατών **πίνακας 4.1** έχει μεγάλο βαθμό μεταβλητότητας όμως οι φοιτητές παρείχαν κατά μέσο όρο τους ρυθμούς αύξησης των πελατών στις ουρές αναμονής (πελάτες ανά ώρα) για κάθε μισή ώρα. Έτσι προέκυψε ο παρακάτω πίνακας.

ΩΡΑ	ΠΕΛΑΤΕΣ/ΩΡΑ	ΩΡΑ	ΠΕΛΑΤΕΣ/ΩΡΑ
2:00-2:30	95	6:00-6:30	105
2:30-3:00	100	6:30-7:00	95
3:00-3:30	120	7:00-7:30	125
3:30-4:00	150	7:30-8:00	150
4:00-4:30	160	8:00-8:30	155
4:30-5:00	150	8:30-9:00	95
5:00-5:30	160	9:00-9:30	70
5:30-6:00	110	9:30-10:00	60

Πίνακας 4.1 Ρυθμός άφιξης οντοτήτων

Κατά τη διάρκεια συλλογής πληροφοριών διαπιστώθηκε ότι όλες οι μέρες είναι πανομοιότυπες οπότε οι πληροφορίες συλλέχθηκαν από Δευτέρα έως Πέμπτη. Την Παρασκευή αυξάνει η ζήτηση κατά 15% ενώ το Σαββατοκύριακο είναι διαφορετική. Για το λόγο αυτό θα ασχοληθούμε με την καθημερινή στελέχωση.

Για τους χρόνους αγοράς των προϊόντων φτιάχτηκε ο **πίνακας 4.2** με βάση τη συλλογή πληροφοριών.

ΤΕΜΑΧΙΑ ΚΑΤΑ ΜΕΣΟ ΟΡΟ	ΧΡΟΝΟΙ ΑΝΑ ΤΕΜΑΧΙΟ ΣΕ ΔΕΥΤΕΡΟΛΕΠΤΑ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
ΠΕΛΑΤΕΣ ΜΕ ΛΙΓΟΤΕΡΟ ΑΠΟ 10 ΤΕΜΑΧΙΑ	42	ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΧΡΟΝΟΣ ΓΙΑ ΠΕΡΙΦΟΡΑ ΣΤΟ ΚΑΤΑΣΤΗΜΑ 3 ΛΕΠΤΑ
ΠΕΛΑΤΕΣ ΜΕ ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΑ ΑΠΟ 10 ΤΕΜΑΧΙΑ	34	—

Πίνακας 4.2 Χρόνος ανά τεμάχιο

Ο αριθμός των τεμαχίων είναι μεταβλητός ανά πελάτη αλλά είναι συνεχείς με την πάροδο του χρόνου. Μια ακόμα πληροφορία για τον αριθμό των τεμαχίων ανά πελάτη συλλέχθηκε από τους φοιτητές με βάση τον αριθμό των τεμαχίων στις αποδείξεις. Από το αρχείο των φοιτητών (2644 αποδείξεις) υπολογίζεται ο Μ.Ο. των τεμαχίων που αγοράζει ένας πελάτης.

Μ.Ο. τεμαχίων ανά πελάτη=88,94

Ο μέσος χρόνος αναμονής ανά τεμάχιο είναι περίπου 3 δευτερόλεπτα αλλά κυμαίνεται μέχρι και 25%. Αν χρειαστεί να ελεγχθεί η τιμή σε κάποια αντικείμενα ή να αντικατασταθούν λόγω ζημιάς χρειάζεται επιπλέον χρόνος 1,3%. Παρόλο που το μαγαζί χρησιμοποιεί scanner για την ολοκλήρωση της παραγγελίας οι πελάτες πολλές φορές ζητούν το σύνολο της τιμής να φαίνεται στην οθόνη για να το ελέγξουν και όλη αυτή η επιπλέον διαδικασία είναι μεταβλητή αλλά κατά μέσο όρο είναι περίπου 2,2 λεπτά επιπλέον σε όλη τη διαδικασία.

Από τις πληροφορίες που συλλέχτηκαν από τους φοιτητές για τους χρόνους checkin και checkout υπολογίζονται οι μέσοι όροι, επομένως σε δείγμα 832 μετρήσεων και 978 αντίστοιχα για το checkin και το checkout προκύπτει:

Μ.Ο checkin = 2,65 δευτερόλεπτα

Μ.Ο checkout = 1,79 δευτερόλεπτα-

Για την μορφή της πληρωμής φτιάχτηκε ο **πίνακας 4.3**:

	ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΕΛΑΤΩΝ ΠΟΥ ΠΛΗΡΩΝΕΙ ΜΕ ΜΕΤΡΗΤΑ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΕΛΑΤΩΝ ΠΟΥ ΠΛΗΡΩΝΕΙ ΜΕ ΕΠΙΤΑΓΗ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΕΛΑΤΩΝ ΠΟΥ ΠΛΗΡΩΝΕΙ ΜΕ ΠΙΣΤΩΤΙΚΗ
ΑΓΟΡΕΣ ΜΕΧΡΙ 20 ΤΕΜΑΧΙΑ	45%	30%	25%
ΑΓΟΡΕΣ ΑΝΩ ΤΩΝ 20 ΤΕΜΑΧΙΩΝ	20%	45%	35%

Πίνακας 4.3 Μορφή πληρωμής

Οι χρόνοι συναλλαγής ακολουθούν κανονική κατανομή αλλά διαφέρουν ανάλογα με τον τύπο πληρωμής. Για τους χρόνους πληρωμής φτιάχτηκε ο **πίνακας 4.4**:

	ΧΡΟΝΟΣ ΣΕ ΛΕΠΤΑ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ
ΠΛΗΡΩΜΗ ΜΕ ΜΕΤΡΗΤΑ	0,95	0,17
ΠΛΗΡΩΜΗ ΜΕ ΕΠΙΤΑΓΗ ΜΕ ΚΑΡΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΠΙΤΑΓΗΣ	1,45	0,35
ΠΛΗΡΩΜΗ ΜΕ ΕΠΙΤΑΓΗ ΧΩΡΙΣ ΚΑΡΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΠΙΤΑΓΗΣ	1,45+0,95	0,35+0,15
ΠΛΗΡΩΜΗ ΜΕ ΠΙΣΤΩΤΙΚΗ	1,24	0,21

Πίνακας 4.4 Χρόνοι πληρωμής

Ο χρόνος για το bagging είναι κατά μέσο όρο 1,25 δευτερόλεπτο ανά τεμάχιο αλλά κυμαίνεται κατά 20%. Οι πελάτες στο 63% δείχνουν προτίμηση στην πλαστική σακούλα αντί για την χάρτινη. Εάν ένας εργαζόμενος για το bagging δεν είναι διαθέσιμος μπορεί να βοηθήσει ο ταμίας με δική του βούληση μετά την πληρωμή.

Περίπου στο 30% του χρόνου βοηθάει ο πελάτης. Ο χρόνος δεν επηρεάζεται από το ποιος βάζει τα πράγματα στις σακούλες. Οι baggers μπορεί να τοποθετηθούν σε ένα μόνο διάδρομο ή σε πολλούς ή να κινούνται μεταξύ όλων των διαδρόμων ανάλογα με τις απαιτήσεις.

Οι εργαζόμενοι στα ταμεία και στο bagging είναι κυρίως άτομα με μερική απασχόληση. Το ποσό πληρωμής τους φαίνεται στον **πίνακα 4.5**

	ΚΑΤΑ ΜΕΣΟ ΟΡΟ ΠΛΗΡΩΜΗ ΑΝΑ ΩΡΑ
CASHIERS	7,5 δολάρια
BAGGERS	5,50 δολάρια

Πίνακας 4.5 Ποσό πληρωμής εργαζομένων ανά ώρα

Υπάρχουν κάποιοι κανόνες που πρέπει να τηρούνται κατά τη στελέχωση των ατόμων με ημιαπασχόληση όπως ότι τα άτομα αυτά μπορούν να εργαστούν για τουλάχιστον 3 ώρες έως το πολύ 5 ώρες. Επίσης οι ταμίες δεν μπορούν να εργαστούν ως baggers και οι baggers ως ταμίες.

Προφανώς οι πελάτες μπορεί να είναι συνεχώς ευχαριστημένοι ,τηρώντας όλα τα ταμεία με υπαλλήλους πάντα. Το κόστος για την υλοποίηση αυτής της στρατηγικής θα ήταν απαγορευτικό. Στην ιδανική περίπτωση, ένα πρόγραμμα στελέχωσης θα παρέχει ελάχιστο χρόνο αναμονής σε ένα ελάχιστο κόστος. Παρόλο που η Sue περιμένει ένα απλό πρόγραμμα, στην τελευταία συνάντηση σημείωσε ότι περιμένει η ζήτηση να αλλάξει με την πάροδο του χρόνου. Θα ενδιαφερόταν λοιπόν για το πώς και το πότε θα προσαρμόζεται το πρόγραμμα ανάλογα με τις αλλαγές της ζήτησης. Περιμένει με ανυπομονησία τις προτάσεις μας.

ΣΤΟΧΟΙ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

- Να μειωθεί ο χρόνος αναμονής των πελατών που ψωνίζουν στο κατάστημά.
- Να δημιουργηθεί ένα πρόγραμμα απασχόλησης του προσωπικού των ταμείων και των ατόμων που βοηθούν στις συσκευασίες (baggers), το οποίο να λαμβάνει υπόψη του και τους υφιστάμενους περιορισμούς, όπως λόγου χάρη αριθμός ταμείων, χρόνος απασχόλησης των υπαλλήλων, χρόνοι στις ουρές αναμονής και αριθμός πελατών σε αυτές. Το πρόγραμμα αυτό στην προκειμένη περίπτωση θα το καταρτίσουμε και θα το προτείνουμε εμείς ως σύμβουλοι.

- Η βελτιστοποίηση των πόρων, ήτοι η εξοικονόμηση πόρων μέσω της δημιουργίας ενός προγράμματος λειτουργίας των ταμείων, όπου θα επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή αποτελεσματικότητα
- Ως απόρροια αυτής της αποτελεσματικότητας, να επιτευχθεί ο μικρότερος δυνατός αριθμός ατόμων στα ταμεία, με το μεγαλύτερο δυνατό κέρδος.

Το πρόβλημα έχει τους παρακάτω περιορισμούς

- Το προσωπικό μπορεί να απασχοληθεί μόνο 3 – 5 ώρες
- Η ώρες αιχμής του καταστήματος είναι 2μμ – 10μμ
- Σχετικά με τις ουρές, ο ιδανικός χρόνος αναμονής είναι 2 – 3 λεπτά, ενώ εάν το κατάστημα είναι γεμάτο, οι πελάτες είπαν ότι θα ήταν αποδεκτός ως χρόνος αναμονής στην ουρά για το ταμείο 10 λεπτά. Επίσης, ιδανικά το επιθυμητό μήκος της ουράς για κάθε ταμείο είναι 4 – 5 πελάτες
- Βασικός στόχος μας (ως σύμβουλοι) σε όλα τα σενάρια που θα τρέξουν στη συνέχεια είναι η ελαχιστοποίηση του κόστους.

Οι φοιτητές έχουν στα χέρια τους ένα πακέτο από δεδομένα που περιλαμβάνουν 2.644 αποδείξεις, από όπου και άντλησαν τον αριθμό των τεμαχίων ανά πελάτη. Εμείς χωρίς αυτά τα δεδομένα δεν μπορούμε να ξέρουμε εάν έχουν κάνει σωστά το best fit analysis. Αυτοί λογικά όταν ανέλυσαν τα δεδομένα τους δεν κατέληξαν με τη μια στην κατανομή αυτή, αλλά σύμφωνα με τη στατιστική μεθοδολογία ανάλυσης δεδομένων, θα πρέπει να δοκίμασαν πολλές κατανομές, από τα αποτελέσματα των οποίων βρήκαν ότι η λογαριθμική κατανομή (Log-normal) κάνει την καλύτερη προσαρμογή στα δεδομένα τους.

Επομένως, εφόσον εμείς δεν έχουμε στη διάθεσή μας αυτά τα δεδομένα, θα πρέπει να θεωρήσουμε τα παραπάνω ως δεδομένα και στην περίπτωση που χρειάζεται να αναφερθεί κάτι για την κατανομή, τότε μπορούμε να υποθέσουμε ότι αυτά ακολουθούν την κανονική κατανομή, όμως και πάλι θα ξέρουμε μόνο τον μέσο και όχι άλλα μέτρα διασποράς, όπως η διακύμανση (ή τυπική απόκλιση). Ίσως όμως και να μην είναι απαραίτητο ως στοιχείο που να απαιτείται να εισαχθεί στο μοντέλο.

Σε κάθε περίπτωση όμως μπορούμε να το τεκμηριώσουμε με τον παρακάτω τρόπο

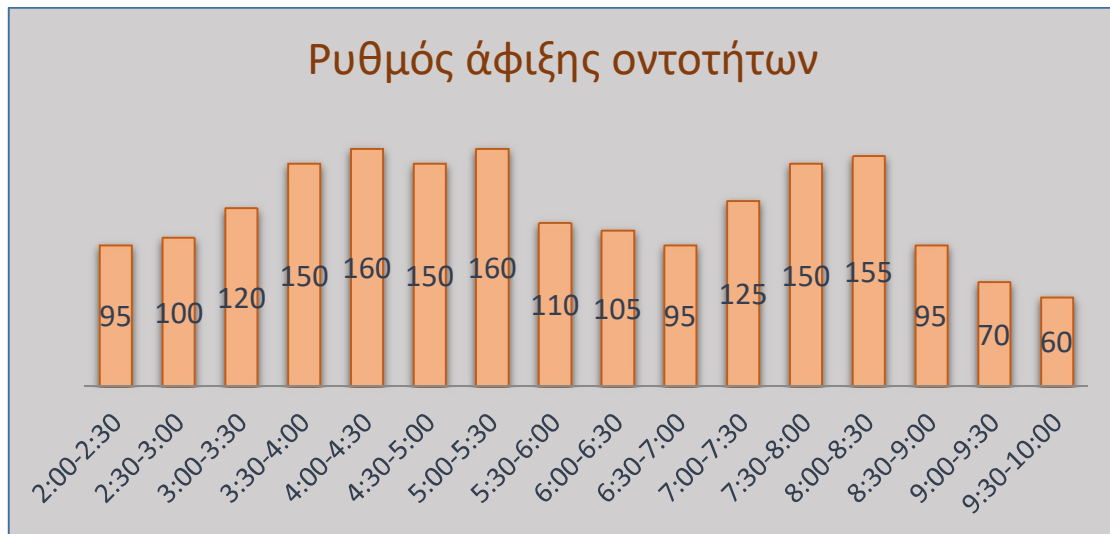
Για λόγους απλότητας στην ανάλυσή μας, θεωρούμε ότι η κατανομή που ακολουθούν οι πελάτες που προσέρχονται στο Super Market προσεγγίζει την κανονική. Συνεπώς η εργασία θεωρώ ότι μπορεί να βασιστεί στην παραδοχή της κανονικής κατανομής, με $M.O=88,94$

Η ανωτέρω παραδοχή δεν είναι εντελώς αυθαίρετη καθώς η Κανονική Κατανομή (Γκαουσιανή, όπως είναι εναλλακτικά γνωστή) αναφέρεται μεν σε συνεχείς τυχαίες μεταβλητές που προέρχονται από πραγματικά δεδομένα, αλλά θεωρητικά έχει αποδειχθεί ότι δύναται να χρησιμοποιηθεί και σε περιπτώσεις όπου οι μετρούμενες – εξεταζόμενες μεταβλητές είναι διακριτές¹.

Επιλέγουμε λοιπόν, στην προκειμένη περίπτωση την κανονική κατανομή διότι μας προσφέρει μια σειρά από πλεονεκτήματα, τα οποία μας διευκολύνουν αναλυτικά στη συνέχεια της εργασίας αλλά και έχουν εφαρμογή εδώ. Πολλά συνεχή και ασυνεχή φαινόμενα ακολουθούν με ακρίβεια την κανονική κατανομή. Το βασικότερο πλεονέκτημα

της εν λόγω κατανομής είναι ότι πολλά φαινόμενα που θέλουμε να εξετάσουμε είναι δυνατό να μοντελοποιηθούν μέσω της κανονικής κατανομής με μεγάλη προσέγγιση και ακρίβεια.

Τέλος, η υπόθεσή μας ότι η κατανομή της άφιξης των πελατών μπορεί να μοντελοποιηθεί μέσω της κανονικής κατανομής αποδεικνύεται και μέσω της γραφικής παράστασης των αφίξεων δεδομένου ότι αυτή προσδιορίζεται με τη γραφική παράσταση της κανονικής κατανομής, η οποία έχει το σχήμα της «καμπάνας», ή εναλλακτικά της κωνοειδούς καμπύλης όπως λέγεται. **πίνακας 4.6**



Πίνακας 4.6 Διάγραμμα άφιξης οντοτήτων

4.2 Σχεδιασμός του μοντέλου

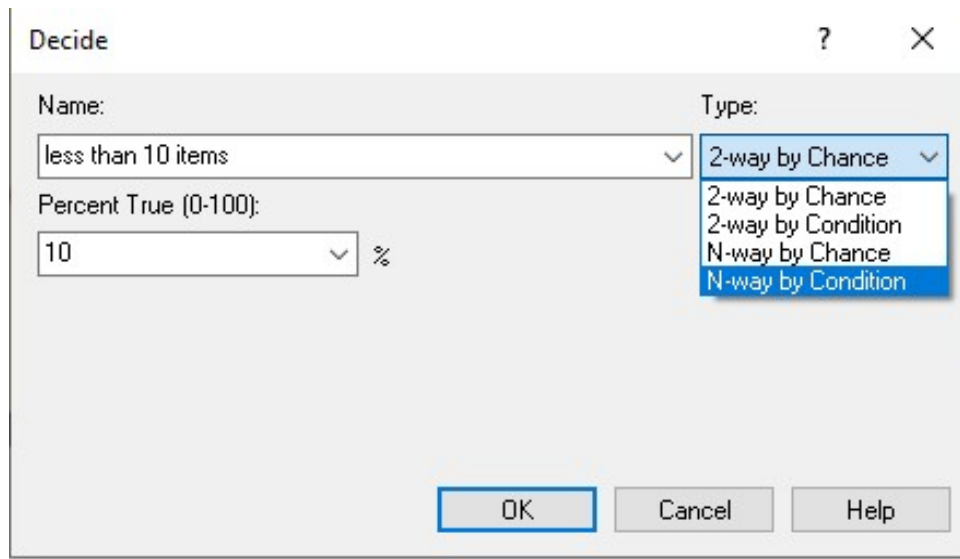
Ο σχεδιασμός του μοντέλου ξεκινάει με την εντολή CREATE **Εικόνα 4.1** όπου δίνεται η ονομασία customer arrival και ο ρυθμός άφιξης των πελατών. Στο παράθυρο παρατηρείται 1 άφιξη/25 δευτερόλεπτα. Ο υπολογισμός έγινε για 8ωρη βάρδια σύμφωνα με τον πίνακα ([Ρυθμός άφιξης οντοτήτων](#)). Προφανώς αν έχουμε 3ωρη βάρδια των εργαζομένων θα τρέξει το πρόγραμμα για το συγκεκριμένο ωράριο και συνεπώς θα αλλάζει και ο ρυθμός άφιξης των οντοτήτων. Κατά την επίλυση του προβλήματος θα τρέχει το μοντέλο με διαφορετικά σενάρια ώστε να βρεθεί η βέλτιστη λύση στελέχωσης της επιχείρησης. Δεν υπάρχει περιορισμός για μέγιστη άφιξη οντοτήτων οπότε έχουμε άπειρο αριθμό αφίξεων.

Εικόνα 4.1 Εντολή CREATE (1 άφιξη/25 δευτερόλεπτα)

Συνεχίζεται η μοντελοποίηση με την εντολή ASSIGN **Εικόνα 4.2** όπου δίνεται η ονομασία items per customer και φαίνεται η αντιστοίχιση 89 τεμαχίων για κάθε άφιξη πελάτη.

Εικόνα 4.2 Εντολή ASSIGN items per customer

Ακολουθεί η εντολή DECIDE **Εικόνα 4.3** όπου δίνεται η ονομασία less than 10 items. Με βάση τις πληροφορίες που δίνονται από τις αποδείξεις παρατηρείται ότι σε διαφορετικά δείγματα 100 αποδείξεων οι 10 περίπου είναι κάτω των 10 τεμαχίων άρα επιλέγω τύπο 2-way by chance με 10% percent true και στην έξοδο true ακολουθεί η εντολή PROCESS shopping less than 10 items ενώ στην έξοδο false η εντολή PROCESS shopping more than 10 items.

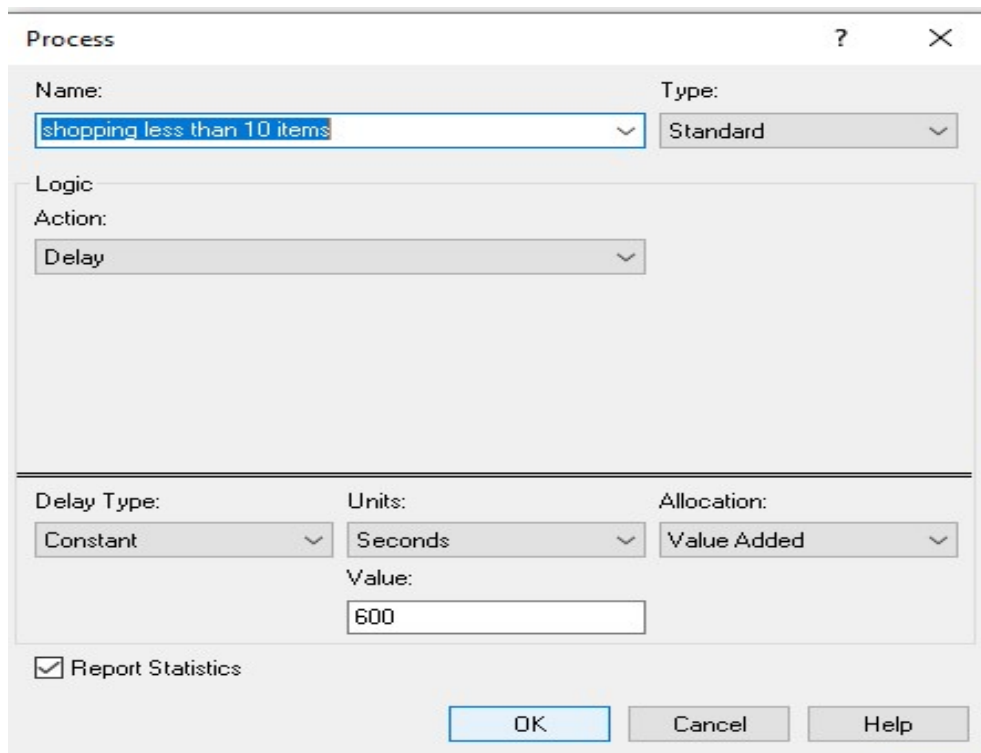


Εικόνα 4.3 Εντολή DECIDE less than 10 items

Για την συμπλήρωση των διαδικασιών PROCESS **Εικόνα 4.4** και **Εικόνα 4.5** γίνεται υπολογισμός του χρόνου σε sec αφού χρησιμοποιηθούν οι πληροφορίες που δόθηκαν από την παρατήρηση σύμφωνα με τον πίνακα ([Χρόνος ανά τεμάχιο](#)).

shopping less than 10 items=42 sec/τεμάχιο *10 τεμάχια+3min για έξτρα περιφορά στο κατάστημα =420+180=600sec

shopping more than 10 items=34 sec/τεμάχιο*89 τεμάχια=3026 sec



Εικόνα 4.4 Εντολή PROCESS shopping less than 10 items

The screenshot shows a 'Process' dialog box with the following configuration:

- Name:** shopping more than 10 items
- Type:** Standard
- Logic:**
 - Action:** Delay
- Delay Type:** Constant
- Units:** Seconds
- Allocation:** Value Added
- Value:** 3026
- Report Statistics

Buttons: OK, Cancel, Help

Εικόνα 4.5 Εντολή PROCESS shopping more than 10 items

Στη συνέχεια ακολουθούν οι πρώτες ουρές αναμονής στα ταμεία με εντολή PROCESS **Εικόνα 4.6** και όνομασία wait cashier. Οι πελάτες περιμένουν να ελευθερωθεί ταμίας για να έρθει η σειρά τους, επομένως επιλέγεται action seize delay release. Στο παράδειγμα που ακολουθεί στις πηγές (resources) έχει συμπληρωθεί ένα set από (12) δώδεκα ταμίες.

The screenshot shows a 'Process' dialog box with the following configuration:

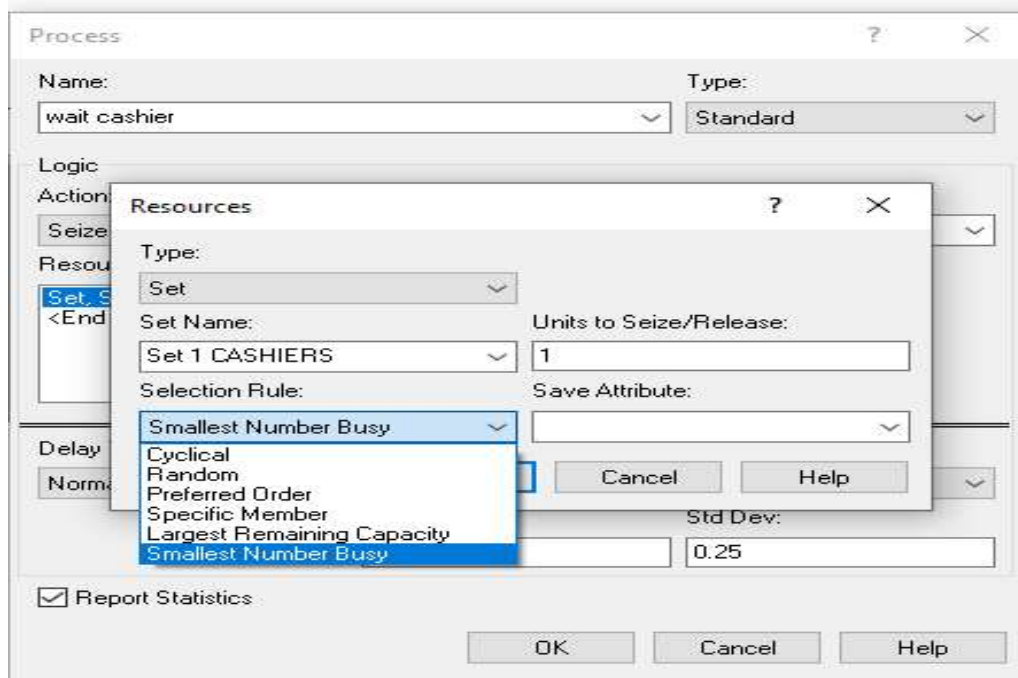
- Name:** wait cashier
- Type:** Standard
- Logic:**
 - Action:** Seize Delay Release
 - Priority:** Low(3)
 - Resources:**
 - Set, Set 1 CASHIERS, 1, Smallest Number Busy, <End of list>
- Delay Type:** Normal
- Units:** Seconds
- Allocation:** Value Added
- Value (Mean):** 267
- Std Dev:** 0.25
- Report Statistics

Buttons: OK, Cancel, Help

Εικόνα 4.6 Εντολή PROCESS wait cashier

Ο μέσος χρόνος αναμονής ανά τεμάχιο είναι περίπου 3 δευτερόλεπτα αλλά κυμαίνεται μέχρι και 25%,επομένως

$$3 \text{ sec/τεμάχιο} * 89 \text{ τεμάχια} = 267 \text{ sec με τυπική απόκλιση } 0,25$$



Εικόνα 4.7 Selection rule smallest number busy

Οι ταμίες έχουν επιλεγεί με κανόνα επιλογής (selection rule) **smallest number busy** (η οντότητα ακολουθεί το ταμείο με το μικρότερο αριθμό πελατών στην ουρά). **Εικόνα 4.7**

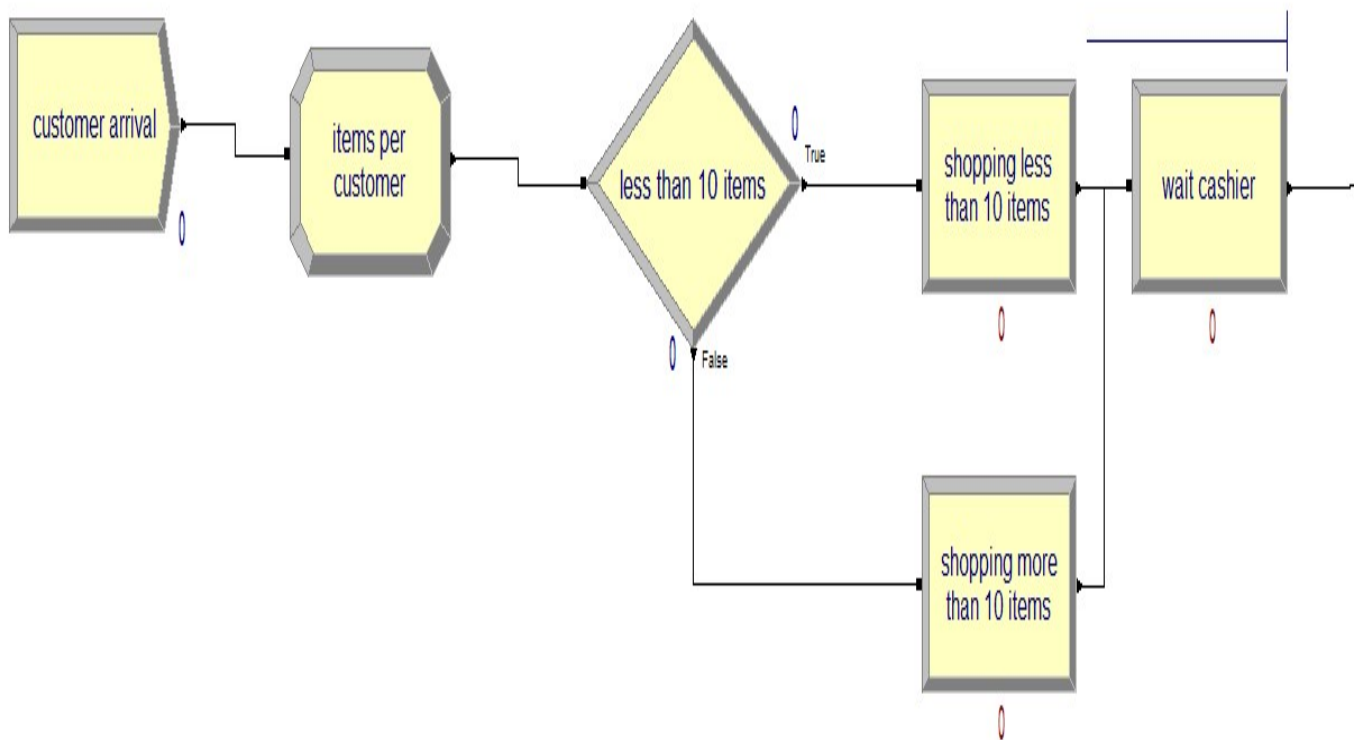
Παρακάτω φαίνεται η βοηθητική εντολή set **Εικόνα 4.8** όπου από εκεί αλλάζει ο αριθμός των εργαζομένων στα ταμεία και στο bagging.

Set - Basic Process			
	Name	Type	Member Definition Method
1	Set 1 CASHIERS	Resource	Manual List
2	Set 2 BUGGERS	Resource	Manual List

Members	
	Resource Name
1	LIA
2	LION
3	GEORGE
4	CAROL
5	LISS
6	JAKE
7	ANNA
8	MARIA
9	NICK
10	HELEN
11	CATHERINE
12	IANOS

Εικόνα 4.8 Εντολή SET cashiers

Το μοντέλο σε αυτή τη φάση έχει την παρακάτω μορφή. **Εικόνα 4.9**



Εικόνα 4.9 Μοντελοποίηση (τμήμα 1ο)

Στη συνέχεια ακολουθεί η διαδικασία PROCESS checkout **Εικόνα 4.10**. Από τις πληροφορίες που συλλέχτηκαν από τους φοιτητές **M.O checkout = 1,79 δευτερόλεπτα** προκύπτει $1,79 \cdot 89 = 159,31 \text{ sec}$

Εικόνα 4.10 Εντολή PROCESS checkout

Παρόλο που το μαγαζί χρησιμοποιεί scanner για την ολοκλήρωση της παραγγελίας οι πελάτες πολλές φορές ζητούν το σύνολο της τιμής να φαίνεται στην οθόνη για να το ελέγξουν και όλη αυτή η επιπλέον διαδικασία είναι μεταβλητή αλλά κατά μέσο όρο είναι περίπου 2,2 λεπτά επιπλέον σε όλη τη διαδικασία. Επομένως χρησιμοποιείται η εντολή DECIDE **Εικόνα 4.11** με ονομασία **need price check** και γίνεται υπόθεση ότι το 50% ζητάει έλεγχο τιμής.

Εικόνα 4.11 Εντολή DECIDE need price check

Στην έξοδο true ακολουθεί η διαδικασία process **Εικόνα 4.12** με 2,2 min καθυστέρηση.

Process

Name: price check Type: Standard

Logic

Action: Delay

Delay Type: Constant Units: Minutes Allocation: Value Added

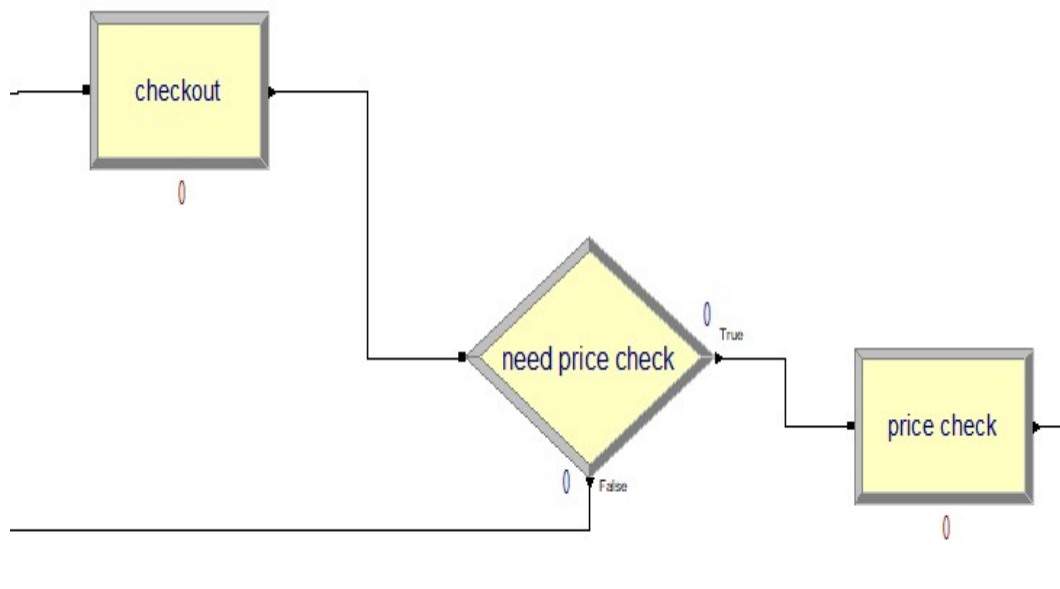
Value: 2.2

Report Statistics

OK Cancel Help

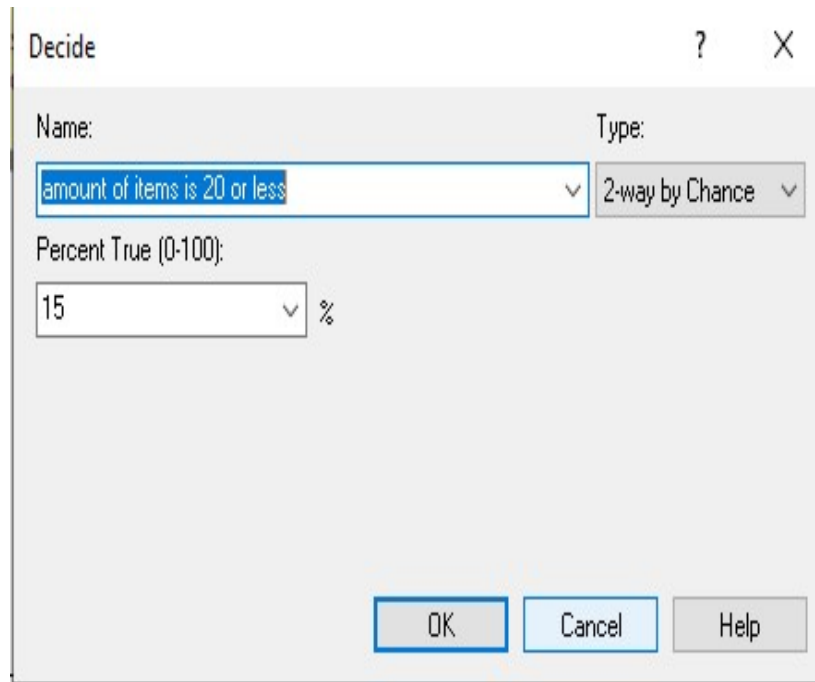
Εικόνα 4.12 Εντολή PROCESS price check

Το μοντέλο συνεχίζει με την παρακάτω μορφή. **Εικόνα 4.13**



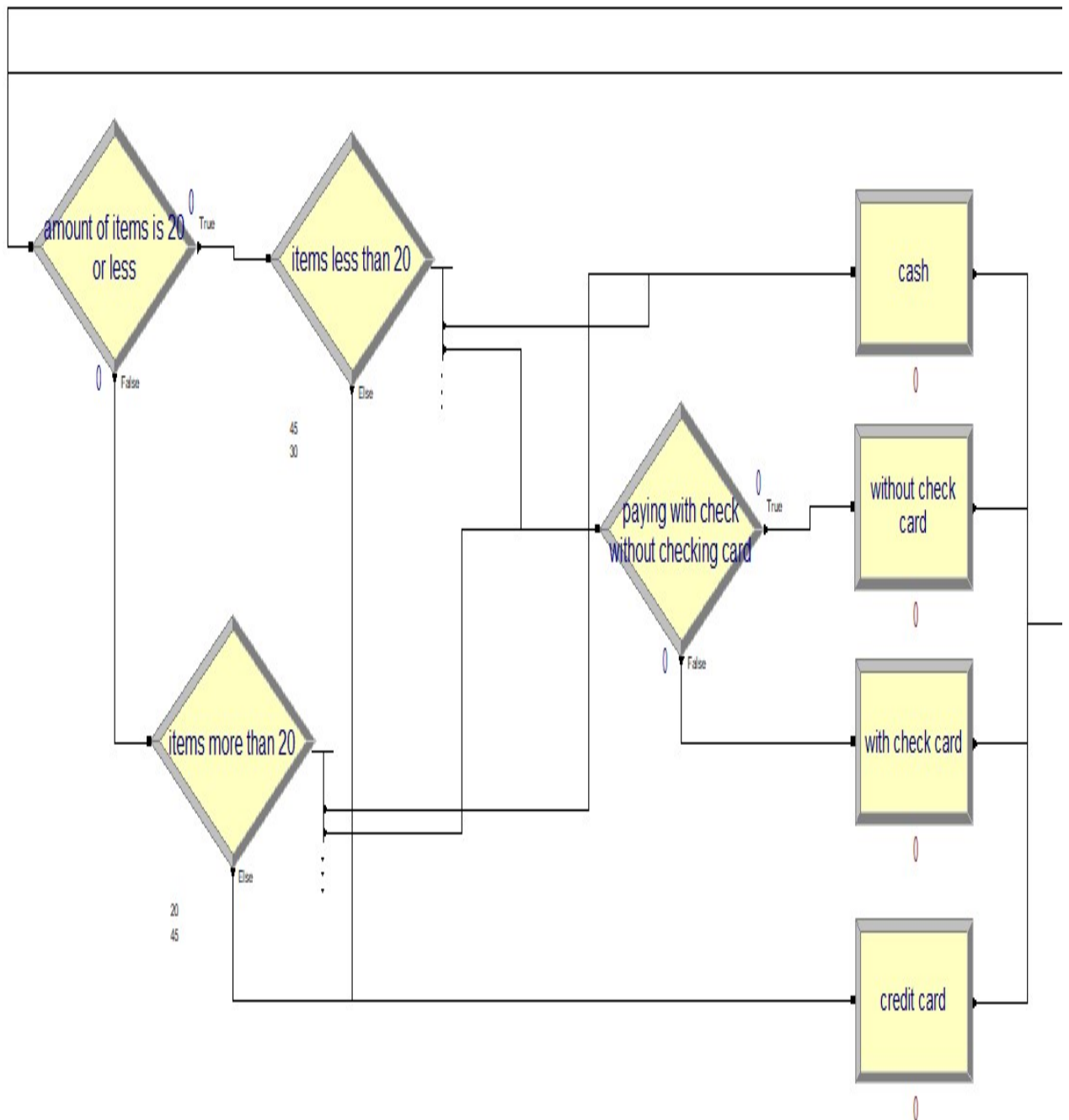
Εικόνα 4.13 Μοντελοποίηση (τμήμα 2ο)

Η έξοδος false και η τελευταία διαδικασία καταλήγουν στην εντολή DECIDE με ονομασία **amount of items is 20 or less**. Με βάση τις πληροφορίες που δίνονται από τις αποδείξεις παρατηρείται ότι σε διαφορετικά δείγματα 100 αποδείξεων οι 15 περίπου είναι κάτω των 20 τεμαχίων άρα επιλέγω τύπο 2-way by chance με 15% percent true.



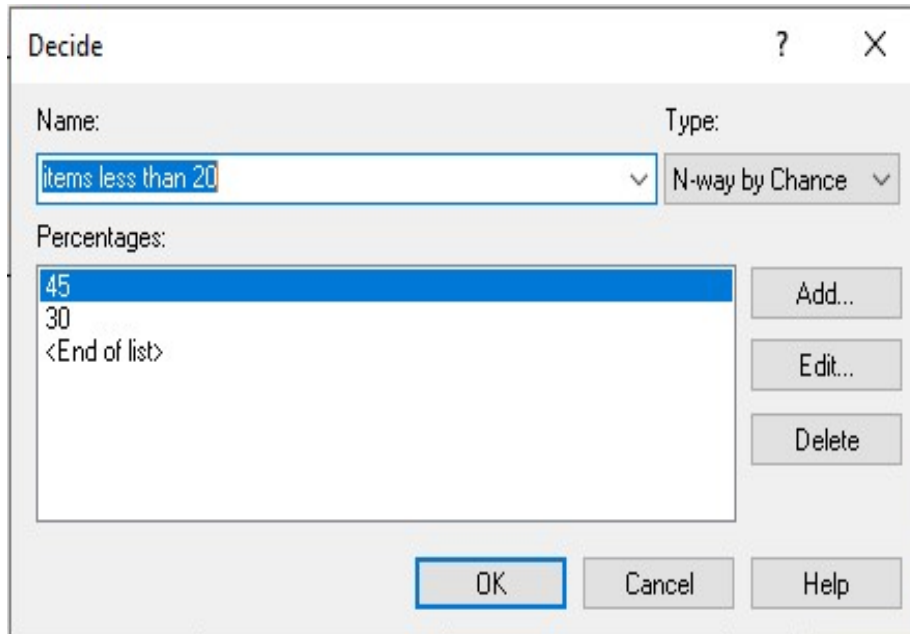
Εικόνα 4.14 Εντολή amount of items is 20 or less

Στην έξοδο true συνεχίζω με την εντολή DECIDE items less than 20 και στην έξοδο false συνεχίζω με την εντολή DECIDE items more than 20 . **Εικόνα 4.14** Από τον πίνακα ([Μορφή πληρωμής](#)) και τον πίνακα ([Χρόνοι πληρωμής](#)) το μοντέλο συνεχίζεται όπως φαίνεται παρακάτω. **Εικόνα 4.15**



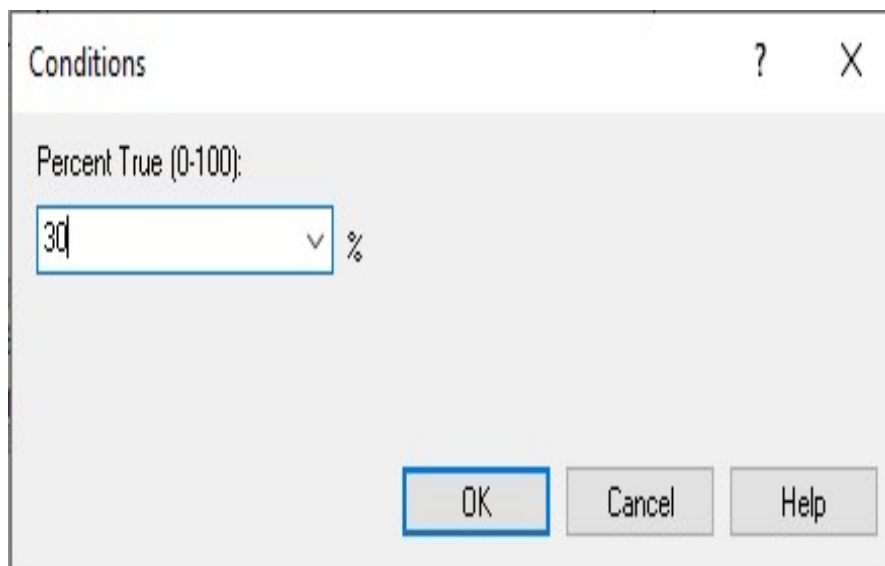
Εικόνα 4.15 Μοντελοποίηση (τμήμα 3ο)

Η εντολή DECIDE items less than 20 συμπληρώνεται όπως φαίνεται παρακάτω. Επιλέγεται τύπος N-way by Chance γιατί μου δίνονται 3 ποσοστά. **Εικόνα 4.16**

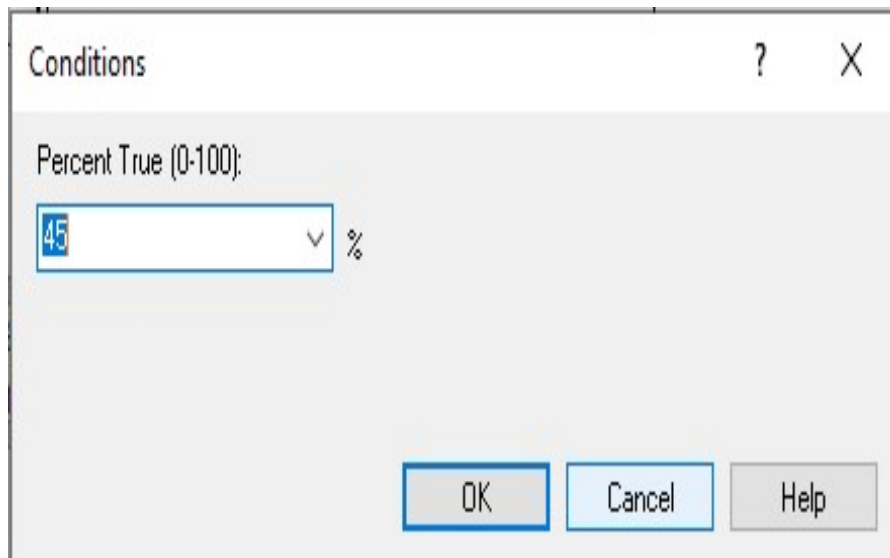


Εικόνα 4.16 Εντολή DECIDE items less than 20

Πατώντας Add εμφανίζεται το παράθυρο που ακολουθεί **Εικόνα 4.17** και συμπληρώνεται το ποσοστό 30% (πληρωμή με επιταγή) και επαναλαμβάνεται η διαδικασία συμπληρώνοντας το ποσοστό 45% (πληρωμή με μετρητά). **Εικόνα 4.18**

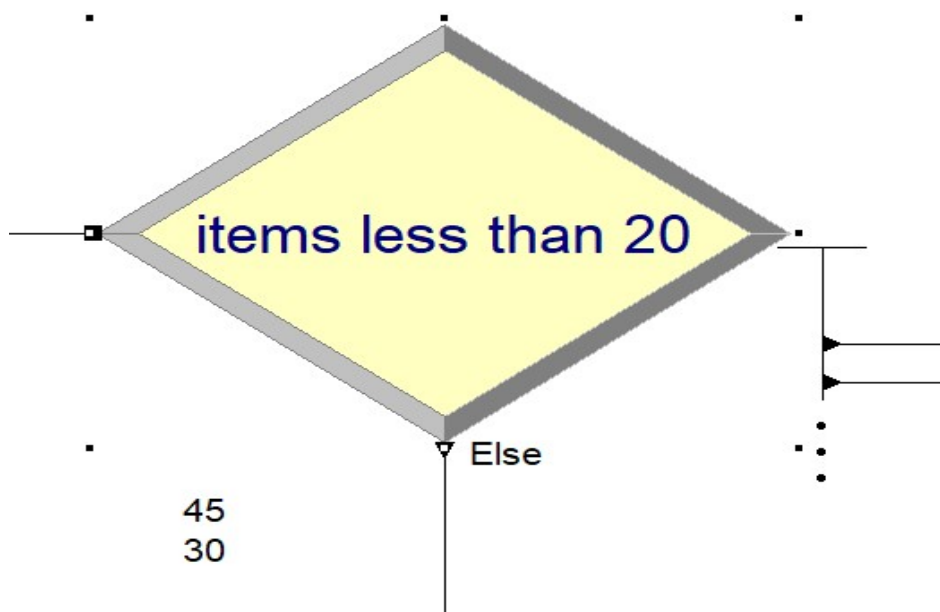


Εικόνα 4.17 Condition 30%



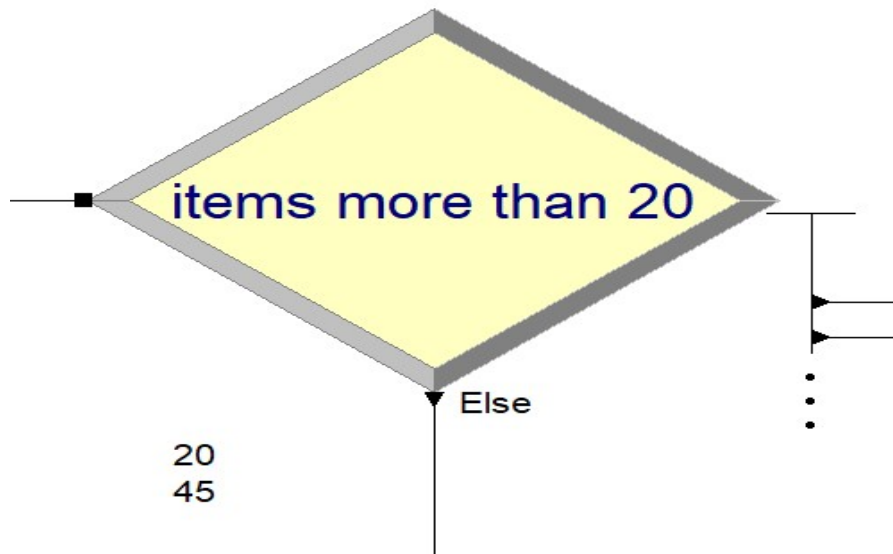
Εικόνα 4.18 Condition 45%

Κάνοντας μεγέθυνση φαίνεται η εντολή DECIDE **Εικόνα 4.19** items less than 20 με έξοδο τα δύο ποσοστά που συμπληρωθηκαν και στην έξοδο Else το τρίτο ποσοστό 25%(πληρωμή με πιστωτική).



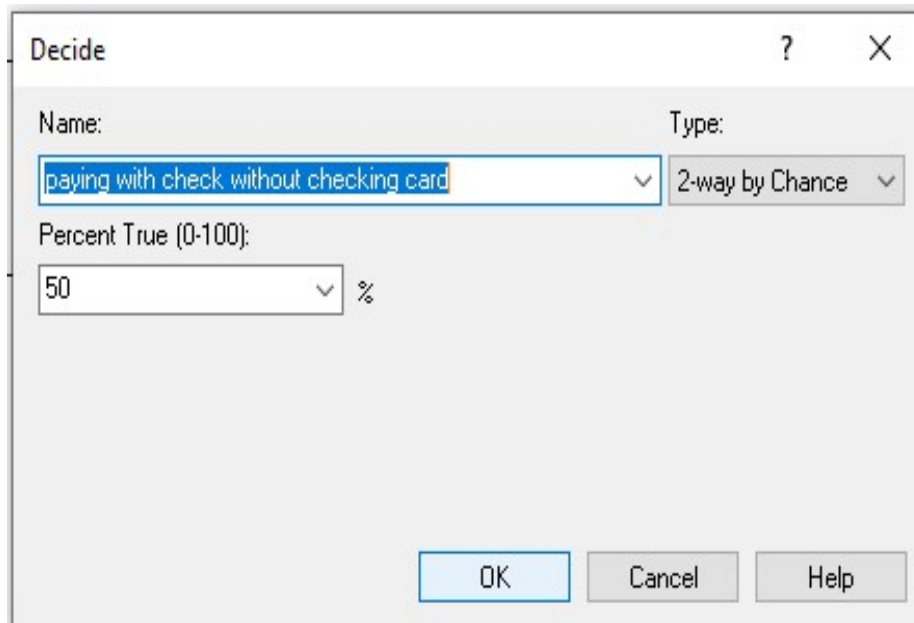
Εικόνα 4.19 Εντολή DECIDE έξοδος true 30% 45% else 25%

Όμοια συμπληρώνεται η εντολή DECIDE **Εικόνα 4.20** items more than 20 με τα αντίστοιχα ποσοστά.



Εικόνα 4.20 Εντολή DECIDE έξοδος true 45% 20% else 35%

Στις εξόδους που αντιστοιχούν στην πληρωμή με επιταγή προηγείται η εντολή DECIDE **Εικόνα 4.21** paying with check without checking card όπου γίνεται υπόθεση ότι στο 50% δεν ζητείται κάρτα ελέγχου επιταγής επομένως η έξοδος true αντιστοιχεί στην εντολή PROCESS without check card και η έξοδος false στην εντολή PROCESS with check card.



Εικόνα 4.21 Εντολή DECIDE paying with check without checking card

Σύμφωνα με τον πίνακα (Χρόνοι πληρωμής) οι εντολές PROCESS **Εικόνα 4.22** πληρωμή με μετρητά(cash),πληρωμή με επιταγή χωρίς έλεγχο(without check card),πληρωμή με επιταγή με έλεγχο(with check card) και πληρωμή με πιστωτική(credit card) συμπληρώνονται όπως φαίνονται παρακάτω.

The screenshot shows the 'PROCESS' dialog box with the following settings:

- Name: cash
- Type: Standard
- Logic: Delay
- Delay Type: Normal
- Units: Minutes
- Allocation: Value Added
- Value:(Mean): 0.95
- Std Dev: 0.17
- Report Statistics:

Εικόνα 4.22 Εντολή PROCESS cash

The screenshot shows the 'PROCESS' dialog box with the following settings:

- Name: without check card
- Type: Standard
- Logic: Delay
- Delay Type: Normal
- Units: Minutes
- Allocation: Value Added
- Value:(Mean): 2.4
- Std Dev: 0.5
- Report Statistics:

Εικόνα 4.23 Εντολή PROCESS without check card

The screenshot shows the 'Process' dialog box with the following settings:

- Name: with check card
- Type: Standard
- Logic:
 - Action: Delay
- Delay Type: Normal
- Units: Minutes
- Allocation: Value Added
- Value:(Mean): 1.45
- Std Dev: 0.35
- Report Statistics

Buttons: OK, Cancel, Help

Εικόνα 4.24 Εντολή PROCESS with check card

The screenshot shows the 'Process' dialog box with the following settings:

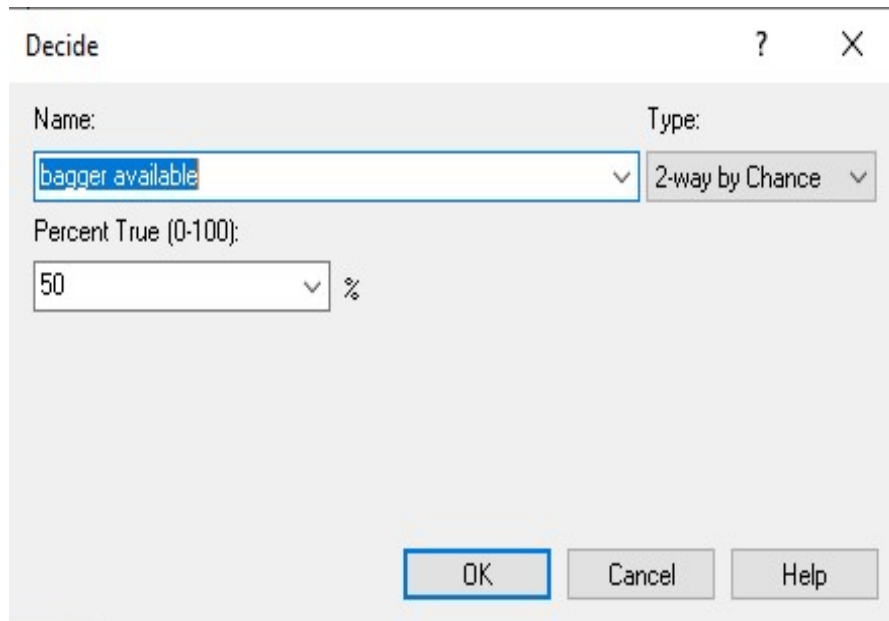
- Name: credit card
- Type: Standard
- Logic:
 - Action: Delay
- Delay Type: Normal
- Units: Minutes
- Allocation: Value Added
- Value:(Mean): 1.24
- Std Dev: 0.21
- Report Statistics

Buttons: OK, Cancel, Help

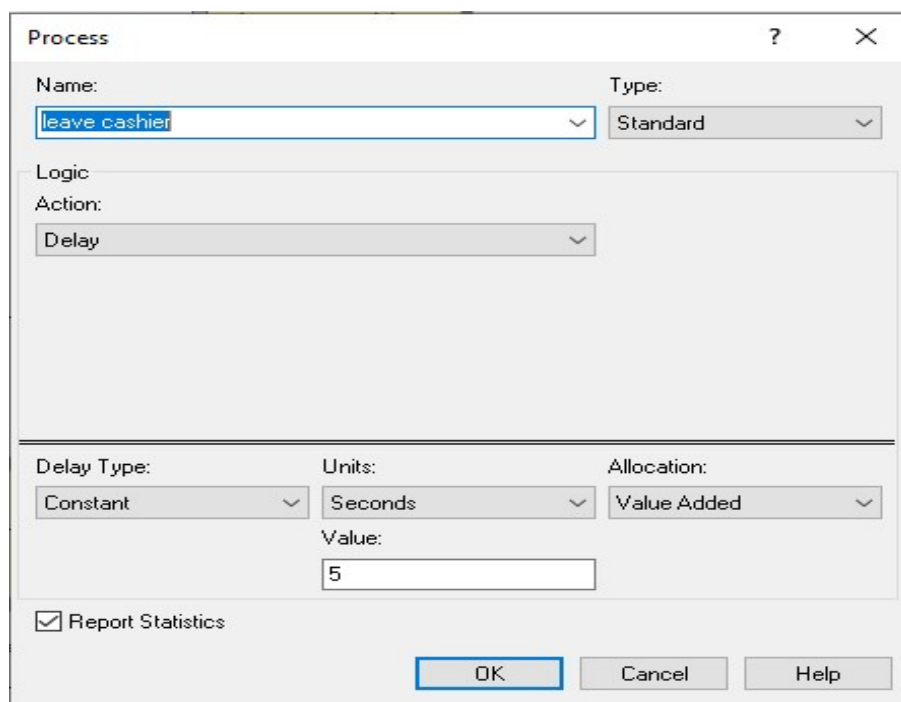
Εικόνα 4.25 Εντολή PROCESS credit card

Μετά την πληρωμή συνεχίζεται η τοποθέτηση των τεμαχίων στις σακούλες από τους εργαζόμενους στο bagging. Ακολουθεί η εντολή ή DECIDE **Εικόνα 4.26** με υπόθεση 50% για

διαθεσιμότητα με ονομασία `bagger available`. Στην έξοδο `true` ακολουθεί η τυπική διαδικασία `PROCESS` **Εικόνα 4.27** `leave cashier` όπου ο πελάτης ελευθερώνει τον ταμιά και συνεχίζει στην αναμονή για `bagging`. Θεωρούμε ότι η διαδικασία αυτή διαρκεί το πολύ 5 sec.



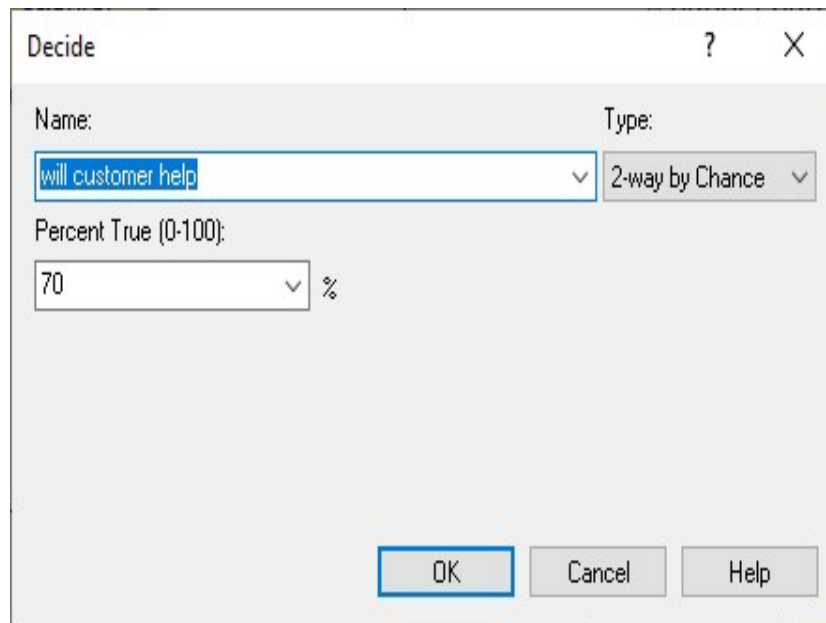
Εικόνα 4.26 Εντολή DECIDE `bagger available`.



Εικόνα 4.27 Εντολή PROCESS `leave cashier`

Εάν ένας βοηθός για το `bagging` δεν είναι διαθέσιμος μπορεί να βοηθήσει ο ταμίας με δική του βούληση μετά την πληρωμή. Περίπου στο 30% του χρόνου βοηθάει ο πελάτης,

επομένως στην έξοδο false της εντολής DECIDE bagger available συνεχίζει η εντολή DECIDE will customer help με έξοδο true 70% (υπόθεση) προς την εντολή PROCESS cashier bags with customer και στην έξοδο false της εντολής DECIDE **Εικόνα 4.28** will customer help ακολουθεί η εντολή PROCESS cashier bags without customer στην οποία δεν δημιουργείται ουρά αναμονής πρώτον γιατί ο ταμίας βοηθάει το bagging (με δική του βούληση) όταν δεν βρίσκεται σε πίεση και δεύτερον οι baggers κινούνται ελεύθερα στους διαδρόμους και λογικά θα δώσουν βοήθεια στην περίπτωση που απασχολείται ταμίας.



Εικόνα 4.28 Εντολή DECIDE will customer help

Ο χρόνος για το bagging είναι κατά μέσο όρο 1,25 δευτερόλεπτο ανά τεμάχιο αλλά κυμαίνεται κατά 20%.. Ο χρόνος δεν επηρεάζεται από το ποιος βάζει τα πράγματα στις σακούλες επομένως θα τοποθετηθούν οι ίδιοι χρόνοι στις διαδικασίες που ακολουθούν για το bagging. **Εικόνα 4.29**

Στην περίπτωση που ο ταμίας και ο πελάτης βάζουν μαζί τα τεμάχια στις σακούλες ο χρόνος υπολογίζεται με μείωση 30%. **Εικόνα 4.30**

Οι εργαζόμενοι στο bagging μπορεί να τοποθετηθούν σε ένα μόνο διάδρομο ή σε πολλούς ή να κινούνται μεταξύ όλων των διαδρόμων ανάλογα με τις απαιτήσεις.

Για το χρόνο υπολογίζω $1,25 \cdot 89 \text{τεμάχια} = 111,25 \text{ sec}$ με απόκλιση 0,2

The screenshot shows the 'Process' dialog box with the following settings:

- Name: cashier bags without customer
- Type: Standard
- Logic: Action: Delay
- Delay Type: Normal
- Units: Seconds
- Allocation: Value Added
- Value:(Mean): 111.25
- Std Dev: 0.2
- Report Statistics

Εικόνα 4.29 Εντολή PROCESS cashier bags without customer

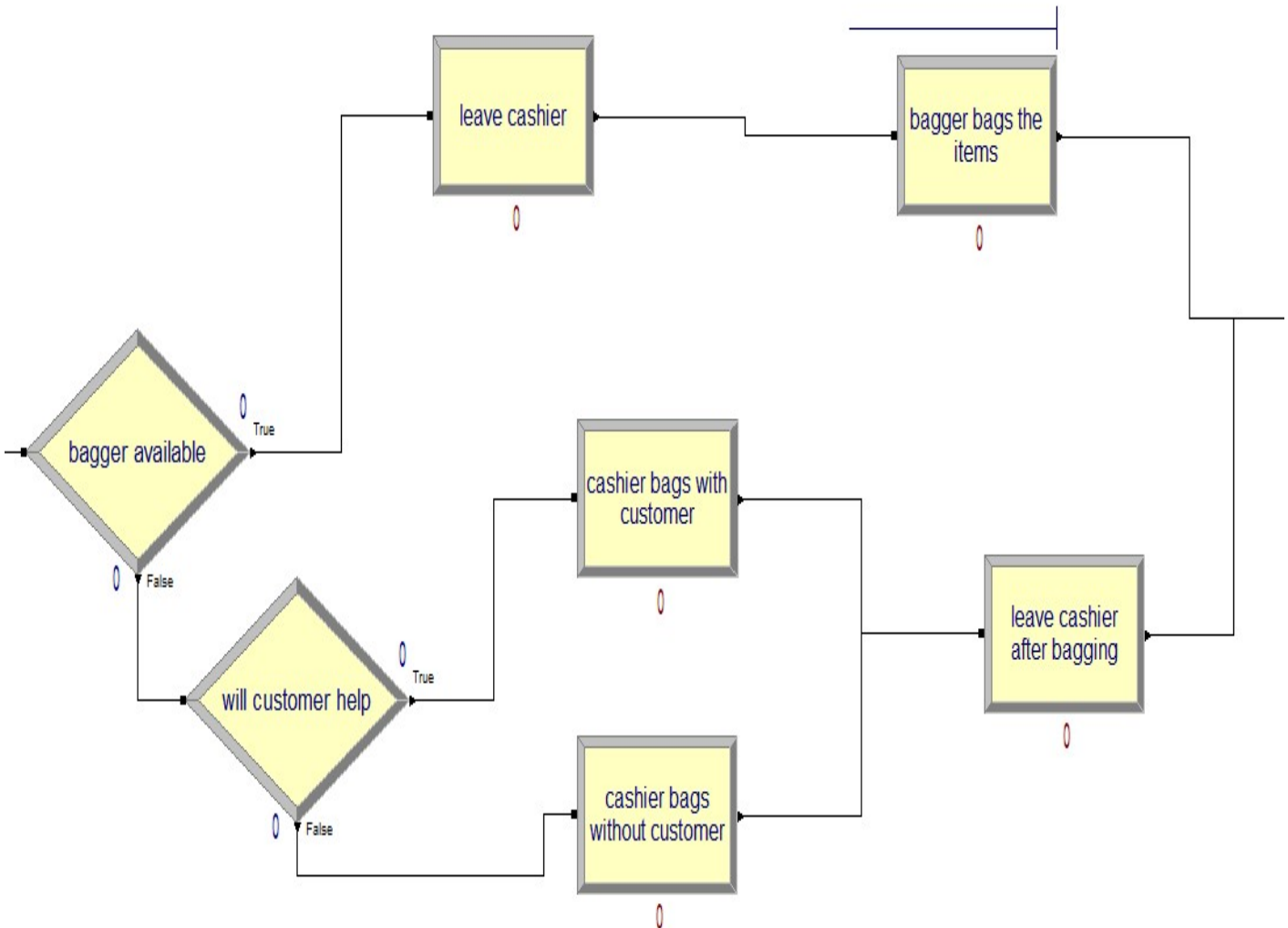
Ενώ με βοήθεια στο 30% του χρόνου είναι όπως φαίνεται παρακάτω 77,875 sec

The screenshot shows the 'Process' dialog box with the following settings:

- Name: cashier bags with customer
- Type: Standard
- Logic: Action: Delay
- Delay Type: Normal
- Units: Seconds
- Allocation: Value Added
- Value:(Mean): 77.875
- Std Dev: 0.2
- Report Statistics

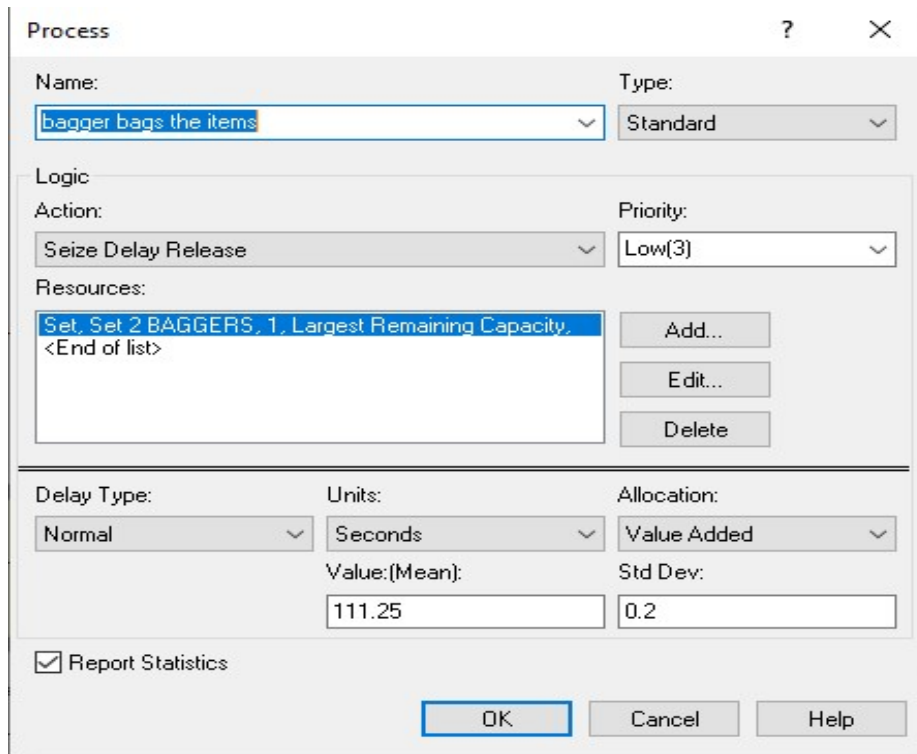
Εικόνα 4.30 Εντολή PROCESS cashier bags with customer

Το μοντέλο συνεχίζει με την παρακάτω μορφή. **Εικόνα 4.31**

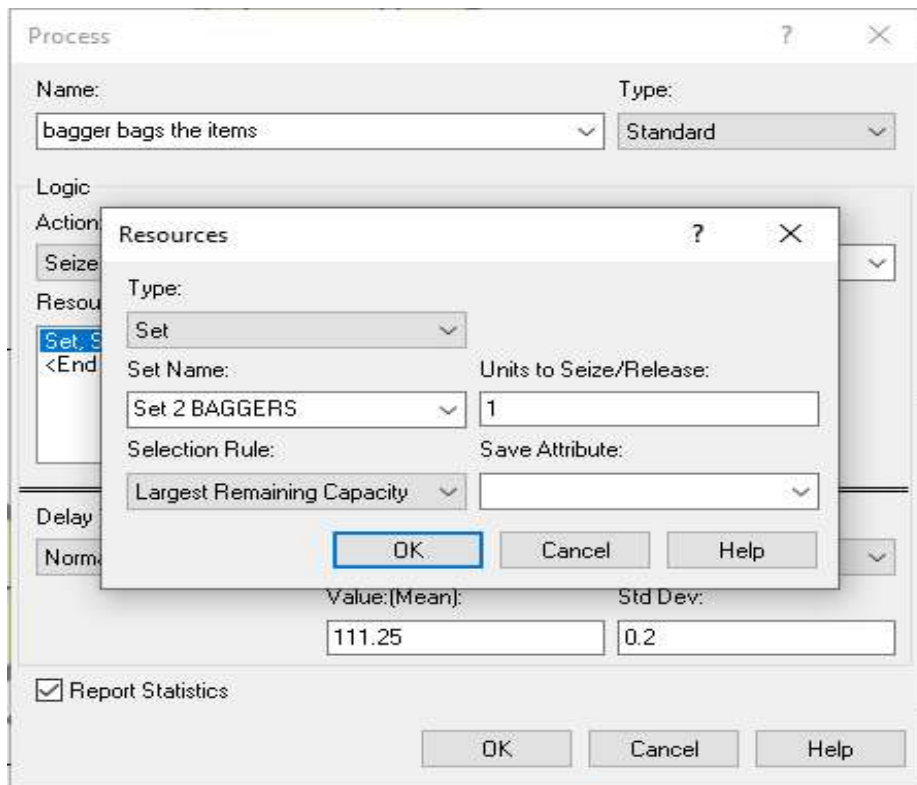


Εικόνα 4.31 Μοντελοποίηση (τμήμα 4ο)

Στην έξοδο της τυπικής διαδικασίας PROCESS **Εικόνα 4.32** leave cashier εφόσον υπάρχει διαθέσιμος bagger ακολουθεί η εντολή PROCESS **Εικόνα 4.33** bagger bags the items με την δεύτερη ουρά αναμονής στο σύστημα. Εδώ έχει επιλεγεί ένα set απο 4 baggers με κανόνα επιλογής (selection rule) Largest Remaining Capacity (οι baggers θα μετακινούνται ελεύθερα στους διαδρόμους ανάλογα με τις απαιτήσεις)



Εικόνα 4.32 Εντολή PROCESS bagger bags the items



Εικόνα 4.33 Selection rule Largest Remaining Capacity

Παρακάτω φαίνεται η βοηθητική εντολή set **Εικόνα 4.34** όπου από εκεί αλλάζει ο αριθμός των εργαζομένων στα ταμεία και στο bagging. Εδώ φαίνεται η επιλογή των (4) τεσσάρων baggers.

The screenshot shows the 'Set - Basic Process' window. On the left, there are icons for 'Set' and 'Picture', and buttons for 'Statistics' and 'Advanced Transfer'. The main area contains a table with the following data:

	Name	Type	Member Definition Method	Members
1	Set 1 CASHERS	Resource	Manual List	12 rows
2	Set 2 BAGGERS	Resource	Manual List	4 rows

Below the table, it says 'Double-click here to add a new row.' To the right, a 'Members' dialog box is open, showing a list of members:

	Member Type	Resource Name
1	Single Element	IASONAS
2	Single Element	ELENI
3	Single Element	CATE
4	Single Element	DONNA

At the bottom of the dialog box, it says 'Double-click here to add a new row.'

Εικόνα 4.34 Εντολή SET baggers

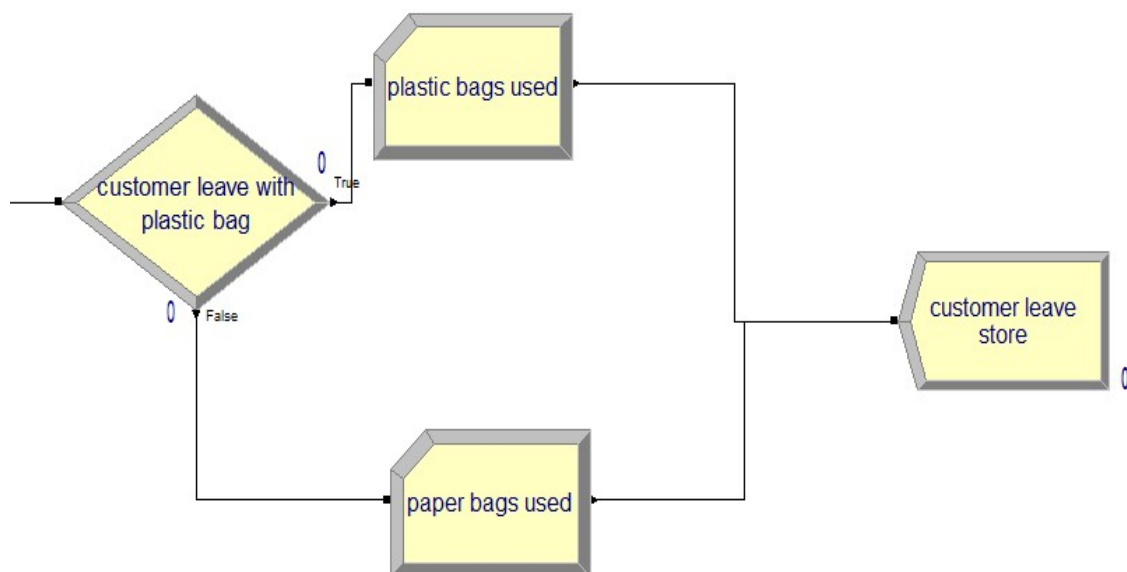
Για να υπολογίσουμε το κόστος χρησιμοποιείται η εντολή RESOURCE **Εικόνα 4.35** όπως ακολουθεί με την βοήθεια του πίνακα ([Ποσό πληρωμής](#))

Resource - Basic Process									
	Name	Type	Capacity	Busy / Hour	Idle / Hour	Per Use	StateSet Name	Failures	Report Statistics
1	LIA	Fixed Capacity	1	7.5	7.5	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
2	GEORGE	Fixed Capacity	1	7.5	7.5	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
3	CAROL	Fixed Capacity	1	7.5	7.5	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
4	LISS	Fixed Capacity	1	7.5	7.5	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
5	ANNA	Fixed Capacity	1	7.5	7.5	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
6	MARIA	Fixed Capacity	1	7.5	7.5	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
7	NICK	Fixed Capacity	1	7.5	7.5	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
8	HELEN	Fixed Capacity	1	7.5	7.5	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
9	IASONAS	Fixed Capacity	1	5.5	5.5	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
10	ELENI	Fixed Capacity	1	5.5	5.5	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
11	CATE	Fixed Capacity	1	5.5	5.5	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
12	DONNA	Fixed Capacity	1	5.5	5.5	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
13	CATHERINE	Fixed Capacity	1	7.5	7.5	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
14	IANOS	Fixed Capacity	1	7.5	7.5	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
15	JAKE	Fixed Capacity	1	7.5	7.5	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
16	LION	Fixed Capacity	1	7.5	7.5	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>

Double-click here to add a new row.

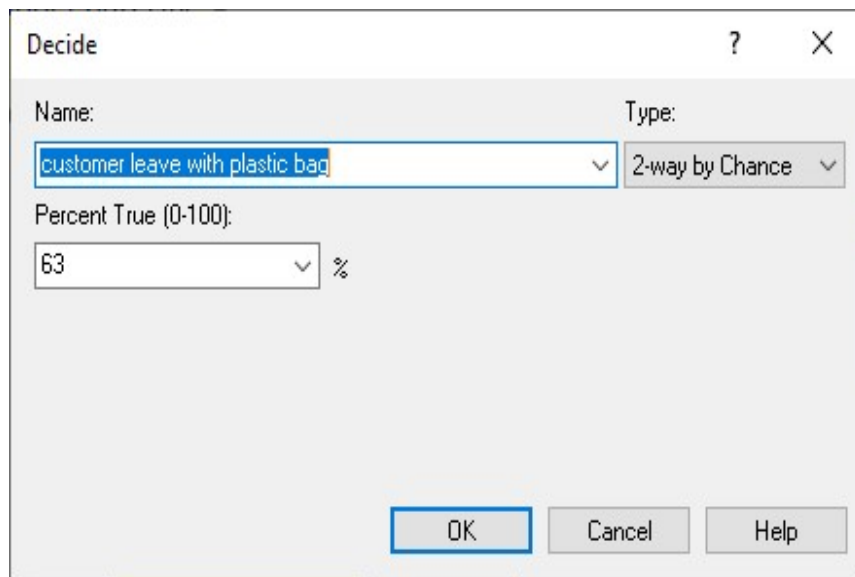
Εικόνα 4.35 Εντολή RESOURCE

Τέλος ο σχεδιασμός του μοντέλου ως την έξοδο των πελατών από το σύστημα φαίνεται παρακάτω. **Εικόνα 4.36**



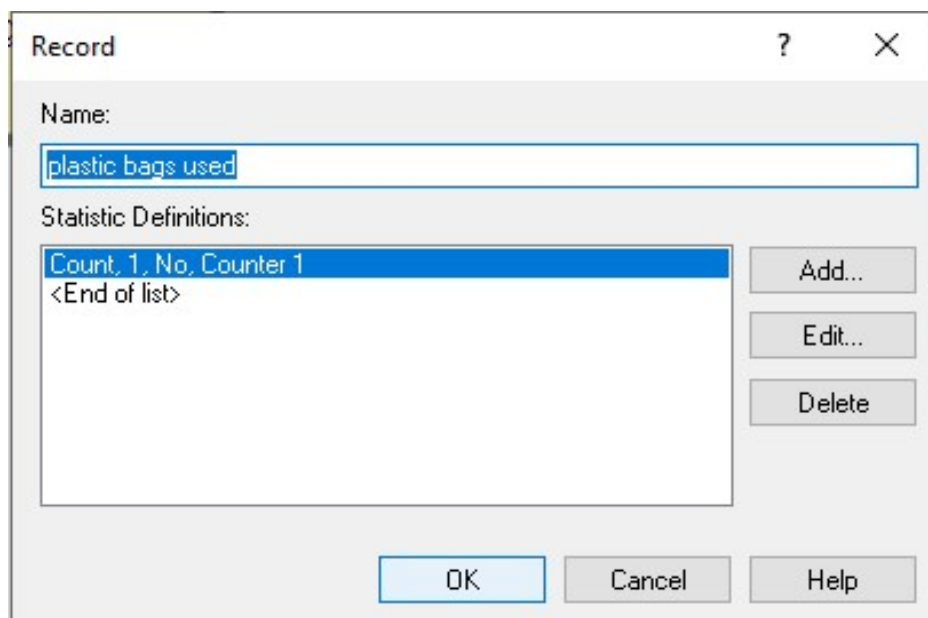
Εικόνα 4.36 Μοντελοποίηση (τμήμα 5ο)

Οι πελάτες στο 63% δείχνουν προτίμηση στην πλαστική σακούλα αντί για την χάρτινη. Ακολουθεί η εντολή DECIDE **Εικόνα 4.37** με ονομασία **customer leave with plastic bag** με έξοδο true 63% .

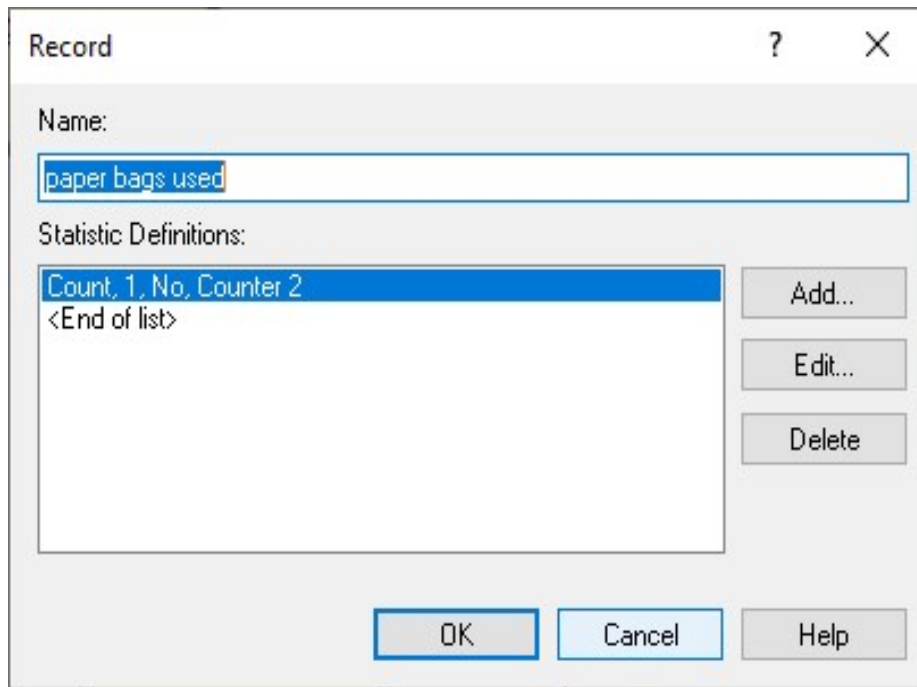


Εικόνα 4.37 Εντολή DECIDE customer leave with plastic bag

Η έξοδος true οδηγεί στην εντολή RECORD **Εικόνα 4.38** plastic bags used όπου γίνεται καταγραφή π.χ πόσοι πελάτες έφυγαν με πλαστική σακούλα στο τέλος ενός οκταώρου και η έξοδος false οδηγεί στην εντολή RECORD **Εικόνα 4.39** paper bags used για καταγραφή χάρτινης σακούλας.

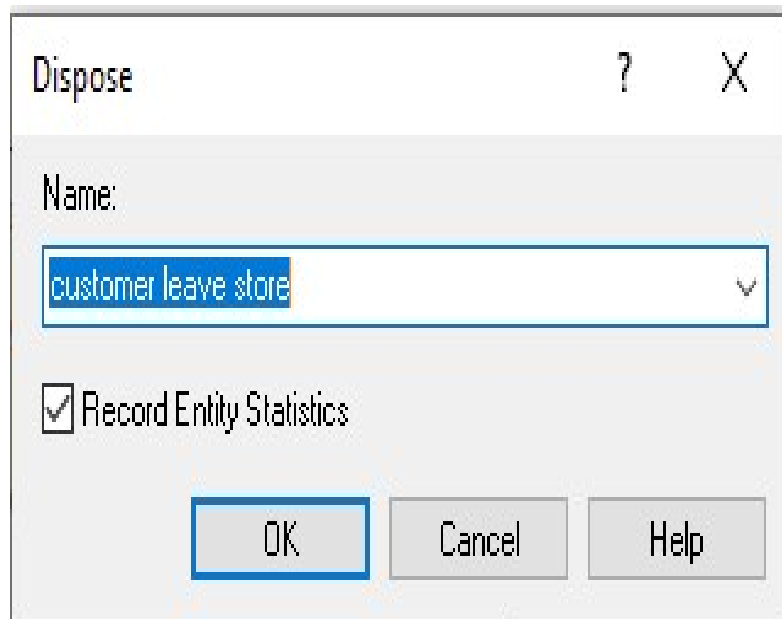


Εικόνα 4.38 Εντολή RECORD plastic bags used



Εικόνα 4.39 Εντολή RECORD paper bags used


Το μοντέλο κλείνει με την εντολή DISPOSE **Εικόνα 4.40** customer leave store όπου οι πελάτες αποχωρούν από το σύστημα.



Εικόνα 4.40 Εντολή DISPOSE customer leave store

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

Αποτελέσματα-Παρατηρήσεις-Συμπεράσματα



Στο κεφάλαιο αυτό δημιουργούνται 3 πιθανά σενάρια στις βάρδιες των εργαζομένων και γίνεται σύγκριση των αποτελεσμάτων που δίνει το λογισμικό ROCKWELL ARENA τρέχοντας το μοντέλο. Παραλληλα γίνονται παρατηρήσεις και τέλος βρίσκεται η βέλτιστη λύση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο

Επίλυση του μοντέλου-Παρατηρήσεις-Συμπεράσματα

5.1 Εισαγωγή

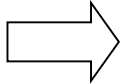
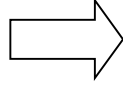
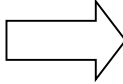
Η επιχείρηση αντιμετωπίζει πρόβλημα στην στελέχωση των ταμείων κατά τις ώρες αιχμής οι οποίες είναι από τις 14:00 μμ. έως τις 22:00 μμ. επομένως η μελέτη γίνεται για το οχτάωρο που ακολουθεί στον πίνακα ρυθμού άφιξης πελατών.

ΩΡΑ	ΠΕΛΑΤΕΣ/ΩΡΑ	ΩΡΑ	ΠΕΛΑΤΕΣ/ΩΡΑ
2:00-2:30	95	6:00-6:30	105
2:30-3:00	100	6:30-7:00	95
3:00-3:30	120	7:00-7:30	125
3:30-4:00	150	7:30-8:00	150
4:00-4:30	160	8:00-8:30	155
4:30-5:00	150	8:30-9:00	95
5:00-5:30	160	9:00-9:30	70
5:30-6:00	110	9:30-10:00	60

Ρυθμός άφιξης οντοτήτων

Υπάρχουν κάποιοι κανόνες που πρέπει να τηρούνται κατά τη στελέχωση των ατόμων με ημιαπασχόληση όπως ότι τα άτομα αυτά μπορούν να εργαστούν για τουλάχιστον 3 ώρες έως το πολύ 5 ώρες. Επίσης οι ταμίες δεν μπορούν να εργαστούν ως baggers και οι baggers ως ταμίες. Προκύπτουν έτσι τρία (3) σενάρια προς μελέτη για την βέλτιστη στέλεχωση των εργαζομένων της επιχείρησης.

5.2 Πιθανά σενάρια

- 1^ο Σενάριο  Δύο τετράωρες βάρδιες
- 2^ο Σενάριο  Μία τρίωρη βάρδια και μετά μία πεντάωρη βάρδια
- 3^ο Σενάριο  Μία πεντάωρη βάρδια και μετά μία τρίωρη βάρδια

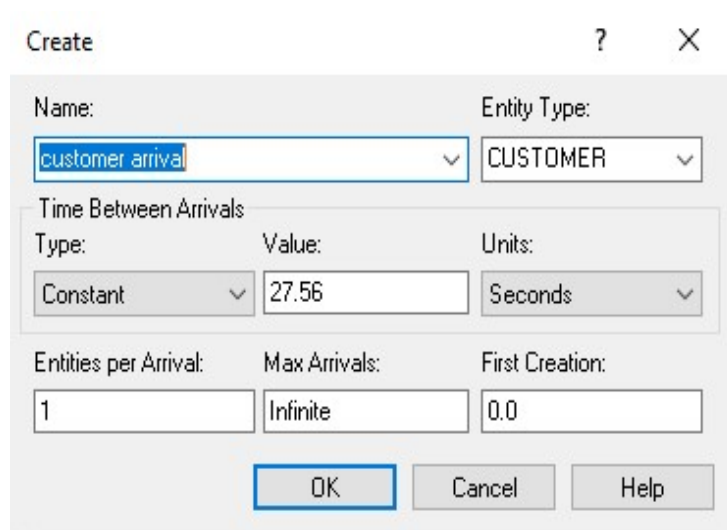
5.2.1 Σενάριο 1ο Βάρδια 1η –Παρατηρήσεις

1η τετράωρη βάρδια

Ο ρυθμός άφιξης οντοτήτων στο σύστημα για το 1^ο τετράωρο σύμφωνα με τον πίνακα ρυθμού άφιξης οντοτήτων υπολογίζεται 130,625 οντότητες ανά ώρα άρα 2,177 οντότητες ανά λεπτό επομένως εισάγεται:

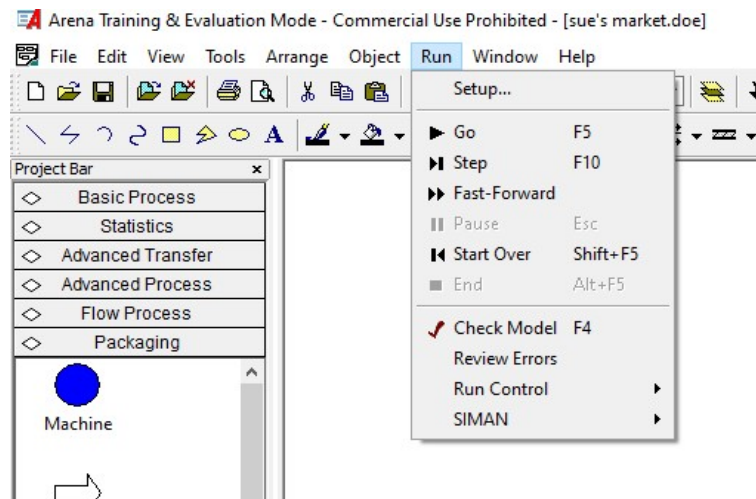
1 οντότητα ανά 27,56 sec

Στη συνέχεια τρέχει το πρόγραμμα δίνοντας στην εντολή CREATE **Εικόνα 5.1** τα παραπάνω δεδομένα



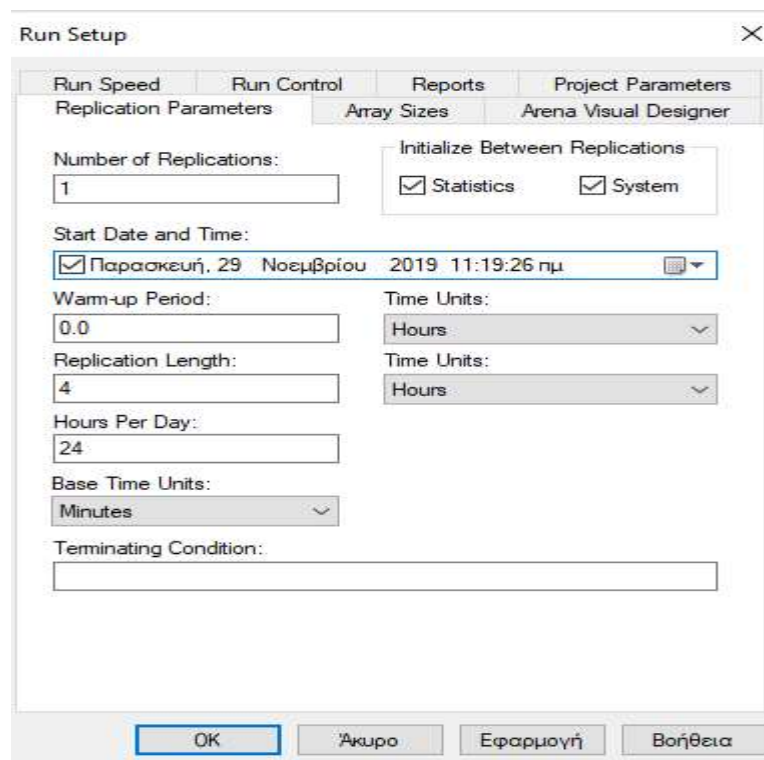
Εικόνα 5.1 Εντολή Create (ρυθμός άφιξης οντοτήτων=27,56)

Για να τρέξει το πρόγραμμα επιλέγεται Run Setup **Εικόνα 5.2**



Εικόνα 5.2 Μενού Run Setup

Επειδή τρέχει το πρόγραμμα για 4ωρη βάρδια συμπληρώνεται ο αριθμός 4 στο πλαίσιο Replication Length. Εικόνα 5.3



Εικόνα 5.3 Replication Length =4 (σενάριο 1ο - 1η 4ωρη βάρδια)

Στη συνέχεια τρέχει το μοντέλο αλλάζοντας τη στελέχωση των εργαζομένων στα ταμεία και στο πακετάρισμα έτσι ώστε να γίνεται σύγκριση του κόστους στελέχωσης των εργαζομένων, των χρόνων αναμονής και του αριθμού πελατών στις ουρές αναμονής που δημιουργούνται.

Δημιουργείται ένα set από 10 ταμίες και ένα set από 3 baggers **Πίνακας 5.1**

Set - Basic Process				
	Name	Type	Member Definition Method	Members
1	Set 1 CASHIERS	Resource	Manual List	10 rows
2 ▶	Set 2 BAGGERS	Resource	Manual List	3 rows

Πίνακας 5.1 Εντολή Set , 10 cashiers-3 baggers (1ο σενάριο 1η βάρδια)

Τα αποτελέσματα που παίρνουμε φαίνονται παρακάτω **Πίνακας 5.2**. Παρατηρούμε ότι ο χρόνος αναμονής στο πακετάρισμα είναι 1,7263 min και ο αριθμός πελατών στις ουρές αναμονής είναι 3. Όμοια ο χρόνος αναμονής στα ταμεία είναι 3,2764 min και ο αριθμός πελατών στις ουρές αναμονής είναι 8.

Υπενθυμίζεται ότι οι περισσότεροι πελάτες προτιμούν 2 με 3 λεπτά αναμονής ενώ οι πελάτες με λίγα τεμάχια έχουν συνήθως μικρότερη αναμονή. Επιπλέον αν ο αριθμός υπερβαίνει τους 4 ή 5 ανά ουρά η συμφόρηση ενοχλεί και τους υπόλοιπους αγοραστές.

sue					Replications: 1	
Replication 1		Start Time:	0,00	Stop Time:	240,00	Time Units: Minutes
bagger bags the items.Queue						
Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum		
Waiting Time	0.0940	(Insufficient)	0	1.7263		
Cost	Average	Half Width	Minimum	Maximum		
Waiting Cost	0	(Insufficient)	0	0		
Other	Average	Half Width	Minimum	Maximum		
Number Waiting	0.07085521	(Insufficient)	0	3.0000		
wait cashier.Queue						
Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum		
Waiting Time	0.7933	(Correlated)	0	3.2764		
Cost	Average	Half Width	Minimum	Maximum		
Waiting Cost	0	0,000000000	0	0		
Other	Average	Half Width	Minimum	Maximum		
Number Waiting	1.4000	(Correlated)	0	8.0000		

Πίνακας 5.2 Χρόνος αναμονής και αριθμός οντοτήτων στις ουρές αναμονής
10 cashiers-3 baggers (1ο σενάριο 1η βάρδια)

Επομένως θα πρέπει να αυξηθεί ο αριθμός των εργαζομένων στα ταμεία για να πλησιάσουμε τα όρια που ζητάει η επιχείρηση.

2 με 3 λεπτά αναμονής και 4 με 5 πελάτες ανά ουρά αναμονής

Υπενθυμίζουμε την αμοιβή των εργαζομένων :

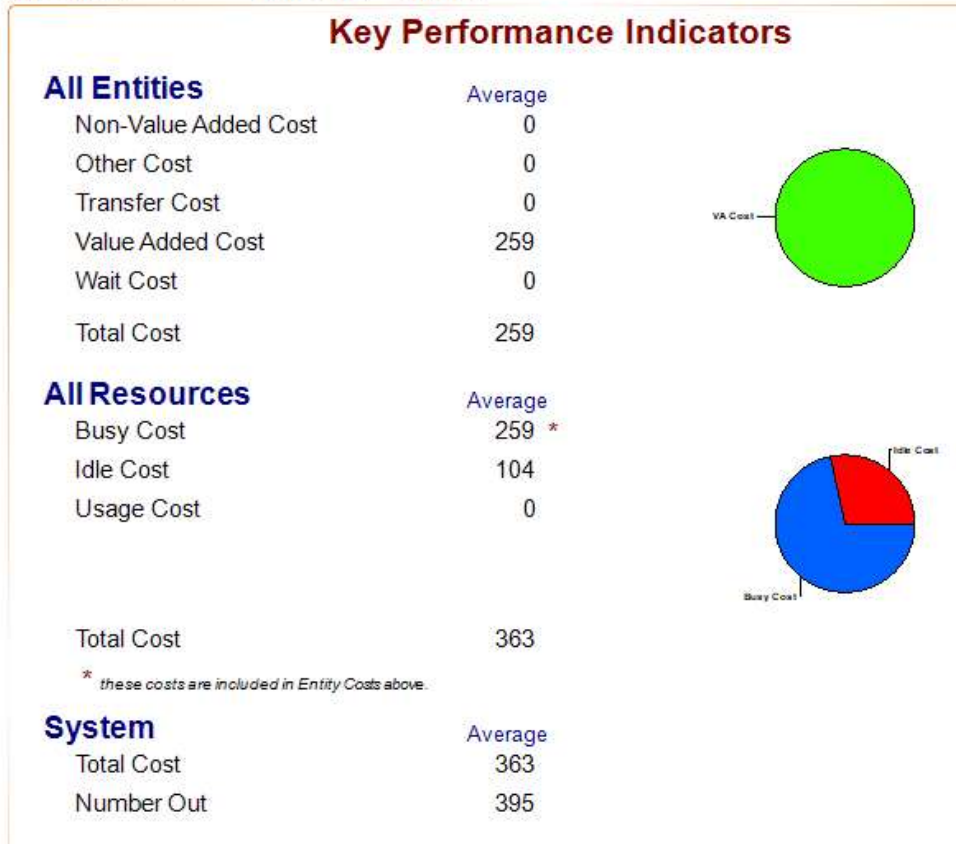
7,5\$ ανά ώρα για τους ταμίες και 5,5\$ ανά ώρα για τους baggers.

Στην **Εικόνα 5.4** που ακολουθεί δίνεται το συνολικό κόστος για το συγκεκριμένο πλάνο στελέχωσης

Total Cost=363 \$

sue

Replications: 1 Time Units: Minutes



Εικόνα 5.4 Συνολικό κόστος ,10 cashiers-3 baggers (1ο σενάριο 1η βάρδια)

Δημιουργείται ένα set από 11 ταμίες και ένα set από 3 baggers Πίνακας 5.3

Set - Basic Process				
	Name	Type	Member Definition Method	Members
1	Set 1 CASHIERS	Resource	Manual List	11 rows
2	Set 2 BAGGERS	Resource	Manual List	3 rows

Πίνακας 5.3 Εντολή Set , 11 cashiers-3 baggers (1ο σενάριο 1η βάρδια)

Τρέχει ξανά το πρόγραμμα και τα αποτελέσματα φαίνονται παρακάτω Πίνακας 5.4. Παρατηρούμε ότι ο χρόνος αναμονής στο πακετάρισμα είναι 2,3549 min και ο αριθμός πελατών στις ουρές αναμονής είναι 4. Όμοια ο χρόνος αναμονής στα ταμεία είναι 1,0848 min και ο αριθμός πελατών στις ουρές αναμονής είναι 3.

Οι τιμές είναι μέσα στα όρια που ζητάει η επιχείρηση.

Replication 1 Start Time: 0,00 Stop Time: 240,00 Time Units: Minutes

bagger bags the items.Queue

Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Waiting Time	0.3810	(Insufficient)	0	2.3549
Cost	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Waiting Cost	0	(Insufficient)	0	0
Other	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Number Waiting	0.3302	(Insufficient)	0	4.0000

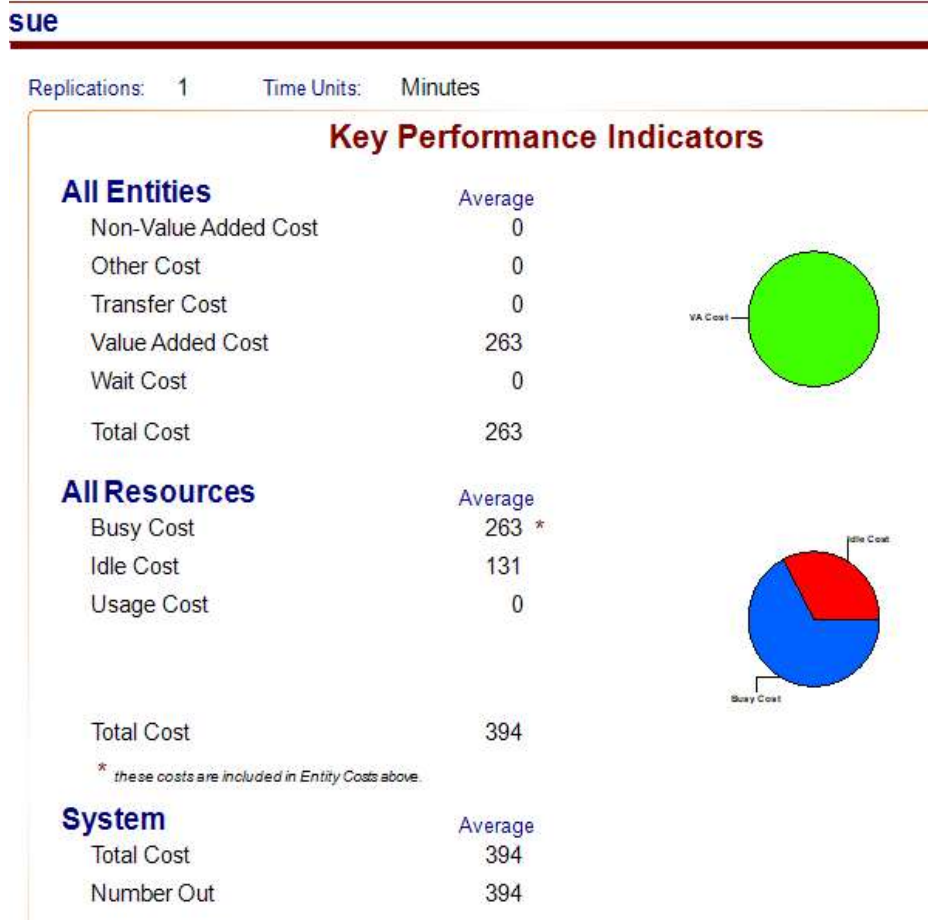
wait cashier.Queue

Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Waiting Time	0.07953476	0,049378226	0	1.0848
Cost	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Waiting Cost	0	0,000000000	0	0
Other	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Number Waiting	0.1385	(Insufficient)	0	3.0000

Πίνακας 5.4 Χρόνος αναμονής και αριθμός οντοτήτων στις ουρές αναμονής
11 cashiers-3 baggers (1ο σενάριο 1η βάρδια)

Στην **Εικόνα 5.5** που ακολουθεί δίνεται το συνολικό κόστος για το συγκεκριμένο πλάνο στελέχωσης.

Total Cost=394 \$



Εικόνα 5.5 Συνολικό κόστος 11 cashiers-3 baggers (1ο σενάριο 1η βάρδια)

Στόχος μας είναι η μείωση του κόστους γι' αυτό θα δοκιμάσουμε να τρέξουμε το πρόγραμμα με ένα λιγότερο εργαζόμενο στο bagging.

Δημιουργείται ένα set από 11 ταμίες και ένα set από 2 baggers **Πίνακας 5.5**

Set - Basic Process				
	Name	Type	Member Definition Method	Members
1	Set 1 CASHIERS	Resource	Manual List	11 rows
2	Set 2 BAGGERS	Resource	Manual List	2 rows

Πίνακας 5.5 Εντολή Set , 10 cashiers-2 baggers (1ο σενάριο 1η βάρδια)

Τα αποτελέσματα φαίνονται παρακάτω **Πίνακας 5.6**. Παρατηρούμε ότι ο χρόνος αναμονής στο πακετάρισμα είναι 5,9859 min και ο αριθμός πελατών στις ουρές αναμονής είναι 2. Όμοια ο χρόνος αναμονής στα ταμεία είναι 0,7745 min και ο αριθμός πελατών στις ουρές αναμονής είναι 7.

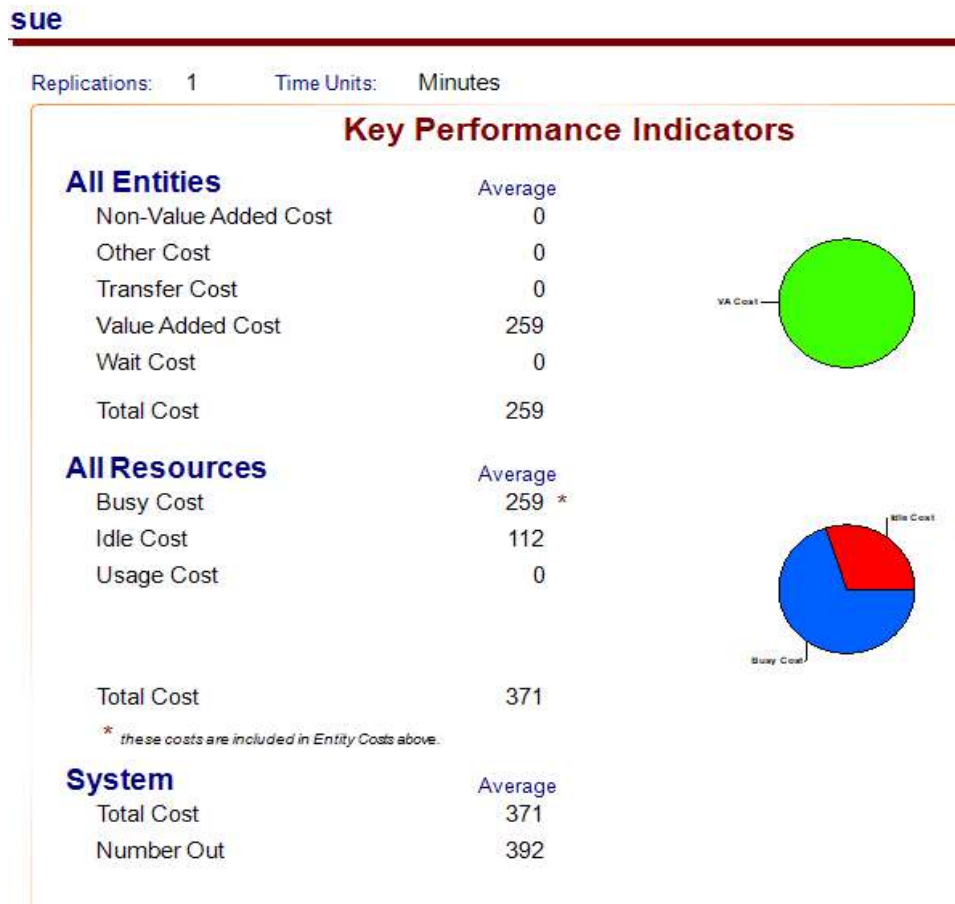
sue		Replications: 1					
Replication 1		Start Time:	0,00	Stop Time:	240,00	Time Units:	Minutes
bagger bags the items.Queue							
Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Time	1.6029	(Insufficient)	0	5.9859			
Cost	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Cost	0	(Insufficient)	0	0			
Other	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Number Waiting	1.2446	(Insufficient)	0	7.0000			
wait cashier.Queue							
Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Time	0.03797728	0,023270809	0	0.7745			
Cost	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Cost	0	0,000000000	0	0			
Other	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Number Waiting	0.06661849	(Insufficient)	0	2.0000			

Πίνακας 5.6 Χρόνος αναμονής και αριθμός οντοτήτων στις ουρές αναμονής
11 cashiers-2 baggers (1ο σενάριο 1η βάρδια)

Οι τιμές στο bagging έχουν φύγει από τα επιθυμητά όρια .Παρόλο που το κόστος μειώθηκε,το συγκεκριμένο πλάνο στελέχωσης απορρίπτεται.

Στην **Εικόνα 5.6** που ακολουθεί δίνεται το συνολικό κόστος για το συγκεκριμένο πλάνο στελέχωσης.

Total Cost=371 \$



Εικόνα 5.6 Συνολικό κόστος 11 cashiers-2 baggers (1ο σενάριο 1η βάρδια)

Ιδανικό για την 1η βάρδια είναι το πλάνο 11 ταμίες και 3 baggers με

Total Cost=394 \$

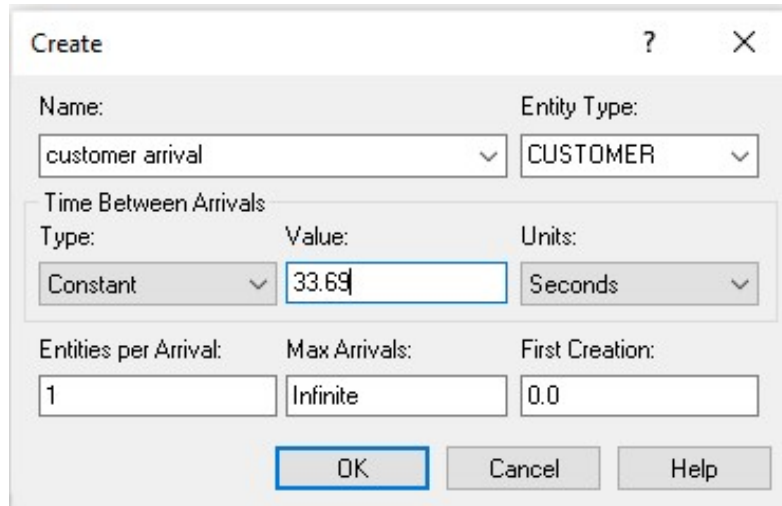
5.2.2 Σενάριο 1ο Βάρδια 2η –Παρατηρήσεις

2η τετράωρη βάρδια

Ο ρυθμός άφιξης οντοτήτων στο σύστημα για το 2^ο τετράωρο σύμφωνα με τον πίνακα ρυθμού άφιξης οντοτήτων υπολογίζεται 106,875 οντότητες ανά ώρα άρα 1,781 οντότητες ανά λεπτό επομένως εισάγεται:

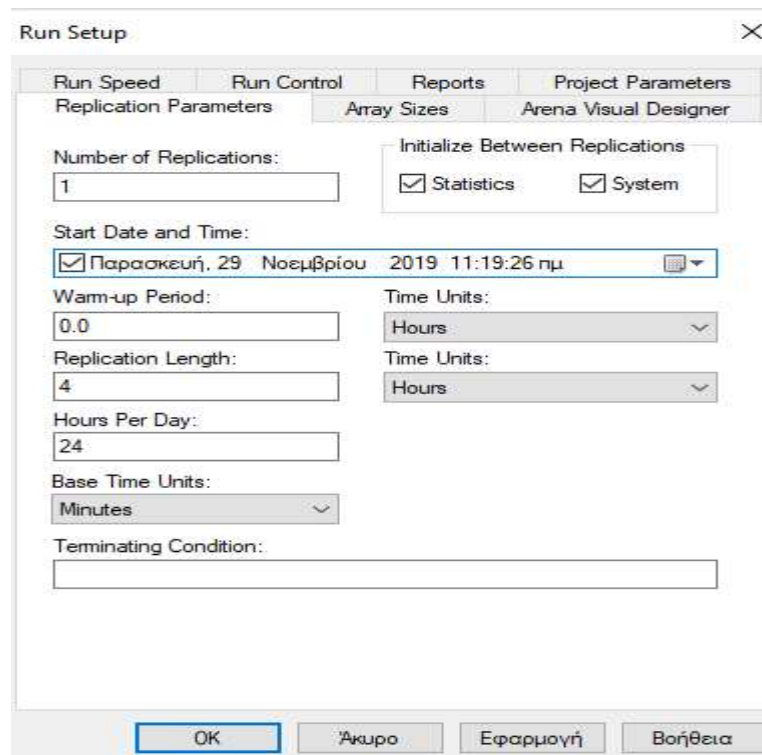
1 οντότητα ανά 33,69 sec

Στη συνέχεια τρέχει το πρόγραμμα δίνοντας στην εντολή CREATE **Εικόνα 5.7** τα παραπάνω δεδομένα



Εικόνα 5.7 Εντολή Create (ρυθμός άφιξης οντοτήτων=33,69)

Επειδή τρέχει το πρόγραμμα για 4ωρη βάρδια στο μενού Run setup συμπληρώνεται όπως και στην 1^η βάρδια ο αριθμός 4 στο πλαίσιο Replication Length **Εικόνα 5.8**



Εικόνα 5.8 Replication Length =4 (σενάριο 1ο - 2η 4ωρη βάρδια)

Στη συνέχεια τρέχει το μοντέλο αλλάζοντας τη στελέχωση των οντοτήτων στα ταμεία και των οντοτήτων στο πακετάρισμα έτσι ώστε να γίνεται σύγκριση του κόστους στελέχωσης των εργαζομένων, των χρόνων αναμονής και του αριθμού πελατών στις ουρές αναμονής που δημιουργούνται.

Δημιουργείται ένα set από 7 ταμίες και ένα set από 2 baggers **Πίνακας 5.7**

Set - Basic Process				
	Name	Type	Member Definition Method	Members
1	Set 1 CASHIERS	Resource	Manual List	7 rows
2	Set 2 BAGGERS	Resource	Manual List	2 rows

Πίνακας 5.7 Εντολή Set , 7 cashiers-2 baggers (1ο σενάριο 2η βάρδια)

Επιλέγουμε ένα πλάνο στελέχωσης με λιγότερους εργαζόμενους σε σχέση με την 1η βάρδια γιατί ο ρυθμός άφιξης των πελατών είναι μικρότερος. Τα αποτελέσματα φαίνονται παρακάτω **Πίνακας 5.8**. Παρατηρούμε ότι ο χρόνος αναμονής στο πακετάρισμα είναι 3,8682 min και ο αριθμός πελατών στις ουρές αναμονής είναι 5. Όμοια ο χρόνος αναμονής στα ταμεία είναι 22,9548 min και ο αριθμός πελατών στις ουρές αναμονής είναι 40.

sue		Replications: 1					
Replication 1		Start Time:	0,00	Stop Time:	240,00	Time Units:	Minutes
bagger bags the items.Queue							
Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Time	0.6165	(Insufficient)	0	3.8682			
Cost	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Cost	0	(Insufficient)	0	0			
Other	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Number Waiting	0.3571	(Insufficient)	0	5.0000			
wait cashier.Queue							
Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Time	11.6333	(Insufficient)	0	22.9548			
Cost	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Cost	0	(Insufficient)	0	0			
Other	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Number Waiting	16.4748	(Correlated)	0	40.0000			

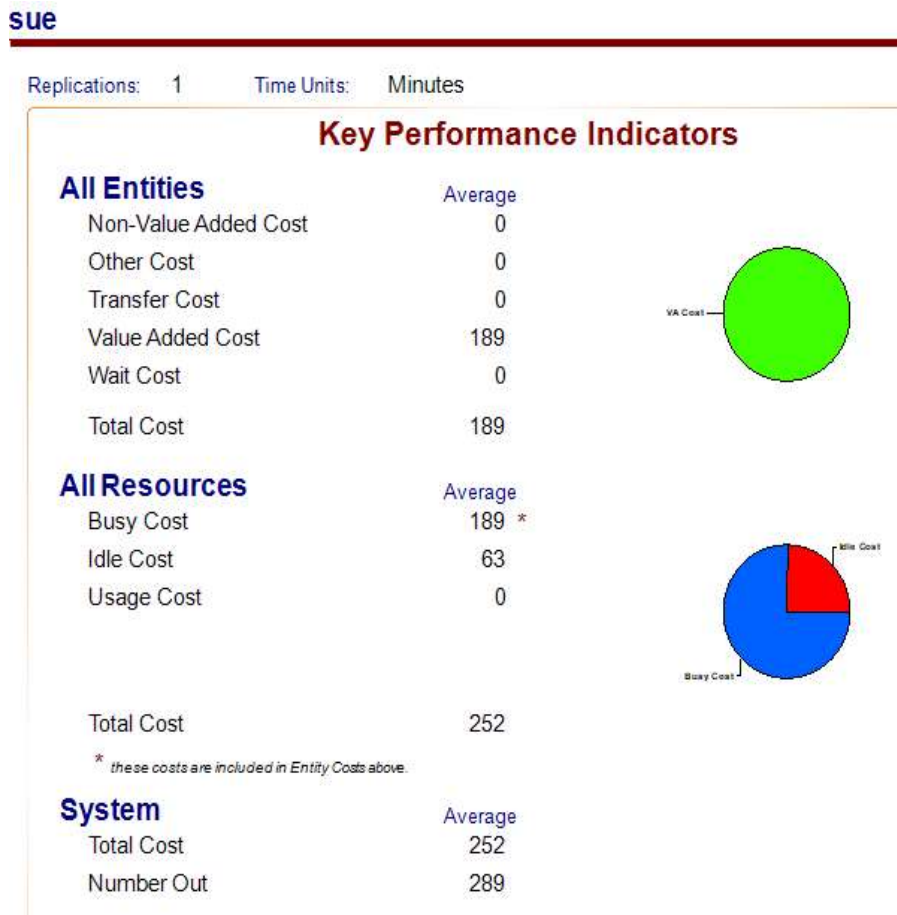
Πίνακας 5.8 Χρόνος αναμονής και αριθμός οντοτήτων στις ουρές αναμονής

7 cashiers-2 baggers (1ο σενάριο 2η βάρδια)

Οι τιμές στο πακετάρισμα πλησιάζουν τα επιθυμητά όρια ενώ οι τιμές στα ταμεία είναι πολύ μεγάλες επομένως θα πρέπει να αυξήσουμε τον αριθμό των εργαζομένων στα ταμεία.

Στην **Εικόνα 5.9** που ακολουθεί δίνεται το συνολικό κόστος για το συγκεκριμένο πλάνο στελέχωσης.

Total Cost=252 \$



Εικόνα 5.9 Συνολικό κόστος 7 cashiers-2 baggers (1ο σενάριο 2η βάρδια)

Δημιουργείται ένα set από 8 ταμίες και ένα set από 2 baggers **Πίνακας 5.9**

Set - Basic Process				
	Name	Type	Member Definition Method	Members
1	Set 1 CASHIERS	Resource	Manual List	8 rows
2	Set 2 BAGGERS	Resource	Manual List	2 rows

Πίνακας 5.9 Εντολή Set , 8 cashiers-2 baggers (1ο σενάριο 2η βάρδια)

Τα αποτελέσματα φαίνονται παρακάτω **Πίνακας 5.10**. Παρατηρούμε ότι ο χρόνος αναμονής στο πακετάρισμα είναι 3,4574 min και ο αριθμός πελατών στις ουρές αναμονής είναι 4. Όμοια ο χρόνος αναμονής στα ταμεία είναι 2,4345 min και ο αριθμός πελατών στις ουρές αναμονής είναι 5. Οι παρακάτω τιμές θα μπορούσαν να γίνουν αποδεκτές γιατί είναι μέσα στα όρια που έχει ζητήσει η επιχείρηση εκτός από το χρόνο αναμονής στο πακετάρισμα που είναι οριακά κοντά.

sue		Replications: 1					
Replication 1		Start Time:	0,00	Stop Time:	240,00	Time Units:	Minutes
bagger bags the items.Queue							
Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Time	0.7716	(Insufficient)	0	3.4574			
Cost	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Cost	0	(Insufficient)	0	0			
Other	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Number Waiting	0.5352	(Insufficient)	0	4.0000			
wait cashier.Queue							
Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Time	0.7953	(Correlated)	0	2.4345			
Cost	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Cost	0	0,000000000	0	0			
Other	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Number Waiting	1.1417	(Correlated)	0	5.0000			

Πίνακας 5.10 Χρόνος αναμονής και αριθμός οντοτήτων στις ουρές αναμονής
8 cashiers-2 baggers (1ο σενάριο 2η βάρδια)

Θα παραμείνουμε τυπική όμως και θα συνεχίσουμε μέσα στα όρια αυξάνοντας τους εργαζόμενους στο πακετάρισμα. Στο τέλος θα γίνει μια δεύτερη πρόταση με μειωμένο κόστος.

Στην **Εικόνα 5.10** που ακολουθεί δίνεται το συνολικό κόστος για το συγκεκριμένο πλάνο στελέχωσης.

Total Cost=282 \$

sue

Replications: 1 Time Units: Minutes

Key Performance Indicators

All Entities

	Average
Non-Value Added Cost	0
Other Cost	0
Transfer Cost	0
Value Added Cost	214
Wait Cost	0
Total Cost	214



All Resources

	Average
Busy Cost	214 *
Idle Cost	68
Usage Cost	0
Total Cost	282



* these costs are included in Entity Costs above.

System

	Average
Total Cost	282
Number Out	320

Εικόνα 5.10 Συνολικό κόστος 8 cashiers-2 baggers (1ο σενάριο 2η βάρδια)

Επομένως δημιουργείται ένα set από 8 ταμίες και ένα set από 3 baggers **Πίνακας 5.11**

Set - Basic Process				
	Name	Type	Member Definition Method	Members
1	Set 1	Resource	Manual List	8 rows
2	Set 2	Resource	Manual List	3 rows

Πίνακας 5.11 Εντολή Set , 8 cashiers-3 baggers (1ο σενάριο 2η βάρδια)

Τα αποτελέσματα φαίνονται παρακάτω **Πίνακας 5.12**. Παρατηρούμε ότι ο χρόνος αναμονής στο πακετάρισμα είναι 1,3601 min και ο αριθμός πελατών στις ουρές αναμονής είναι 2. Όμοια ο χρόνος αναμονής στα ταμεία είναι 2,5482 min και ο αριθμός πελατών στις ουρές αναμονής είναι 5.

sue		Replications: 1					
Replication 1		Start Time:	0,00	Stop Time:	240,00	Time Units:	Minutes
bagger bags the items.Queue							
Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Time	0.06850889	(Insufficient)	0	1.3601			
Cost	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Cost	0	(Insufficient)	0	0			
Other	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Number Waiting	0.04453078	(Insufficient)	0	2.0000			
waitcashier.Queue							
Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Time	0.7847	(Correlated)	0	2.5482			
Cost	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Cost	0	0,000000000	0	0			
Other	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Number Waiting	1.1196	(Correlated)	0	5.0000			

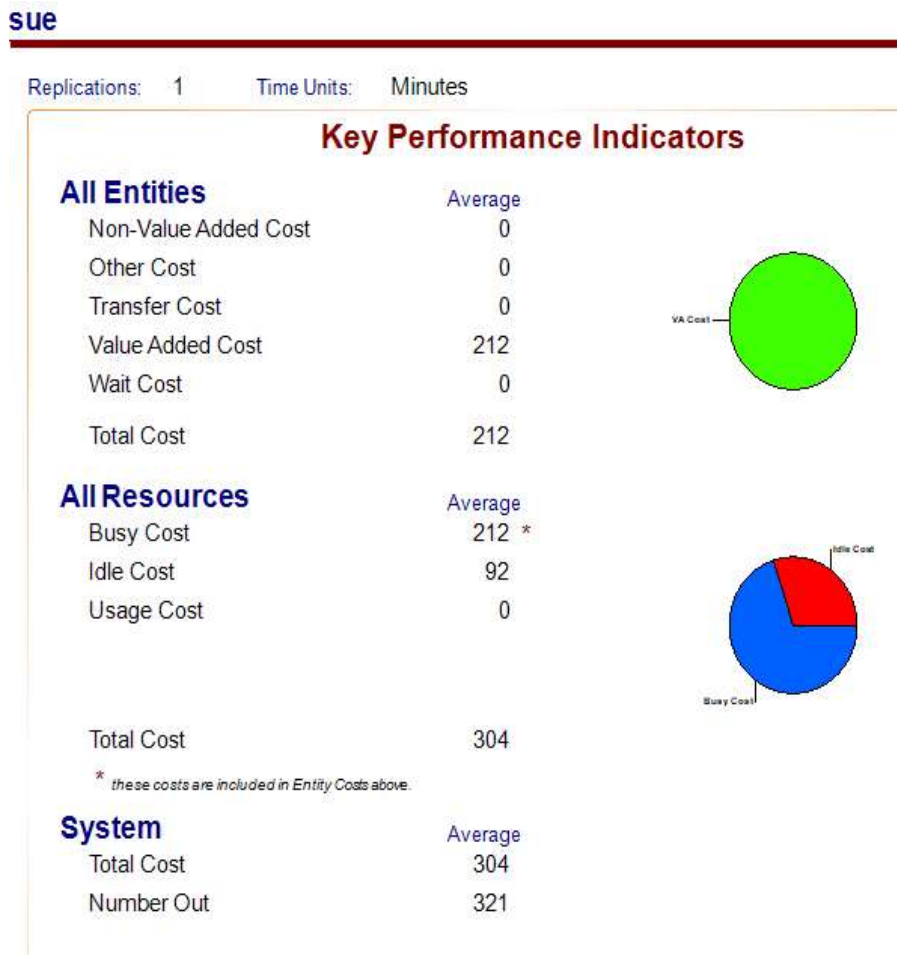
Πίνακας 5.12 Χρόνος αναμονής και αριθμός οντοτήτων στις ουρές αναμονής

8 cashiers-3 baggers (1ο σενάριο 2η βάρδια)

Φαίνεται παραπάνω ότι τα αποτελέσματα διορθώθηκαν ενώ παρακάτω φαίνεται ότι αυξήθηκε το συνολικό κόστος

Στον **Εικόνα 5.11** που ακολουθεί δίνεται το συνολικό κόστος για το συγκεκριμένο πλάνο στελέχωσης.

Total Cost=304 \$



Εικόνα 5.11 Συνολικό κόστος 8 cashiers-3 baggers (1ο σενάριο 2η βάρδια)

Ιδανικό για την 2 η βάρδια είναι το πλάνο 8 ταμίες και 3 baggers με

Total Cost=304 \$

Το συνολικό κόστος για το 1ο σενάριο είναι **Total Cost=698 \$**

5.2.3 Σενάριο 2ο Βάρδια 1η –Παρατηρήσεις

1η τρίωρη βάρδια

Ο ρυθμός άφιξης οντοτήτων στο σύστημα για το 1^ο τρίωρο σύμφωνα με τον πίνακα ρυθμού άφιξης οντοτήτων υπολογίζεται 129,166 οντότητες ανά ώρα άρα 2,153 οντότητες ανά λεπτό επομένως εισάγεται:1 οντότητα ανά 27,87 sec. Στη συνέχεια τρέχει το πρόγραμμα δίνοντας στην εντολή CREATE **Εικόνα 5.12** τα παραπάνω δεδομένα.

Εικόνα 5.12 Εντολή Create (ρυθμός άφιξης οντοτήτων=27,87)

Επειδή τρέχει το πρόγραμμα για 3ωρη βάρδια στο μενού Run setup συμπληρώνεται ο αριθμός 3 στο πλαίσιο Replication Length **Εικόνα 5.13**

Εικόνα 5.13 Replication Length =3 (σενάριο 2ο -1η 3ωρη βάρδια)

Στη συνέχεια τρέχει το μοντέλο αλλάζοντας τη στελέχωση των οντοτήτων στα ταμεία και των οντοτήτων στο πακετάρισμα έτσι ώστε να γίνεται σύγκριση του κόστους στελέχωσης των εργαζομένων, των χρόνων αναμονής και του αριθμού πελατών στις ουρές αναμονής που δημιουργούνται.

Δημιουργείται ένα set από 9 ταμίες και ένα set από 2 baggers **Πίνακας 5.13**

Set - Basic Process				
	Name	Type	Member Definition Method	Members
1	Set 1 CASHIERS	Resource	Manual List	9 rows
2	Set 2 BAGGERS	Resource	Manual List	2 rows

Πίνακας 5.13 Εντολή Set , 9 cashiers-2 baggers (2ο σενάριο 1η βάρδια)

Τα αποτελέσματα φαίνονται παρακάτω **Πίνακας 5.14**. Παρατηρείται ότι ο χρόνος αναμονής στο πακετάρισμα είναι 8,2409 min και ο αριθμός πελατών στις ουρές αναμονής είναι 9. Όμοια ο χρόνος αναμονής στα ταμεία είναι 10,2866 min και ο αριθμός πελατών στις ουρές αναμονής είναι 21.

Φαίνεται ότι όλες οι τιμές είναι εκτός ορίων ενώ το κόστος είναι αρκετά χαμηλό γιατί αφορά μόνο ένα τρίωρο

sue				Replications: 1
-----	--	--	--	-----------------

Replication 1	Start Time:	0,00	Stop Time:	180,00	Time Units: Minutes
----------------------	-------------	------	------------	--------	---------------------

bagger bags the items.Queue

Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Waiting Time	2.6985	(Insufficient)	0	8.2409
Cost	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Waiting Cost	0	(Insufficient)	0	0
Other	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Number Waiting	1.9000	(Insufficient)	0	9.0000

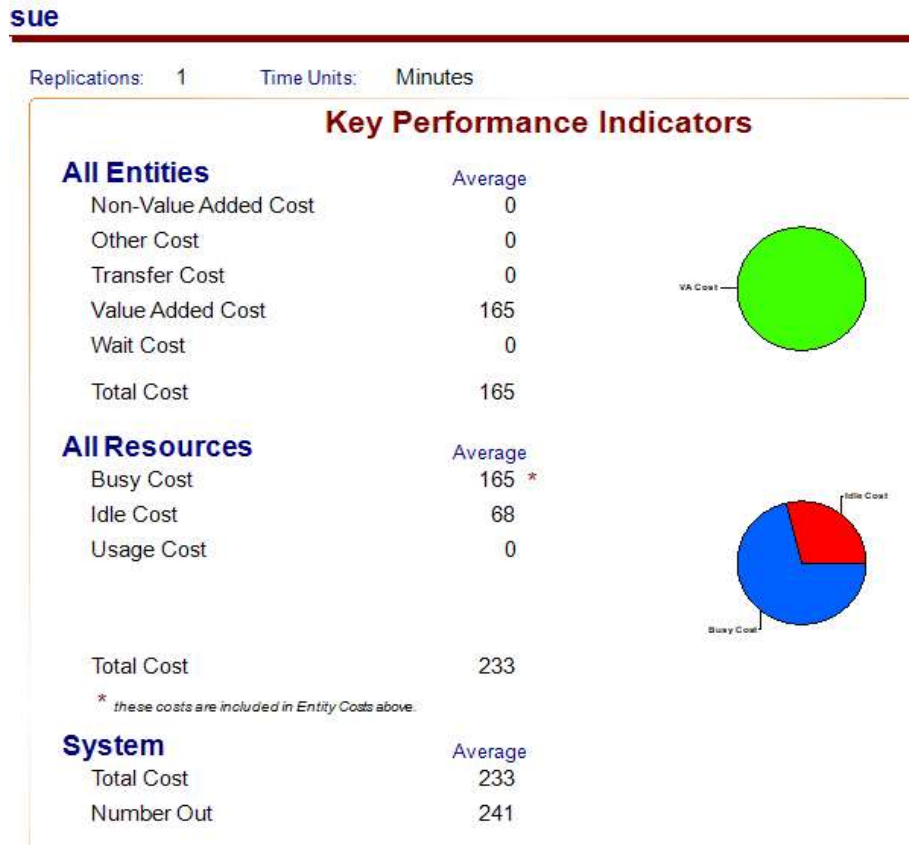
wait cashier.Queue

Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Waiting Time	4.6598	(Insufficient)	0	10.2866
Cost	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Waiting Cost	0	(Insufficient)	0	0
Other	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Number Waiting	7.3148	(Correlated)	0	21.0000

Πίνακας 5.14 Χρόνος αναμονής και αριθμός οντοτήτων στις ουρές αναμονής
9 cashiers-9 baggers (2ο σενάριο 1η βάρδια)

Στην **Εικόνα 5.14** που ακολουθεί δίνεται το συνολικό κόστος για το συγκεκριμένο πλάνο στελέχωσης.

Total Cost=233 \$



Εικόνα 5.14 Συνολικό κόστος 9 cashiers-9 baggers (2ο σενάριο 1η βάρδια)

Δημιουργείται ένα set από 10 ταμίες και ένα set από 2 baggers Πίνακας 5.15

Set - Basic Process				
	Name	Type	Member Definition Method	Members
1 ▶	Set 1 CASHIERS	Resource	Manual List	10 rows
2	Set 2 BAGGERS	Resource	Manual List	2 rows

Πίνακας 5.15 Εντολή Set , 10 cashiers-2 baggers (2ο σενάριο 1η βάρδια)

Τα αποτελέσματα φαίνονται παρακάτω **Πίνακας 5.16**. Παρατηρούμε ότι ο χρόνος αναμονής στο πακετάρισμα είναι 9,0093 min και ο αριθμός πελατών στις ουρές αναμονής είναι 16. Όμοια ο χρόνος αναμονής στα ταμεία είναι 2,6068 min και ο αριθμός πελατών στις ουρές αναμονής είναι 6.

sue		Replications: 1					
Replication 1		Start Time:	0,00	Stop Time:	180,00	Time Units:	Minutes
bagger bags the items.Queue							
Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Time	4.0081	(Insufficient)	0	9.0093			
Cost	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Cost	0	(Insufficient)	0	0			
Other	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Number Waiting	3.2992	(Insufficient)	0	16.0000			
wait cashier.Queue							
Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Time	0.5441	(Insufficient)	0	2.6068			
Cost	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Cost	0	(Insufficient)	0	0			
Other	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Number Waiting	0.9121	(Correlated)	0	6.0000			

Πίνακας 5.16 Χρόνος αναμονής και αριθμός οντοτήτων στις ουρές αναμονής
10 cashiers-2 baggers (2ο σενάριο 1η βάρδια)

Φαίνεται ότι μειώθηκαν οι τιμές στα ταμεία ενώ αυξήθηκαν οι τιμές στο πακετάρισμα παρόλο που οι εργαζόμενοι εκεί παρέμειναν σταθεροί. Αυτό συμβαίνει γιατί με έναν παραπάνω εργαζόμενο στα ταμεία ελευθερώνονται πιο γρήγορα οι οντότητες εκεί και δημιουργούνται μεγαλύτερες ουρές στο πακετάρισμα. Πρέπει να αυξηθεί λοιπόν ο αριθμός των εργαζομένων στο πακετάρισμα.

Στην **Εικόνα 5.15** που ακολουθεί δίνεται το συνολικό κόστος για το συγκεκριμένο πλάνο στελέχωσης.

Total Cost=255 \$

sue

Replications: 1 Time Units: Minutes

Key Performance Indicators

All Entities

	Average
Non-Value Added Cost	0
Other Cost	0
Transfer Cost	0
Value Added Cost	178
Wait Cost	0
Total Cost	178



All Resources

	Average
Busy Cost	178 *
Idle Cost	77
Usage Cost	0



Total Cost 255

* these costs are included in Entity Costs above.

System

	Average
Total Cost	255
Number Out	250

Εικόνα 5.15 Συνολικό κόστος 10 cashiers-2 baggers (2ο σενάριο 1η βάρδια)

Δημιουργείται ένα set από 10 ταμίες και ένα set από 3 baggers **Πίνακας 5.17**

Set - Basic Process				
	Name	Type	Member Definition Method	Members
1	Set 1 CASHIERS	Resource	Manual List	10 rows
2 ▶	Set 2 BAGGERS	Resource	Manual List	3 rows

Πίνακας 5.17 Εντολή Set , 10 cashiers-3 baggers (2ο σενάριο 1η βάρδια)

Τα αποτελέσματα φαίνονται παρακάτω **Πίνακας 5.18**. Παρατηρούμε ότι ο χρόνος αναμονής στο πακετάρισμα είναι 1,3476 min και ο αριθμός πελατών στις ουρές αναμονής είναι 3. Όμοια ο χρόνος αναμονής στα ταμεία είναι 0,8757 min και ο αριθμός πελατών στις ουρές αναμονής είναι 3.

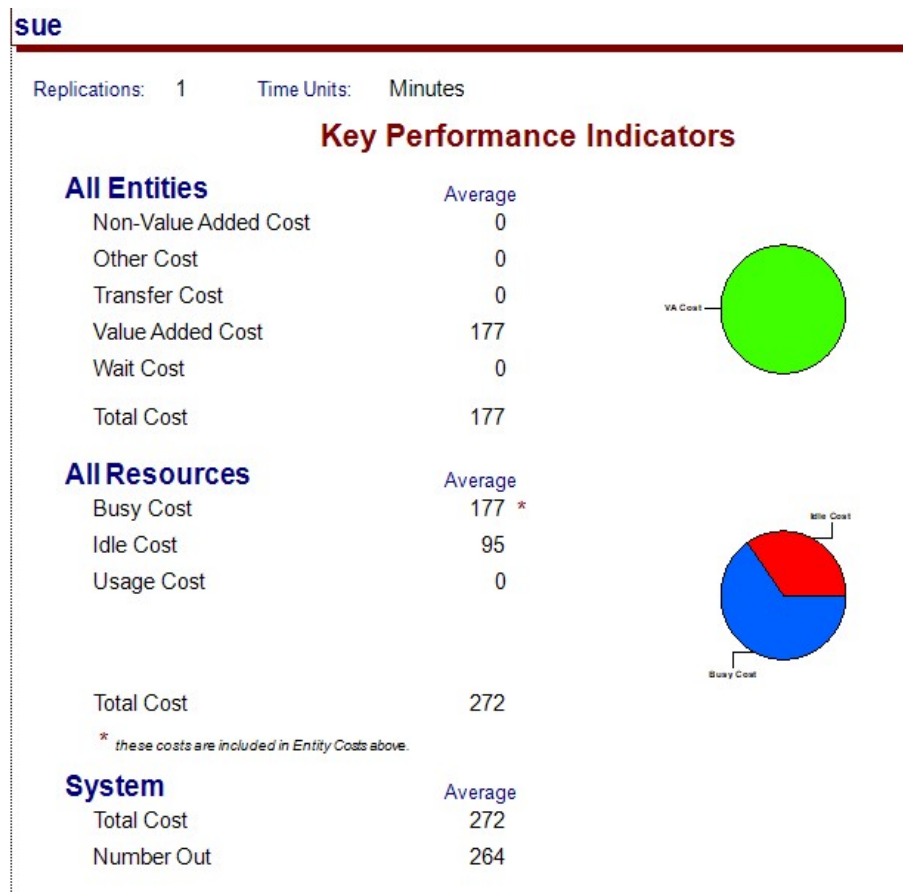
sue		Replications: 1					
Replication 1		Start Time:	0,00	Stop Time:	180,00	Time Units:	Minutes
bagger bags the items.Queue							
Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Time	0.1438	(Insufficient)	0	1.3476			
Cost	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Cost	0	(Insufficient)	0	0			
Other	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Number Waiting	0.1039	(Insufficient)	0	3.0000			
wait cashier.Queue							
Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Time	0.1810	(Insufficient)	0	0.8757			
Cost	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Cost	0	(Insufficient)	0	0			
Other	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Number Waiting	0.2907	(Correlated)	0	3.0000			

Πίνακας 5.18 Χρόνος αναμονής και αριθμός οντοτήτων στις ουρές αναμονής
10 cashiers-3 baggers (2ο σενάριο 1η βάρδια)

Τώρα όλες οι τιμές είναι επιθυμητές γιατί είναι μέσα στα όρια που έχει ζητήσει η επιχείρηση.

Στην **Εικόνα 5.16** που ακολουθεί δίνεται το συνολικό κόστος για το συγκεκριμένο πλάνο στελέχωσης.

Total Cost=272 \$



Εικόνα 5.16 Συνολικό κόστος 10 cashiers-3 baggers (2ο σενάριο 1η βάρδια)

Ιδανικό για την 1 η βάρδια είναι το πλάνο 10 ταμίες και 3 baggers με

Total Cost=272 \$

5.2.4 Σενάριο 2ο Βάρδια 2η –Παρατηρήσεις

2η πεντάωρη βάρδια

Ο ρυθμός άφιξης οντοτήτων στο σύστημα για το 2^ο πεντάωρο σύμφωνα με τον πίνακα ρυθμού άφιξης οντοτήτων υπολογίζεται 112,5 οντότητες ανά ώρα άρα 1,88 οντότητες ανά λεπτό επομένως εισάγεται:

1 οντότητα ανά 32 sec

Στη συνέχεια τρέχει το πρόγραμμα δίνοντας στην εντολή CREATE **Εικόνα 5.17** τα παραπάνω δεδομένα

Εικόνα 5.17 Εντολή Create (ρυθμός άφιξης οντοτήτων=32)

Επειδή τρέχει το πρόγραμμα για 5ωρη βάρδια στο μενού Run setup συμπληρώνεται ο αριθμός 5 στο πλαίσιο Replication Length **Εικόνα 5.18**

Εικόνα 5.18 Replication Length =5 (σενάριο 2ο-2η 5ωρη βάρδια)

Στη συνέχεια τρέχει το μοντέλο αλλάζοντας τη στελέχωση των οντοτήτων στα ταμεία και των οντοτήτων στο πακετάρισμα έτσι ώστε να γίνεται σύγκριση του κόστους στελέχωσης

των εργαζομένων, των χρόνων αναμονής και του αριθμού πελατών στις ουρές αναμονής που δημιουργούνται.

Δημιουργείται ένα set από 8 ταμίες και ένα set από 2 baggers **Πίνακας 5.19**

Set - Basic Process				
	Name	Type	Member Definition Method	Members
1	Set 1 CASHIERS	Resource	Manual List	8 rows
2	Set 2 BAGGERS	Resource	Manual List	2 rows

Πίνακας 5.19 Εντολή Set , 8 cashiers-2 baggers (2ο σενάριο 2η βάρδια)

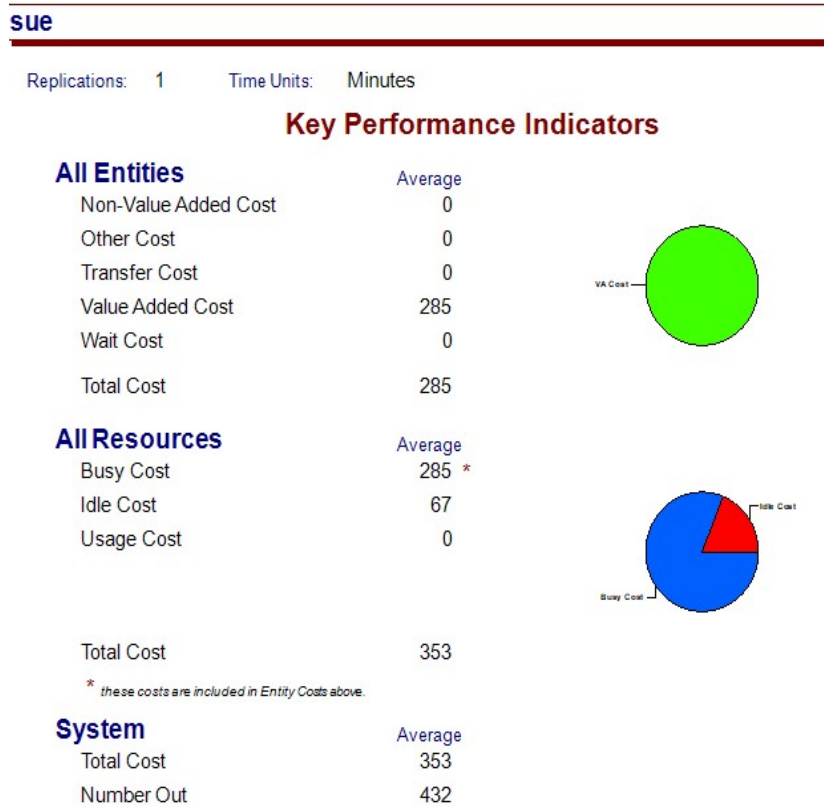
Τα αποτελέσματα φαίνονται παρακάτω **Πίνακας 5.20**. Παρατηρούμε ότι ο χρόνος αναμονής στο πακετάρισμα είναι 3,9385 min και ο αριθμός πελατών στις ουρές αναμονής είναι 5. Όμοια ο χρόνος αναμονής στα ταμεία είναι 12,6027 min και ο αριθμός πελατών στις ουρές αναμονής είναι 23. Φαίνεται ότι οι τιμές στο πακετάρισμα είναι κοντά στα όρια ενώ οι τιμές στα ταμεία είναι πολύ υψηλές. Επομένως πρέπει να αυξηθεί ο αριθμός των εργαζομένων στα ταμεία

sue		Replications: 1					
Replication 1		Start Time:	0,00	Stop Time:	300,00	Time Units:	Minutes
bagger bags the items.Queue							
Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Time	0.8332	(Insufficient)	0	3.9385			
Cost	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Cost	0	(Insufficient)	0	0			
Other	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Number Waiting	0.6221	(Insufficient)	0	5.0000			
wait cashier.Queue							
Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Time	7.1052	(Correlated)	0	12.6027			
Cost	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Cost	0	0,000000000	0	0			
Other	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Number Waiting	11.1007	(Correlated)	0	23.0000			

Πίνακας 5.20 Χρόνος αναμονής και αριθμός οντοτήτων στις ουρές αναμονής 8 cashiers-2 baggers (2ο σενάριο 2η βάρδια)

Στην **Εικόνα 5.19** που ακολουθεί δίνεται το συνολικό κόστος για το συγκεκριμένο πλάνο στελέχωσης.

Total Cost=353 \$



Εικόνα 5.19 Συνολικό κόστος 8 cashiers-2 baggers (2ο σενάριο 2η βάρδια)

Δημιουργείται ένα set από 9 ταμίες και ένα set από 2 baggers **Πίνακας 5.21**

Set - Basic Process				
	Name	Type	Member Definition Method	Members
1	Set 1 CASHIERS	Resource	Manual List	9 rows
2	Set 2 BAGGERS	Resource	Manual List	2 rows

Πίνακας 5.21 Εντολή Set , 9 cashiers-2 baggers (2ο σενάριο 2η βάρδια)

Τα αποτελέσματα φαίνονται παρακάτω **Πίνακας 5.22**. Παρατηρούμε ότι ο χρόνος αναμονής στο πακετάρισμα είναι 5,8715 min και ο αριθμός πελατών στις ουρές αναμονής είναι 7.

Όμοια ο χρόνος αναμονής στα ταμεία είναι 1,2520 min και ο αριθμός πελατών στις ουρές αναμονής είναι 3.

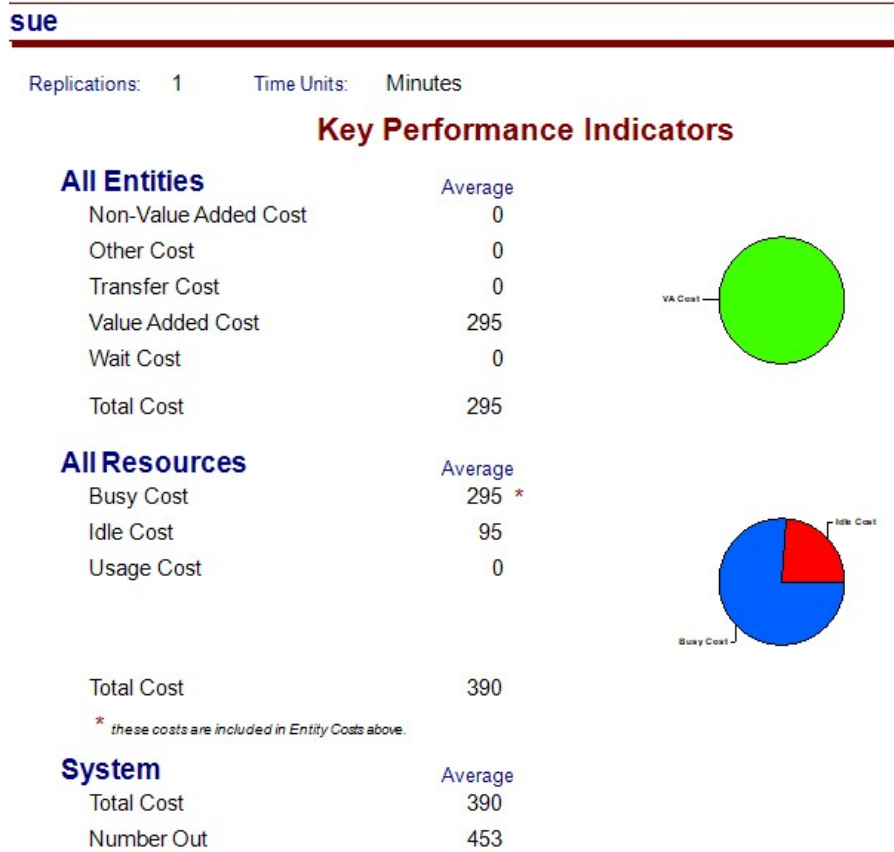
sue		Replications: 1					
Replication 1		Start Time:	0,00	Stop Time:	300,00	Time Units:	Minutes
bagger bags the items.Queue							
Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Time	1.0329	(Insufficient)	0	5.8715			
Cost	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Cost	0	(Insufficient)	0	0			
Other	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Number Waiting	0.7319	(Insufficient)	0	7.0000			
wait cashier.Queue							
Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Time	0.1650	0,077631763	0	1.2520			
Cost	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Cost	0	0,000000000	0	0			
Other	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Number Waiting	0.2612	(Correlated)	0	3.0000			

Πίνακας 5.22 Χρόνος αναμονής και αριθμός οντοτήτων στις ουρές αναμονής
9 cashiers-2 baggers (2ο σενάριο 2η βάρδια)

Φαίνεται παραπάνω ότι με την προσθήκη ενός μόνο ταμιά οι τιμές έπεσαν αρκετά και είναι μέσα στα όρια που έχει ζητήσει η επιχείρηση ενώ όπως και στο 1^ο τρίωρο οι τιμές στο πακετάρισμα που ήταν κοντά στα όρια έχουν αυξηθεί. Αυτό έγινε γιατί ελευθερώνονται πιο γρήγορα οι οντότητες στα ταμεία και αυξάνονται οι ουρές αναμονής στο πακετάρισμα. Πρέπει λοιπόν να αυξηθεί ο αριθμός των εργαζομένων στο πακετάρισμα.

Στην **Εικόνα 5.20** που ακολουθεί δίνεται το συνολικό κόστος για το συγκεκριμένο πλάνο στελέχωσης.

Total Cost=390 \$



Εικόνα 5.20 Συνολικό κόστος 9 cashiers-2 baggers (2ο σενάριο 2η βάρδια)

Δημιουργείται ένα set από 9 ταμίες και ένα set από 3 baggers **Πίνακας 5.23**

Set - Basic Process				
	Name	Type	Member Definition Method	Members
1	Set 1 CASHIERS	Resource	Manual List	9 rows
2 ▶	Set 2 BAGGERS	Resource	Manual List	3 rows

Πίνακας 5.23 Εντολή Set , 9 cashiers-3 baggers (2ο σενάριο 2η βάρδια)

Τα αποτελέσματα φαίνονται παρακάτω **Πίνακας 5.24**. Παρατηρούμε ότι ο χρόνος αναμονής στο πακετάρισμα είναι 1,2246 min και ο αριθμός πελατών στις ουρές αναμονής είναι 3. Όμοια ο χρόνος αναμονής στα ταμεία είναι 2,4025 min και ο αριθμός πελατών στις ουρές αναμονής είναι 5.

sue		Replications: 1					
Replication 1		Start Time:	0,00	Stop Time:	300,00	Time Units:	Minutes
bagger bags the items.Queue							
Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Time	0.1055	(Insufficient)	0	1.2246			
Cost	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Cost	0	(Insufficient)	0	0			
Other	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Number Waiting	0.07910744	(Insufficient)	0	3.0000			
wait cashier.Queue							
Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Time	0.4534	(Correlated)	0	2.4025			
Cost	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Cost	0	0,000000000	0	0			
Other	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Number Waiting	0.7226	(Correlated)	0	5.0000			

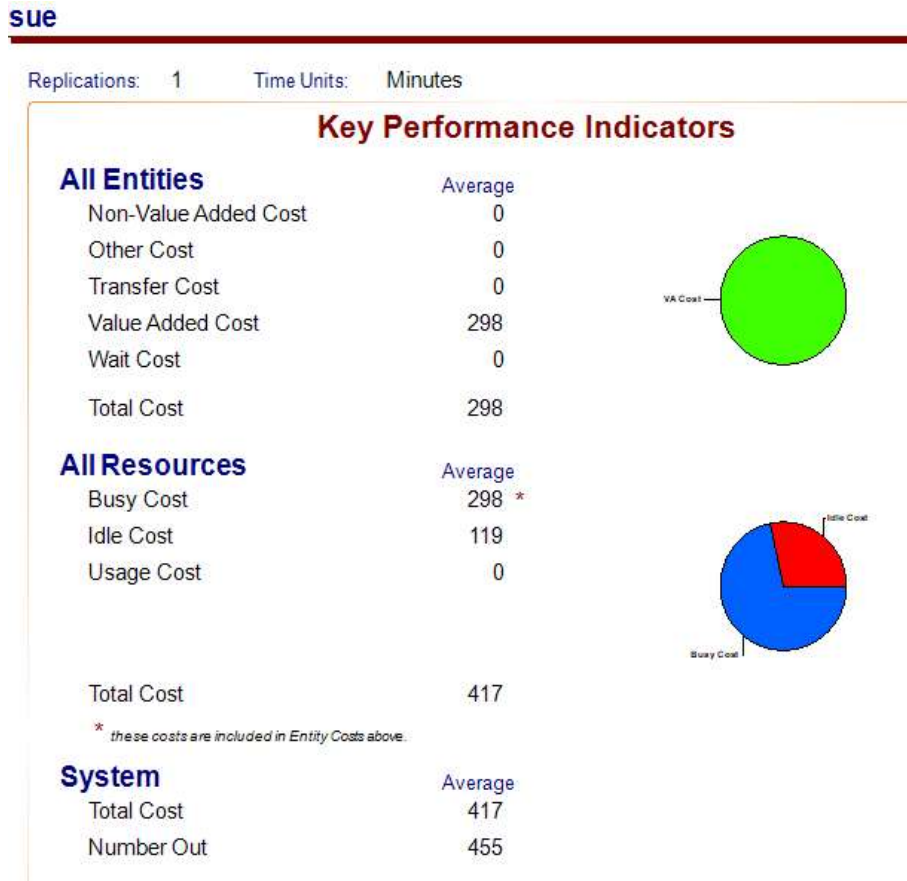
Πίνακας 5.24 Χρόνος αναμονής και αριθμός οντοτήτων στις ουρές αναμονής

9 cashiers-3 baggers (2ο σενάριο 2η βάρδια)

Οι τιμές τώρα είναι μέσα στα όρια επομένως αυτό είναι το ιδανικό πλάνο για τη δεύτερη βάρδια.

Στην **Εικόνα 5.21** που ακολουθεί δίνεται το συνολικό κόστος για το συγκεκριμένο πλάνο στελέχωσης.

Total Cost=417 \$



Εικόνα 5.21 Συνολικό κόστος 9 cashiers-3 baggers (2ο σενάριο 2η βάρδια)

Ιδανικό για την 2η βάρδια είναι το πλάνο 9 ταμίες και 3 baggers με

Total Cost=417 \$

Το συνολικό κόστος για το 2^ο σενάριο είναι **Total Cost=689 \$**

5.2.5 Σενάριο 3ο Βάρδια 1η –Παρατηρήσεις

1η πεντάωρη βάρδια

Ο ρυθμός άφιξης οντοτήτων στο σύστημα για το 1^ο πεντάωρο σύμφωνα με τον πίνακα ρυθμού άφιξης οντοτήτων υπολογίζεται 124,5 οντότητες ανά ώρα άρα 2,08 οντότητες ανά λεπτό επομένως εισάγεται:1 οντότητα ανά 28,91 sec

Στη συνέχεια τρέχει το πρόγραμμα δίνοντας στην εντολή CREATE **Εικόνα 5.22** τα παραπάνω δεδομένα

Εικόνα 5.22 Εντολή Create (ρυθμός άφιξης οντοτήτων=28,91)

Επειδή τρέχει το πρόγραμμα για 5ωρη βάρδια στο μενού Run setup συμπληρώνεται ο αριθμός 5 στο πλαίσιο Replication Length **Εικόνα 5.23**

Εικόνα 5.23 Replication Length =5 (σενάριο 3ο -1η 5ωρη βάρδια)

Στη συνέχεια τρέχει το μοντέλο αλλάζοντας τη στελέχωση των οντοτήτων στα ταμεία και των οντοτήτων στο πακετάρισμα έτσι ώστε να γίνεται σύγκριση του κόστους στελέχωσης των εργαζομένων, των χρόνων αναμονής και του αριθμού πελατών στις ουρές αναμονής που δημιουργούνται.

Δημιουργείται ένα set από 9 ταμίες και ένα set από 2 baggers **Πίνακας 5.25**

Set - Basic Process				
	Name	Type	Member Definition Method	Members
1	Set 1 CASHIERS	Resource	Manual List	9 rows
2	Set 2 BAGGERS	Resource	Manual List	2 rows

Πίνακας 5.25 Εντολή Set , 9 cashiers-2 baggers (3ο σενάριο 1η βάρδια)

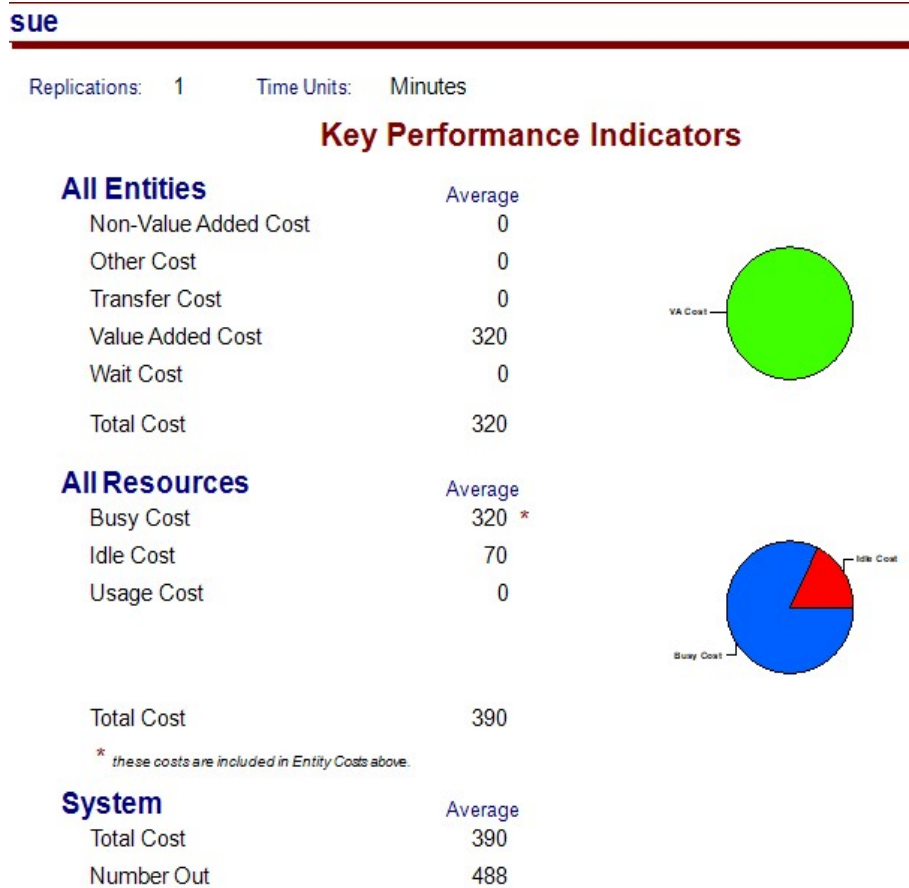
Τα αποτελέσματα φαίνονται παρακάτω **Πίνακας 5.26**. Παρατηρούμε ότι ο χρόνος αναμονής στο πακετάρισμα είναι 7,2629 min και ο αριθμός πελατών στις ουρές αναμονής είναι 8. Όμοια ο χρόνος αναμονής στα ταμεία είναι 7,0448 min και ο αριθμός πελατών στις ουρές αναμονής είναι 15. Οι τιμές είναι εκτός ορίων και γι' αυτό πρέπει να αυξηθεί ο αριθμός των εργαζομένων στα ταμεία.

sue		Replications: 1				
Replication 1		Start Time:	0,00	Stop Time:	300,00	Time Units: Minutes
bagger bags the items.Queue						
Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum		
Waiting Time	2.2420	(Insufficient)	0	7.2629		
Cost	Average	Half Width	Minimum	Maximum		
Waiting Cost	0	(Insufficient)	0	0		
Other	Average	Half Width	Minimum	Maximum		
Number Waiting	1.7637	(Correlated)	0	8.0000		
wait cashier.Queue						
Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum		
Waiting Time	3.3310	(Correlated)	0	7.0448		
Cost	Average	Half Width	Minimum	Maximum		
Waiting Cost	0	0,000000000	0	0		
Other	Average	Half Width	Minimum	Maximum		
Number Waiting	5.8313	(Correlated)	0	15.0000		

Πίνακας 5.26 Χρόνος αναμονής και αριθμός οντοτήτων στις ουρές αναμονής
9 cashiers-2 baggers (3ο σενάριο 1η βάρδια)

Στην **Εικόνα 5.24** που ακολουθεί δίνεται το συνολικό κόστος για το συγκεκριμένο πλάνο στελέχωσης.

Total Cost=390 \$



Εικόνα 5.24 Συνολικό κόστος 9 cashiers-2 baggers (3ο σενάριο 1η βάρδια)

Δημιουργείται ένα set από 10 ταμίες και ένα set από 2 baggers **Πίνακας 5.27**

Set - Basic Process				
	Name	Type	Member Definition Method	Members
1	Set 1 CASHIERS	Resource	Manual List	10 rows
2	Set 2 BAGGERS	Resource	Manual List	2 rows

Πίνακας 5.27 Εντολή Set , 10 cashiers-2 baggers (3ο σενάριο 1η βάρδια)

Τα αποτελέσματα φαίνονται παρακάτω **Πίνακας 5.28**. Παρατηρούμε ότι ο χρόνος αναμονής στο πακετάρισμα είναι 10,1159 min και ο αριθμός πελατών στις ουρές αναμονής είναι 11. Όμοια ο χρόνος αναμονής στα ταμεία είναι 2,5453 min και ο αριθμός πελατών στις ουρές αναμονής είναι 6.

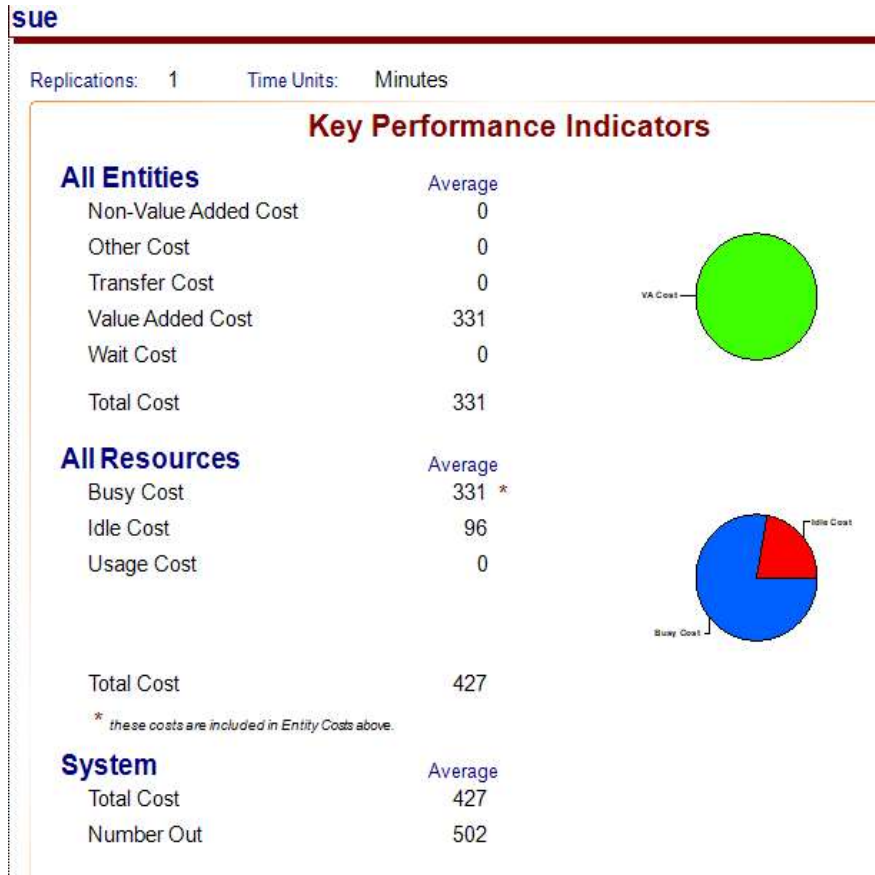
sue		Replications: 1					
Replication 1		Start Time:	0,00	Stop Time:	300,00	Time Units:	Minutes
bagger bags the items.Queue							
Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Time	3.7136	(Insufficient)	0	10.1159			
Cost	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Cost	0	(Insufficient)	0	0			
Other	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Number Waiting	3.1393	(Correlated)	0	11.0000			
wait cashier.Queue							
Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Time	0.2786	(Correlated)	0	2.5453			
Cost	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Cost	0	0,000000000	0	0			
Other	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Number Waiting	0.4904	(Correlated)	0	6.0000			

Πίνακας 5.28 Χρόνος αναμονής και αριθμός οντοτήτων στις ουρές αναμονής
10 cashiers-2 baggers (3ο σενάριο 1η βάρδια)

Φαίνεται και εδώ ότι βελτιώθηκαν οι τιμές στα ταμεία ενώ αυξήθηκαν οι τιμές στο πακετάρισμα. Αυτό έγινε γιατί ελευθερώνονται πιο γρήγορα οι οντότητες στα ταμεία και αυξάνονται οι ουρές αναμονής στο πακετάρισμα Πρέπει λοιπόν να αυξηθεί ο αριθμός των εργαζομένων στο πακετάρισμα.

Στην **Εικόνα 5.25** που ακολουθεί δίνεται το συνολικό κόστος για το συγκεκριμένο πλάνο στελέχωσης.

Total Cost=427 \$



Εικόνα 5.25 Συνολικό κόστος 10 cashiers-2 baggers (3ο σενάριο 1η βάρδια)

Δημιουργείται ένα set από 10 ταμίες και ένα set από 3 baggers **Πίνακας 5.29**

Set - Basic Process				
	Name	Type	Member Definition Method	Members
1	Set 1 CASHIERS	Resource	Manual List	10 rows
2 ▶	Set 2 BAGGERS	Resource	Manual List	3 rows

Πίνακας 5.29 Εντολή Set , 10 cashiers-3 baggers (3ο σενάριο 1η βάρδια)

Τα αποτελέσματα φαίνονται παρακάτω **Πίνακας 5.30**. Παρατηρούμε ότι ο χρόνος αναμονής στο πακετάρισμα είναι 1,9851 min και ο αριθμός πελατών στις ουρές αναμονής είναι 4.

Όμοια ο χρόνος αναμονής στα ταμεία είναι 1,0836 min και ο αριθμός πελατών στις ουρές αναμονής είναι 3.

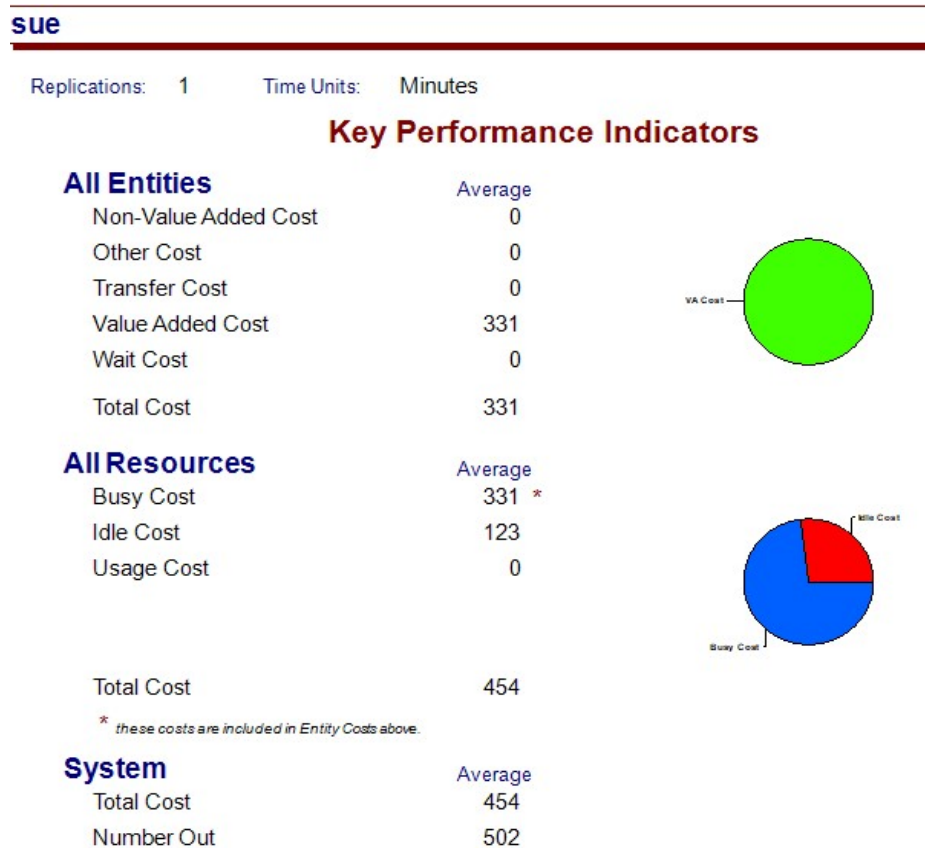
sue		Replications: 1					
Replication 1		Start Time:	0,00	Stop Time:	300,00	Time Units:	Minutes
bagger bags the items.Queue							
Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Time	0.2295	(Insufficient)	0	1.9851			
Cost	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Cost	0	(Insufficient)	0	0			
Other	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Number Waiting	0.1979	(Insufficient)	0	4.0000			
wait cashier.Queue							
Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Time	0.1086	0,045933598	0	1.0836			
Cost	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Cost	0	0,000000000	0	0			
Other	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Number Waiting	0.1905	0,081764865	0	3.0000			

Πίνακας 5.30 Χρόνος αναμονής και αριθμός οντοτήτων στις ουρές αναμονής
10 cashiers-3 baggers (3ο σενάριο 1η βάρδια)

Φαίνεται παραπάνω ότι όλες οι τιμές είναι εντός ορίων άρα αυτό το πλάνο στελέχωσης είναι το ιδανικό

Στην **Εικόνα 5.26** που ακολουθεί δίνεται το συνολικό κόστος για το συγκεκριμένο πλάνο στελέχωσης.

Total Cost=454 \$



Εικόνα 5.26 Συνολικό κόστος 10 cashiers-3 baggers (3ο σενάριο 1η βάρδια)

Ιδανικό για την 1 η βάρδια είναι το πλάνο 10 ταμίες και 3 baggers με

Total Cost=454 \$

5.2.6 Σενάριο 3ο Βάρδια 2η –Παρατηρήσεις

2η τρίωρη βάρδια

Ο ρυθμός άφιξης οντοτήτων στο σύστημα για το 2^ο τρίωρο σύμφωνα με τον πίνακα ρυθμού άφιξης οντοτήτων υπολογίζεται 109,17 οντότητες ανά ώρα άρα 1,82 οντότητες ανά λεπτό επομένως εισάγεται:1 οντότητα ανά 32,98 sec

Στη συνέχεια τρέχει το πρόγραμμα δίνοντας στην εντολή CREATE **Εικόνα 5.27** τα παραπάνω δεδομένα

Εικόνα 5.27 Εντολή Create (ρυθμός άφιξης οντοτήτων=32,98)

Επειδή τρέχει το πρόγραμμα για 3ωρη βάρδια στο μενού Run setup συμπληρώνεται ο αριθμός 3 στο πλαίσιο Replication Length **Εικόνα 5.28**

Εικόνα 5.28 Replication Length =3 (σενάριο 3ο-2η 3ωρη βάρδια)

Στη συνέχεια τρέχει το μοντέλο αλλάζοντας τη στελέχωση των οντοτήτων στα ταμεία και των οντοτήτων στο πακετάρισμα έτσι ώστε να γίνεται σύγκριση του κόστους στελέχωσης των εργαζομένων, των χρόνων αναμονής και του αριθμού πελατών στις ουρές αναμονής που δημιουργούνται.

Δημιουργείται ένα set από 8 ταμίες και ένα set από 2 baggers **Πίνακας 5.31**

Set - Basic Process				
	Name	Type	Member Definition Method	Members
1	Set 1 CASHIERS	Resource	Manual List	8 rows
2	Set 2 BAGGERS	Resource	Manual List	2 rows

Πίνακας 5.31 Εντολή Set , 8 cashiers-2 baggers (3ο σενάριο 2η βάρδια)

Τα αποτελέσματα φαίνονται παρακάτω **Πίνακας 5.32**. Παρατηρούμε ότι ο χρόνος αναμονής στο πακετάρισμα είναι 2,6940 min και ο αριθμός πελατών στις ουρές αναμονής είναι 4. Όμοια ο χρόνος αναμονής στα ταμεία είναι 6,8527 min και ο αριθμός πελατών στις ουρές αναμονής είναι 13.

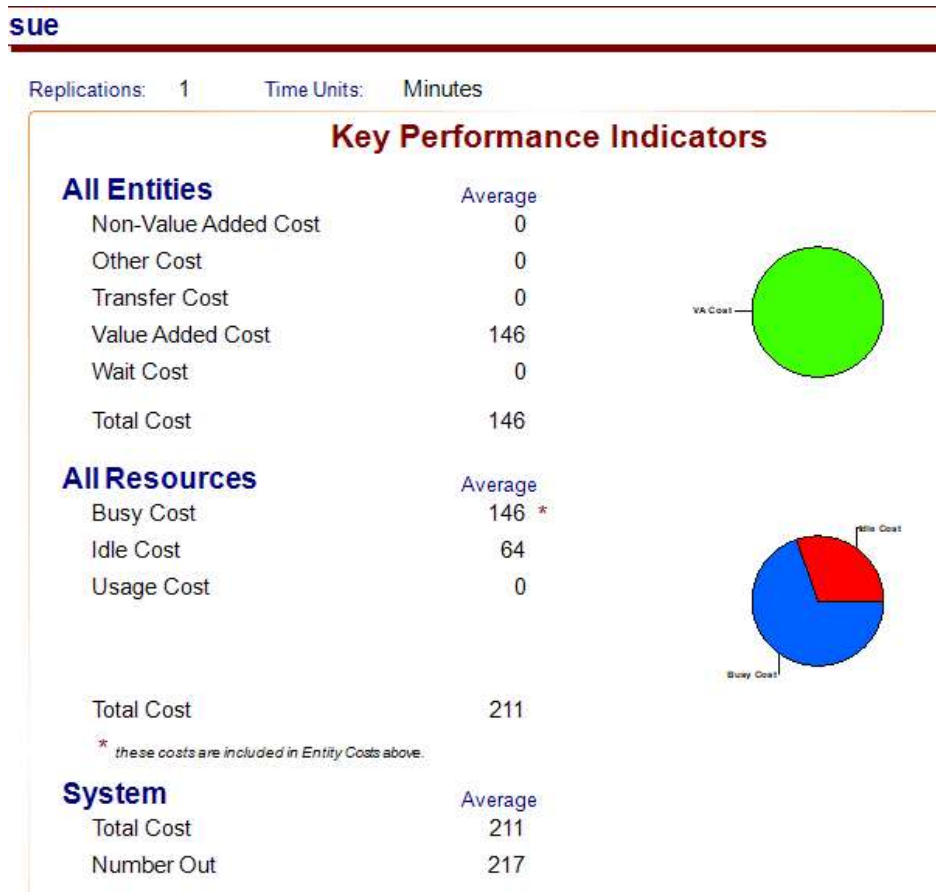
sue		Replications: 1					
Replication 1		Start Time:	0,00	Stop Time:	180,00	Time Units:	Minutes
bagger bags the items.Queue							
Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Time	0.6491	(Insufficient)	0	2.6940			
Cost	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Cost	0	(Insufficient)	0	0			
Other	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Number Waiting	0.4039	(Insufficient)	0	4.0000			
waitcashier.Queue							
Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Time	3.2686	(Insufficient)	0	6.8527			
Cost	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Cost	0	(Insufficient)	0	0			
Other	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Number Waiting	4.3194	(Correlated)	0	13.0000			

Πίνακας 5.32 Χρόνος αναμονής και αριθμός οντοτήτων στις ουρές αναμονής
8 cashiers-2 baggers (3ο σενάριο 2η βάρδια)

Οι τιμές είναι στα επιθυμητά όρια στο πακετάρισμα ενώ στα ταμεία είναι εκτός ορίων άρα πρέπει να αυξηθεί ο αριθμός των εργαζομένων στα ταμεία.

Στην **Εικόνα 5.4** που ακολουθεί δίνεται το συνολικό κόστος για το συγκεκριμένο πλάνο στελέχωσης.

Total Cost=211 \$



Εικόνα 5.29 Συνολικό κόστος 8 cashiers-2 baggers (3ο σενάριο 2η βάρδια)

Δημιουργείται ένα set από 9 ταμίες και ένα set από 2 baggers **Πίνακας 5.33**

Set - Basic Process				
	Name	Type	Member Definition Method	Members
1	Set 1 CASHIERS	Resource	Manual List	9 rows
2	Set 2 BAGGERS	Resource	Manual List	2 rows

Πίνακας 5.33 Εντολή Set , 9 cashiers-2 baggers (3ο σενάριο 2η βάρδια)

Τα αποτελέσματα φαίνονται παρακάτω **Πίνακας 5.34**. Παρατηρούμε ότι ο χρόνος αναμονής στο πακετάρισμα είναι 5,4754 min και ο αριθμός πελατών στις ουρές αναμονής είναι 6. Όμοια ο χρόνος αναμονής στα ταμεία είναι 1,45 min και ο αριθμός πελατών στις ουρές αναμονής είναι 4.

sue		Replications: 1					
Replication 1		Start Time:	0,00	Stop Time:	180,00	Time Units:	Minutes
bagger bags the items.Queue							
Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Time	1.9913	(Insufficient)	0	5.4754			
Cost	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Cost	0	(Insufficient)	0	0			
Other	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Number Waiting	1.3497	(Insufficient)	0	6.0000			
wait cashier.Queue							
Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Time	0.1582	(Insufficient)	0	1.4500			
Cost	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Cost	0	(Insufficient)	0	0			
Other	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Number Waiting	0.2127	(Insufficient)	0	4.0000			

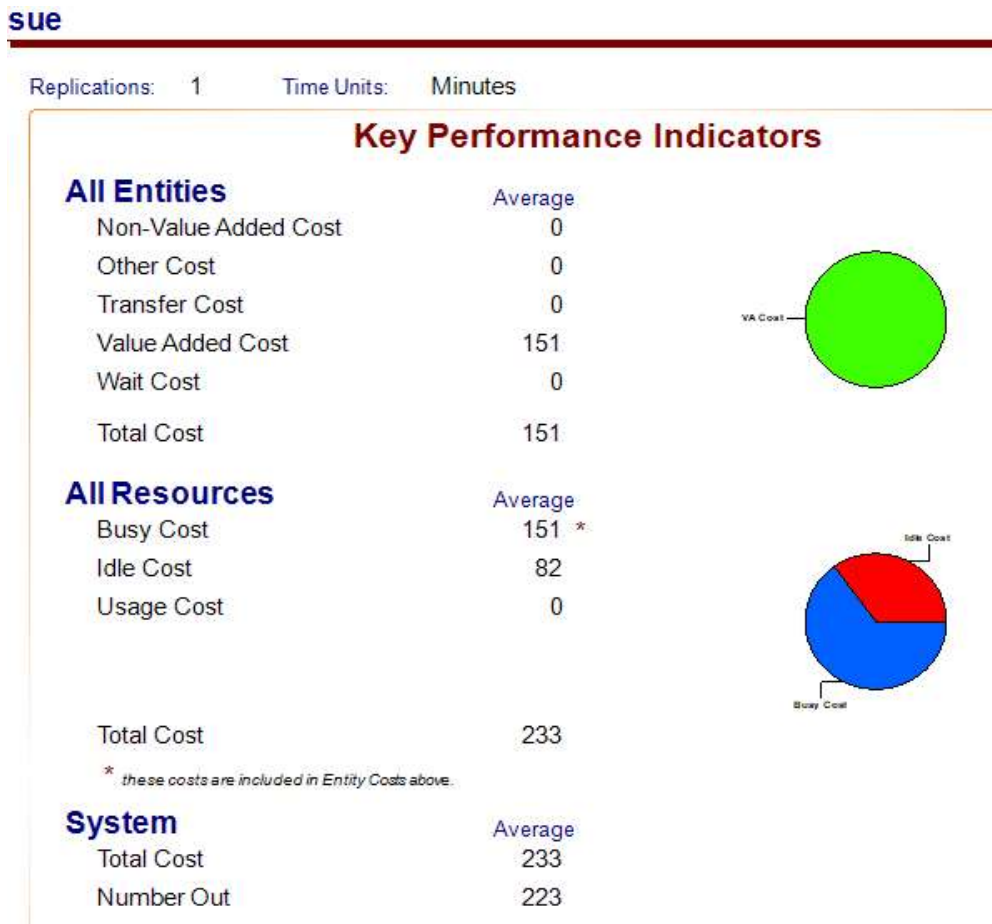
Πίνακας 5.34 Χρόνος αναμονής και αριθμός οντοτήτων στις ουρές αναμονής

9 cashiers-2 baggers (3ο σενάριο 2η βάρδια)

Φαίνεται και εδώ ότι βελτιώθηκαν οι τιμές στα ταμεία ενώ αυξήθηκαν οι τιμές στο πακετάρισμα. Αυτό έγινε γιατί ελευθερώνονται πιο γρήγορα οι οντότητες στα ταμεία και αυξάνονται οι ουρές αναμονής στο πακετάρισμα. Πρέπει λοιπόν να αυξηθεί ο αριθμός των εργαζομένων στο πακετάρισμα.

Στην **Εικόνα 5.30** που ακολουθεί δίνεται το συνολικό κόστος για το συγκεκριμένο πλάνο στελέχωσης.

Total Cost=233 \$



Εικόνα 5.30 Συνολικό κόστος 9 cashiers-2 baggers (3ο σενάριο 2η βάρδια)

Δημιουργείται ένα set από 9 ταμίες και ένα set από 3 baggers **Πίνακας 5.35**

Set - Basic Process				
	Name	Type	Member Definition Method	Members
1	Set 1 CASHIERS	Resource	Manual List	9 rows
2 ▶	Set 2 BAGGERS	Resource	Manual List	3 rows

Πίνακας 5.35 Εντολή Set , 9 cashiers-3 baggers (3ο σενάριο 2η βάρδια)

Τα αποτελέσματα φαίνονται παρακάτω **Πίνακας 5.36**. Παρατηρούμε ότι ο χρόνος αναμονής στο πακετάρισμα είναι 1,3723 min και ο αριθμός πελατών στις ουρές αναμονής είναι 3. Όμοια ο χρόνος αναμονής στα ταμεία είναι 1,1541 min και ο αριθμός πελατών στις ουρές αναμονής είναι 3.

sue		Replications: 1					
Replication 1		Start Time:	0,00	Stop Time:	180,00	Time Units:	Minutes
bagger bags the items.Queue							
Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Time	0.07134666	(Insufficient)	0	1.3723			
Cost	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Cost	0	(Insufficient)	0	0			
Other	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Number Waiting	0.04122251	(Insufficient)	0	3.0000			
wait cashier.Queue							
Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Time	0.08566830	(Insufficient)	0	1.1541			
Cost	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Waiting Cost	0	(Insufficient)	0	0			
Other	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Number Waiting	0.1152	(Insufficient)	0	3.0000			

Πίνακας 5.36 Χρόνος αναμονής και αριθμός οντοτήτων στις ουρές αναμονής
9 cashiers-3 baggers (3ο σενάριο 2η βάρδια)

Φαίνεται παραπάνω ότι όλες οι τιμές είναι στα επιθυμητά όρια και αυτό είναι το ιδανικό πλάνο στελέχωσης για αυτή τη βάρδια.

Στην **Εικόνα 5.31** που ακολουθεί δίνεται το συνολικό κόστος για το συγκεκριμένο πλάνο στελέχωσης.

Total Cost=250 \$

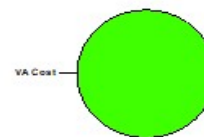
sue

Replications: 1 Time Units: Minutes

Key Performance Indicators

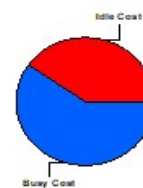
All Entities

	Average
Non-Value Added Cost	0
Other Cost	0
Transfer Cost	0
Value Added Cost	148
Wait Cost	0
Total Cost	148



All Resources

	Average
Busy Cost	148 *
Idle Cost	102
Usage Cost	0



Total Cost	250
------------	-----

* these costs are included in Entity Costs above.

System

	Average
Total Cost	250
Number Out	223

Εικόνα 5.31 Συνολικό κόστος 9 cashiers-3 baggers (3ο σενάριο 2η βάρδια)

Ιδανικό για την 2 η βάρδια είναι το πλάνο 9 ταμίες και 3 baggers με

Total Cost=250 \$

Το συνολικό κόστος για το 3^ο σενάριο είναι **Total Cost=704 \$**

5.3 Βέλτιστη λύση

Ακολουθούν στους παρακάτω πίνακες όλα τα αποτελέσματα που μας ενδιαφέρουν για κάθε σενάριο καθώς και η βέλτιστη λύση για κάθε σενάριο χωριστά. Συνοψίζοντας όλα τα παραπάνω βέλτιστη λύση, όσων αφορά το κόστος, τους χρόνους αναμονής στα ταμεία και στο πακετάρισμα αλλά και τον αριθμό πελατών στις ουρές αναμονής που δημιουργούνται, είναι το 2^ο σενάριο. Η πρότασή μας ως σύμβουλοι για την συγκεκριμένη επιχείρηση είναι δύο βάρδιες ,μία τρίωρη βάρδια και μετά μία πεντάωρη βάρδια με **Total Cost=689 \$** ημερησίως.

ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΛΥΣΗ 1 ^{ου} ΣΕΝΑΡΙΟΥ						
	1η ΒΑΡΔΙΑ	1η ΒΑΡΔΙΑ	1η ΒΑΡΔΙΑ	2η ΒΑΡΔΙΑ	2η ΒΑΡΔΙΑ	2η ΒΑΡΔΙΑ
CASHIERS	10	11	11	7	8	8
BAGGERS	3	3	2	2	2	3
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ	363 \$	394 \$	371 \$	252 \$	282 \$	304 \$
ΚΟΣΤΟΣ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ	104 \$	131 \$	112 \$	63 \$	68 \$	92 \$
Χ. Α. ΣΤΑ ΤΑΜΕΙΑ	3,27	1,08	0,77	22,95	2,43	2,54
ΑΡ. ΠΕΛ. ΣΤΗΝ ΟΥΡΑ ΑΝΑΜΟΝΗΣ (ΤΑΜΕΙΑ)	8	3	2	40	5	5
Χ. Α. ΣΤΟ ΠΑΚΕΤΑΡΙΣΜΑ	1,72	2,35	5,98	3,86	3,45	1,36
ΑΡ. ΠΕΛ. ΣΤΗΝ ΟΥΡΑ ΑΝΑΜΟΝΗΣ (ΠΑΚΕΤ.)	3	4	7	5	4	2

Πίνακας 5.37 Βέλτιστη λύση 1^{ου} σεναρίου

ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΛΥΣΗ 2^{ΟΥ} ΣΕΝΑΡΙΟΥ


	1η ΒΑΡΔΙΑ	1η ΒΑΡΔΙΑ	1η ΒΑΡΔΙΑ	2η ΒΑΡΔΙΑ	2η ΒΑΡΔΙΑ	2η ΒΑΡΔΙΑ
CASHIERS	9	10	10	8	9	9
BAGGERS	2	2	3	2	2	3
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ	233 \$	255 \$	272 \$	353 \$	390 \$	417 \$
ΚΟΣΤΟΣ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ	68 \$	77 \$	95 \$	67 \$	95 \$	119 \$
Χ. Α. ΣΤΑ ΤΑΜΕΙΑ	10,28	2,6	0,87	12,6	1,25	2,40
ΑΡ. ΠΕΛ. ΣΤΗΝ ΟΥΡΑ ΑΝΑΜΟΝΗΣ (ΤΑΜΕΙΑ)	21	6	3	23	3	5
Χ. Α. ΣΤΟ ΠΑΚΕΤΑΡΙΣΜΑ	8,24	9	1,34	3,93	5,87	1,22
ΑΡ. ΠΕΛ. ΣΤΗΝ ΟΥΡΑ ΑΝΑΜΟΝΗΣ (ΠΑΚΕΤ.)	9	16	3	5	7	3

Πίνακας 5.38 Βέλτιστη λύση 2^{ου} σεναρίου

ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΛΥΣΗ 3^{ΟΥ} ΣΕΝΑΡΙΟΥ

	1η ΒΑΡΔΙΑ	1η ΒΑΡΔΙΑ	1η ΒΑΡΔΙΑ	2η ΒΑΡΔΙΑ	2η ΒΑΡΔΙΑ	2η ΒΑΡΔΙΑ
CASHIERS	9	10	10	8	9	9
BAGGERS	2	2	3	2	2	3
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ	320 \$	427 \$	454 \$	211 \$	233 \$	250 \$
ΚΟΣΤΟΣ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ	70 \$	96 \$	123 \$	64 \$	82 \$	102 \$
Χ. Α. ΣΤΑ ΤΑΜΕΙΑ	7,04	2,54	1,08	6,85	1,45	1,15
ΑΡ. ΠΕΛ. ΣΤΗΝ ΟΥΡΑ ΑΝΑΜΟΝΗΣ (ΤΑΜΕΙΑ)	15	6	3	13	4	3
Χ. Α. ΣΤΟ ΠΑΚΕΤΑΡΙΣΜΑ	7,26	10,11	1,98	2,69	5,47	1,37
ΑΡ. ΠΕΛ. ΣΤΗΝ ΟΥΡΑ ΑΝΑΜΟΝΗΣ (ΠΑΚΕΤ.)	8	11	4	4	6	3

Πίνακας 5.39 Βέλτιστη λύση 3^{ου} σεναρίου

ΤΕΛΙΚΗ ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΛΥΣΗ 

	1ο ΣΕΝΑΡΙΟ		2ο ΣΕΝΑΡΙΟ		3ο ΣΕΝΑΡΙΟ	
	1η 4ωρη ΒΑΡΔΙΑ	2η 4ωρη ΒΑΡΔΙΑ	1η 3ωρη ΒΑΡΔΙΑ	2η 5ωρη ΒΑΡΔΙΑ	1η 5ωρη ΒΑΡΔΙΑ	2η 3ωρη ΒΑΡΔΙΑ
CASHIERS	11	8	10	9	10	9
BAGGERS	3	3	3	3	3	3
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ	394 \$	304 \$	272 \$	417 \$	454 \$	250 \$
ΚΟΣΤΟΣ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ	131 \$	92 \$	95 \$	119 \$	123 \$	102 \$
Χ. Α. ΣΤΑ ΤΑΜΕΙΑ	1,0848	2,5482	0,8757	2,4025	1,0836	1,1541
ΑΡ. ΠΕΛ. ΣΤΗΝ ΟΥΡΑ ΑΝΑΜΟΝΗΣ (ΤΑΜΕΙΑ)	3	5	3	5	3	3
Χ. Α. ΣΤΟ ΠΑΚΕΤΑΡΙΣΜΑ	2,3549	1,3601	1,3476	1,2246	1,9851	1,3723
ΑΡ. ΠΕΛ. ΣΤΗΝ ΟΥΡΑ ΑΝΑΜΟΝΗΣ (ΠΑΚΕΤ.)	4	2	3	3	4	3

Πίνακας 5.40 Τελική βέλτιστη λύση

Βιβλιογραφία

Στο κεφάλαιο αυτό παρατίθενται οι βιβλιογραφικές πηγές που χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνηση της παρούσης διπλωματικής εργασίας

Βιβλιογραφία

Ελληνική

Κούτρας ,Β. (2011) *Θεωρία Ουρών* .(Πτυχιακή εργασία). Αθήνα: Ελληνικό Πανεπιστήμιο, Αιγαίο.

Ξηροκώστα, Δ. (1991). *Εφαρμοσμένη θεωρία αναμονής* . Αθήνα: Συμμετρία.

Ξηροκώστα, Δ. (1999). *Επιχειρησιακή έρευνα : Αντικείμενο και Μεθοδολογία*. Αθήνα: Συμμετρία.

Ξηροκώστα, Δ. (1999). *Μη Γραμμικός και Δυναμικός Προγραμματισμός*. Αθήνα: Συμμετρία.

Παναγιώτου, Ν.& Πόνης, Σ. (2010). *Προσομοίωση με χρήση του λογισμικού ARENA 2.2*. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Ξενόγλωσση

Averill , M.L. (2000). *Simulation Modeling ana Analysis* . Mcgraw Hill Education

Kelton, W.D. (2014) .*Simulation with ARENA* . Mcgraw Hill Education

Tayfur , A. & Benjamin ,M. (2011). *Simulation Modelling and Analysis with ARENA*. Academic Press

Ηλεκτρονική

-A Simulation study of warehouse loading and unloading systems using arena. (2014,February 5)

Ανακτήθηκε από http://www.ukm.my/jqma/v5_2/jqma-5-2-04-liong.pdf

-Example Simulation Models. (2014,February 6)

Ανακτήθηκε από <https://uh.edu/~lcr3600/simulation/models.html>

-Assembly Line Optimization using Arena Simulation. (2016,November 8)

Ανακτήθηκε από http://ieomsociety.org/ieom_2016/pdfs/669.pdf

-Arena Simulation Airport Security Check Example. (2019,March 5)

Ανακτήθηκε από <https://www.youtube.com/watch?v=g57Or2AJLYE>

- Rockwell Arena Simulation Parking Lot Animation. (2019, March 9)
Ανακτήθηκε από https://www.youtube.com/watch?v=WJgWhA_QpKQ
- Arena Simulation Inventory Management. (2019, March 9)
Ανακτήθηκε από <https://www.youtube.com/watch?v=2-0E43yKdbE>
- Produccion e Inventario Arena. (2019, March 10)
Ανακτήθηκε από <https://www.youtube.com/watch?v=yR0GANrpA0w>
- Inventory Management using Rockwell's Arena Simulation and Process Analyzer. (2019, March 11)
Ανακτήθηκε από <https://www.youtube.com/watch?v=PJZDJ8FJy64>
- Inventory Modeling and Optimization in Arena / OptQuest. (2019, March 11)
Ανακτήθηκε από <https://www.youtube.com/watch?v=1BTnkO-POXc>
- Adding Schedules of Arrival Rates and Capacities. (2019, April 11)
Ανακτήθηκε από <https://www.youtube.com/watch?v=WCPvW4oViKI>
- Arena Advanced Transfer Station, Route, Leave and Sequence. (2019, June 8)
Ανακτήθηκε από <https://www.youtube.com/watch?v=8Vmm3UnZSJA>
- Rutas y estaciones con Arena. (2019, June 8)
Ανακτήθηκε από <https://www.youtube.com/watch?v=4JnPaduKLM>
- Arena Simulation Example Supermarket 24/7. (2019, June 8)
Ανακτήθηκε από <https://www.youtube.com/watch?v=YvZcv3ki2HU>
- Simulation with Arena: a Practice Model. (2019, July 9)
Ανακτήθηκε από <https://www.youtube.com/watch?v=Row0uNT57iE>