ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΑ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

ΤΣΑΓΚΑΛΙΔΗΣ Γ. ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΧΑΛΑΖΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΜΕ ΕΝΑΕΡΙΑ ΜΕΣΑ

Επιβλέπων Καθηγητής: Γεωργίου Ανδρέας
Εξεταστής:Οικονομίδης Αναστάσιος

Θεσσαλονίκη 2002

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....Σελ.1

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1
ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΧΑΛΑΖΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΜΕ ΕΝΑΕΡΙΑ ΜΕΣΑ.....4
1.1. Ο ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΛ.Γ.Α ΚΑΙ ΤΟ ΕΘΝΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΧΑΛΑΖΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ.....4
1.1.1. Εθνικό σύστημα προστασίας της αγροτικής δραστηριότητας "ΗΣΙΟΔΟΣ".....4
1.1.2. Οργανισμός Ελληνικών Γεωργικών Ασφαλίσεων (ΕΛ.Γ.Α.).....5
1.1.3. Εθνικό Πρόγραμμα Χαλαζικής Προστασίας (Ε.Π.Χ.Π.).....6
1.2. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΑΝΑΜΟΝΗΣ.....11
1.2.1. Γραμμή ή Ουρά Αναμονής.....11
1.2.2. Προσομοίωση ουράς αναμονής.....14
1.3. ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΩΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ ΤΟΥ Ε.Π.Χ.Π.....16
1.3.1. Περιγραφή επιχειρησιακής λειτουργίας του Ε.Π.Χ.Π.....16
1.3.2. Προτεινόμενο θέμα εξέτασης.....17
1.3.3. Περιγραφή εννοιολογικού μοντέλου προσομοίωσης.....17

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2
ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΣΤΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ.....27
2.1. ΕΠΕΙΣΟΔΙΟ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΣΚΚ.....27
2.2. ΕΛΕΓΧΟΣ ΟΜΟΙΟΓΕΝΕΙΑΣ ΤΩΝ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ ΤΩΝ ΧΡΟΝΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΩΝ ΔΙΑΔΟΧΙΚΩΝ ΑΦΙΞΕΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΧΡΟΝΩΝ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ.....28
2.2.1. Έλεγχος υπόθεσης Kruskal-Wallis της ομοιογένειας διαφορετικών ομάδων δεδομένων.....28
2.2.2. Χρονικά Διαστήματα Διαδοχικών Αφίξεων.....29
2.2.3. Χρόνοι Εξυπηρέτησης.....30
2.3. ΕΥΡΕΣΗ ΚΑΤΑΝΟΜΩΝ ΤΩΝ ΧΡΟΝΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΩΝ ΔΙΑΔΟΧΙΚΩΝ ΑΦΙΞΕΩΝ, ΤΩΝ ΧΡΟΝΩΝ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΠΛΗΘΟΥΣ ΤΩΝ ΟΝΤΟΤΗΤΩΝ.....31
2.3.1. Περιγραφή δεδομένων.....32
2.3.2. Έλεγχοι καλής προσαρμογής κατανομών.....36
2.4. ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΕΜΠΕΙΡΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΤΩΝ ΕΜΦΑΝΙΖΟΜΕΝΩΝ ΣΚΚ.....41
2.5. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΠΑΡΑΜΟΝΗΣ ΤΩΝ ΟΝΤΟΤΗΤΩΝ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ.....42
2.6. ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΕΜΠΕΙΡΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΤΩΝ ΧΡΟΝΩΝ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΤΩΝ ΣΚΚ ΤΥΠΟΥ 1.....46
2.7. ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....46

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ, ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΚΑΙ ΕΓΚΥΡΟΤΗΤΑ ΜΟΝΤΕΛΩΝ.....48
3.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ.....48
3.1.1. Μοντέλο-1 με 1 εξυπηρετητή.....48
3.1.2. Μοντέλο-2 με 2 εξυπηρετητές.....58
3.1.3. Μοντέλο-ΙΑ ιστορικών αρχείων.....59
3.1.4. Μοντέλο-3 3 περιοχών.....61
3.2. ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΚΑΙ ΕΓΚΥΡΟΤΗΤΑ.....68

3.2.1. Επαλήθευση....68
3.2.2. Εγκυρότητα....71

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΞΟΔΟΥ....76
4.1. ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ, ΤΥΧΑΙΟΙ ΑΡΙΘΜΟΙ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΙΜΩΝ ΣΤΙΣ ΠΙΘΑΝΟΚΡΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΕΙΣΟΔΟΥ....76
4.2. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΑΛΛΑΓΗ ΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ ΕΙΣΟΔΟΥ....77
4.2.1. Ρύθμιση προτεραιότητας μεταξύ των εξυπηρετητών....77
4.2.2. Χρήση ενός ή δύο εξυπηρετητών σε μια περιοχή....80
4.2.3. Χρήση 4 ή 5 εξυπηρετητών σε 3 περιοχές....85
4.3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΠΙΘΑΝΟΚΡΑΤΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ ΕΙΣΟΔΟΥ....91
4.3.1. Επιλογή τιμών των Χρόνων Εξυπηρέτησης....91
4.3.2. Λειτουργία της προσομοίωσης για διάφορες τιμές των παραμέτρων των κατανομών των Χρόνων Εξυπηρέτησης....92
4.3.3. Διαστήματα εμπιστοσύνης των μέσων τιμών των δεικτών απόδοσης και στατιστικοί έλεγχοι της διαφοράς τους....96
4.3.4. Στατιστική συνάρτηση των μη εξυπηρετηθέντων οντοτήτων ως προς το επιλεγόμενο δείγμα των χρόνων εξυπηρέτησης....98
4.3.5. Σύγκριση των πολιτικών χρήσης ταυτόχρονα δύο εξυπηρετητών και ενός εξυπηρετητή μειώνοντας τους χρόνους εξυπηρέτησης στο 14.6%...100

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ, ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ, ΧΡΗΣΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ....103

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ....106

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ....108
Πίνακας-Π1....109
Πίνακας-Π2....116
Πίνακας-Π3....123
Πίνακας-Π4....127
Πίνακας-Π5....128
Πίνακας-Π6....130
Πίνακας-Π7....133
Πίνακας-Π8....137
Πίνακας-Π9....141
Πίνακας-Π10....145
Πίνακας-Π11....148

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΧΑΛΑΖΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΜΕ ΕΝΑΕΡΙΑ ΜΕΣΑ

Τσαγκαλίδης Γ. Ευάγγελος

Διπλωματική εργασία του Δ.Π.Μ.Σ. στα Πληροφοριακά Συστήματα

Περίληψη

Με τη βοήθεια του ηλεκτρονικού υπολογιστή και της μεθόδου της προσομοίωσης επιχειρήθηκε η εφαρμογή θεωριών της Επιχειρησιακής Έρευνας, αναλύοντας σε βάθος και προσεγγίζοντας ποσοτικά τις πολύπλοκες, δυναμικές και πιθανοκρατικές διαδικασίες του Εθνικού Προγράμματος Χαλαζικής Προστασίας, ώστε να ληφθούν οι κατάλληλες αποφάσεις στον επιχειρησιακό σχεδιασμό του με τον προσδιορισμό των απαιτούμενων πόρων που βελτιστοποιούν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του. Ακόμη, με την ανάπτυξη των μοντέλων που προσομοιώνουν στον ηλεκτρονικό υπολογιστή επιχειρησιακές, στοχαστικές διαδικασίες προσφέρεται ένα εργαλείο ανώδυνων και ανέξοδων πειραματισμών που σε σύντομο χρονικό διάστημα, βασιζόμενοι στη στατιστική ανάλυση δεδομένων του παρελθόντος, μπορούν να παρουσιάσουν καταστάσεις που είναι δυνατόν να συμβούν και θα πρέπει να αντιμετωπιστούν στο μέλλον.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η προσομοίωση είναι μία από τις πλέον δημοφιλείς τεχνικές/μεθοδολογίες της Επιχειρησιακής Έρευνας, προσβλέποντας στο γενικό στόχο που παραμένει η λήψη βέλτιστων αποφάσεων σε πολύπλοκα, δυναμικά και στοχαστικά περιβάλλοντα. Ίσως επειδή τα βασικά της πλεονεκτήματα είναι η στιβαρή θεωρία που τη στηρίζει, η ευκολία κατανόησης των αποτελεσμάτων από τρίτους και η ευκολία ενσωμάτωσης της διάστασης του χρόνου και της αβεβαιότητας. Κατά τη διάρκεια των παραδόσεων του μαθήματος Επιχειρησιακή Έρευνα και Προσομοίωση, του Β' εξαμήνου του Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών στα Πληροφοριακά Συστήματα του Πανεπιστημίου Μακεδονίας, γεννήθηκε η ιδέα εφαρμογής του γνωστικού του αντικειμένου σε θέματα του Εθνικού Προγράμματος Χαλαζικής Προστασίας (Ε.Π.Χ.Π.), στο οποίο ο γράφων συμμετέχει ως μετεωρολόγος.

Ο Οργανισμός Ελληνικών Γεωργικών Ασφαλίσεων εφάρμοζε από το 1984 σε τρεις πεδινές περιοχές της Μακεδονίας και της Θεσσαλίας το Ε.Π.Χ.Π. Σήμερα προστατεύεται μόνο μία περιοχή της Μακεδονίας, ενώ εξετάζεται από τον Οργανισμό η επέκτασή του σε περισσότερες περιοχές. Το πρόγραμμα υλοποιείται με σπορά των νεφών από ειδικά εξοπλισμένα αεροπλάνα που καθοδηγούνται από μετεωρολογικό Radar με σκοπό την καταστολή του χαλαζιού, ώστε να προστατευτούν απ' αυτό οι καλλιέργειες.

Σε μελέτες που κατά καιρούς εκπονήθηκαν με θέμα την αξιολόγηση των επιχειρήσεων σποράς νεφών του Ε.Π.Χ.Π, συχνά θίγεται το θέμα της παρουσίας πολλών ταυτόχρονα καταιγίδων στην περιοχή προστασίας και της δυνατότητας να υποστούν σπορά σε ένα σχετικά μικρό χρονικό διάστημα από ένα ή περισσότερα αεροσκάφη, χωρίς όμως ποτέ να έχει επιχειρηθεί μία ανάλυση και εξέταση αυτού του πολύπλοκου και στοχαστικού συστήματος.

Με την παρούσα εργασία επιχειρείται, με τη βοήθεια του ηλεκτρονικού υπολογιστή και της μεθόδου της προσομοίωσης, η εφαρμογή θεωριών της Επιχειρησιακής Έρευνας, αναλύοντας σε βάθος και προσεγγίζοντας ποσοτικά τις πιθανοκρατικές διαδικασίες του Ε.Π.Χ.Π, ώστε να ληφθούν οι κατάλληλες αποφάσεις στον επιχειρησιακό σχεδιασμό του, προσδιορίζοντας τους απαιτούμενους πόρους που βελτιστοποιούν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του. Ακόμη, με την ανάπτυξη των μοντέλων που προσομοιώνουν στον ηλεκτρονικό υπολογιστή επιχειρησιακές, στοχαστικές διαδικασίες προσφέρεται ένα εργαλείο ανώδυνων και ανέξοδων πειραματισμών που σε σύντομο χρονικό διάστημα, βασιζόμενοι στη στατιστική ανάλυση δεδομένων του παρελθόντος, μπορούν να παρουσιάσουν καταστάσεις που είναι δυνατόν να συμβούν και θα πρέπει να αντιμετωπιστούν στο μέλλον.

Στο κεφάλαιο 1 τίθενται τα προς εξέταση θέματα, αφού προηγουμένως γίνει μια σύντομη περιγραφή τόσο του εξεταζόμενου συστήματος και του υπεύθυνου φορέα όσο και του θεωρητικού υπόβαθρου στο οποίο βασίζεται η εξέταση, αναφέροντας τους διαφορετικούς κλάδους των επιστημών που συμμετέχουν στην εκπόνηση αυτής της μελέτης. Στη συνέχεια περιγράφεται το εννοιολογικό μοντέλο της προσομοίωσης.

Στο κεφάλαιο 2 εξετάζεται ο προσδιορισμός των στοχαστικών δεδομένων εισόδου στα μοντέλα προσομοίωσης, από την στατιστική ανάλυση των μετεωρολογικών δεδομένων του Ε.Π.Χ.Π.

Στο κεφάλαιο 3 περιγράφεται αναλυτικά η ανάπτυξη των μοντέλων προσομοίωσης, υλοποιώντας το εννοιολογικό σχήμα που αναπτύχθηκε στο κεφάλαιο 1 σε εφαρμογή προγράμματος προσομοίωσης. Επίσης γίνεται η επαλήθευσή τους και εξετάζεται η εγκυρότητά τους.

Το κεφάλαιο 4 αναφέρεται στις εκτελέσεις προσομοίωσης των δημιουργούμενων μοντέλων, στην παρουσίαση της εξόδου, δηλαδή των αποτελεσμάτων από τις εκτελέσεις και στη συνέχεια τη στατιστική τους ανάλυση για την εξαγωγή συμπερασμάτων που μπορούν να αποτελέσουν

τη βάση τόσο για τη λήψη αποφάσεων σχετικών με τον επιχειρησιακό σχεδιασμό του εξεταζόμενου συστήματος όσο εφαλτήριο νέων αναζητήσεων.

Στο τέλος, συνοψίζονται τα συμπεράσματα και γίνεται αναφορά της βιβλιογραφίας και της αρθρογραφίας που χρησιμοποιήθηκε. Η όλη δομή της εφαρμογής βασίστηκε κυρίως στις πανεπιστημιακές παραδόσεις με τίτλο "Τεχνικές Προσομοίωσης στη Διοίκηση Επιχειρήσεων" του επίκουρου καθηγητή Α. Κ. Γεωργίου και στο βιβλίο των συγγραφέων A. M. Law και W. D. Kelton με τίτλο "Simulation Modeling and Analysis".

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΧΑΛΑΖΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΜΕ ΕΝΑΕΡΙΑ ΜΕΣΑ

Στο κεφάλαιο αυτό τίθενται τα προς εξέταση θέματα, αφού προηγουμένως γίνει μια σύντομη περιγραφή τόσο του εξεταζόμενου συστήματος και του υπεύθυνου φορέα όσο και του θεωρητικού υπόβαθρου στο οποίο βασίζεται η εξέταση, αναφέροντας τους διαφορετικούς κλάδους των επιστημών που συμμετέχουν στην εκπόνηση αυτής της μελέτης. Στη συνέχεια περιγράφεται το εννοιολογικό σχήμα της προσομοίωσης.

1.1. Ο ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΛ.Γ.Α ΚΑΙ ΤΟ ΕΘΝΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΧΑΛΑΖΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

1.1.1. Εθνικό σύστημα προστασίας της αγροτικής δραστηριότητας "ΗΣΙΟΔΟΣ"

Οι υπηρεσίες προστασίας της αγροτικής δραστηριότητας παρέχονται μέσα από ένα ενιαίο εθνικό σύστημα προστασίας της αγροτικής δραστηριότητας, με την επωνυμία "ΗΣΙΟΔΟΣ" που οργανώνεται και λειτουργεί σύμφωνα με τις διατάξεις των άρθρων 1-21 του νόμου 2945/2001 και τελεί υπό την εποπτεία του Υπουργού Γεωργίας. Οι υπηρεσίες αυτές παρέχονται από τα ακόλουθα νομικά πρόσωπα:

- τον Οργανισμό Ελληνικών Γεωργικών Ασφαλίσεων (ΕΛ.Γ.Α.),
- τις ασφαλιστικές επιχειρήσεις και τους αλληλοασφαλιστικούς συνεταιρισμούς που συμμετέχουν στο ετήσιο πρόγραμμα γεωργικών ασφαλίσεων,
- τον Οργανισμό Αντασφάλισης και Συντονισμού με το διακριτικό τίτλο "ΟΑΣΙΣ".

Οι υπηρεσίες προστασίας περιλαμβάνουν:

- Την υποχρεωτική ασφάλιση καταστροφικών φυσικών κινδύνων από τον ΕΛ.Γ.Α, καθώς και την ενεργητική προστασία που ασκείται από τον Οργανισμό αυτόν σύμφωνα με το νόμο 2342/1995.
- Τις γεωργικές ασφαλίσεις. Οι ασφαλίσεις αυτές είναι προαιρετικές για τους παραγωγούς, πραγματοποιούνται από ασφαλιστικές επιχειρήσεις και αλληλοασφαλιστικούς συνεταιρισμούς, καλύπτουν κινδύνους που δεν καλύπτονται ή καλύπτονται μερικώς από τον ΕΛ.Γ.Α και περιλαμβάνονται στο ετήσιο πρόγραμμα γεωργικών ασφαλίσεων.

- Την αντασφάλιση στον "ΟΑΣΙΣ" των δύο πρώτων νομικών προσώπων, η οποία είναι προαιρετική.

Ο συντονισμός της λειτουργίας και της δραστηριότητας των δύο πρώτων νομικών προσώπων ασκείται από το τρίτο, τον "ΟΑΣΙΣ".

1.1.2. Οργανισμός Ελληνικών Γεωργικών Ασφαλίσεων (ΕΛ.Γ.Α.)

Ο Οργανισμός Ελληνικών Γεωργικών Ασφαλίσεων (ΕΛ.Γ.Α.) ιδρύθηκε το 1988 ως οργανισμός κοινής ωφέλειας, βασιζόμενος σ' ένα τμήμα του Οργανισμού Γεωργικών Ασφαλίσεων (Ο.Γ.Α.) που μετατάχθηκε αυτοδίκαια στο νέο Οργανισμό. Είναι νομικό πρόσωπο ιδιωτικού δικαίου, ανήκοντας εξ ολοκλήρου στο Δημόσιο, τελεί υπό την εποπτεία του υπουργού Γεωργίας και ο σκοπός του είναι:

- Η ασφάλιση της φυτικής και ζωικής παραγωγής και του φυτικού και ζωικού κεφαλαίου των αγροτικών εκμεταλλεύσεων κατά ζημιών που προκαλούνται από καταστροφικούς φυσικούς κινδύνους.
- Η ενεργητική προστασία της αγροτικής παραγωγής του φυτικού, ζωικού, αλιευτικού και εγγείου κεφαλαίου των αγροτικών εκμεταλλεύσεων.
- Η διεξαγωγή ερευνών για τους φυσικούς κινδύνους που απειλούν τις αγροτικές εκμεταλλεύσεις.
- Η επεξεργασία, αξιολόγηση και αξιοποίηση των αποτελεσμάτων των ερευνών της προηγούμενης περίπτωσης.
- Η υποβολή προτάσεων στο Υπουργείο Γεωργίας για την αναδιάρθρωση της αγροτικής παραγωγής και την προσαρμογή των καλλιεργειών στο φυσικό περιβάλλον, με σκοπό την κατά το δυνατόν αποφυγή των καταστροφών, καθώς και την εφαρμογή τεχνικών για την ελαχιστοποίηση του αποτελέσματος των ζημιών.
- Η παροχή τεχνικών συμβουλών στους αγρότες και στις οργανώσεις των αγροτών σε θέματα πρόληψης, προστασίας και ασφάλισης κατά της επέλευσης καταστροφικών φυσικών κινδύνων, καθώς και την παροχή στον "ΟΑΣΙΣ" τεχνικών και στατιστικών στοιχείων που ζητά ο οργανισμός αυτός.

Στην ασφάλιση του ΕΛ.Γ.Α υπάγονται τα φυσικά και νομικά πρόσωπα, καθώς και οι ενώσεις προσώπων που έχουν την κυριότητα και εκμετάλλευση ή μόνο την εκμετάλλευση αγροτικών εκμεταλλεύσεων. Η υπαγωγή στην ασφάλιση ορισμένων επιχειρήσεων, όπως των πτηνοτροφικών, είναι προαιρετική.

Οι υπηρεσίες του Οργανισμού ΕΛ.Γ.Α που εδρεύει στην Αθήνα, διακρίνονται σε Υπηρεσίες Κεντρικής Διοίκησης και σε Περιφερειακά Υποκαταστήματα που καλύπτουν όλη την Ελλάδα. Τα Περιφερειακά Υποκαταστήματα του ΕΛ.Γ.Α ορίζονται σε 13 Υποκαταστήματα ΕΛ.Γ.Α και το Κέντρο Μετεωρολογικών Εφαρμογών (ΚΕ.Μ.Ε.) που έχει έδρα το Αεροδρόμιο "ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ" στη Μίκρα Θεσσαλονίκης και τοπική αρμοδιότητα στους Νομούς που διενεργούνται προγράμματα τροποποίησης καιρού.

Οι αρμοδιότητες του ΚΕ.Μ.Ε ανάγονται σ' όλα τα θέματα που αφορούν στην εφαρμογή της Μετεωρολογικής γνώσης και τεχνολογίας για την ενεργητική προστασία και βελτίωση της αγροτικής παραγωγής και του αγροτικού εισοδήματος από φυσικούς κινδύνους.

1.1.3. Εθνικό Πρόγραμμα Χαλαζικής Προστασίας (Ε.Π.Χ.Π.)

Περιοχές Προστασίας

Το Εθνικό Πρόγραμμα Χαλαζικής Προστασίας (Ε.Π.Χ.Π.) ξεκίνησε επίσημα το 1984 από τον Οργανισμό ΕΛ.Γ.Α. Στόχος του είναι να περιορίσει τις ζημιές από το χαλάζι στις αγροτικές καλλιέργειες, σε επιλεγμένες πεδινές περιοχές της Μακεδονίας και της Θεσσαλίας. Οι προστατευόμενες περιοχές χαρακτηρίζονται ως Περιοχή 1 που περιλαμβάνει τμήματα, κυρίως των νομών Ημαθίας και Πέλλας, αλλά και μικρότερα των νομών Θεσσαλονίκης και Κιλκίς. Επίσης, ως Περιοχή 2 τμήμα του νομού Σερρών και ως Περιοχή 3 τμήματα των νομών Καρδίτσας και Λάρισας, όπως φαίνονται στο Σχήμα 1.1.

Σχήμα 1.1: Περιοχές εφαρμογής του Ε.Π.Χ.Π. *(Ετήσια Έκθεση 1993)*

Μέχρι το 1993 το πρόγραμμα εφαρμόζονταν και στις 3 περιοχές, ενώ τα έτη 1991, 1994, 1995 και 1996 δεν λειτούργησε. Από το 1997 ξεκίνησε πάλι η λειτουργία του στην Περιοχή 1. Τυπικά η περίοδος λειτουργίας του είναι από 15 Απριλίου έως 30 Σεπτεμβρίου με μικρές διακυμάνσεις για διάφορους τεχνικούς λόγους.

Χαλάζι

Οι χαλαζόκοκκοι δημιουργούνται σε ορισμένα καταιγιδοφόρα νέφη Cumulonimbus και όταν αποκτήσουν σημαντικό μέγεθος πέφτουν λόγω της βαρύτητας στην επιφάνεια του εδάφους, προτού λιώσουν, σημειώνοντας το φαινόμενο του χαλαζιού. Είναι μικρές μπάλες ή κομμάτια από πάγο με διάμετρο μεγαλύτερη από 5 mm που μπορούν να ξεπεράσουν και τα 10 cm. Αποτελούνται σχεδόν πλήρως από διαφανή πάγο ή από εναλλασσόμενα στρώματα καθαρού και αδιαφανούς πάγου. Η χαλαζόπτωση είναι φαινόμενο μικρής διάρκειας και κατά μέσο όρο διαρκεί λίγα λεπτά της ώρας, από 2 έως 8 λεπτά, σπανιότατα δε, μπορεί να φθάσει τα 45 λεπτά. Είναι φαινόμενο αυστηρά τοπικού χαρακτήρα και η διαδρομή της χαλαζόπτωσης στο έδαφος παρακολουθεί την τροχιά του χαλαζοφόρου νέφους.

Εικόνα 1.1: Αεροσκάφη Προγραμμάτων Τροποποίησης Καιρού *(Website of Atmospherics Inc.)*

Εννοιολογικό μοντέλο σποράς νεφών του Ε.Π.Χ.Π.

Η εφαρμογή του Ε.Π.Χ.Π στηρίζεται στην εξειδικευμένη μετεωρολογική πρόγνωση εμφάνισης χαλαζοφόρων καταιγίδων, στα μετεωρολογικά Radar που τις ανιχνεύουν και τις καταγράφουν και σε ειδικά εξοπλισμένα αεροσκάφη με συστήματα εκτόξευσης ή πυροδότησης φυσιγγίων Ιωδιούχου

Αργύρου. Τα αεροσκάφη αυτά, με την καθοδήγηση από το μετεωρολόγο ελεγκτή του Radar, εκτελούν πτήσεις σποράς ελευθερώνοντας τεχνητούς πυρήνες από Ιωδιούχο Άργυρο σε κατάλληλη περιοχή των καταιγιδοφόρων νεφών και σε κατάλληλη χρονική περίοδο που σχετίζονται με τη δημιουργία χαλαζοκόκκων. Οι χαλαζόκοκκοι είναι αποτέλεσμα της παγοποίησης νεφοσταγονιδίων που βρίσκονται σε κατάσταση υπέρψυξης, πάνω σε πυρήνες παγοποίησης, δηλαδή σε κομμάτια παγοκρυστάλλων ή παγοποιημένα νεφοσταγονίδια. Το εννοιολογικό μοντέλο του Ε.Π.Χ.Π βασίζεται στη θεωρία του "αυξημένου ανταγωνισμού" που προϋποθέτει έλλειμμα φυσικών πυρήνων παγοποίησης και σταθερή τη συνολική ποσότητα του υπέρψυχρου νερού που είναι διαθέσιμη στο νέφος για την ανάπτυξη των χαλαζοκόκκων. Με την εισαγωγή στο νέφος τεχνητών πυρήνων που ανταγωνίζονται τους φυσικούς για το διαθέσιμο υπέρψυχρο νερό, σχηματίζονται χαλαζόκοκκοι με μικρότερο μέγεθος αυξάνοντας έτσι την πιθανότητα να λιώσουν κατά τη διάρκεια της πτώσης τους, φθάνοντας στο έδαφος ως βροχή. (Ετήσιες Εκθέσεις Ε.Π.Χ.Π.)

Δομή σωρειτόμορφων νεφικών συστημάτων

Η δομή των σωρειτόμορφων νεφικών συστημάτων εξετάζεται με τον ορισμό του Συμπλέγματος Κυττάρων Καταιγίδας και την ταξινόμησή τους σε διαφορετικούς τύπους (Τσαγκαλίδης και Τσιτουρίδης, 2000). Οι καταιγίδες και ιδιαίτερα αυτές που συνοδεύονται από χαλάζι στο έδαφος, μπορούν να χαρακτηριστούν πρωταρχικά από το είδος της δομικής μονάδας από την οποία αποτελούνται και που είναι το κύτταρο, όπως ορίζεται από τον Browning (1977). Ο Browning διέκρινε το κοινό ή σύνηθες κύτταρο (ordinary cell) και το υπερκύτταρο (supercell), επιχειρώντας μια πρωταρχική ταξινόμηση των καταιγίδων. Η φύση μιας χαλαζοκαταιγίδας μπορεί να καθοριστεί και από τον αριθμό, τον τύπο και την κατανομή των κυττάρων από τα οποία δομείται. Ορισμένες καταιγίδες περιέχουν ένα είδος κυττάρου, ενώ άλλες περιέχουν κοινά ή συνήθη κύτταρα και υπερκύτταρα είτε ταυτόχρονα είτε σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα. Με βάση αυτά επιχειρήθηκε μια δεύτερη ταξινόμηση των καταιγίδων που τις διακρίνει σε:

1. Μονοκύτταρες καταιγίδες (Single cell storms)
   α. ενός κοινού ή συνήθους κυττάρου μικρής διάρκειας ζωής (S)
   β. ή ενός υπερκυττάρου μακράς διάρκειας (SU), (Browning and Foote,1976).
2. Πολυκύτταρες καταιγίδες (Multicell storms)

ενός συμπλέγματος δύο ή περισσότερων διαδοχικών κυττάρων που δεν είναι σχηματισμένα σε μια καθορισμένη γραμμή και σε μια δεδομένη χρονική στιγμή βρίσκονται σε διαφορετικό στάδιο ανάπτυξης (Chisholm and Renick, 1972; Byers and Braham, 1949). Συνήθως τα κύτταρα είναι κοινά ή συνήθη, μερικές φορές όμως μπορεί να περιέχονται και υπερκύτταρα. Στην παρούσα εργασία θα συμβολίζονται με το M.

3. Γραμμή καταιγίδων (Storm Line)

που περιέχει κύτταρα (όλα κοινά ή όλα υπερκύτταρα ή μίξη κοινών και υπερκυττάρων) κατά μήκος μιας γραμμής. Θα συμβολίζονται με το L. (Browning, 1977 και Χατζή et al., 2000)

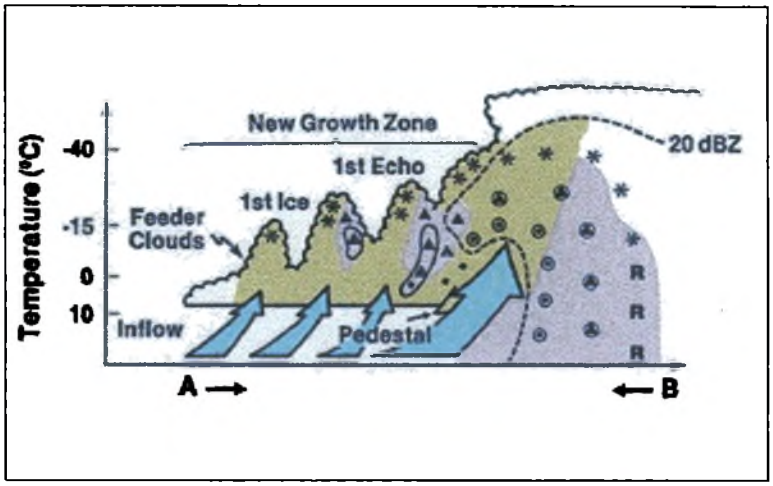
Τέλος, ως Συμπλέγματα Κυττάρων Καταιγίδας, τα οποία στη συνέχεια θα αναγράφονται ως ΣΚΚ ορίζονται οι σωρειτόμορφες (convective) ηχώ ραντάρ που περιέχουν κύτταρο καταιγίδας με ανακλαστικότητα μεγαλύτερη ή ίση των 35 dBZ στο επίπεδο των -5°C και υψηλότερα. Κάθε καταιγίδα διακρίνεται, είτε ως μεμονωμένη, είτε ως σύμπλεγμα διαδοχικών κυττάρων ή κυττάρων σε γραμμή, σύμφωνα με την ταξινόμηση του Browning που αναφέρεται παραπάνω. (Τσαγκαλίδης και Σιούτας, 2000)

Κριτήρια σποράς

Τα κριτήρια σποράς του Ε.Π.Χ.Π απαιτούν η σπορά να γίνει σε κύτταρα Radar (σωρειτόμορφη φύση) που πλησιάζουν την ένταση 35 dBZ σε ύψη ανώτερα του επιπέδου των -5°C, καθώς βρίσκονται μέσα στην περιοχή προστασίας ή μέσα στην προσήνεμη ζώνη μετάβασης 20 λεπτών της ώρας, δηλαδή αρχικά έξω από την περιοχή με αναμενόμενη κίνηση προς την περιοχή. (Ετήσιες Εκθέσεις Ε.Π.Χ.Π.)

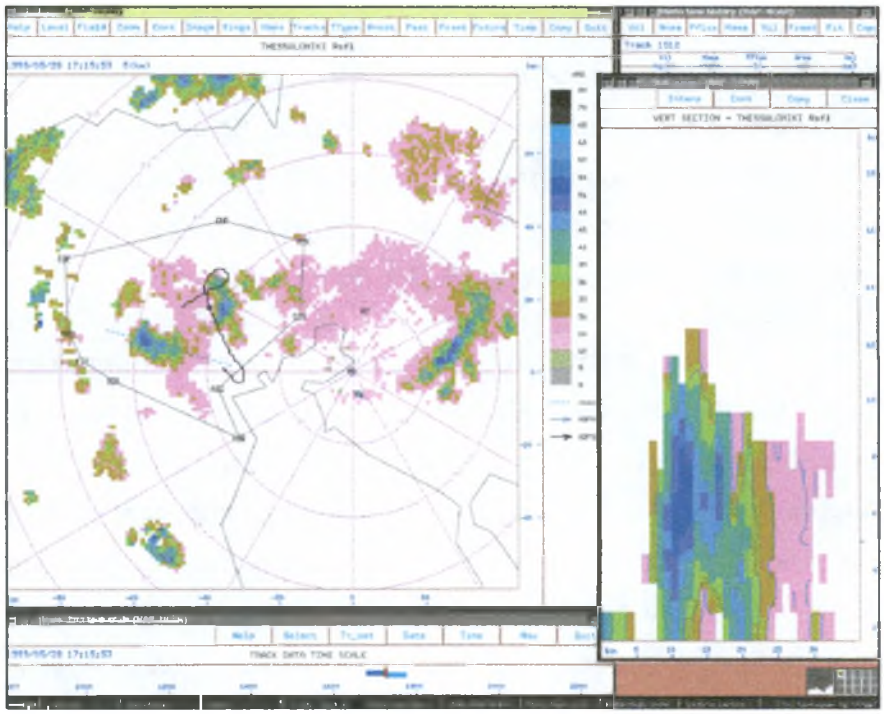
Τεχνικές σποράς

Το υλικό σποράς πρέπει να ελευθερώνεται έγκαιρα στα υποψήφια για δημιουργία χαλαζιού καταιγιδοφόρα νέφη, στα πρώτα στάδια της εξέλιξής τους και σε κατάλληλη θέση μέσα σ' αυτά. Στην περίπτωση των μεμονωμένων κυττάρων στην περιοχή με αναγνωρίσιμο υγρό νερό ή/και ανοδικές κινήσεις, στα συμπλέγματα διαδοχικών κυττάρων στο ανοδικό ρεύμα των θυγατρικών ή των τροφοδοτικών κυττάρων που αναπτύσσονται πλευρικά του ώριμου κυττάρου, στην περιοχή ασθενών ανοδικών ρευμάτων κάτω από τη βάση των θυγατρικών ή των τροφοδοτικών κυττάρων, στην κύρια περιοχή ανοδικού ρεύματος κάτω από τη βάση μεμονωμένων κυττάρων και στις περιοχές αναμενόμενης εισροής αέρα της καταιγίδας.



Σχήμα 1.2: Κατακόρυφη τομή καταιγίδας, δημιουργία χαλαζοκόκκων *(Website of Weather Modification Inc.)*

Χρησιμοποιούνται τρεις μέθοδοι σποράς που είναι η σπορά κορυφής, η σπορά βάσης και η πλευρική σπορά νεφών, ενώ η επιλογή της μεθόδου κάθε φορά εξαρτάται από παράγοντες όπως ο τύπος της καταιγίδας, η ορατότητα, η τοπογραφία του εδάφους, η ώρα της ημέρας και η κατάσταση ετοιμότητας του τεχνικού εξοπλισμού.



Σχήμα 1.3: Εικόνα αρχείου του καταγραφικού συστήματος TITAN του μετεωρολογικού Radar S-band του αεροδρομίου Μακεδονία

Η τεχνική σποράς της κορυφής νεφών που γίνεται στο επίπεδο -10^{0}C, είναι η τεχνική που συνήθως επιλέγεται εξαιτίας της εύκολης αναγνώρισης

στόχων. Η σπορά στη βάση των νεφών χρησιμοποιείται όταν έχουμε καλή ορατότητα, δεν υπάρχουν τοπογραφικά εμπόδια και όταν γίνεται σπορά ενός νέφους από περισσότερα αεροσκάφη. Η τεχνική της πλευρικής σποράς που γίνεται στο επίπεδο -5^{0}C, χρησιμοποιείται όταν υπάρχει εκτεταμένη νεφοκάλυψη ή όταν έχουμε εμφυτευμένα κύτταρα και δεν είναι εύκολη η αναγνώριση των νέων αναπτύξεων, λόγω κακής ορατότητας. (Ετήσιες Εκθέσεις Ε.Π.Χ.Π.)

Στο παραπάνω σχήμα 1.3 παρουσιάζεται εικόνα αρχείου του καταγραφικού συστήματος TITAN του μετεωρολογικού Radar S-band του ΕΛ.Γ.Α που βρίσκεται στο αεροδρόμιο Μακεδονία, η οποία απεικονίζει επιχείρηση σποράς καταιγίδων στην Περιοχή 1, κατά την εφαρμογή του Ε.Π.Χ.Π.

1.2. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΑΝΑΜΟΝΗΣ

1.2.1. Γραμμή ή Ουρά Αναμονής

Η γραμμή ή η ουρά ως φαινόμενο δημιουργείται σε συστήματα που παρέχουν εξυπηρέτηση, όταν η τρέχουσα ροή "πελατών" ξεπερνά τη δυνατότητα εξυπηρέτησης του συστήματος από τους λεγόμενους "εξυπηρετητές". Παραδείγματα συναντώνται σε μεγάλα υπολογιστικά συστήματα, τηλεφωνικά κέντρα, στα ταμεία τραπεζών ή άλλων οργανισμών, στις γραμμές παραγωγής, σε τομείς υγείας κλπ. Σ' αυτές και σε άλλες καταστάσεις ουρών, ο χαμένος χρόνος αναμονής είναι ανεπιθύμητος. Η προσθήκη περισσότερων εξυπηρετητών δεν είναι πάντα η πιο συμφέρουσα οικονομικά στρατηγική για τη βελτίωση των προσφερόμενων υπηρεσιών, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις εμποδίζεται κι από άλλους ιδιαίτερους ανά περίπτωση παράγοντες. Για τους λόγους αυτούς, πολλές φορές απαιτείται να βρεθούν εναλλακτικοί τρόποι, ώστε να περιοριστούν οι χρόνοι αναμονής σε ανεκτά όρια. Στις αρχές του προηγούμενου αιώνα ο Δανός μηχανικός τηλεφωνίας A. K. Erlang ξεκίνησε να μελετά το συνωστισμό και τους χρόνους αναμονής που οφείλονταν στη δυνατότητα σύνδεσης των τηλεφωνικών κλήσεων. Από τότε η Θεωρία των Ουρών Αναμονής εξελίχθηκε σημαντικά και εφαρμόζεται σ' ένα ευρύ φάσμα καταστάσεων με ουρές. Τα μοντέλα ουρών αναμονής συνίστανται από μαθηματικούς αλγόριθμους και εξισώσεις που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ορίσουν λειτουργικά χαρακτηριστικά ή αλλιώς δείκτες απόδοσης, όπως ο μέσος αριθμός μονάδων στην ουρά αναμονής ή στο σύστημα, ο μέσος χρόνος αναμονής στην ουρά ή στο σύστημα, η πιθανότητα μιας αφιχθείσας

μονάδας να αναγκαστεί σε αναμονή προτού εξυπηρετηθεί, ο παράγοντας απασχόλησης ή τάση συνωστισμού των εξυπηρετητών κ.ά., για μια γραμμή αναμονής. Η διοίκηση επιχειρήσεων που διαθέτει τέτοιες πληροφορίες έχει σημαντικό πλεονέκτημα στη λήψη αποφάσεων που εξισορροπούν ανεπιθύμητα επίπεδα εξυπηρέτησης έναντι του κόστους της παρεχόμενης εξυπηρέτησης. (Anderson et al., 2000)

Χαρακτηριστικά του μοντέλου γραμμής αναμονής

Χαρακτηριστικά στοιχεία μιας ουράς αναμονής είναι οι πελάτες, οι εξυπηρετητές και η απόδοση. Για τους πελάτες στοιχεία που παρουσιάζουν ενδιαφέρον στη μελέτη του συστήματος είναι η κατανομή των αφίξεων, το είδος της υπηρεσίας που ζητούν, η προθυμία τους να περιμένουν διαφορετικά φεύγουν και δεν κάθονται στην ουρά, η απαίτηση σε ειδικές υπηρεσίες, η πιθανή αναζήτηση συγκεκριμένου εξυπηρετητή και η πειθαρχία που ακολουθείται για την εξυπηρέτηση, όπως "ο πρώτος που μπήκε εξυπηρετείται και πρώτος" First In First Out-FIFO ή "ο τελευταίος που μπήκε εξυπηρετείται και πρώτος" Last In First Out-LIFO. Στους εξυπηρετητές αντίστοιχα, χαρακτηριστικά στοιχεία είναι το πλήθος τους, η κατανομή του χρόνου εξυπηρέτησης, η πιθανή εξειδίκευση σε κάποιες ειδικές υπηρεσίες κάποιου εξυπηρετητή, το μέγεθος του χώρου αναμονής και η πιθανότητα διακοπής της εξυπηρέτησης από βλάβη ή από παρεμβολή πελάτη με υψηλή προτεραιότητα. Τα παραπάνω στοιχεία, πολλά από τα οποία είναι στοχαστικά, επηρεάζουν την απόδοση του συστήματος η οποία μετριέται με βάση τους δείκτες λειτουργικότητας ή απόδοσης, παραδείγματα των οποίων αναφέρθηκαν παραπάνω.

Όταν το στοχαστικό σύστημα βρίσκεται στα πρώτα στάδια της λειτουργίας του περνά τη λεγόμενη παροδική φάση ή φάση σταθεροποίησης η οποία εξαρτάται σημαντικά από την αρχική κατάσταση εκκίνησης. Όταν όμως λειτουργήσει για αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα, τότε καθίσταται ανεξάρτητο από την αρχική κατάσταση και μπαίνει στη λεγόμενη φάση ή κατάσταση ισορροπίας ή σύγκλισης. Σε τέτοια φάση λειτουργίας η πιθανότητα $p_n(t)$ που εκφράζει την πιθανότητα να έχουμε n πελάτες στο σύστημα τη χρονική στιγμή t, συγκλίνει στην p_n, δηλαδή δεν εξαρτάται από το χρόνο που λειτουργεί το σύστημα. (Γεωργίου, 2000)

Βελτίωση της λειτουργίας ουράς αναμονής

Τα μοντέλα ουράς αναμονής συνήθως φανερώνουν τα σημεία, στα οποία πρέπει να γίνουν βελτιώσεις στα λειτουργικά χαρακτηριστικά. Η απόφαση όμως για τον τρόπο με τον οποίο θα γίνουν οι τροποποιήσεις στο

σχεδιασμό της ουράς, ώστε να βελτιωθούν οι δείκτες απόδοσής της, πρέπει να βασιστούν στα εσωτερικά θέματα του εξεταζόμενου συστήματος και στη δημιουργικότητα του αναλυτή. Συνήθως, οι αναλυτές επικεντρώνονται σε μεθόδους βελτίωσης του ρυθμού εξυπηρέτησης. Γενικά, αυτό επιτυγχάνεται με έναν ή και τους δύο από τους παρακάτω αναφερόμενους τρόπους:

1. Αύξηση του μέσου ρυθμού εξυπηρέτησης που γίνεται
    α. επιχειρώντας μια πιο δημιουργική σχεδιαστική αλλαγή
    β. χρησιμοποιώντας νέα τεχνολογία
2. Πρόσθεση μονάδων εξυπηρέτησης, έτσι ώστε περισσότεροι πελάτες να εξυπηρετούνται ταυτόχρονα.

Τέλος, το πρόσθετο κόστος κάθε προτεινόμενης αλλαγής πρέπει να συγκρίνεται με την αντίστοιχη βελτίωση εξυπηρέτησης, βοηθώντας τη διοίκηση να προσδιορίσει την αξία της προτεινόμενης βελτίωσης της εξυπηρέτησης. Η αρχική εντύπωση τρίτων που δεν έχουν την εμπειρία των εφαρμογών της Θεωρίας Ουρών Αναμονής, ότι όταν ο μέσος ρυθμός εξυπηρέτησης είναι μεγαλύτερος από το μέσο ρυθμό αφίξεων, τότε το σύστημα είναι σε θέση να ανταποκριθεί στην εξυπηρέτηση των αφιχθέντων μονάδων δεν ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα. Η μεταβλητότητα των χρόνων άφιξης και των χρόνων εξυπηρέτησης μπορούν να προκαλέσουν μεγάλους χρόνους αναμονής ακόμη και σ' αυτή την περίπτωση, ενώ η συνεισφορά των μοντέλων ουρών αναμονής είναι η δυνατότητά τους, μέσου των δεικτών απόδοσης να ποσοτικοποιούν και να σκιαγραφούν την πραγματική κατάσταση του εξεταζόμενου συστήματος. (Anderson et al., 2000)

Οικονομική ανάλυση

Συνήθως, οι αποφάσεις που σχετίζονται με το σχεδιασμό μιας ουράς αναμονής βασίζονται σε μια υποκειμενική αξιολόγηση των λειτουργικών χαρακτηριστικών της. Ένα επιπρόσθετο στοιχείο, το οποίο μερικές φορές είναι περιοριστικό και επηρεάζει τις αποφάσεις σχεδιασμού, είναι το κόστος λειτουργίας του συστήματος. Προτού επιχειρηθεί μια οικονομική ανάλυση μιας ουράς αναμονής, πρέπει να αναπτυχθεί το μοντέλο συνολικού κόστους, το οποίο περιέχει το κόστος της αναμονής και το κόστος της εξυπηρέτησης. Το κόστος αναμονής βασίζεται στο μέσο αριθμό μονάδων στο σύστημα και περιλαμβάνει τόσο το χρόνο που σπαταλείται περιμένοντας στην ουρά όσο και το χρόνο που διαρκεί η εξυπηρέτηση. Προσθέτοντας περισσότερους εξυπηρετητές βελτιώνονται τα λειτουργικά χαρακτηριστικά της ουράς αναμονής και μειώνεται το κόστος αναμονής. Από την άλλη μεριά όμως

αυξάνεται το κόστος εξυπηρέτησης. Ο σκοπός μιας οικονομικής ανάλυσης ουράς αναμονής είναι ο προσδιορισμός του βέλτιστου αριθμού εξυπηρετητών που θα ελαχιστοποιήσουν το συνολικό κόστος εξισορροπώντας το κόστος αναμονής με το κόστος εξυπηρέτησης. (Anderson et al., 2000)

1.2.2. Προσομοίωση ουράς αναμονής

Η πολυπλοκότητα και η ποικιλία των συστημάτων ουρών αναμονής που συναντώνται στην πράξη, συχνά δυσκολεύουν έναν αναλυτή να προσδιορίσει ένα υπάρχον μοντέλο γραμμής αναμονής που να ταιριάζει στη συγκεκριμένη εξεταζόμενη εφαρμογή. Σ' αυτές τις περιπτώσεις η "Προσομοίωση" παρέχει μια προσέγγιση προσδιορισμού των δεικτών απόδοσης τέτοιων συστημάτων ουρών αναμονής.

Προσομοίωση

Η προσομοίωση είναι μια από τις περισσότερο ευρέως χρησιμοποιούμενες προσεγγίσεις στη λήψη αποφάσεων. Είναι μια μέθοδος γνωριμίας και εξέτασης ενός πραγματικού συστήματος πειραματιζόμενοι μ' ένα μοντέλο που αναπαριστά το σύστημα. Ως σύστημα μπορεί να οριστεί ένα σύνολο οντοτήτων που αλληλεπιδρούν και αλληλοσυσχετίζονται με στόχο την επίτευξη μιας καθορισμένης αποστολής. Το μοντέλο προσομοίωσης περιέχει τις μαθηματικές εκφράσεις και τις λογικές σχέσεις που περιγράφουν πώς θα υπολογιστούν οι τιμές εξόδου όταν δοθούν οι τιμές εισόδου. Η είσοδος σε κάθε μοντέλο προσομοίωσης μπορεί να διακριθεί σε δύο κατηγορίες. Στην είσοδο ελεγχόμενων παραμέτρων και στην είσοδο στοχαστικών ή πιθανοκρατικών παραμέτρων. Επιχειρώντας ένα πείραμα προσομοίωσης, ο αναλυτής επιλέγει την τιμή ή τις τιμές των ελεγχόμενων παραμέτρων εισόδου, ενώ οι τιμές των στοχαστικών παραμέτρων εισόδου παράγονται τυχαία. Το μοντέλο προσομοίωσης χρησιμοποιεί τις τιμές των ελεγχόμενων και στοχαστικών παραμέτρων εισόδου για να υπολογίσει τις τιμές των παραμέτρων εξόδου. Επιχειρώντας μια σειρά πειραμάτων, χρησιμοποιώντας ένα σύνολο τιμών των ελεγχόμενων παραμέτρων εισόδου, ο αναλυτής μαθαίνει πως οι τιμές τους επηρεάζουν ή αλλάζουν την έξοδο του μοντέλου προσομοίωσης. Στη συνέχεια, μετά την εξέταση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης, είναι σε θέση να κρίνει ποιες είναι οι κατάλληλες τιμές των ελεγχόμενων παραμέτρων εισόδου με τις οποίες βελτιστοποιείται το αποτέλεσμα της εξόδου για το πραγματικό σύστημα.

Η προσομοίωση που δεν είναι μια τεχνική βελτιστοποίησης, αλλά μια μέθοδος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να περιγράψει ή να καταδείξει πως ένα σύστημα θα λειτουργήσει δίνοντας συγκεκριμένες επιλογές για τις τιμές των ελεγχόμενων παραμέτρων εισόδου και παράγοντας τυχαία τιμές για τις στοχαστικές, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ένα αποτελεσματικό εργαλείο στο σχεδιασμό ενός συστήματος, ώστε αυτό να λειτουργεί με τον καλύτερο και πιο αποτελεσματικό τρόπο. Η μέθοδος της προσομοίωσης εφαρμόζεται σ' ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, μερικές τυπικές περιπτώσεις εκ των οποίων είναι η ανάπτυξη νέου προϊόντος, οι κρατήσεις θέσεων στις αερογραμμές, η πολιτική αποθήκευσης, η ροή κυκλοφορίας, οι γραμμές αναμονής κ.ά.

Προσομοίωση ουράς αναμονής

Όσον αφορά την προσομοίωση ουράς αναμονής που εντάσσεται στο θέμα αυτής της μελέτης, το αντικείμενό της είναι να προσδιοριστούν οι τιμές παραμέτρων, όπως οι χρόνοι αναμονής, το πλήθος χαμένων πελατών, καθώς επίσης και οι τιμές άλλων ενδιαφερόντων ανά περίπτωση παραμέτρων, εξαιτίας του σχηματισμού ουρών αναμονής για εξυπηρέτηση. Σ' ένα μοντέλο προσομοίωσης ενός συστήματος με γραμμή αναμονής, η κατάσταση του συστήματος που είναι το σύνολο των σημαντικών κατά την κρίση του ερευνητή μεταβλητών που καταγράφονται για να περιγράψουν τη μορφή του συστήματος σε κάθε χρονική στιγμή, όπως ο αριθμός των πελατών στην ουρά και εάν οι μονάδες εξυπηρέτησης είναι αδρανείς ή απασχολημένες, αλλάζει ή εξελίσσεται με το χρόνο. Η ενσωμάτωση του χρόνου σ' ένα μοντέλο προσομοίωσης γίνεται με χρήση του ρολογιού της προσομοίωσης που σημειώνει τα σημαντικά γεγονότα, όπως η άφιξη ενός πελάτη και η ολοκλήρωση της εξυπηρέτησής του. Τέτοια μοντέλα προσομοίωσης που λαμβάνουν υπόψη τους πως το σύστημα αλλάζει ή εξελίσσεται με το χρόνο, αναφέρονται ως δυναμικά. Σε καταστάσεις όπου οι αφίξεις και οι αναχωρήσεις των πελατών είναι γεγονότα που συμβαίνουν σε διακριτά σημεία του χρόνου και κατά συνέπεια οι μεταβλητές που χαρακτηρίζουν την κατάστασή του αλλάζουν σε διακριτές χρονικές στιγμές, το μοντέλο προσομοίωσης αναφέρεται και ως μοντέλο προσομοίωσης διακριτών γεγονότων. Επίσης, ένα μοντέλο προσομοίωσης ονομάζεται στοχαστικό αν τα αποτελέσματα που προκύπτουν στην έξοδό του, όταν αυτό τροφοδοτηθεί με κάποιες παραμέτρους εισόδου και αρχικές συνθήκες, δεν είναι γνωστά αλλά καθορίζονται με βάση κάποιο πιθανοθεωρητικό νόμο.

Ενώ, όταν τα αποτελέσματα στην έξοδο είναι γνωστά, τότε ονομάζεται προσδιοριστικό.

Στα διάφορα μοντέλα ουρών αναμονής οι εξισώσεις που χρησιμοποιούνται κάθε φορά για τον υπολογισμό των λειτουργικών χαρακτηριστικών της ουράς, βασίζονται σε κάποιες ειδικές ανά περίπτωση παραδοχές. Η προσομοίωση, όπως ήδη αναφέρθηκε ως μια εναλλακτική μέθοδος μελέτης ουρών αναμονής, είναι περισσότερο ευέλικτη με την προσαρμογή διαφόρων κατανομών πιθανότητας στα στοχαστικά δεδομένα εισόδου. Σε περιπτώσεις στις οποίες οι απαιτούμενες παραδοχές, από τις εξισώσεις της ουράς αναμονής, δεν δικαιολογούνται, αποτελεί τη μόνη δυνατή προσέγγιση μελέτης ενός συστήματος με ουρά αναμονής.

1.3. ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΩΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ ΤΟΥ Ε.Π.Χ.Π.

1.3.1. Περιγραφή επιχειρησιακής λειτουργίας του Ε.Π.Χ.Π.

Όπως ήδη αναφέρθηκε, οι περιοχές προστασίας του Ε.Π.Χ.Π είναι οριοθετημένες, κυρίως πεδινές περιοχές με αγροτικές καλλιέργειες που περιτριγυρίζονται από ορεινούς όγκους. Κατά τους ανοιξιάτικους και θερινούς μήνες οι περιοχές αυτές πλήττονται από χαλαζοφόρες καταιγίδες που δημιουργούνται είτε μέσα σε κάθε οριοθετημένη περιοχή είτε αρχικά έξω απ' αυτή και κινούμενες προς την περιοχή εισέρχονται μέσα σ' αυτή, προκαλώντας με τις χαλαζοπτώσεις μεγάλες ζημιές στις καλλιέργειες.

Οι μετεωρολόγοι-προγνώστες καθημερινά μελετούν τη δυνατότητα της ατμόσφαιρας να υποστηρίξει τη δημιουργία χαλαζοκαταιγίδων στις περιοχές προστασίας, παράγοντας εξειδικευμένη μετεωρολογική πρόγνωση και θέτουν σε ανάλογο επίπεδο ετοιμότητας την ενεργοποίηση του συστήματος. Ταυτόχρονα, μετεωρολόγοι-ελεγκτές Radar εκτελούν 24-ωρη παρατήρηση με μετεωρολογικό Radar στις περιοχές προστασίας, ώστε μόλις αρχίσουν να αναπτύσσονται οι καταιγίδες και με βάση την πρόγνωση, εγκαίρως, ζητούν την απογείωση αεροσκάφους που το κατευθύνουν κοντά στις καταιγίδες-στόχους. Το αεροσκάφος που έχει ως πλήρωμα τον κυβερνήτη και τον συγκυβερνήτη, βρίσκεται σε συνεχή τηλεπικοινωνιακή επαφή, τόσο με τον ελεγκτή εναέριας κυκλοφορίας του Πύργου Ελέγχου στη δικαιοδοσία του οποίου ανήκει η περιοχή προστασίας όσο και με το μετεωρολόγο-ελεγκτή Radar που τον καθοδηγεί σε πτήση περιπολίας ή/και σποράς.

Τα Συμπλέγματα Κυττάρων Καταιγίδας ΣΚΚ που εμφανίζονται στην Περιοχή 1, έχουν μέσο χρόνο ζωής περίπου 50 min, ενώ μπορούν να ξεπεράσουν και τις δύο ώρες προτού διαλυθούν. Από τη στιγμή που θα

αρχίσει η ανίχνευσή τους με το μετεωρολογικό Radar, στα πρώτα στάδια εξέλιξής τους, γρήγορα αναπτύσσονται καλύπτοντας τα κριτήρια σποράς. Αν δεν γίνει έγκαιρα η σπορά και πρόκειται να δημιουργηθούν χαλαζόκοκκοι στο εσωτερικό τους, τότε η χαλαζόπτωση θα είναι αναπόφευκτη και η αργοπορημένη σπορά δεν θα έχει κανένα νόημα. Σε περίπτωση σποράς ενός ΣΚΚ, όταν δεν ικανοποιούνται πλέον τα κριτήρια, γίνεται διακοπή της σποράς, καθώς αυτό πρόκειται να περάσει στο στάδιο διάλυσής του. Αν υπάρχει κι άλλο ΣΚΚ τότε το αεροσκάφος οδηγείται προς αυτό για σπορά. Όταν το αεροσκάφος συμπληρώσει λόγω καυσίμων το χρόνο παραμονής του στον αέρα ή έχει καταναλώσει τα φυσίγγια σποράς, ενώ η αναγκαιότητα πτήσης αεροσκάφους εξακολουθεί να υφίσταται, τότε προβλέπεται από τον μετεωρολόγο-ελεγκτή Radar η έγκαιρη αντικατάστασή του με άλλο. Επίσης, αν ο ελεγκτής κρίνει ότι δεν συντρέχουν λόγοι συνέχισης της πτήσης, καλεί το αεροσκάφος να επιστρέψει στη βάση του.

1.3.2. Προτεινόμενο θέμα εξέτασης

Στην ετήσια αναφορά 1993 του Ε.Π.Χ.Π περιλαμβάνεται η μελέτη με τίτλο "Αξιολόγηση επιχειρήσεων σποράς νεφών" που έγινε από τον τότε επιχειρησιακό συντονιστή του προγράμματος R. Rudolph. Στα συμπεράσματα και συστάσεις αναφέρεται *"Στοιχεία του 1993 έδειξαν ότι το 80-85% των καταιγίδων που ικανοποιούσαν τα κριτήρια σποράς έχουν σπαρθεί. Το άλλο 20-15% οφειλόταν σε μία από τις δύο κύριες αιτίες: καθυστερημένη εκκίνηση ή/και πολλαπλές καταιγίδες, ταυτοχρόνως, στην περιοχή. ....Ο μόνος τρόπος για να βελτιωθεί η κάλυψη πολλαπλών καταιγίδων είναι να υπάρχουν δύο ή περισσότερα αεροπλάνα που να εκτελούν ταυτόχρονα σπορά νεφών, σε μια περιοχή του προγράμματος, σε τακτικότερη βάση απ' ότι έγινε στο παρελθόν."*.

Με την παρούσα εργασία επιχειρείται, με τη βοήθεια του ηλεκτρονικού υπολογιστή και της μεθόδου της προσομοίωσης, η εφαρμογή θεωριών της Επιχειρησιακής Έρευνας, αναλύοντας σε βάθος και προσεγγίζοντας ποσοτικά την προσπάθεια των αεροσκαφών να σπείρουν τις πολλές ταυτόχρονα καταιγίδες στην περιοχή, ώστε να ληφθούν βέλτιστες αποφάσεις στον επιχειρησιακό σχεδιασμό του Ε.Π.Χ.Π. Προτείνεται λοιπόν, η ανάπτυξη ενός μοντέλου που προσομοιώνει στον ηλεκτρονικό υπολογιστή τις επιχειρησιακές διαδικασίες του Ε.Π.Χ.Π σε μια περιοχή προστασίας και ένα δεύτερο για τις τρεις περιοχές.

1.3.3. Περιγραφή εννοιολογικού μοντέλου προσομοίωσης

Οντότητες

Οι οντότητες του εξεταζόμενου συστήματος είναι τα ΣΚΚ-πελάτες που καλύπτουν τα κριτήρια σποράς του Ε.Π.Χ.Π σε κάθε περιοχή προστασίας και διακρίνονται σε 4 τύπους, καθώς και τα αεροσκάφη-εξυπηρετητές που εκτελούν πτήσεις σποράς των ΣΚΚ. Τύπος ΣΚΚ, όπως ήδη αναφέρθηκε, είναι το είδος στο οποίο κατηγοριοποιείται ένα Σύμπλεγμα Κυττάρων Καταιγίδας και στην παρούσα μελέτη παίρνει την τιμή 3 όταν πρόκειται για μονοκύτταρη καταιγίδα κοινού ή συνήθους κυττάρου (S), την τιμή 2 για πολυκύτταρη (M) και την τιμή 1 στις περιπτώσεις της μονοκύτταρης υπερκυττάρου (SU) ή γραμμής κυττάρων (L). Η διάκριση των ΣΚΚ σε διαφορετικούς τύπους υπαγορεύεται από τις διαφορετικές τιμές των χαρακτηριστικών τους, όπως ο χρόνος ζωής, η διάρκεια σποράς τους που προσδιορίζουν τη διαφορετική συμπεριφορά τους στο εξεταζόμενο σύστημα. Στα δύο τελευταία είδη ΣΚΚ, μονοκύτταρη καταιγίδα υπερκυττάρου και γραμμή κυττάρων, αποδόθηκε για τον τύπο η ίδια τιμή 1, αντιμετωπίζοντάς τα ενιαία στην παρούσα μελέτη. Κι αυτό γιατί και τα δύο είδη εμφανίζονται σπανίως, κατά την περίοδο εφαρμογής του Ε.Π.Χ.Π τα έτη 1999, 2000 και 2001 είχαμε μία μόνο παρατήρηση μιας γραμμής κυττάρων και επιπλέον από την πλευρά της μελέτης που επιχειρείται, η συμπεριφορά τους (Χρόνος Παραμονής στο σύστημα, Χρόνος Εξυπηρέτησης, προτεραιότητα στην εξυπηρέτηση έναντι των υπολοίπων τύπων) είναι παρόμοια. Σημειώνεται ακόμη ότι μια γραμμή κυττάρων πιθανώς να περιέχει ένα ή περισσότερα υπερκύτταρα.

Δραστηριότητες

Οι δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα είναι η εξυπηρέτηση και το υπόλοιπο παραμονής στο σύστημα των ΣΚΚ. Όσον αφορά την πειθαρχία μεταξύ των διαφόρων ΣΚΚ στην εξυπηρέτηση εξαρτάται από τον τύπο τους. Ο τύπος 1 έχει υψηλότερη προτεραιότητα από τους τύπους 2 και 3, ενώ οι τελευταίοι έχουν την ίδια προτεραιότητα μεταξύ τους. Το υπόλοιπο παραμονής τους στο σύστημα μετά την εξυπηρέτηση ή τη διακοπή της ή τη μη εξυπηρέτηση αντιστοιχίζεται κυρίως στο χρονικό διάστημα του τέλους του ωρίμου σταδίου εξέλιξης των ΣΚΚ και του σταδίου διάλυσής τους ή μέχρι τη στιγμή αναχώρησής τους από το σύστημα κινούμενα έξω απ' αυτό.

Γεγονότα

Τα γεγονότα που λαμβάνουν χώρα στο σύστημα και επηρεάζουν την κατάστασή του σε μια δεδομένη χρονική στιγμή είναι:

Η άφιξη ενός ΣΚΚ στο εξεταζόμενο σύστημα που ορίζεται ως η χρονική στιγμή κατά την οποία επαληθεύονται τα κριτήρια σποράς γι αυτό το ΣΚΚ και συμπίπτει με τη χρονική στιγμή της απαιτούμενης έναρξης σποράς.

Η έναρξη εξυπηρέτησης που είναι η χρονική στιγμή κατά την οποία αρχίζει η διαδικασία της σποράς σ' ένα ΣΚΚ και δεν συμπίπτει πάντα με τη χρονική στιγμή της απαιτούμενης έναρξης σποράς, εξαιτίας της απασχόλησης του αεροσκάφους σ' άλλο ΣΚΚ.

Η ολοκλήρωση της εξυπηρέτησης, ως η χρονική στιγμή κατά την οποία επαληθεύονται τα κριτήρια παύσης της σποράς γι αυτό το ΣΚΚ και συνεπώς συμπίπτει με τη χρονική στιγμή παύσης της σποράς.

Η διακοπή της εξυπηρέτησης λόγω άφιξης ΣΚΚ υψηλότερης προτεραιότητας.

Η αναχώρηση ενός ΣΚΚ από το σύστημα που ορίζεται ως η χρονική στιγμή κατά την οποία το ΣΚΚ εξέρχεται του εξεταζόμενου συστήματος και δεν αποτελεί πλέον οντότητά του. Από τη μετεωρολογική σκοπιά του Ε.Π.Χ.Π, αυτό σημαίνει ότι είτε το ΣΚΚ διαλύθηκε μέσα στην περιοχή προστασίας και δεν υφίσταται πλέον είτε κινήθηκε εκτός περιοχής. Σημειώνεται ότι η ώρα αναχώρησης δεν συμπίπτει αναγκαστικά με την ώρα διάλυσης του ΣΚΚ και ακόμη ότι σε ορισμένες περιπτώσεις η ώρα αναχώρησης είναι δυνατόν να συμπίπτει με την ώρα ολοκλήρωσης της εξυπηρέτησης.

Αλληλεπιδράσεις και αλληλοσυσχετίσεις οντοτήτων

Με την άφιξη ενός ΣΚΚ στο εξεταζόμενο σύστημα απαιτείται η έναρξη της εξυπηρέτησης. Αν το αεροσκάφος είναι αδρανές τότε αρχίζει να σπέρνει το ΣΚΚ, οπότε η χρονική στιγμή έναρξης της εξυπηρέτησης συμπίπτει με την άφιξη του ΣΚΚ. Σε αντίθετη περίπτωση που είναι απασχολημένο με τη σπορά άλλου ΣΚΚ, τότε το ΣΚΚ που μόλις αφίχθη αναμένει στην ουρά.

Όταν το αεροσκάφος ολοκληρώσει την εξυπηρέτηση του προηγούμενου, τότε ξεκινά η εξυπηρέτηση του πρώτου στην ουρά αναμονής, εφόσον ο χρόνος αναμονής είναι μικρότερος από το 70% του απαιτούμενου χρόνου εξυπηρέτησης που συμπίπτει με την απαιτούμενη διάρκεια σποράς. Κι αυτό γιατί δεν έχει πλέον νόημα η τόσο αργοπορημένη σπορά, αυξάνοντας κατά μια μονάδα το μετρητή των ΣΚΚ χωρίς εξυπηρέτηση.

Ο πραγματικός χρόνος εξυπηρέτησης είναι το χρονικό διάστημα από τη χρονική στιγμή που θα αρχίσει τελικά η σπορά μέχρι τη χρονική στιγμή ολοκλήρωσης της εξυπηρέτησης. Ο χρόνος αυτός συμπίπτει με τον απαιτούμενο χρόνο εξυπηρέτησης, όταν η εξυπηρέτηση αρχίσει με την άφιξη του ΣΚΚ και δεν διακοπεί πριν την ολοκλήρωσή της.

Σε περίπτωση που αφιχθεί στο σύστημα ΣΚΚ με υψηλότερη προτεραιότητα από εκείνη του ήδη εξυπηρετούμενου, τότε το αεροσκάφος διακόπτει την εξυπηρέτηση και ξεκινά την εξυπηρέτηση του ΣΚΚ υψηλής προτεραιότητας. Κι αυτό γιατί τα ΣΚΚ του τύπου L ή SU συνοδεύονται από ασυνήθιστα καταστρεπτικό και μεγάλης έκτασης χαλάζι στο έδαφος, ενώ οι ζημιές από το χαλάζι των ΣΚΚ του τύπου S ή M, όταν δημιουργείται, είναι συγκριτικά μικρότερης έκτασης.

Μετά την ολοκλήρωση της εξυπηρέτησης ή τη μη εξυπηρέτηση λόγω υπερβολικής αναμονής ή τη διακοπή της εξυπηρέτησης λόγω άφιξης ΣΚΚ υψηλότερης προτεραιότητας, κάθε ΣΚΚ παραμένει στο σύστημα για χρονικό διάστημα ίσο με το υπόλοιπο του χρόνου παραμονής του που προσδιορίζεται από το χρόνο παραμονής του στο σύστημα και τη χρονική στιγμή της ολοκλήρωσης της εξυπηρέτησης ή της απόφασης για μη εξυπηρέτηση ή της διακοπής της εξυπηρέτησης αντίστοιχα.

Αν δεν υπάρχει ΣΚΚ για εξυπηρέτηση το αεροσκάφος παραμένει αδρανές, σε πτήση περιπολίας ή επιστρέφει στη βάση του, μέχρι την επόμενη άφιξη.

Στο μοντέλο των τριών περιοχών προστασίας εξετάστηκε η λειτουργία του συστήματος με χρήση 4 ή 5 αεροσκαφών. Αποδόθηκε σε κάθε περιοχή αποκλειστικά ένα αεροσκάφος, ενώ τα υπόλοιπα 1 ή 2 ήταν διαθέσιμα με προτεραιότητα, όπως περιγράφεται αναλυτικά στο Κεφάλαιο 3, και στις τρεις περιοχές.

Παραδοχές

Στη συνέχεια, αναφέρονται οι παραδοχές που έγιναν στο σχεδιασμό των μοντέλων προσομοίωσης και οι οποίες καθιστούν το πρόγραμμα πιο ευέλικτο και ικανότερο να ικανοποιήσει τους στόχους της μελέτης, με την ποσοτικοποίηση δεικτών απόδοσης των εξεταζόμενων επιχειρησιακών διαδικασιών του Ε.Π.Χ.Π και ελαφρύνοντάς το από λεπτομέρειες του πραγματικού κόσμου που δεν σχετίζονται και δεν επηρεάζουν τη συγκεκριμένη μελέτη, ενώ οι περισσότερες υπαγορεύονται από το ίδιο το Ε.Π.Χ.Π.

1. Θεωρήθηκε, όπως ήδη αναφέρθηκε, ως άφιξη ενός ΣΚΚ στο σύστημα η στιγμή επαλήθευσης των κριτηρίων σποράς, ενώ σε αρκετές περιπτώσεις, ιδίως όταν το ΣΚΚ δημιουργείται μέσα στην περιοχή, προϋπάρχει και εξελισσόμενο επαληθεύει τα κριτήρια σποράς.

2. Ένα αεροσκάφος εξυπηρετεί ένα ΣΚΚ. Σημειώνεται, ότι η εξυπηρετούμενη οντότητα είναι Σύμπλεγμα Κυττάρων Καταιγίδας, όπως έχει οριστεί σε προηγούμενη παράγραφο, κι όχι κύτταρο καταιγίδας. Επιπλέον, η πρακτική

επιχειρήσεων του Ε.Π.Χ.Π έχει δείξει, όσες φορές επιχειρήθηκε, πόσο πολύτιμα για ένα πρόγραμμα χαλαζικής προστασίας ήταν τα χαμένα χρονικά χάσματα μεταξύ των σπορών που έγιναν ταυτόχρονα σε διαφορετικά ΣΚΚ, πέραν των προβλημάτων που δημιουργούνται στην καθοδήγηση του αεροσκάφους από το ένα ΣΚΚ στο άλλο. Από την άλλη μεριά, σε κάποιες περιπτώσεις ίσως να φαίνεται απαραίτητη η ταυτόχρονη χρήση δύο αεροσκαφών στο ίδιο ΣΚΚ, ενώ η υλοποίηση μιας τέτοιας λύσης εκτός της εξέτασης των επιχειρησιακών διαδικασιών του Ε.Π.Χ.Π απαιτεί και συνεννόηση με τους υπευθύνους της Εναέριας Κυκλοφορίας της Υπηρεσίας Πολιτικής Αεροπορίας.

3. Χρήση ενός ή δύο αεροσκαφών ταυτόχρονα σε κάθε περιοχή προστασίας.

4. Κοινή αντιμετώπιση των τύπων της μονοκύτταρης υπερκυττάρου (SU) και της γραμμής κυττάρων (L) και με υψηλότερη προτεραιότητα στην εξυπηρέτηση έναντι των υπολοίπων, όπως ήδη αναφέρθηκε και εξηγήθηκε παραπάνω.

5. Οι τύποι ΣΚΚ μονοκύτταρη κοινού ή συνήθους κυττάρου (S) και πολυκύτταρη (M) έχουν την ίδια προτεραιότητα στην εξυπηρέτηση που σημαίνει ότι αυτός που θα αφιχθεί πρώτος θα εξυπηρετηθεί και πρώτος.

6. Διακοπή της εξυπηρέτησης ενός ΣΚΚ του τύπου 2 ή 3 αν αφιχθεί ΣΚΚ τύπου 1.

7. Το δεύτερο αεροσκάφος, αν βρίσκεται σε ταυτόχρονη πτήση με το πρώτο στην περιοχή, δεν διακόπτει την εξυπηρέτηση λόγω άφιξης ΣΚΚ υψηλότερης προτεραιότητας, αλλά μόνο το πρώτο, εάν εκείνη τη στιγμή είναι απασχολημένο. Σημειώνεται, ότι η πιθανότητα άφιξης ΣΚΚ του τύπου 1, όπως αυτή προέκυψε από ανάλυση δεδομένων του Ε.Π.Χ.Π και αναφέρεται στο επόμενο κεφάλαιο, είναι πολύ μικρή.

8. Ο επιτρεπόμενος χρόνος αναμονής ενός ΣΚΚ καθορίστηκε ίσος με το 70% του απαιτούμενου χρόνου εξυπηρέτησης. Από πλευράς του Ε.Π.Χ.Π η αργοπορημένη σπορά είναι πλέον άχρηστη, ενώ η αυθαίρετη επιλογή του 70% καλύπτεται τόσο από τον υπολογισμό της ποιότητας σποράς κάθε ΣΚΚ στην έξοδο της προσομοίωσης όσο και από την ανάλυση ευαισθησίας των χρόνων εξυπηρέτησης, όπως αυτά περιγράφονται παρακάτω στο Κεφάλαιο 4.

9. Ο ελεγκτής φροντίζει ώστε το αεροσκάφος να είναι στην κατάλληλη θέση την κατάλληλη χρονική στιγμή, καθώς και την έγκαιρη αντικατάστασή του από άλλο. Το πρόγραμμα και η μελέτη που βασίζεται σ' αυτό, είναι

ανεξάρτητη από τον ελεγκτή Radar και από τις δυνατότητες των διαφόρων αεροσκαφών που χρησιμοποιήθηκαν έως τώρα στο Ε.Π.Χ.Π, άλλωστε ήταν όλα μισθωμένα και δεν ανήκαν στον Οργανισμό ΕΛ.Γ.Α. Σκοπός της μελέτης είναι να προσδιοριστούν ποσοτικά παράμετροι που περιγράφουν τη λειτουργία του συστήματος με τις απαιτήσεις που επιβάλλουν οι χαλαζοφόρες καταιγίδες, χωρίς να περιορίζονται από τον ανθρώπινο παράγοντα και από τις δυνατότητες συγκεκριμένων αεροσκαφών.

10. Η χρονική καθυστέρηση μετάβασης του αεροσκάφους στο επόμενο ΣΚΚ, μόλις ολοκληρώσει την εξυπηρέτηση στο προηγούμενο, θεωρείται αμελητέα. Άλλωστε, τις περισσότερες φορές τα διαδοχικά ΣΚΚ βρίσκονται πολύ κοντά μεταξύ τους. Ενώ και σ' αντίθετη περίπτωση, το εμβαδόν των περιοχών προστασίας είναι σχετικά μικρό και η μετάβαση του αεροσκάφους από το ένα ΣΚΚ στο άλλο δεν διαφέρει σημαντικά από το χρόνο που ξοδεύει το αεροσκάφος στους ελιγμούς για να προσεγγίσει την κατάλληλη περιοχή σποράς ενός ΣΚΚ και να αρχίσει την πυροδότηση των φυσιγγίων που εντάσσεται μέσα στο χρόνο εξυπηρέτησης.

11. Σε μια δεδομένη χρονική στιγμή, ο μέγιστος αριθμός ΣΚΚ που μπορούν να βρίσκονται σε κάθε περιοχή είναι ίσος με δέκα. Προσεγγιστικά, αυτό προκύπτει από τη σύγκριση των εμβαδών των τριών περιοχών και ένα μέσο εμβαδόν των ΣΚΚ που εμφανίζονται σ' αυτές. Η ακρίβεια του αριθμού αυτού δεν έχει καμιά σημασία και απλώς είναι ένα ανώτατο όριο ασφαλείας, ώστε να περιοριστεί η υπερβολική εισαγωγή ΣΚΚ στο σύστημα. Στην πράξη, από τις εκατοντάδες επαναλήψεις της προσομοίωσης διαπιστώθηκε ότι δεν χρειάστηκε να ενεργοποιηθεί. Και αυτό οφείλεται στην κατανομή και στις τιμές των παραμέτρων της που επιλέχθηκε, ύστερα από στατιστική ανάλυση δεδομένων του Ε.Π.Χ.Π, για τα χρονικά διαστήματα διαδοχικών αφίξεων των ΣΚΚ και των χρόνων παραμονής τους στο σύστημα.

12. Στο μοντέλο των τριών περιοχών αποδόθηκε σε κάθε περιοχή αποκλειστικά ένα αεροσκάφος, ενώ τα υπόλοιπα 1 ή 2 ήταν διαθέσιμα με προτεραιότητα και στις τρεις περιοχές. Υψηλότερη προτεραιότητα αποδόθηκε στην Περιοχή 1, ενώ η μικρότερη στην Περιοχή 2.

13. Στο μοντέλο αυτό λήφθηκε υπόψη ο χρόνος άμεσης μετάβασης του δεύτερου αεροσκάφους από μια περιοχή σε άλλη, όταν ο υπεύθυνος ελεγκτής Radar δεν είχε το κατάλληλο χρονικό περιθώριο, ώστε να φροντίσει να έχει εγκαίρως το αεροσκάφος στη δεύτερη περιοχή, ενώ έπαψαν να ισχύουν οι λόγοι παραμονής στην πρώτη.

14. Όσον αφορά τις αρχικές συνθήκες, θεωρήθηκε ότι κατά την έναρξη της προσομοίωσης δεν υπάρχει ΣΚΚ στην περιοχή και ότι τα αεροσκάφη είναι αδρανή.

Τιμές εισόδου

Για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης έχουν εξαχθεί δεδομένα και πληροφορίες σχετικά με την καταιγιδοφόρο δραστηριότητα στην περιοχή 1, από την ανάλυση των εικόνων του καταγραφικού συστήματος TITAN του μετεωρολογικού Radar S-band του ΕΛ.Γ.Α που είναι εγκατεστημένο στο Αεροδρόμιο ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ. Κατά την περίοδο Απριλίου-Σεπτεμβρίου των ετών 1999, 2000 και 2001 σημειώθηκαν 217 ΣΚΚ και για καθένα απ' αυτά, πέραν της ημερομηνίας, καταγράφηκαν η χρονική στιγμή που θα έπρεπε να ξεκινήσει η σπορά, η χρονική στιγμή που θα έπρεπε να σταματήσει, η χρονική στιγμή διάλυσής του, η χρονική στιγμή που εγκατέλειψε την περιοχή (αν αυτό συνέβη) και ο τύπος του. Σημειώνεται, ότι η χρονική στιγμή διάλυσης είναι η στιγμή κατά την οποία η μέγιστη ανακλαστικότητα έγινε μικρότερη από 25 dBZ στο επίπεδο των -5^0C και υψηλότερα.

Από τα δεδομένα αυτά, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ορίστηκαν η ώρα άφιξης, η ώρα ολοκλήρωσης της εξυπηρέτησης και η ώρα αναχώρησης ενός ΣΚΚ από το σύστημα. Στη συνέχεια, με βάση αυτά τα στοιχεία υπολογίστηκαν ο απαιτούμενος χρόνος εξυπηρέτησης και ο χρόνος παραμονής στο σύστημα κάθε ΣΚΚ, καθώς επίσης και τα χρονικά διαστήματα διαδοχικών αφίξεων των ΣΚΚ στο σύστημα. Στο επόμενο Κεφάλαιο 2 γίνεται στατιστική ανάλυση όλων αυτών των δεδομένων, από την οποία προκύπτουν οι κατανομές και οι τιμές των παραμέτρων τους που εκφράζουν τα Χρονικά Διαστήματα Διαδοχικών Αφίξεων, τους τύπους των ΣΚΚ και τους Χρόνους Εξυπηρέτησης ανά τύπο χωριστά. Επίσης, προσδιορίζεται η στατιστική συνάρτηση που αποδίδει το Χρόνο Παραμονής ενός ΣΚΚ στο σύστημα σε συνάρτηση με το Χρόνο Εξυπηρέτησής του, γιατί αυτές οι δύο παράμετροι συσχετίζονται και δεν θα μπορούσαν να παράγονται τυχαία από διαφορετικές κατανομές. Όλα αυτά αποτελούν τα πιθανοκρατικά δεδομένα εισόδου των δύο μοντέλων προσομοίωσης. Σημειώνεται ότι στο δεύτερο μοντέλο των τριών περιοχών, λόγω έλλειψης μετεωρολογικών δεδομένων στις περιοχές 2 και 3, χρησιμοποιήθηκαν για τα ΣΚΚ αυτών των περιοχών οι ίδιες κατανομές που χαρακτηρίζουν τη συμπεριφορά των ΣΚΚ της περιοχής 1. Όσον αφορά τη διάρκεια της συνεχούς καταιγιδοφόρου δραστηριότητας σε μια περιοχή που ορίζεται στο επόμενο κεφάλαιο επακριβώς με τον όρο "επεισόδιο εμφάνισης ΣΚΚ" και

αποτελεί επίσης στοχαστικό στοιχείο, προσδιορίστηκε ύστερα από τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων του πλήθους των ΣΚΚ που καταγράφηκαν σ' αυτά τα χρονικά διαστήματα.

Επίσης, προσδιορίστηκαν κι άλλα επιχειρησιακά στοιχεία, όπως ο χρόνος μετάβασης του αεροσκάφους από τη μια περιοχή στην άλλη. Από αρχεία του καταγραφικού συστήματος TITAN των μηνών Ιουνίου και Ιουλίου 2001, όπου γινόταν πτήσεις στις περιοχές 1 και 3 των αεροσκαφών του τύπου Cessna 340A, προσδιορίστηκε ο χρόνος μετάβασης, σε πτήση, μεταξύ δύο κεντρικών σημείων πάνω από τις περιοχές αυτές σε 15 min περίπου, ενώ αναλογικά υπολογίστηκε ο αντίστοιχος χρόνος μεταξύ των περιοχών 1 και 2 σε 15 min και μεταξύ των περιοχών 2 και 3 σε 25 min περίπου.

Τέλος, οι τιμές των ελεγχόμενων παραμέτρων εισόδου επιλέγονται στο Κεφάλαιο 4 κατά την εκτέλεση της προσομοίωσης.

Υπολογισμός και καταγραφή τιμών παραμέτρων από το μοντέλο προσομοίωσης

Κατά την εκτέλεση της προσομοίωσης υπολογίζονται και καταγράφονται οι τιμές των παρακάτω αναφερομένων παραμέτρων, ώστε να προχωρήσει η διαδικασία της προσομοίωσης.

Καταγράφεται ο χρόνος αναμονής στην ουρά ενός ΣΚΚ, ο οποίος συγκρίνεται με το 70% του απαιτούμενου χρόνου εξυπηρέτησής του, ώστε να αποφασιστεί αν θα ξεκινήσει ή όχι η εξυπηρέτησή του.

Ο πραγματικός χρόνος εξυπηρέτησης υπολογίζεται ως η διαφορά του χρόνου αναμονής από τον απαιτούμενο χρόνο εξυπηρέτησης.

Όταν συμβαίνει διακοπή της εξυπηρέτησης καταγράφεται η χρονική στιγμή της διακοπής, ώστε να υπολογιστεί, από τη διαφορά της από τη χρονική στιγμή ολοκλήρωσης της εξυπηρέτησης, το υπόλοιπο χρονικό διάστημα που υπολείπεται ως την ολοκλήρωση. Σ' αυτήν την περίπτωση ο πραγματικός χρόνος εξυπηρέτησης προκύπτει αφαιρώντας τόσο αυτό το υπόλοιπο χρονικό διάστημα όσο και το χρόνο αναμονής από τον απαιτούμενο χρόνο εξυπηρέτησης.

Ο χρόνος παραμονής ενός ΣΚΚ στο σύστημα υπολογίζεται, όπως ήδη αναφέρθηκε, από τη στατιστική συνάρτησή της με τον απαιτούμενο χρόνο εξυπηρέτησης.

Μετά την ολοκλήρωση της εξυπηρέτησης ενός ΣΚΚ υπολογίζεται το υπόλοιπο του χρόνου παραμονής του στο σύστημα αφαιρώντας τον απαιτούμενο χρόνο εξυπηρέτησης από το χρόνο παραμονής στο σύστημα.

Ενώ, στην περίπτωση που διακοπεί η εξυπηρέτηση ο υπόλοιπος χρόνος παραμονής στο σύστημα υπολογίζεται αφαιρώντας τον απαιτούμενο χρόνο εξυπηρέτησης από το χρόνο παραμονής στο σύστημα και προσθέτοντας το υπόλοιπο χρονικό διάστημα από τη χρονική στιγμή της διακοπής έως τη χρονική στιγμή που θα ολοκληρώνονταν η εξυπηρέτηση.

Τέλος, όταν δεν γίνει εξυπηρέτηση του ΣΚΚ, ο υπόλοιπος χρόνος παραμονής υπολογίζεται αφαιρώντας το χρόνο αναμονής στην ουρά από το χρόνο παραμονής στο σύστημα.

Τιμές εξόδου

Στη συνέχεια, αναφέρονται οι παράμετροι που έχουν επιλεγεί να υπολογίζονται και να καταγράφονται κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης, διαμορφώνοντας τις τελικές τους τιμές στο τέλος της, όπου συνιστούν την έξοδο της προσομοίωσης. Αποτελούν τους δείκτες απόδοσης που επιλέχθηκαν από τον αναλυτή να περιγράψει την απόδοση του συστήματος. Οι σημαντικότερες είναι ο αριθμός των εξυπηρετηθέντων ΣΚΚ από κάθε εξυπηρετητή, ο αριθμός ΣΚΚ με διακοπή της εξυπηρέτησής τους, η ποιότητα σποράς κάθε ΣΚΚ και ο αριθμός και τύπος των ΣΚΚ χωρίς εξυπηρέτηση που αποτελεί και το βασικό στόχο της ανάλυσης. Επίσης, παράμετροι που σχετίζονται με την ουρά αναμονής, όπως ο μέσος και ο μέγιστος αριθμός ΣΚΚ σε αναμονή κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης, ο μέσος και ο μέγιστος χρόνος αναμονής των ΣΚΚ στην ουρά για εξυπηρέτηση που εκφράζουν αντίστοιχα το μέσο και μέγιστο χρόνο καθυστέρησης έναρξης της εξυπηρέτησης. Επιπλέον, όσον αφορά τους εξυπηρετητές, το ποσοστό του χρόνου απασχόλησής τους, από το οποίο προκύπτει η πιθανότητα άμεσης εξυπηρέτησης ενός ΣΚΚ.

Χαρακτηρισμός της προσομοίωσης

Τα προτεινόμενα μοντέλα προσομοίωσης χαρακτηρίζονται ως στοχαστικά, επειδή περιέχουν πιθανοκρατικά στοιχεία εισόδου, ως δυναμικά αφού εξελίσσονται με το χρόνο και διακριτών γεγονότων, διότι τα γεγονότα που αλλάζουν την κατάστασή του, συμβαίνουν σε διακριτές χρονικές στιγμές.

Η λειτουργία του Ε.Π.Χ.Π ξεκινά τυπικά το πρώτο λεπτό της 15ης Απριλίου και τελειώνει το τελευταίο λεπτό της 30ης Σεπτεμβρίου. Ενώ, αυτό προϊδεάζει το χαρακτηρισμό της προσομοίωσης αυτού του συστήματος ως μη τερματική, εντούτοις η μεταβολή κρίσιμων παραμέτρων εισόδου, όπως τα Χρονικά Διαστήματα Διαδοχικών Αφίξεων των ΣΚΚ, με το χρόνο σηματοδοτούν την ύπαρξη τερματικού γεγονότος γι αυτή την προσομοίωση.

Αυτή η κατά κύματα εμφανιζόμενη καταιγιδοφόρος δραστηριότητα σε μια περιοχή που οδήγησε στον ορισμό του "επεισοδίου εμφάνισης ΣΚΚ", όπως αναφέρεται στο επόμενο κεφάλαιο, με τα σχετικά μεγάλα ενδιάμεσα χρονικά διαστήματα αδράνειας που δεν ακολουθούν κάποιο συγκεκριμένο κύκλο, μας αναγκάζει να τη χειριστούμε, προσδιορίζοντας με τον τρόπο αυτό και την ανάλυση της εξόδου, ως τερματική. (Law and Kelton, 1991)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΣΤΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Στο κεφάλαιο αυτό εξετάζεται ο προσδιορισμός των στοχαστικών δεδομένων εισόδου στα μοντέλα προσομοίωσης, από την στατιστική ανάλυση των μετεωρολογικών δεδομένων του Ε.Π.Χ.Π.

2.1. ΕΠΕΙΣΟΔΙΟ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΣΚΚ

Από τα μετεωρολογικά δεδομένα, όπως ήδη αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 1, ορίστηκαν η ώρα άφιξης στο σύστημα ενός ΣΚΚ, η ώρα ολοκλήρωσης της εξυπηρέτησής του, η ώρα αναχώρησής του από το σύστημα, ο τύπος του, ο χρόνος εξυπηρέτησής του και ο χρόνος παραμονής του στο σύστημα. Ακόμη, ορίστηκαν τα χρονικά διαστήματα μεταξύ διαδοχικών αφίξεων ΣΚΚ στο σύστημα.

- Χρόνος Εξυπηρέτησης ενός ΣΚΚ είναι το χρονικό διάστημα μεταξύ της ώρας άφιξης και της ώρας ολοκλήρωσης της εξυπηρέτησης του ΣΚΚ.
- Χρόνος Παραμονής στο σύστημα ενός ΣΚΚ είναι το χρονικό διάστημα μεταξύ της ώρας αναχώρησης από το σύστημα και της ώρας άφιξης στο σύστημα του ΣΚΚ.
- Όσον αφορά το Χρονικό Διάστημα Διαδοχικών Αφίξεων, ο τίτλος περιγράφει και τον ορισμό που είναι τα χρονικά διαστήματα μεταξύ των ωρών άφιξης δύο διαδοχικών ΣΚΚ στο σύστημα.

Από την εξέταση των 59 ημερών με εμφάνιση ΣΚΚ στην περιοχή 1, κατά την περίοδο εφαρμογής του προγράμματος, τα έτη 1999, 2000 και 2001, όπως επίσης και τη χρονική στιγμή άφιξης κάθε ΣΚΚ, ομαδοποιήθηκαν οι αφίξεις των συνολικά 217 ΣΚΚ ορίζοντας το "επεισόδιο εμφάνισης ΣΚΚ". Ως "επεισόδιο εμφάνισης ΣΚΚ" ορίστηκε η εμφάνιση στην περιοχή προστασίας ενός συνόλου ΣΚΚ που το πλήθος τους είναι μεγαλύτερο του 2 και το Χρονικό Διάστημα των Διαδοχικών Αφίξεων τους είναι μικρότερο ή ίσο των 120 λεπτών της ώρας. Το αποτέλεσμα ήταν να ομαδοποιηθούν 164 συνολικά ΣΚΚ σε 29 επεισόδια, όπως παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.1. Ως χρονική διάρκεια επεισοδίου σε min καθορίστηκε το χρονικό διάστημα μεταξύ των χρονικών στιγμών της άφιξης του πρώτου και της αναχώρησης από την περιοχή προστασίας του τελευταίου ΣΚΚ.

Πίνακας 2.1: Επεισόδια εμφάνισης ΣΚΚ

α/α	Χρονική Διάρκεια	Πλήθος ΣΚΚ	α/α	Χρονική Διάρκεια	Πλήθος ΣΚΚ
1.	110	4	16.	102	3
2.	75	3	17.	408	15
3.	220	6	18.	137	3
4.	247	6	19.	109	5
5.	70	4	20.	171	4
6.	319	11	21.	121	10
7.	494	17	22.	96	3
8.	240	4	23.	65	5
9.	235	3	24.	336	7
10.	182	3	25.	395	16
11.	68	3	26.	205	4
12.	130	3	27.	92	3
13.	324	6	28.	66	3
14.	203	3	29.	178	4
15.	78	3			

2.2. ΕΛΕΓΧΟΣ ΟΜΟΙΟΓΕΝΕΙΑΣ ΤΩΝ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ ΤΩΝ ΧΡΟΝΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΩΝ ΔΙΑΔΟΧΙΚΩΝ ΑΦΙΞΕΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΧΡΟΝΩΝ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζεται ο έλεγχος ομοιογένειας των παρατηρήσεων των Χρονικών Διαστημάτων Διαδοχικών Αφίξεων των οντοτήτων (ΣΚΚ) στο εξεταζόμενο σύστημα, καθώς και των χρόνων Εξυπηρέτησης, δηλαδή της χρονικής διάρκειας σποράς, των διαφορετικών τύπων ΣΚΚ

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, τα μετεωρολογικά δεδομένα προήλθαν από 59 ημέρες καταιγίδας των ετών 1999, 2000 και 2001 και για το λόγο αυτό κρίθηκε σκόπιμο να γίνει έλεγχος ομοιογένειας των παρατηρήσεων των Χρονικών Διαστημάτων Διαδοχικών Αφίξεων των ΣΚΚ στο εξεταζόμενο σύστημα, καθώς και των χρόνων Εξυπηρέτησης, δηλαδή της χρονικής διάρκειας σποράς των ΣΚΚ. Όσον αφορά τα Χρονικά Διαστήματα Διαδοχικών Αφίξεων χρησιμοποιήθηκαν αρχικά τα δεδομένα των 164 ΣΚΚ των 29 επεισοδίων και στη συνέχεια των 94 ΣΚΚ των 9 επεισοδίων με αριθμό αφίξεων μεγαλύτερο των 2 και των 5 ΣΚΚ αντίστοιχα.

2.2.1. Έλεγχος υπόθεσης Kruskal-Wallis της ομοιογένειας διαφορετικών ομάδων δεδομένων

Στον έλεγχο Kruskal-Wallis ελέγχουμε τη μηδενική υπόθεση

Ho: Όλα τα δείγματα προήλθαν από τον ίδιο πληθυσμό

ενάντια στην εναλλακτική υπόθεση

H_1: Τουλάχιστον ένα από τα δείγματα δεν προέρχεται από τον ίδιο πληθυσμό με τα υπόλοιπα.

Γενικά, αν έχουμε k δείγματα, με μέγεθος n_1, n_2,...n_k το καθένα αντίστοιχα και n_1+...+n_k=n, τότε η μεθοδολογία του ελέγχου ξεκινά με τη

διαβάθμιση των παρατηρήσεων και των k δειγμάτων μαζί, επισυνάπτοντας αριθμούς από 1 έως και το n. Βρίσκουμε τα αθροίσματα των διαβαθμίσεων για κάθε δείγμα χωριστά, R_i, για i=1, 2,...,k. Υπολογίζουμε την παρακάτω ποσότητα T, η οποία αποτελεί το κριτήριο ελέγχου

$$T = \frac{12}{n(n+1)} \sum_{i=1}^{k} \frac{R_i^2}{n_i} - 3(n+1) \qquad \text{ή την} \qquad T' = \frac{T}{1 - \sum_j \frac{t_j(t_j^2 - 1)}{n(n^2-1)}}$$

όταν υπάρχουν ισοψηφίες κατά τη διαβάθμιση των παρατηρήσεων και όπου πάλι η άθροιση γίνεται για τις j ομάδες ισοψηφιών, με t_j το μέγεθος κάθε ομάδας ισοψηφιών.

Απορρίπτουμε την Ho σε επίπεδο α, αν $T>\chi^2_{k-1,1-\alpha}$, όπου $\chi^2_{k-1,1-\alpha}$ είναι η ανώτερη 1-α κρίσιμη τιμή για μια χ^2 κατανομή με k-1 βαθμούς ελευθερίας. (Κάτος 1986, Law and Kelton 1991)

2.2.2. Χρονικά Διαστήματα Διαδοχικών Αφίξεων

Τα 29 και τα 9 επεισόδια των ανωτέρω αναφερθέντων Χρονικών Διαστημάτων Διαδοχικών Αφίξεων μπορούν να θεωρηθούν ως 29 και 9 ανεξάρτητα μεταξύ τους δείγματα αντίστοιχα. Ο έλεγχος ομοιογένειας Kruskal-Wallis για τα 29 δείγματα των Χρονικών Διαστημάτων Διαδοχικών Αφίξεων, με τη χρήση του στατιστικού πακέτου λογισμικού STATGRAFICS, έδωσε ως αποτέλεσμα το στατιστικό ελέγχου T=53.54 και p-value=0.002, από τα οποία απορρίφθηκε η μηδενική υπόθεση, δεχόμενοι την εναλλακτική ότι τουλάχιστον ένα από τα δείγματα δεν προέρχεται από τον ίδιο πληθυσμό με τα υπόλοιπα. Για το λόγο αυτό επαναλήφθηκε ο έλεγχος για τα 9 δείγματα, των 94 συνολικά ΣΚΚ, με αριθμό αφίξεων μεγαλύτερο των 5 ΣΚΚ ανά δείγμα. Στον παρακάτω Πίνακα 2.2 παρουσιάζεται η αντίστοιχη ανάλυση του ελέγχου Kruskal-Wallis.

Πίνακας 2.2: Έλεγχος ομοιογένειας Kruskal-Wallis των Χρονικών Διαστημάτων Διαδοχικών Αφίξεων

α/α δείγματος	Μέγεθος δείγματος	Άθροισμα διαβαθμίσεων R_i
1	5	43.4
2	5	43.1
3	10	46.9
4	16	43.78
5	5	65
6	14	41.46
7	9	22.55
8	6	62.16
9	15	38.1

Το στατιστικό ελέγχου T=14.688 και p-value=0.0655.

Από τα οποία έγινε αποδεκτή η μηδενική υπόθεση, p-value>0.05 σε επίπεδο σημαντικότητας α=0.05, σύμφωνα με την οποία τα δείγματα των Χρονικών Διαστημάτων Διαδοχικών Αφίξεων των ΣΚΚ, με αριθμό αφίξεων μεγαλύτερο των 5 ΣΚΚ ανά δείγμα, προήλθαν από τον ίδιο πληθυσμό.

2.2.3. Χρόνοι Εξυπηρέτησης

Όπως έχει ήδη αναφερθεί παραπάνω, για τους Χρόνους Εξυπηρέτησης εξετάστηκαν όλα τα δεδομένα, δηλαδή και οι 217 παρατηρήσεις που εμφανίστηκαν σε 59 ομάδες. Στον παρακάτω Πίνακα 2.3 παρουσιάζεται η αντίστοιχη ανάλυση του ελέγχου Kruskal-Wallis που έγινε με τη χρήση του στατιστικού πακέτου λογισμικού SPSS.

Πίνακας 2.3: Έλεγχος ομοιογένειας Kruskal-Wallis των Χρόνων Εξυπηρέτησης

α/α	Μέγεθος	R_i	α/α	Μέγεθος	R_i
1	1	188.5	31	3	44.17
2	2	184.75	32	1	91.5
3	4	123.75	33	1	193.5
4	2	116	34	1	123.5
5	3	106	35	1	214
6	6	125.33	36	2	68
7	6	126.5	37	16	91.88
8	4	40.88	38	2	162.5
9	11	89.32	39	5	98.4
10	17	81.88	40	4	125
11	4	151.75	41	10	116.05
12	2	117.25	42	1	111
13	1	67	43	4	64.88
14	2	89	44	2	107.75
15	1	215	45	3	113.5
16	3	145.83	46	5	103.6
17	2	130.25	47	7	114.07
18	2	122.5	48	16	124.53
19	3	132	49	2	117.25
20	1	55.5	50	4	61.88
21	1	77.5	51	5	129.2
22	3	36	52	3	153.33
23	3	127.83	53	5	128.2
24	6	134	54	1	175
25	2	182.75	55	2	162.5
26	1	20.5	56	2	129
27	3	22.17	57	1	210
28	3	92.83	58	3	136.5
29	3	47.17	59	2	161.75
30	1	55.5			

Το στατιστικό ελέγχου T=69.56 και p-value=0.142.

Από τα οποία έγινε αποδεκτή η μηδενική υπόθεση, p-value>0.05 σε επίπεδο σημαντικότητας α=0.05, σύμφωνα με την οποία τα 59 δείγματα των Χρόνων Εξυπηρέτησης των ΣΚΚ προήλθαν από τον ίδιο πληθυσμό.

2.3. ΕΥΡΕΣΗ ΚΑΤΑΝΟΜΩΝ ΤΩΝ ΧΡΟΝΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΩΝ ΔΙΑΔΟΧΙΚΩΝ ΑΦΙΞΕΩΝ, ΤΩΝ ΧΡΟΝΩΝ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΠΛΗΘΟΥΣ ΤΩΝ ΟΝΤΟΤΗΤΩΝ

Για την εκτέλεση της προσομοίωσης με πιθανοκρατικά δεδομένα εισόδου, όπως τα Χρονικά Διαστήματα Διαδοχικών Αφίξεων, οι Χρόνοι Εξυπηρέτησης κ.ά., πρέπει να προσδιοριστούν οι κατανομές πιθανοτήτων τους. Έτσι, παρέχοντας αυτές, οι τυχαίες μεταβλητές εισόδου σ' ένα μοντέλο προσομοίωσης ακολουθούν συγκεκριμένες κατανομές. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκαν τα μετεωρολογικά δεδομένα του Ε.Π.Χ.Π και με τη χρήση στατιστικών μεθόδων προσδιορίστηκαν για τα στοχαστικά δεδομένα εισόδου των μοντέλων προσομοίωσης οι προσαρμοσμένες θεωρητικές κατανομές. Αν για παράδειγμα, μια συγκεκριμένη θεωρητική κατανομή με καθορισμένες τιμές των παραμέτρων της είναι κατάλληλη για το Πλήθος των Οντοτήτων ενός Επεισοδίου, τότε μπορεί να εξαχθεί από την κατανομή αυτή μια τιμή για το Πλήθος όταν αυτό απαιτηθεί από την προσομοίωση.

Ένα βασικό πλεονέκτημα από τη χρήση θεωρητικών κατανομών έναντι της χρήσης μιας εμπειρικής συνάρτησης κατανομής κι ακόμη της απευθείας εισόδου των τιμών των δεδομένων στο μοντέλο είναι η εξομάλυνση που παρέχει μια θεωρητική κατανομή στα δεδομένα και η πληροφόρηση για ολόκληρη την κατανομή. Ακόμη, τα δεδομένα καλύπτουν ένα συγκεκριμένο πεδίο τιμών με αποτέλεσμα τον αποκλεισμό κάποιων ακραίων τιμών, οι οποίες δεν αποκλείονται από μια θεωρητική κατανομή και οι οποίες επηρεάζουν σημαντικά τα αποτελέσματα της προσομοίωσης, αλλά και την ικανότητά της να προβλέψει σπάνιες καταστάσεις.

Στην παράγραφο αυτή εξετάζονται υποθετικές οικογένειες κατανομών και γίνεται ο έλεγχος καλής προσαρμογής τους για τα Χρονικά Διαστήματα Διαδοχικών Αφίξεων των ΣΚΚ στο σύστημα, για το πλήθος των εμφανιζόμενων ΣΚΚ ανά επεισόδιο, ώστε να προσδιοριστεί η διάρκεια της προσομοίωσης, καθώς επίσης και ο έλεγχος καλής προσαρμογής των κατανομών ή ο καθορισμός εμπειρικής κατανομής για τους Χρόνους Εξυπηρέτησης, δηλαδή τη χρονική διάρκεια σποράς, των διαφορετικών τύπων ΣΚΚ.

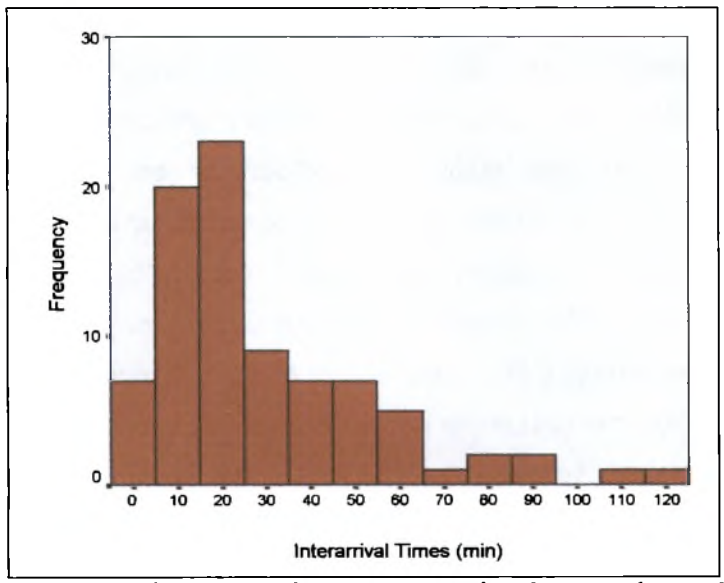
Με τους ελέγχους ομοιογένειας της προηγούμενης παραγράφου εξασφαλίστηκε η δυνατότητα συγχώνευσης διαφορετικών ομάδων δεδομένων, των παραμέτρων εκείνων για τις οποίες απαιτούνταν να γίνει αυτό. Έτσι, για τα Χρονικά Διαστήματα Διαδοχικών Αφίξεων

χρησιμοποιήθηκαν οι 94 παρατηρήσεις των 9 επεισοδίων εμφάνισης ΣΚΚ με περισσότερες από 5 αφίξεις ανά επεισόδιο. Για τους Χρόνους Εξυπηρέτησης αρχικά χρησιμοποιήθηκαν ενιαία και οι 217 παρατηρήσεις, ενώ στη συνέχεια χωρίστηκαν τα δεδομένα ανά τύπο ΣΚΚ. Κι' αυτό γιατί η διαφορά των τιμών των παραμέτρων της θεωρητικής κατανομής ανά τύπο ΣΚΚ είναι σημαντική για τα μοντέλα προσομοίωσης του εξεταζόμενου συστήματος. Δηλαδή, εξετάστηκαν οι 103 παρατηρήσεις του τύπου 3 και οι 113 του τύπου 2, ενώ διαφορετική εξέταση έγινε για τον σπάνια εμφανιζόμενο τύπο 1. Όσον αφορά το Πλήθος των ΣΚΚ ενός Επεισοδίου χρησιμοποιήθηκαν οι 29 παρατηρήσεις των επεισοδίων του Πίνακα 2.1.

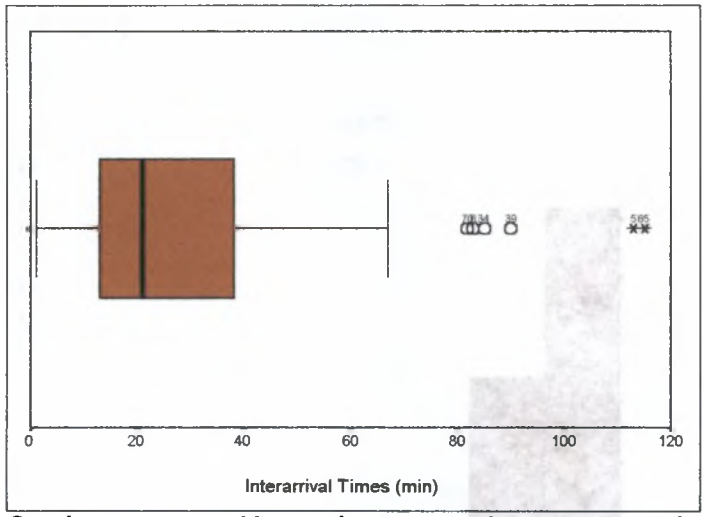
2.3.1. Περιγραφή δεδομένων

Παρουσίαση των δεδομένων

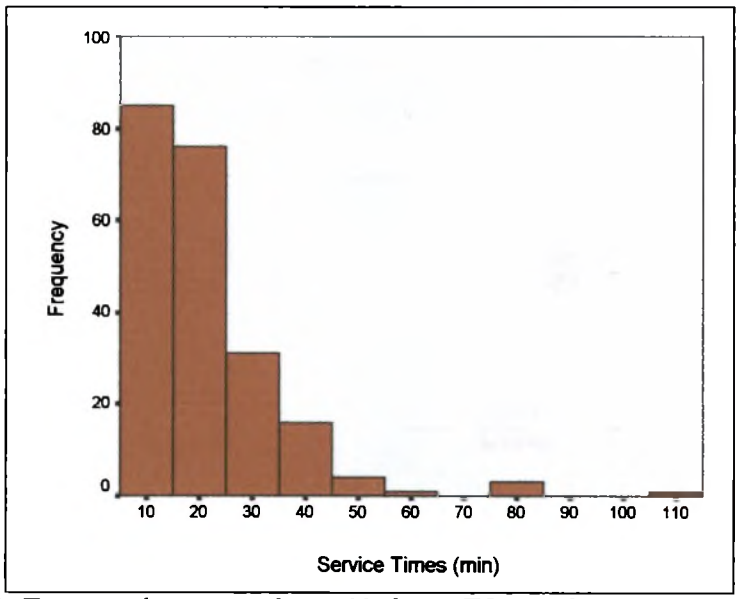
Στα παρακάτω σχήματα απεικονίζονται τα ιστογράμματα και τα θηκογράμματα των εξεταζόμενων μεταβλητών.



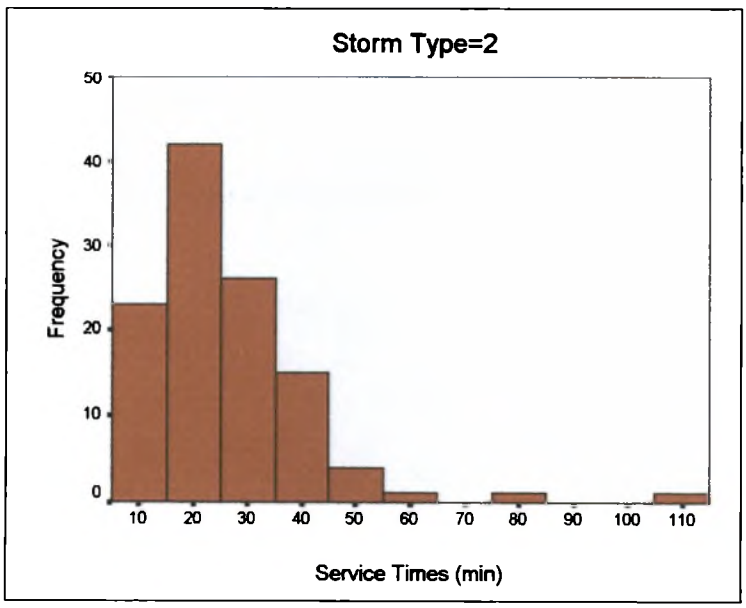
Σχήμα 2.1: Εμπειρική κατανομή των Χρονικών Διαστημάτων Διαδοχικών Αφίξεων



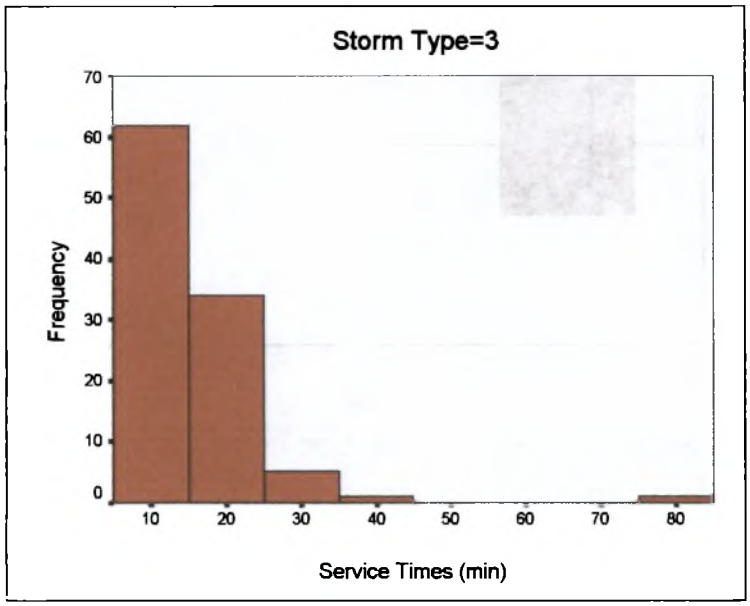
Σχήμα 2.2: Θηκόγραμμα των Χρονικών Διαστημάτων Διαδοχικών Αφίξεων



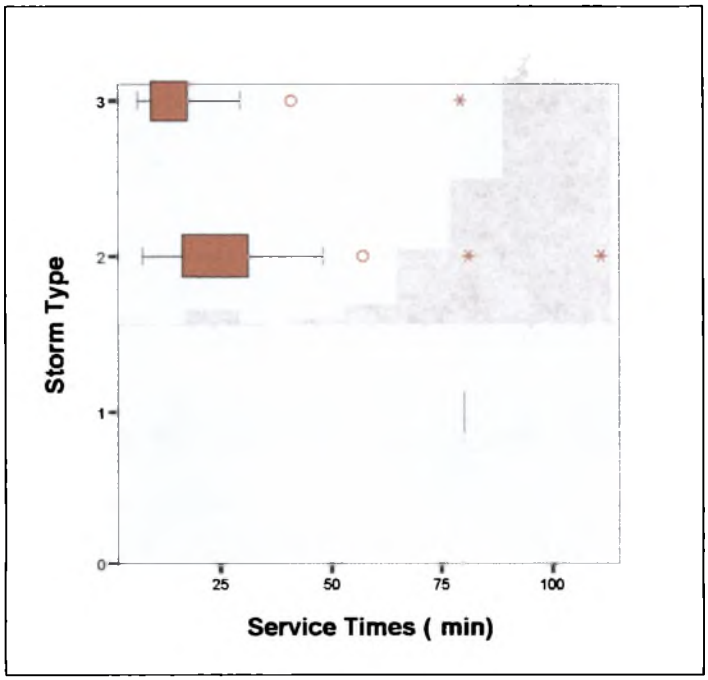
Σχήμα 2.3: Εμπειρική κατανομή των Χρόνων Εξυπηρέτησης



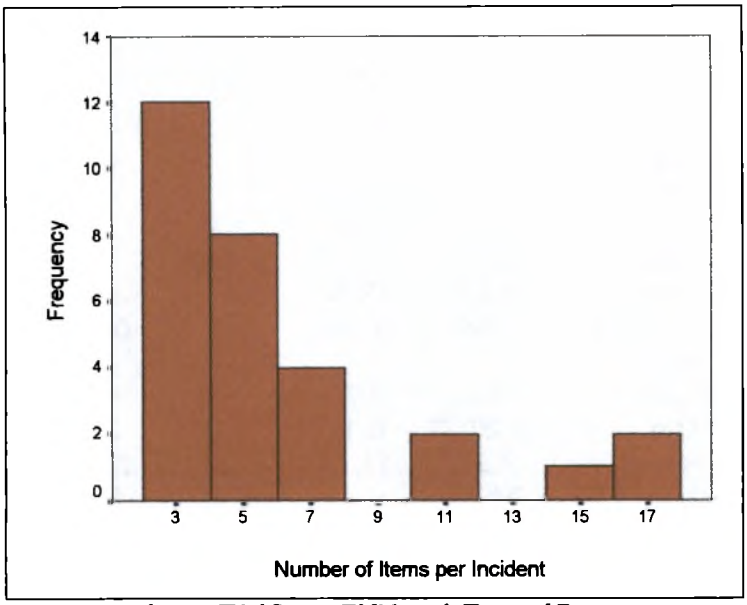
Σχήμα 2.4: Εμπειρική κατανομή των Χρόνων Εξυπηρέτησης ΣΚΚ τύπου 2



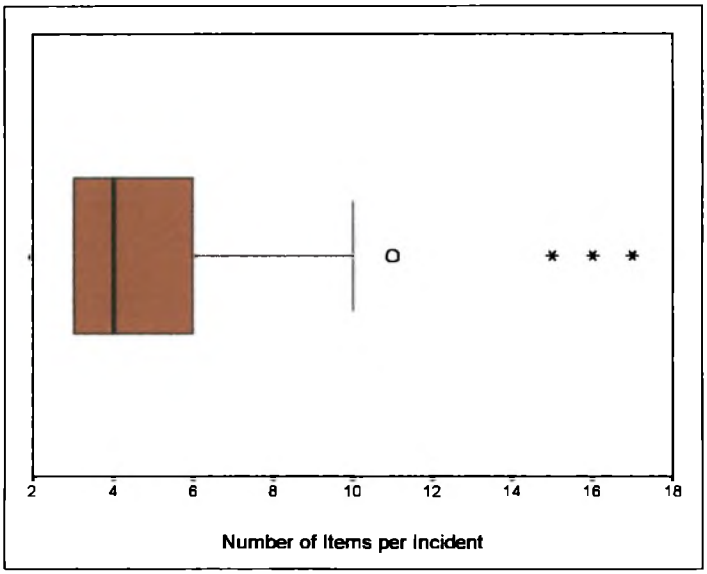
Σχήμα 2.5: Εμπειρική κατανομή των Χρόνων Εξυπηρέτησης ΣΚΚ τύπου 3



Σχήμα 2.6: Θηκογράμματα των Χρόνων Εξυπηρέτησης των ΣΚΚ ανά τύπο



Σχήμα 2.7: Κατανομή του Πλήθους ΣΚΚ ανά Επεισόδιο



Σχήμα 2.8: Θηκόγραμμα του Πλήθους των ΣΚΚ ανά Επεισόδιο

Στατιστικά μέτρα των δεδομένων

Για την περιγραφή των δεδομένων υπολογίστηκαν και παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα 2.4 τα μέτρα θέσης, διασποράς, ασυμμετρίας και κύρτωσης.

Πίνακας 2.4: Στατιστικά μέτρα των Χρονικών Διαστημάτων Διαδοχικών Αφίξεων (ΧΔΔΑ), Χρόνων Εξυπηρέτησης (ΧΕ), Χρόνων Εξυπηρέτησης των ΣΚΚ τύπου 2 (ΧΕ2), τύπου 3 (ΧΕ3) και του Πλήθους των ΣΚΚ ανά Επεισόδιο

	ΧΔΔΑ	**ΧΕ**	**ΧΕ2**	**ΧΕ3**	**Πλήθος ΣΚΚ**
Μέγεθος	85	217	113	103	29
Μέση τιμή	29.27	20.11	24.82	14.36	5.66
Διάμεσος	21	17	22	12	4

	ΧΔΔΑ	ΧΕ	ΧΕ2	ΧΕ3	Πλήθος ΣΚΚ
Επικρατούσα Τιμή	22	7, 9, 12, 17	17	7, 9	3
Ελάχιστη	1	6	7	6	3
Μέγιστη	115	111	111	79	17
Πλάτος	114	105	104	73	14
Διακύμανση	610.48	191.57	212.66	79	16.95
Τ. Απόκλιση	24.71	13.84	14.58	8.89	4.12
Σ. Μεταβλητότητας	0.844	0.688	0.587	0.619	
/*Lexis ratio					*2.99
Ασυμμετρία	1.53	2.74	2.5	4.19	1.852
Τ. σφάλμα	0.26	0.17	0.23	0.24	0.434
Κύρτωση	2.3	11.79	11.29	27.23	2.42
Τ. σφάλμα	0.52	0.33	0.45	0.47	0.85

2.3.2. Έλεγχοι καλής προσαρμογής κατανομών

Ο έλεγχος καλής προσαρμογής είναι μια διαδικασία ελέγχου υποθέσεων κατά την οποία προσπαθούμε να αποφασίσουμε αν μια εμπειρική κατανομή συχνοτήτων, συμφωνεί ή δεν συμφωνεί με κάποια θεωρητική κατανομή. Στον παραμετρικό έλεγχο υπόθεσης με τη βοήθεια της κατανομής χ^2, προσπαθούμε να προσδιορίσουμε αν ένα δείγμα, του οποίου τα στοιχεία αποτελούν παρατηρήσεις μιας τυχαίας μεταβλητής, συμφωνεί με την υπόθεση ότι το δείγμα αυτό πάρθηκε από ένα πληθυσμό του οποίου τα στοιχεία ακολουθούν μια δοσμένη θεωρητική κατανομή. Σ' αυτή την περίπτωση, η ανάλυση εξαρτάται από την κατανομή του εκάστοτε πληθυσμού ή αλλιώς εξαρτάται από τις παραμέτρους που προσδιορίζουν την κατανομή του αντίστοιχου πληθυσμού. Ενώ, στη μη παραμετρική ανάλυση, όπως ο έλεγχος των Kolmogorov-Smirnov (K-S), δεν γίνεται χρήση της μορφής της κατανομής του πληθυσμού. Στην παρούσα μελέτη εφαρμόστηκαν και οι δύο μορφές ελέγχου με τη χρήση του στατιστικού πακέτου λογισμικού STATGRAPHICS.

Έλεγχος με την κατανομή χ^2

Στον παραμετρικό έλεγχο με τη βοήθεια της κατανομής χ^2, αρχικά, γίνεται κατάταξη των δεδομένων του δείγματος σε k αμοιβαία αποκλειόμενες κλάσεις, όπου σημειώνεται η συχνότητα κάθε κλάσης. Στη συνέχεια, σημειώνονται οι θεωρητικές συχνότητες οι οποίες αναμένεται να προκύψουν αν το δείγμα προέρχεται πραγματικά από ένα πληθυσμό που ακολουθεί τη δοσμένη θεωρητική κατανομή. Τέλος, αν η διαφορά μεταξύ των δύο συχνοτήτων (εμπειρικών και θεωρητικών) είναι μικρή, τότε ισχυριζόμαστε ότι το δείγμα προήλθε από πληθυσμό που ακολουθεί τη δοσμένη θεωρητική κατανομή, ενώ σε αντίθετη περίπτωση, μεγάλης διαφοράς, ότι δεν

προέρχεται. Αυτό γίνεται με τον υπολογισμό του αθροίσματος

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{k} \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i},$$ όπου O_i και E_i είναι οι εμπειρικές και θεωρητικές συχνότητες αντίστοιχα.

Οι υποθέσεις του ελέγχου είναι

H_0: το δείγμα προέρχεται από πληθυσμό που ακολουθεί τη δοσμένη θεωρητική κατανομή

H_1: το δείγμα δεν προέρχεται από πληθυσμό που ακολουθεί τη δοσμένη θεωρητική κατανομή

Αν $\chi^2 < \chi_a^2$, αποδεχόμαστε τη μηδενική υπόθεση H_0,

αν $\chi^2 > \chi_a^2$, απορρίπτουμε τη μηδενική υπόθεση και αποδεχόμαστε την εναλλακτική H_1,

όπου χ_a^2 είναι η τιμή της χ^2 κατανομής με v=k-r (r είναι το πλήθος των περιορισμών) βαθμούς ελευθερίας και α επίπεδο σημαντικότητας. (Κάτος 1986)

Έλεγχος των Kolmogorov-Smirnov

Στο μη παραμετρικό έλεγχο των K-S, συγκρίνεται η αθροιστική συνάρτηση συχνοτήτων ενός δείγματος $F_S(x)$ με την αντίστοιχη μιας θεωρητικής κατανομής $F_T(x)$. Αν η συνάρτηση του δείγματος βρίσκεται κοντά στη θεωρητική, τότε συμπεραίνουμε ότι το δείγμα που μελετάμε πάρθηκε τυχαία από ένα πληθυσμό που έχει αθροιστική συνάρτηση συχνοτήτων όμοια με εκείνη της θεωρητικής κατανομής. Αρχικά, γίνεται κατάταξη όλων των δεδομένων κατά αύξουσα σειρά μεγέθους και στη συνέχεια υπολογίζονται οι αθροιστικές σχετικές συχνότητες $F_S(x)$ από τις απόλυτες συχνότητες και το μέγεθος n του δείγματος.

Οι υποθέσεις του ελέγχου των K-S γράφονται

H_0: $F_S(x) = F_T(x)$ για $-\infty \leq x \leq +\infty$

H_1: $F_S(x) \neq F_T(x)$ για ένα τουλάχιστον x

και ελέγχονται με την ποσότητα $D = \max(\max D_i, \max D_i^{'})$,

όπου $D_i = |F_S(x_i) - F_T(x_i)|$ και $D_i^{'} = |F_S(x_{i-1}) - F_T(x_i)|$ θέτοντας $F_S(x_0)=0$.

Αν $D \geq D_{a/2,\ n}$ τότε απορρίπτουμε τη μηδενική υπόθεση H_0, ενώ αν $D \leq D_{a/2,\ n}$ τότε την αποδεχόμαστε σε επίπεδο σημαντικότητας α. (Κάτος 1986)

Έλεγχος καλής προσαρμογής των Χρονικών Διαστημάτων Διαδοχικών Αφίξεων

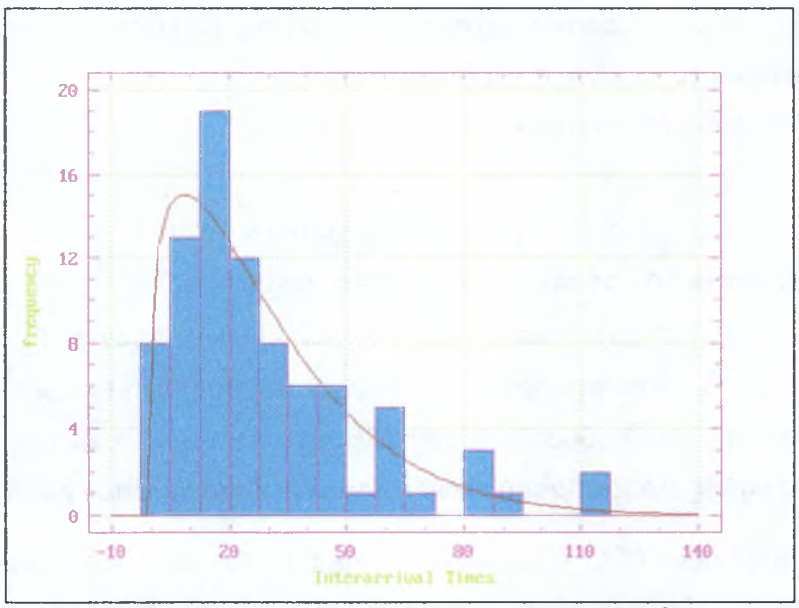
Όπως έχει ήδη αναφερθεί, εφαρμόστηκαν οι δύο παραπάνω μεθοδολογίες ελέγχου καλής προσαρμογής, με το στατιστικό πακέτο λογισμικού STATGRAPHICS, στις 94 παρατηρήσεις των 9 επεισοδίων με

περισσότερες από 5 αφίξεις. Δοκιμάστηκαν 5 θεωρητικές κατανομές, όπως η Exponential, Erlang, Gamma, Lognormal, και Weibull και τα αποτελέσματα των ελέγχων παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα 2.5, όπου x_M είναι ο δειγματικός μέσος, S η δειγματική απόκλιση, α η παράμετρος σχήματος και β η παράμετρος κλίμακας.

Πίνακας 2.5: Έλεγχος καλής προσαρμογής των Χρονικών Διαστημάτων Διαδοχικών Αφίξεων

	K-S test		χ^2 test		
	D	**p-value**	**χ^2**	**d.f.**	**p-value**
Exponential x_M=29.27	0.1246	0.1422	6.87	7	0.442
Erlang α=1, β=0.03	0.1246	0.1422	6.87	6	0.3325
Gamma α=1.48, β=0.05	0.0891	0.5095	2.42	6	0.8769
Lognormal x_M=31.75, S=38.57	0.0798	0.6509	3.89	6	0.6914
Weibull α=1.24, β=31.49	0.0968	0.402	2.87	6	0.8243

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα, δεχτήκαμε τη μηδενική υπόθεση H_0 για όλες τις κατανομές και άρα τα δεδομένα για τα Χρονικά Διαστήματα Διαδοχικών Αφίξεων θα μπορούσαν να προέρχονται από αυτές. Ξεχωρίζουμε ιδιαίτερα, τις Gamma, Lognormal και Weibull. Στο παρακάτω Σχήμα 2.9 απεικονίζονται οι κατανομές εμπειρική και θεωρητική Weibull αντίστοιχα.



Σχήμα 2.9: Εμπειρική και θεωρητική Weibull κατανομές των Χρονικών Διαστημάτων Διαδοχικών Αφίξεων

Έλεγχος καλής προσαρμογής των Χρόνων Εξυπηρέτησης

Οι δύο έλεγχοι εφαρμόστηκαν και για τα δεδομένα των Χρόνων Εξυπηρέτησης και λόγω της μεγάλης σημασίας που έχουν οι διαφορές των τιμών των παραμέτρων τους ανά τύπο ΣΚΚ, τα εξετάσαμε και χωριστά. Επειδή είχαμε μόνο μία παρατήρηση για τον σπάνια εμφανιζόμενο τύπο 1, εξετάστηκαν οι 113 παρατηρήσεις των δεδομένων του τύπου 2 και οι 103 του τύπου3 και τα αποτελέσματα των ελέγχων παρουσιάζονται στους παρακάτω Πίνακες 2.6, 2.7 και 2.8.

Πίνακας 2.6: Έλεγχος καλής προσαρμογής των Χρόνων Εξυπηρέτησης

	K-S test		χ^2 test		
	D	**p-value**	**χ^2**	**d.f.**	**p-value**
Exponential x_M=20.11	0.28	0	101.45	11	0
Erlang α=3, β=0.15	0.091	0.0518	24.99	7	0.0007
Gamma α=3.08, β=0.15	0.093	0.043	25.32	7	0.0006
Lognormal x_M=19.88, S=12.18	0.066	0.2985	8.96	6	0.1755
Weibull α=1.63, β=22.68	0.126	0.0018	39.1	7	0

Πίνακας 2.7: Έλεγχος καλής προσαρμογής των Χρόνων Εξυπηρέτησης των ΣΚΚ τύπου 2

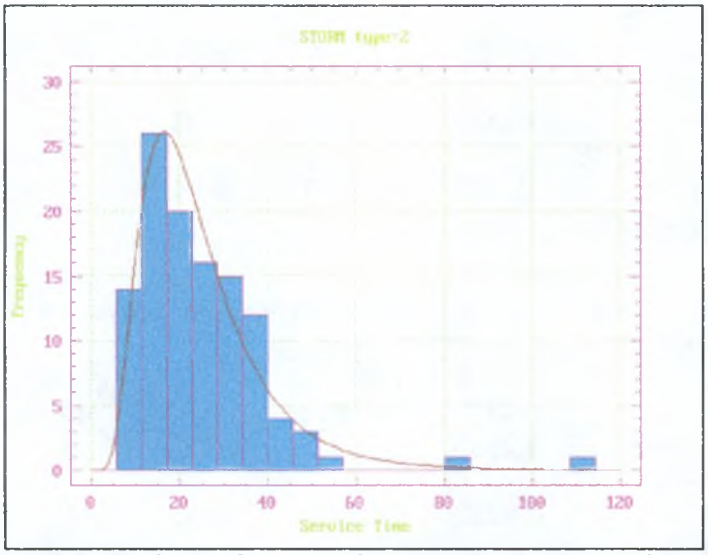
	K-S test		χ^2 test		
	D	**p-value**	**χ^2**	**d.f.**	**p-value**
Exponential x_M=24.82	0.2696	$1.4 \cdot 10^{-7}$	67.53	8	$1.5 \cdot 10^{-11}$
Erlang α=4, β=0.16	0.0753	0.543	3.88	5	0.566
Gamma α=3.78, β=0.15	0.0689	0.6554	3.83	5	0.5729
Lognormal x_M=24.79, S=13.9	0.0618	0.7811	5.35	5	0.3745
Weibull α=1.84, β=28.08	0.0761	0.529	12.82	6	0.0459

Πίνακας 2.8: Έλεγχος καλής προσαρμογής των Χρόνων Εξυπηρέτησης των ΣΚΚ τύπου 3

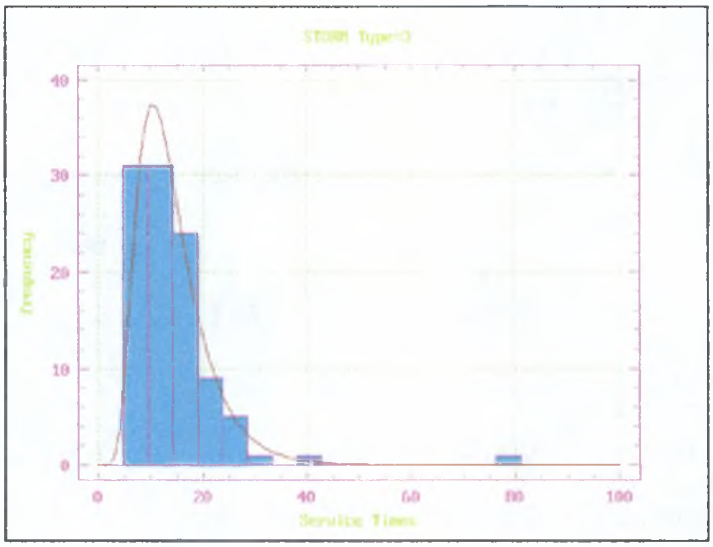
	K-S test		χ^2 test		
	D	**p-value**	**χ^2**	**d.f.**	**p-value**
Exponential x_M=14.35	0.3664	0	76.51	6	0
Erlang α=4, β=0.27	0.1145	0.1339	2.14	2	0.342
Gamma α=4.46, β=0.31	0.1162	0.1238	2.14	2	0.3423
Lognormal x_M=14.16, S=6.75	0.0896	0.3793	1.71	2	0.424

	K-S test		χ^2 test		
	D	p-value	χ^2	d.f.	p-value
Weibull α=1.79, β=16.23	0.179	0.0027	21.93	4	0.0002

Σύμφωνα με τους παραπάνω πίνακες, δεχτήκαμε τη μηδενική υπόθεση H_0 για τις κατανομές Erlang, Gamma και Lognormal για τους Χρόνους Εξυπηρέτησης των ΣΚΚ των τύπων 2 και 3, ξεχωρίζοντας ιδιαίτερα τη Lognormal, ενώ οι έλεγχοι για όλες τις παρατηρήσεις, χωρίς δηλαδή να χωριστούν ανά τύπο ΣΚΚ, έδωσαν ικανοποιητικά αποτελέσματα μόνο για τη Lognormal κατανομή. Στα παρακάτω σχήματα 2.10 και 2.11 απεικονίζονται οι κατανομές εμπειρική και θεωρητική Lognormal των χρόνων εξυπηρέτησης των ΣΚΚ τύπου 2 και 3 αντίστοιχα.



Σχήμα 2.10: Εμπειρική και θεωρητική Lognormal κατανομές των Χρόνων Εξυπηρέτησης των ΣΚΚ τύπου 2



Σχήμα 2.11: Εμπειρική και θεωρητική Lognormal κατανομές των Χρόνων Εξυπηρέτησης των ΣΚΚ τύπου 3

Έλεγχος καλής προσαρμογής του Πλήθους των ΣΚΚ ανά Επεισόδιο

Οι έλεγχοι εφαρμόστηκαν και στα δεδομένα του Πλήθους των ΣΚΚ ανά Επεισόδιο, δοκιμάζοντας 4 διακριτές κατανομές, όπως η Διωνυμική, η Αρνητική Διωνυμική, η Γεωμετρική και η Poisson. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.9.

Πίνακας 2.9: Έλεγχος καλής προσαρμογής του Πλήθους των ΣΚΚ ανά Επεισόδιο

	K-S test		χ^2 test		
	D	**p-value**	χ^2	**d.f.**	**p-value**
Binomial n=17, ρ=0.3326	0.3372	0.002	16.54	2	0.0002
Negative Binomial n=3, p=0.5304	0.2645	0.0345	9.66	2	0.007
Geometric p=0.1502	0.4786	$3.4 \cdot 10^{-6}$	36.62	2	$1.1 \cdot 10^{-8}$
Poisson x_M=5.65	0.2868	0.0169	10.84	2	0.004

Από τα αποτελέσματα των ελέγχων προέκυψε ότι απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση, σε επίπεδο σημαντικότητας 0.05, για τις εξεταζόμενες κατανομές. Τα καλύτερα πάντως αποτελέσματα φαίνεται ότι παρουσιάζει η Αρνητική Διωνυμική, η οποία σε επίπεδο 0.0345 μπορεί να αποδώσει το Πλήθος των ΣΚΚ ανά Επεισόδιο.

2.4. ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΕΜΠΕΙΡΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΤΩΝ ΕΜΦΑΝΙΖΟΜΕΝΩΝ ΣΚΚ

Από τις 217 συνολικά παρατηρήσεις των ΣΚΚ, οι 113 αφορούσαν ΣΚΚ του τύπου 2, οι 103 του τύπου 3 και μόνο 1 του σπάνια εμφανιζόμενου τύπου 1. Τα αντίστοιχα ποσοστά παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.10 και έχουν χρησιμοποιηθεί στα μοντέλα προσομοίωσης για τον καθορισμό της εμπειρικής κατανομής των εμφανιζόμενων τύπων ΣΚΚ στο εξεταζόμενο σύστημα.

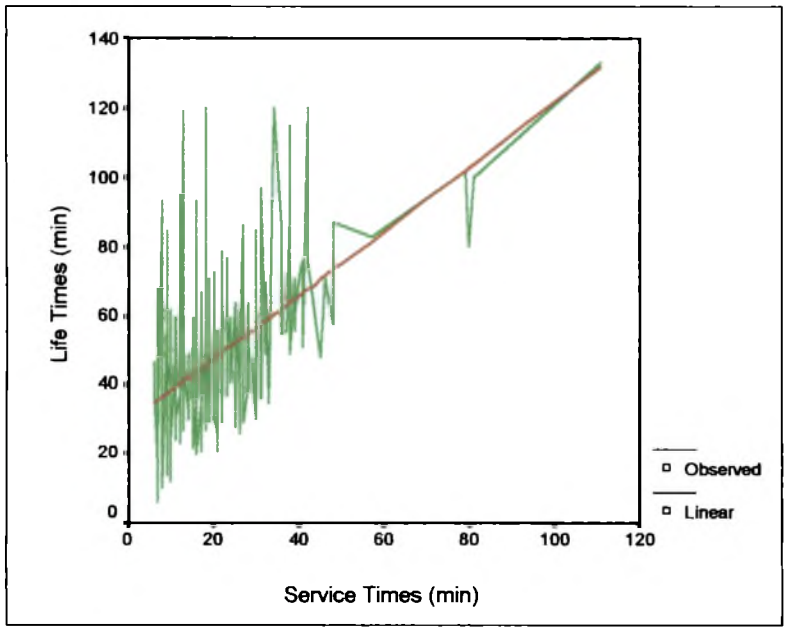
Πίνακας 2.10: Εμπειρική Κατανομή των τύπων ΣΚΚ

Τύπος ΣΚΚ	**Σχετική Συχνότητα**
1	0.0046
2	0.52073
3	0.47465

2.5. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΠΑΡΑΜΟΝΗΣ ΤΩΝ ΟΝΤΟΤΗΤΩΝ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Στην παράγραφο αυτή προσδιορίζεται ο Χρόνος Παραμονής στο σύστημα των ΣΚΚ σε συνάρτηση με το Χρόνο Εξυπηρέτησής τους. Για το σκοπό αυτό, εφαρμόστηκε η Ανάλυση Παλινδρόμησης με χρήση των δεδομένων των 217 παρατηρήσεων των δύο μεταβλητών, ώστε από την προσδιορισθείσα στατιστική σχέση τους να μπορεί από την τιμή του Χρόνου Εξυπηρέτησης ενός ΣΚΚ να υπολογίζεται ο Χρόνος Παραμονής του στο σύστημα. Οι δύο μεταβλητές έχουν φυσική σχέση, αφού ο Χρόνος Εξυπηρέτησης ενός ΣΚΚ που είναι η χρονική διάρκεια σποράς του, είναι ένα ποσοστό του Χρόνου Παραμονής του στο σύστημα.

Για την ανάλυση χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο λογισμικού SPSS και εξετάστηκε η καταλληλότητα 4 συναρτήσεων παλινδρόμησης, όπως της γραμμικής, της παραβολικής, της κυβικής και της λογαριθμικής. Στο παρακάτω Σχήμα 2.12 απεικονίζονται οι παρατηρήσεις και η γραμμική καμπύλη παλινδρόμησης, ενώ στον Πίνακα 2.11 οι αναλύσεις διακύμανσης (ANOVA) και στον Πίνακα 2.12 οι συντελεστές προσδιορισμού.



Σχήμα 2.12: Απεικόνιση των παρατηρήσεων και της γραμμικής καμπύλης παλινδρόμησης

Πίνακας 2.11: Ανάλυση διακύμανσης των προτεινόμενων καμπυλών παλινδρόμησης

Καμπύλη	Πηγές διακύμανσης	Βαθμοί ελευθ.	Αθροίσματα τετραγώνων	Μέσα αθροίσμ. τετραγ.
Γραμμική	Παλ/μηση	1	35272.06	35272.06
	Κατάλοιπα	215	74877.98	348.27

Καμπύλη	Πηγές διακύμανσης	Βαθμοί ελευθ.	Αθροίσματα τετραγώνων	Μέσα αθροίσμ. τετραγ.
Παραβολική	Παλ/μηση	2	35359.32	17679.66
	Κατάλοιπα	214	74790.72	349.48
Κυβική	Παλ/μηση	3	35402.38	11800.79
	Κατάλοιπα	213	74747.66	350.92
Λογαριθμική	Παλ/μηση	1	30765.7	30765.7
	Κατάλοιπα	215	79384.35	369.23

Πίνακας 2.11 (συνέχεια)

Καμπύλη	F	p-value
Γραμμική	101.27	0
Παραβολική	50.58	0
Κυβική	33.62	0
Λογαριθμική	83.32	0

Πίνακας 2.12: Συντελεστές Προσδιορισμού

Καμπύλη	R^2	Διορθωμένος R^2
Γραμμική	0.3202	0.317
Παραβολική	0.321	0.3146
Κυβική	0.3214	0.3118
Λογαριθμική	0.2793	0.2759

Από τις τιμές του δείκτη F της ανάλυσης της διακύμανσης και του ελάχιστου επιπέδου σημαντικότητας συμπεραίνουμε τη μη καταλληλότητα των εξεταζόμενων καμπυλών. Ακόμη, από τους διορθωμένους συντελεστές προσδιορισμού παρατηρούμε, με εξαίρεση τη λογαριθμική, περίπου τα ίδια ποσοστά (32%) εξήγησης της συνολικής διακύμανσης των παρατηρούμενων τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής από τις προτεινόμενες καμπύλες. Παρά τη σχετικά μικρή τιμή 0.32 του R^2 για τη γραμμική παλινδρόμηση, εν τούτοις προτείνεται ως η αντιπροσωπευτικότερη των υπολοίπων και επιπλέον για την απλότητα στους υπολογισμούς κατά την εφαρμογή της στα μοντέλα προσομοίωσης.

Η εξίσωση παλινδρόμησης του Χρόνου Παραμονής (ΧΠ) και του Χρόνου Εξυπηρέτησης εκφράζεται ως ΧΠ = 29.188 + 0.923*ΧΕ

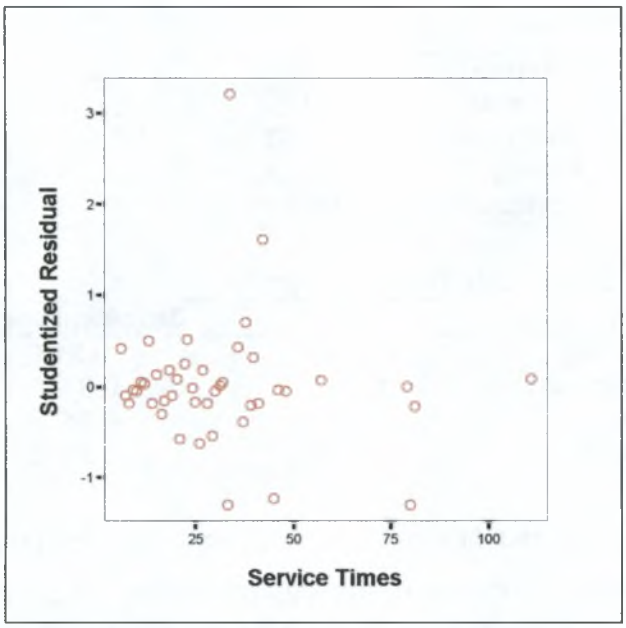
και στον Πίνακα 2.13 παρουσιάζονται οι μεταβλητές της.

Πίνακας 2.13: Μεταβλητές της εξίσωσης γραμμικής παλινδρόμησης

Μοντέλο	Συντελ.	Τυπικό σφάλμα	t	p-value	95% Διάστημα εμπιστοσύνης	
					Κάτω	Άνω
Σταθ. όρος	29.188	2.238	13.04	0	24.77	33.6
κλίση	0.923	0.092	10.06	0	0.74	1.1

Επίσης, να σημειωθεί ότι ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης που υπολογίζεται από τη σχέση $r^2 = R^2 = 0.3202$ είναι $r = 0.565$.

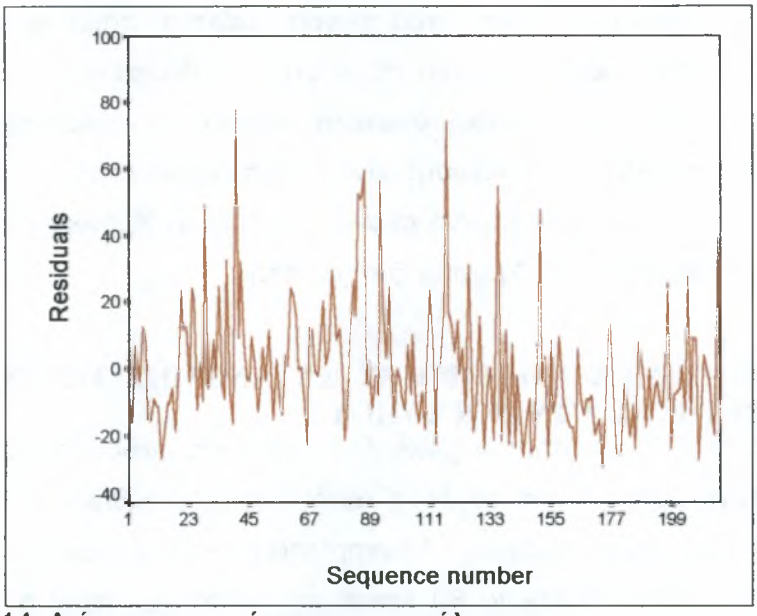
Στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση των κατάλοιπων (Residual analysis) για την εξέταση αιτιών απόκλισης από το μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης. Για το σκοπό αυτό έγιναν τα διαγράμματα των Σχημάτων 2.13, 2.14 και 2.15.



Σχήμα 2.13: Διάγραμμα των studentized κατάλοιπων έναντι της ανεξάρτητης μεταβλητής

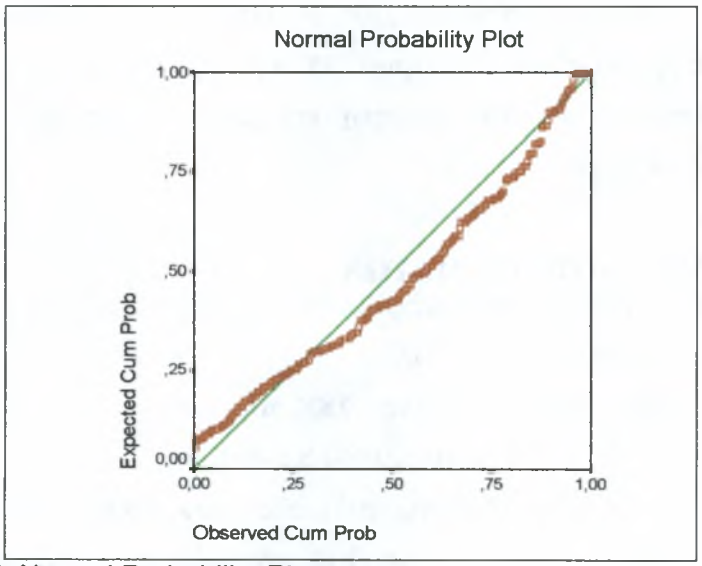
Από το παραπάνω διάγραμμα του Σχήματος 2.13 μπορούμε να συμπεράνουμε τη γραμμικότητα της συνάρτησης παλινδρόμησης, από τη συγκέντρωση των κατάλοιπων σε μια στενή ζώνη γύρω από τη βασική γραμμή 0. Ακόμη, παρατηρούμε τη μη σταθερή διακύμανση των όρων των σφαλμάτων που μπορεί να θεωρηθεί ως μια πιθανή αιτία της απόκλισης από τη γραμμικότητα. Τέλος, την εμφάνιση ορισμένων τιμών να ξεχωρίζουν από τις υπόλοιπες κι αυτό μπορεί να είναι μια δεύτερη αιτία απόκλισης, αν και η πιο ακραία τιμή φαίνεται μόλις να ξεπερνά τις 3 προσεγγιστικές τυπικές αποκλίσεις.

Παρατηρώντας το διάγραμμα συνέχειας των κατάλοιπων του Σχήματος 2.14, βλέπουμε την ταλάντωση των κατάλοιπων γύρω από τη βασική γραμμή 0, με τη διαφορά ότι δεν φαίνεται να είναι τόσο τυχαία αυτή η ταλάντωση. Ίσως να μην είναι τόσο ανεξάρτητοι οι όροι των σφαλμάτων κι αυτό να είναι ακόμη ένας λόγος της απόκλισης από τη γραμμικότητα.



Σχήμα 2.14: Διάγραμμα συνέχειας των κατάλοιπων

Στο παρακάτω Σχήμα 2.15 απεικονίζεται το διάγραμμα NPP των κατάλοιπων έναντι των αναμενόμενων τιμών υπό κανονικότητα, με το οποίο εξετάζεται αν οι όροι των σφαλμάτων ακολουθούν την κανονική κατανομή. Παρατηρούμε ότι υπάρχει κάποια μικρή απόκλιση που μπορεί όμως και να οφείλεται στη μη σταθερότητα της διακύμανσης. (Neter et al., 1996)



Σχήμα 2.15: Normal Probability Plot

Από τη φυσική σχέση των Χρόνων Παραμονής στο σύστημα και των Χρόνων Εξυπηρέτησης των ΣΚΚ, από το διάγραμμα των παρατηρήσεων και της καμπύλης της γραμμικής παλινδρόμησης, από το γεγονός ότι δεν υπάρχει άλλη καλύτερη επιλογή, από την ανάλυση των κατάλοιπων με την

ανάδειξη των αιτιών απόκλισης από τη γραμμικότητα, παρά τις αρνητικές τιμές των ελέγχων για τη γραμμική παλινδρόμηση, θεωρείται ότι μπορεί να επιλεχθεί ως αντιπροσωπευτική καμπύλη. Άλλωστε ο ρόλος της σχέσης αυτής στα μοντέλα προσομοίωσης είναι συμπληρωματικός και δεν είναι τόσο κρίσιμος για το εξεταζόμενο σύστημα, όπως τα Χρονικά Διαστήματα Διαδοχικών Αφίξεων και οι Χρόνοι Εξυπηρέτησης.

2.6. ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΕΜΠΕΙΡΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΤΩΝ ΧΡΟΝΩΝ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΤΩΝ ΣΚΚ ΤΥΠΟΥ 1

Από τις 217 παρατηρήσεις των ΣΚΚ, μόνο μία αφορούσε τον σπάνια εμφανιζόμενο τύπο 1. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε η Τριγωνική κατανομή για τους Χρόνους Εξυπηρέτησης αυτού του τύπου. Ως επικρατούσα τιμή τέθηκαν τα 80 λεπτά της ώρας που ήταν η μοναδική παρατηρούμενη, ενώ η ελάχιστη και μέγιστη τιμή υπολογίστηκαν με τη συνάρτηση παλινδρόμησης της προηγούμενης παραγράφου. Στην τελευταία, τέθηκαν προσεγγιστικά οι Χρόνοι Ζωής 60 και 120 λεπτά της ώρας, αφού ελήφθησαν υπόψη οι αποστάσεις της περιοχής από δυσμάς προς ανατολάς και από βορρά προς νότο, καθώς επίσης η ταχύτητα κίνησης της μοναδικής παρατήρησης, από δυτικά προς ανατολικά με 65 km/h που ήταν και η μέγιστη ταχύτητα κίνησης του συνόλου των ΣΚΚ, όπως επίσης και η μέση ταχύτητα των ΣΚΚ, 30 km/h. Τότε, το αποτέλεσμα για τους Χρόνους Εξυπηρέτησης ήταν 33 και 98 λεπτά της ώρας που χρησιμοποιήθηκαν για την ελάχιστη και μέγιστη τιμή της τριγωνικής κατανομής αντίστοιχα.

2.7. ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Στην παράγραφο αυτή συνοψίζονται τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης των δεδομένων του ΕΠΧΠ.

- Η πιθανότητα άφιξης ενός ΣΚΚ του τύπου 1 είναι 0.0046, του τύπου 2 0.52073 και του τύπου 3 0.47465.
- Για τα Χρονικά Διαστήματα Διαδοχικών Αφίξεων επιλέχθηκε η θεωρητική Weibull κατανομή με παραμέτρους σχήματος 1.25 και κλίμακας 31.5 min.
- Για τους Χρόνους Εξυπηρέτησης των ΣΚΚ του τύπου 1 επιλέχθηκε η Τριγωνική κατανομή με επικρατούσα τιμή 80, ελάχιστη 33 και μέγιστη 98 min. Για τους τύπους 2 και 3 επιλέχθηκε η θεωρητική

Lognormal κατανομή με μέση τιμή 24.79 και 14.16 min αντίστοιχα και τυπική απόκλιση 13.9 και 6.75 min αντίστοιχα.

- Για τον υπολογισμό του Χρόνου Παραμονής (ΧΠ) στο σύστημα ενός ΣΚΚ από το Χρόνο Εξυπηρέτησής του (ΧΕ) προσδιορίστηκε η στατιστική συνάρτηση ΧΠ = 29.188 + 0.923*ΧΕ
- Για το πλήθος των ΣΚΚ ανά επεισόδιο επιλέχθηκε η διωνυμική κατανομή με αριθμό δοκιμών 17 και πιθανότητα 0.3326.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ, ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΚΑΙ ΕΓΚΥΡΟΤΗΤΑ ΜΟΝΤΕΛΩΝ

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται αναλυτικά η ανάπτυξη των μοντέλων προσομοίωσης, υλοποιώντας το εννοιολογικό σχήμα που αναπτύχθηκε στο κεφάλαιο 3 σε εφαρμογή προγράμματος προσομοίωσης. Επίσης γίνεται η επαλήθευσή τους και εξετάζεται η εγκυρότητά τους.

3.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

3.1.1. Μοντέλο-1 με 1 εξυπηρετητή

Τα βασικά τμήματα που απαρτίζουν το μοντέλο-1 είναι:

- ο έλεγχος των διακριτών γεγονότων
- η είσοδος των οντοτήτων στην προσομοίωση
- ο προσδιορισμός των χαρακτηριστικών των οντοτήτων και η απόδοση τιμών
- η αναμονή τους
- η απόφαση πραγματοποίησης ή μη της εξυπηρέτησης κάθε οντότητας
- υπόλοιπο παραμονής στην προσομοίωση των οντοτήτων χωρίς εξυπηρέτηση
- ολοκλήρωση εξυπηρέτησης οντοτήτων και υπόλοιπο παραμονής τους στην προσομοίωση
- η περίπτωση διακοπής της εξυπηρέτησης οντοτήτων και υπόλοιπο παραμονής τους στην προσομοίωση
- η αναχώρησή τους από την προσομοίωση
- ο υπολογισμός και η καταγραφή παραμέτρων εξόδου
- ο τερματισμός της προσομοίωσης.

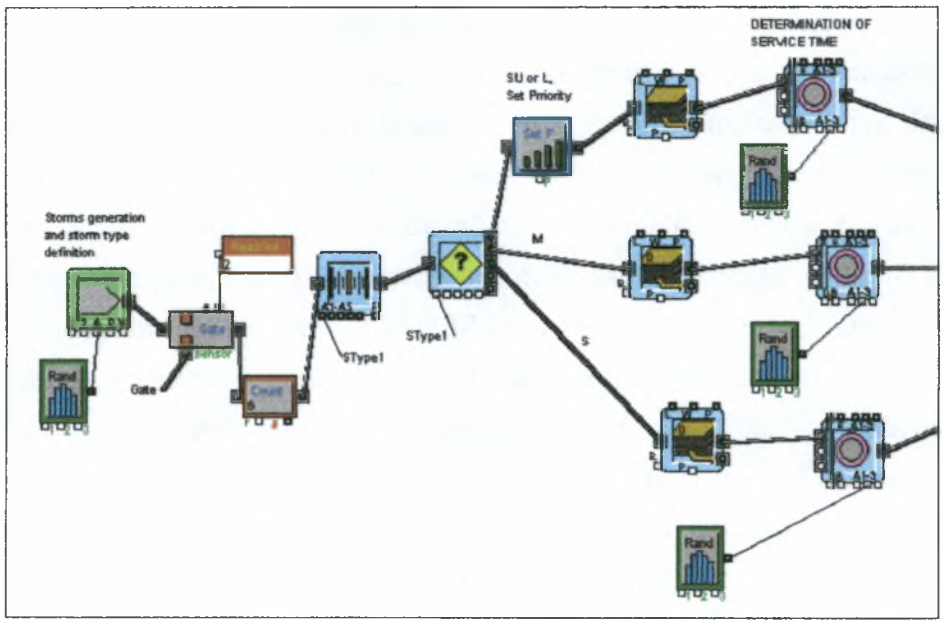
Έλεγχος διακριτών γεγονότων

Πρώτο αριστερά στην οθόνη τοποθετείται το Executive block της Discrete Event βιβλιοθήκης που είναι η καρδιά κάθε μοντέλου προσομοίωσης διακριτών γεγονότων και το οποίο ελέγχει το χρονισμό και το πέρασμα των γεγονότων.

Είσοδος των οντοτήτων στην προσομοίωση

Η είσοδος των οντοτήτων στην προσομοίωση γίνεται με το Import block της BPR βιβλιοθήκης του λογισμικού υποστήριξης ανάπτυξης εφαρμογών προσομοίωσης Extend (Diamond 1998 και Diamond 1997). Στην επιλογή Items και στο διάλογο της κατανομής τέθηκε η Weibull κατανομή με παραμέτρους shape=1.25 και scale=31.5, όπως αυτές

προσδιορίστηκαν στην παράγραφο 2.3. Αμέσως μετά, τέθηκε το Gate block της Discrete Event βιβλιοθήκης, του οποίου ο sensor συνδέθηκε με την έξοδο του Merge block αμέσως πριν το Export block στο τέλος του μοντέλου. Στο διάλογο Items allowed τέθηκε η τιμή 10 που αντιπροσωπεύει τον επιτρεπτό αριθμό οντοτήτων στο μοντέλο σε μια δεδομένη χρονική στιγμή, περιορίζοντας αν χρειαστεί την τροφοδότηση του μοντέλου με μη επιτρεπτό αριθμό οντοτήτων από το Import block.



Σχήμα 3.1: Είσοδος οντοτήτων, προσδιορισμός χαρακτηριστικών τους και απόδοση τιμών

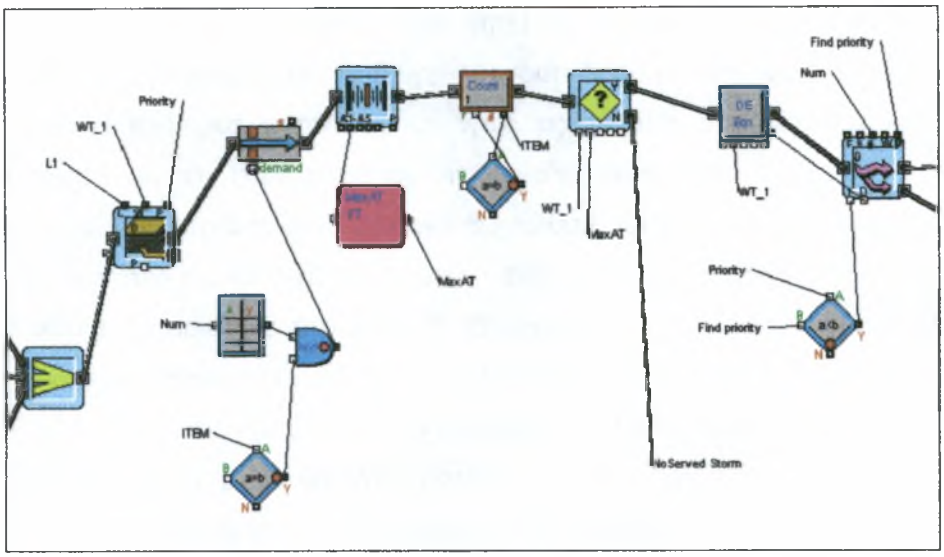
Προσδιορισμός χαρακτηριστικών στις οντότητες και απόδοση τιμών

Με την είσοδο μιας οντότητας στο μοντέλο προστίθενται σ' αυτή ορισμένα χαρακτηριστικά, όπως ο τύπος, η προτεραιότητα και ο χρόνος εξυπηρέτησής της, με τις αντίστοιχες τιμές τους. Πρώτα απ' όλα, με το Input Random Number block της Generic βιβλιοθήκης που συνδέεται στην είσοδο τιμών A του χαρακτηριστικού του Import block τίθεται ο τύπος της οντότητας με το όνομα χαρακτηριστικού STORM_TYPE, σύμφωνα με την εμπειρική κατανομή που γράφηκε μέσα στο Input Random Number block και είναι η κατανομή που παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.10. Ακόμη, τίθεται στην επιλογή των χαρακτηριστικών του Import block η αρχική τιμή 2 για την προτεραιότητα κάθε οντότητας. Στη συνέχεια, η οντότητα κατευθύνεται στο Measurement block της BPR βιβλιοθήκης, όπου αναγνωρίζεται ο τύπος της και αμέσως μετά στο Decision (5) block της ίδιας βιβλιοθήκης, το οποίο με βάση το μικρό πρόγραμμα που έχει γραφεί σ' αυτό κατευθύνει την οντότητα

σε έναν από τρεις δρόμους, ανάλογα με τον τύπο της. Ο πρώτος δρόμος, ο επάνω στην οθόνη του Η/Υ, επιλέγεται από μια οντότητα με τύπο 1, ο δεύτερος, ο μεσαίος στην οθόνη, επιλέγεται από μια οντότητα με τύπο 2, ενώ ο τρίτος από μια οντότητα με τύπο 3. Οι τρεις αυτοί δρόμοι ενώνονται με το Merge block της BPR βιβλιοθήκης πριν καταλήξουν στο Stack block της ίδιας βιβλιοθήκης. Ο πρώτος δρόμος, μεταξύ του Decision (5) και του Merge block αποτελείται από 4 blocks, εκ των οποίων το πρώτο, το Set Priority της Discrete Event βιβλιοθήκης, αλλάζει από 2 σε 1 την τιμή της προτεραιότητας της διερχόμενης οντότητας, θέτοντας με τον τρόπο αυτό υψηλότερη προτεραιότητα στις οντότητες με τύπο 1. Στη συνέχεια, έπεται ένα Stack block για πρακτικούς λόγους του μοντέλου χωρίς ιδιαίτερη σημασία και αμέσως μετά ο συνδυασμός του Operation block της BPR βιβλιοθήκης και του Input Random Number block. Το Operation block λειτουργεί για να θέσει ένα επιπλέον χαρακτηριστικό με την τιμή του στη διερχόμενη οντότητα, το χρόνο εξυπηρέτησής της με το όνομα SERVICE_TIME. Η τιμή τροφοδοτείται από το Input Random Number block, στο οποίο έχει τεθεί η Τριγωνική κατανομή με τις τιμές των παραμέτρων που προσδιορίστηκαν στην παράγραφο 2.6 και συνδέεται σε μια από τις τρεις εισόδους τιμών A των χαρακτηριστικών του Operation block. Ο δεύτερος δρόμος, μεταξύ του Decision (5) και του Merge block, αποτελείται από τα ίδια blocks, χωρίς όμως το Set Priority, αφού ακολουθείται από τις οντότητες του τύπου 2 που διατηρούν την αρχική χαμηλή τους προτεραιότητα με τιμή 2. Τα Stack, Operation και Input Random Number blocks λειτουργούν όπως προηγουμένως, με τη μόνη διαφορά ότι η τεθείσα κατανομή στο Input Random Number block είναι η Lognormal με τις τιμές των παραμέτρων της που ορίστηκαν για τους χρόνους εξυπηρέτησης των οντοτήτων του τύπου 2 στην παράγραφο 2.3. Κι ο τρίτος δρόμος είναι παρόμοιος με το δεύτερο, με τη μόνη διαφορά των τιμών των παραμέτρων της Lognormal κατανομής στο Input Random Number block για τους χρόνους εξυπηρέτησης των οντοτήτων του τύπου 3, όπως υπολογίζονται στην παράγραφο 2.3.

Αναμονή

Μετά το Merge block, όπως ήδη αναφέρθηκε, η οντότητα οδηγείται στο Stack block που είναι του τύπου ουράς αναμονής με προτεραιότητα και στο οποίο καταγράφονται ο χρόνος αναμονής κάθε οντότητας σε min και το μήκος της σε κάθε κατάσταση του μοντέλου.



Σχήμα 3.2: Αναμονή και απόφαση πραγματοποίησης ή μη της εξυπηρέτησης

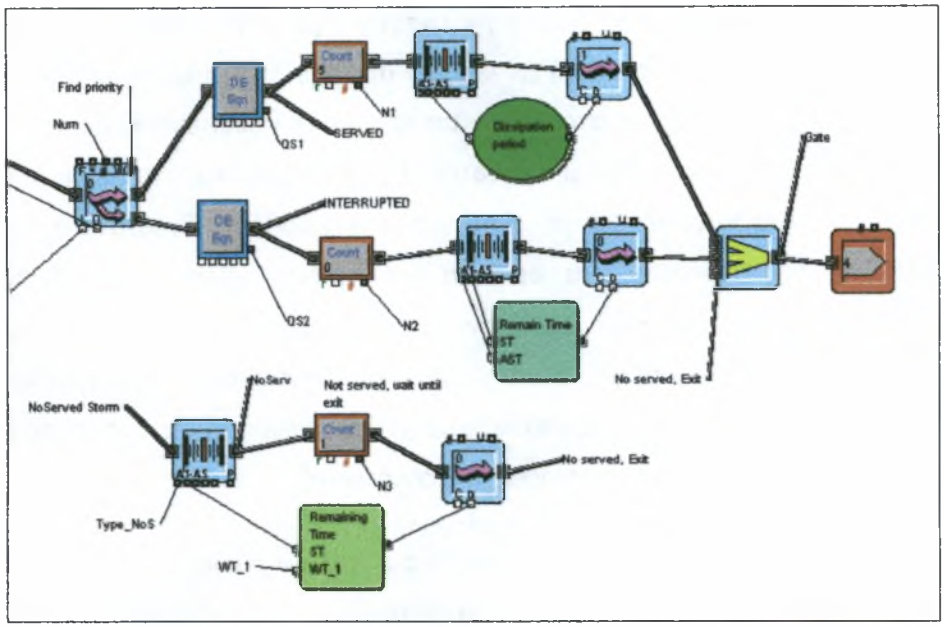
Απόφαση πραγματοποίησης ή μη της εξυπηρέτησης

Μεταξύ του Stack block της αναμονής για εξυπηρέτηση και του Transaction-Preemptive block της εξυπηρέτησης, μεσολαβεί ένας αριθμός από άλλα blocks, με τα οποία αποφασίζεται αν θα γίνει τελικά η εξυπηρέτηση της οντότητας λόγω υπερβολικής αναμονής, δηλαδή αν μετά το Stack block η οντότητα θα καταλήξει ή όχι στο Transaction-Preemptive block. Το Activity-Service block της Discrete Event βιβλιοθήκης που τροφοδοτείται με την τιμή 1 (On) ή 0 (Off), από το συνδυασμό των blocks της Generic βιβλιοθήκης, Conversion-Table, Decision και Logical AND, ανοίγει και επιτρέπει σε μια οντότητα από την αναμονή να μεταβεί στο Decision (2) block, όταν στο Transaction-Preemptive block δεν υπάρχει οντότητα που εξυπηρετείται και επίσης δεν υπάρχει οντότητα που να κινείται προς το block αυτό. Διαφορετικά, ο συνδυασμός των 3 blocks τροφοδοτούν με 0 το Activity-Service και οι οντότητες παραμένουν στο Stack block. Αν επιτραπεί από το Activity-Service η έξοδος από την ουρά αναμονής μιας οντότητας, τότε αυτή περνά από το Measurement block, όπου διαβάζεται ο χρόνος εξυπηρέτησης της οντότητας και στο ιεραρχικό block MaxAT υπολογίζεται το 70% του χρόνου εξυπηρέτησης που αποτελεί το μέγιστο επιτρεπόμενο χρόνο αναμονής μιας οντότητας στην ουρά. Η οντότητα πηγαίνει στο Decision (2) block, όπου συγκρίνονται ο χρόνος αναμονής της οντότητας στην ουρά με το μέγιστο επιτρεπόμενο χρόνο αναμονής κι αποφασίζεται αν θα μεταβεί η οντότητα στο Transaction-Preemptive block για εξυπηρέτηση ή δεν θα μεταβεί, επειδή η αναμονή ήταν μεγαλύτερη από το 70% του χρόνου εξυπηρέτησης. Μεταξύ των Measurement και Decision

(2) blocks βρίσκονται τα Count Items της Discrete Event βιβλιοθήκης και Decision blocks που τροφοδοτούν με την τιμή της μεταβλητής ITEM το Decision block που συμμετέχει στην τροφοδότηση του Activity-Service block. Τα Blocks αυτά συνδυάζονται για να ξεπεραστεί κάποιο πρόβλημα που παρατηρήθηκε αρχικά, καθώς έφευγε μια οντότητα από την ουρά και πήγαινε για εξυπηρέτηση, από πίσω έφευγε και η δεύτερη (όταν υπήρχε) οντότητα που περίμενε στην ουρά και πήγαινε στο Decision (2) block, για όσο χρόνο η πρώτη εξυπηρετούνταν στο Transaction-Preemptive block. Σ' αυτή την περίπτωση δεν καταγράφονταν σωστά ο χρόνος αναμονής της δεύτερης οντότητας που έφευγε νωρίτερα από την ουρά, επηρεάζοντας τα αποτελέσματα της προσομοίωσης. Ενώ με το συνδυασμό αυτών των blocks η δεύτερη οντότητα παραμένει στην ουρά, καθώς η πρώτη της ουράς κινείται για εξυπηρέτηση.

Οντότητες χωρίς εξυπηρέτηση

Αν στο Decision (2) block αποφασιστεί ότι η οντότητα δεν επιτρέπεται πλέον να εξυπηρετηθεί, τότε ακολουθεί ένα διαφορετικό δρόμο προς την έξοδο από μια οντότητα που θα εξυπηρετηθεί. Αρχικά, περνά από ένα Measurement block, όπου διαβάζονται ο τύπος και ο χρόνος εξυπηρέτησής της, στη συνέχεια περνά από ένα Count Item block που λειτουργεί ως μετρητής των μη εξυπηρετηθέντων οντοτήτων και πριν την έξοδο παραμένει μέσα σ' ένα Transaction block, όπου καθυστερείται για κάποιο χρονικό διάστημα που υπολογίζεται από το ιεραρχικό block Remaining Time. Το ιεραρχικό αυτό block δέχεται ως είσοδο το χρόνο εξυπηρέτησης και το χρόνο αναμονής της οντότητας στην ουρά. Από το χρόνο εξυπηρέτησης υπολογίζεται, σύμφωνα με τη στατιστική εξίσωση ΧΠ=29.188+0.923·ΧΕ της παραγράφου 2.5, ο χρόνος παραμονής της οντότητας στο σύστημα. Απ' αυτό το χρόνο αφαιρείται ο χρόνος αναμονής στην ουρά και η διαφορά είναι ο υπόλοιπος χρόνος που πρέπει να καθυστερήσει η οντότητα πριν αναχωρήσει από το σύστημα. Το Threshold block της Generic βιβλιοθήκης απορρίπτει τις αρνητικές τιμές, εξασφαλίζοντας την τιμή 0, σε περίπτωση που ο χρόνος αναμονής στην ουρά είναι μεγαλύτερος από το χρόνο παραμονής. Στη συνέχεια, η μη εξυπηρετηθείσα οντότητα κατευθύνεται προς το Merge block, όπου καταλήγουν και οι άλλες δύο δυνατές διαδρομές μιας οντότητας μέσα στο μοντέλο πριν την έξοδο.



Σχήμα 3.3: Οντότητες με εξυπηρέτηση, με διακοπή της εξυπηρέτησης, χωρίς εξυπηρέτηση. Υπόλοιπο παραμονής στο σύστημα και Αναχώρηση.

Οντότητες με εξυπηρέτηση

Επιστρέφουμε στο Decision (2) block στην περίπτωση που η οντότητα προωθείται για εξυπηρέτηση στο Transaction-Preemptive block. Πριν το τελευταίο παρεμβάλλεται το DE Equation block της Discrete Event βιβλιοθήκης, το οποίο υπολογίζει τον πραγματικό χρόνο εξυπηρέτησης της οντότητας αφαιρώντας το χρόνο αναμονής από το χρόνο εξυπηρέτησης και τον εισάγει ως ένα επιπλέον χαρακτηριστικό της οντότητας με το όνομα Actual_ST. Με το χρόνο αυτό τροφοδοτείται δυναμικά ο διάλογος Transaction time της επιλογής Activity στο Transaction-Preemptive block. Στην περίπτωση που στην ουρά εμφανιστεί οντότητα του τύπου 1, με υψηλότερη προτεραιότητα από την ήδη εξυπηρετούμενη, τύπου 2 ή 3, τότε γίνεται διακοπή της εξυπηρέτησης και εξέρχεται η οντότητα από την κάτω, όπως φαίνεται στην οθόνη του Η/Υ, έξοδο του Transaction-Preemptive block. Ενώ, στην περίπτωση της κανονικής ολοκλήρωσης της εξυπηρέτησης η οντότητα εξέρχεται από την επάνω έξοδο. Όταν πληρούνται οι προϋποθέσεις διακοπής της εξυπηρέτησης, η διακοπή εκτελείται από το Decision block που τροφοδοτεί με την τιμή 1 την είσοδο τιμής της διακοπής I. Το Decision block που τροφοδοτείται με τις προτεραιότητες της οντότητας που εξυπηρετείται στο Transaction-Preemptive block και της οντότητας στο προτεραιότητας Stack block, τις συγκρίνει μεταξύ τους και ανάλογα στέλνει την τιμή 1 αν ισχύουν οι προϋποθέσεις της διακοπής και 0 αν δεν ισχύουν. Στην επιλογή Preempt του Transaction-Preemptive block, στους διαλόγους

έχει τεθεί ότι η διακοπή θα γίνει στην οντότητα με την μικρότερη σε αξία προτεραιότητα (υψηλότερη τιμή) αν και δεν υπάρχει περίπτωση να υπάρχει άλλη οντότητα ταυτόχρονα στο block, αφού έχει δηλωθεί στους διαλόγους της επιλογής Activity ότι μόνο μία οντότητα θα εξυπηρετείται στο block αυτό, σε μια δεδομένη χρονική στιγμή. Επιπλέον, έχει δοθεί η δυνατότητα στην περίπτωση της διακοπής να ορίζεται ένα ακόμη χαρακτηριστικό των οντοτήτων με το όνομα AST, το οποίο παίρνει ως τιμή τον υπολοιπόμενο χρόνο μέχρι να ολοκληρωθεί η εξυπηρέτηση. Ο χρόνος αυτός είναι χρήσιμος στον υπολογισμό αφ' ενός του υπόλοιπου χρόνου παραμονής στο σύστημα και αφ' ετέρου της ποιότητας σποράς της οντότητας.

Οντότητες με ολοκλήρωση της εξυπηρέτησης

Συνεχίζοντας, στην περίπτωση που ολοκληρώνεται κανονικά η εξυπηρέτηση, η οντότητα που φεύγει από το Transaction-Preemptive block από την επάνω έξοδο, περνά από ένα DE Equation block, όπου υπολογίζεται η ποιότητα σποράς της οντότητας. Ως ποιότητα σποράς ορίστηκε ο λόγος του πραγματικού χρόνου εξυπηρέτησης που εκφράζεται με την τιμή του χαρακτηριστικού Actual_ST προς τον απαιτούμενο χρόνο εξυπηρέτησης της οντότητας που εκφράζεται από την τιμή του χαρακτηριστικού SERVICE_TIME. Επαναλαμβάνεται εδώ ότι ο πραγματικός χρόνος εξυπηρέτησης, σ' αυτήν την περίπτωση χωρίς διακοπή, υπολογίστηκε αφαιρώντας το χρόνο αναμονής από τον απαιτούμενο χρόνο εξυπηρέτησης. Το DE Equation block προσθέτει την ποιότητα σποράς ως ένα επιπλέον χαρακτηριστικό, στην οντότητα που διέρχεται απ' αυτό, με το όνομα QS. Αμέσως μετά, η οντότητα περνά διαδοχικά από ένα Count Items block που λειτουργεί ως μετρητής των οντοτήτων με εξυπηρέτηση και ένα Measurement block, στο οποίο διαβάζεται ο απαιτούμενος χρόνος εξυπηρέτησης της οντότητας και καταλήγει σ' ένα Transaction block, όπου παραμένει για κάποιο χρονικό διάστημα πριν την έξοδο. Ο "υπόλοιπος χρόνος παραμονής" στο Transaction block τίθεται δυναμικά από το ιεραρχικό block Dissipation Period. Το ιεραρχικό αυτό block δέχεται ως είσοδο τον απαιτούμενο χρόνο εξυπηρέτησης από το Measurement block και υπολογίζει το χρόνο παραμονής της οντότητας στο σύστημα, σύμφωνα με την εξίσωση ΧΠ=29.188+0.923·ΧΕ, από τον οποίο στη συνέχεια αφαιρεί τον απαιτούμενο χρόνο εξυπηρέτησης, τον οποίο έχει ήδη διανύσει η οντότητα στο σύστημα, ώστε τελικά να προκύψει ο υπόλοιπος χρόνος παραμονής. Στη συνέχεια, η εξυπηρετηθείσα οντότητα κατευθύνεται προς το

Merge block, όπου καταλήγουν και οι άλλες δύο δυνατές διαδρομές μιας οντότητας μέσα στο μοντέλο πριν την έξοδο.

Οντότητες με διακοπή της εξυπηρέτησης

Επιστρέφοντας στο Transaction-Preemptive block και στην περίπτωση της διακοπής της εξυπηρέτησης μιας οντότητας, αυτή εξέρχεται βεβιασμένα από την κάτω έξοδο και ακολουθεί ένα παρόμοιο δρόμο, όπως μια οντότητα με ολοκληρωμένη εξυπηρέτηση. Αρχικά, εισέρχεται σ' ένα DE Equation block, όπου υπολογίζεται η ποιότητα σποράς της και προστίθεται και σ' αυτήν την περίπτωση, το νέο χαρακτηριστικό με το όνομα QS που παίρνει την υπολογιζόμενη τιμή. Επαναλαμβάνεται εδώ ότι ως ποιότητα σποράς ορίζεται το ποσοστό του απαιτούμενου χρόνου εξυπηρέτησης που ήταν πραγματικός χρόνος εξυπηρέτησης. Σ' αυτήν την περίπτωση, για τον υπολογισμό του πραγματικού χρόνου εξυπηρέτησης, εκτός από το χρόνο αναμονής στην ουρά, αφαιρείται από τον απαιτούμενο χρόνο εξυπηρέτησης και ο υπόλοιπος χρόνος, από τη στιγμή της διακοπής έως τη στιγμή που θα ολοκληρώνονταν η εξυπηρέτηση. Στη συνέχεια, περνά διαδοχικά από ένα Count Items block που λειτουργεί ως μετρητής των οντοτήτων με διακοπή της εξυπηρέτησης και ένα Measurement block, όπου διαβάζονται ο απαιτούμενος χρόνος εξυπηρέτησής της SERVICE_TIME και ο υπόλοιπος χρόνος από τη στιγμή της διακοπής έως τη στιγμή που θα ολοκληρώνονταν η εξυπηρέτηση AST. Τελικά, καταλήγει σ' ένα Transaction block, όπου παραμένει για κάποιο χρονικό διάστημα πριν την έξοδο. Ο "υπόλοιπος χρόνος παραμονής" στο Transaction block τίθεται δυναμικά από το ιεραρχικό block Remain Time. Το ιεραρχικό αυτό block δέχεται ως είσοδο τις τιμές των χαρακτηριστικών SERVICE_TIME και AST από το Measurement block και υπολογίζει το χρόνο παραμονής της οντότητας στο σύστημα, σύμφωνα με την εξίσωση ΧΠ=29.188+0.923·ΧΕ, από τον οποίο στη συνέχεια αφαιρεί τον απαιτούμενο χρόνο εξυπηρέτησης και προσθέτει τον υπόλοιπο χρόνο μεταξύ των χρονικών στιγμών της διακοπής και της ολοκλήρωσης της εξυπηρέτησης, ώστε τελικά να προκύψει ο υπόλοιπος χρόνος παραμονής. Στη συνέχεια, η εξυπηρετηθείσα οντότητα κατευθύνεται προς το Merge block, όπου καταλήγουν και οι άλλες δύο δυνατές διαδρομές μιας οντότητας μέσα στο μοντέλο πριν την έξοδο.

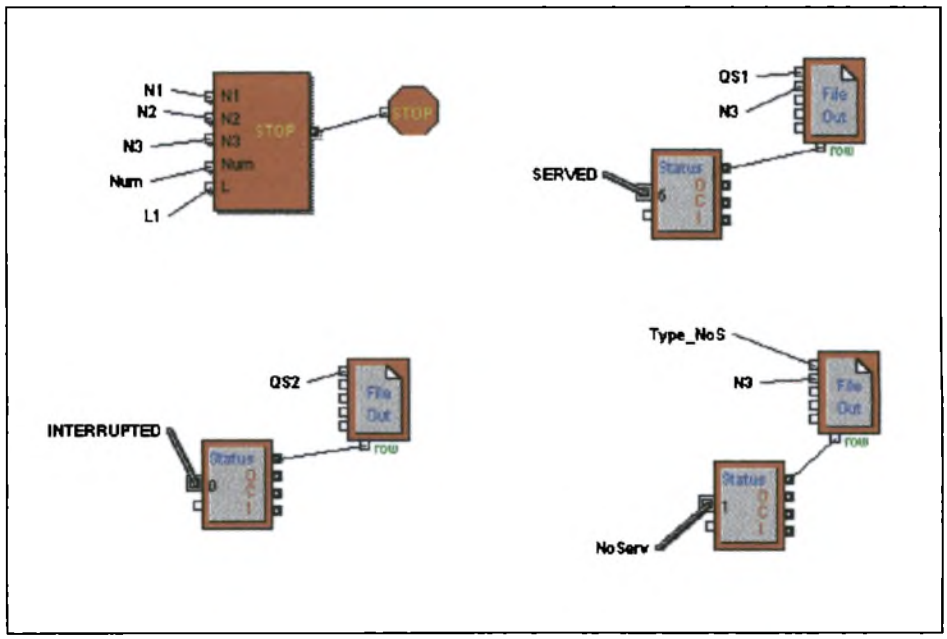
Αναχώρηση

Οι τρεις δυνατές διαδρομές που μπορεί να ακολουθήσει μια οντότητα, όπως περιγράφηκαν παραπάνω, καταλήγουν σ' ένα Merge block, το οποίο

συνδέεται με το Export block της BPR βιβλιοθήκης που διώχνει μια οντότητα από την προσομοίωση, υλοποιώντας την αναχώρησή της.

Καταγραφή παραμέτρων εξόδου

Σε τρία σημεία του μοντέλου έχουν συνδεθεί τρία ζευγάρια blocks και συγκεκριμένα το Status της Discrete Event βιβλιοθήκης και το File Output της Generic που συνεργάζονται, ώστε να καταγράφουν, το μεν πρώτο ζευγάρι την ποιότητα σποράς των εξυπηρετηθέντων οντοτήτων, το δεύτερο ζευγάρι την ποιότητα σποράς των οντοτήτων με διακοπή εξυπηρέτησης και το τρίτο τον αριθμό και τον τύπο των οντοτήτων χωρίς εξυπηρέτηση. Το Status block του πρώτου ζευγαριού συνδέεται στην έξοδο του DE Equation block που υπολογίζει την ποιότητα σποράς των εξυπηρετηθέντων οντοτήτων, το Status block του δεύτερου ζευγαριού συνδέεται στην έξοδο του DE Equation block που υπολογίζει την ποιότητα σποράς των οντοτήτων με διακοπή εξυπηρέτησης και το Status block του τρίτου ζευγαριού συνδέεται στην έξοδο του Measurement block που διαβάζει τον τύπο της οντότητας που δεν εξυπηρετήθηκε.



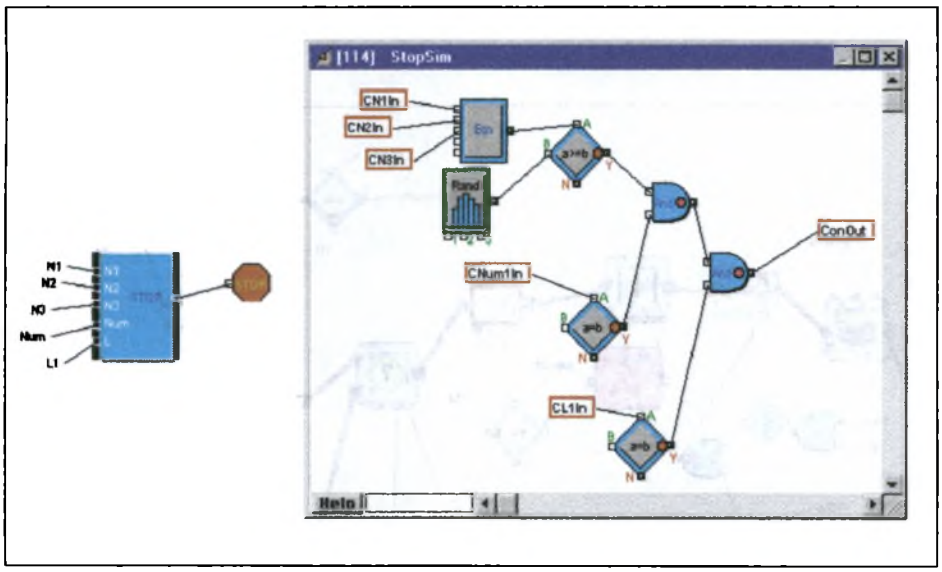
Σχήμα 3.4: Καταγραφή παραμέτρων εξόδου και Τερματισμός της προσομοίωσης

Ακόμη, ορισμένες παράμετροι εξόδου από διάφορα blocks συνδέθηκαν με κελιά του λογιστικού φύλλου Excel της Microsoft και καθ' όλη τη διάρκεια της προσομοίωσης ενημέρωναν τα κελιά με τις τρέχουσες τιμές, εξάγοντας τα τελικά αποτελέσματα σ' αυτά. Τα αρχεία που δημιουργήθηκαν σώθηκαν και ως αρχεία κειμένου, τροφοδοτώντας στη συνέχεια με

δεδομένα, νέα αρχεία στο στατιστικό πακέτο λογισμικού SPSS για περαιτέρω ανάλυση της εξόδου, όπως παρουσιάζεται παρακάτω στο κεφάλαιο 4. Από το Stack block και από την επιλογή Results εξήχθησαν οι παράμετροι εξόδου Average Length, Max. Length, Average Wait, Max. Wait, από το Transaction-Preemptive block και από την επιλογή Results εξήχθησαν οι παράμετροι εξόδου Arrivals, Departures, Preemptions, Average Wait, Utilization και τέλος από το Count Items block του μετρητή των μη εξυπηρετηθέντων οντοτήτων την παράμετρο Count.

Τερματισμός της προσομοίωσης

Ο τερματισμός της προσομοίωσης υλοποιείται από τη συνδυασμένη δράση του ιεραρχικού Block με το όνομα STOP και του Stop block της Generic βιβλιοθήκης.



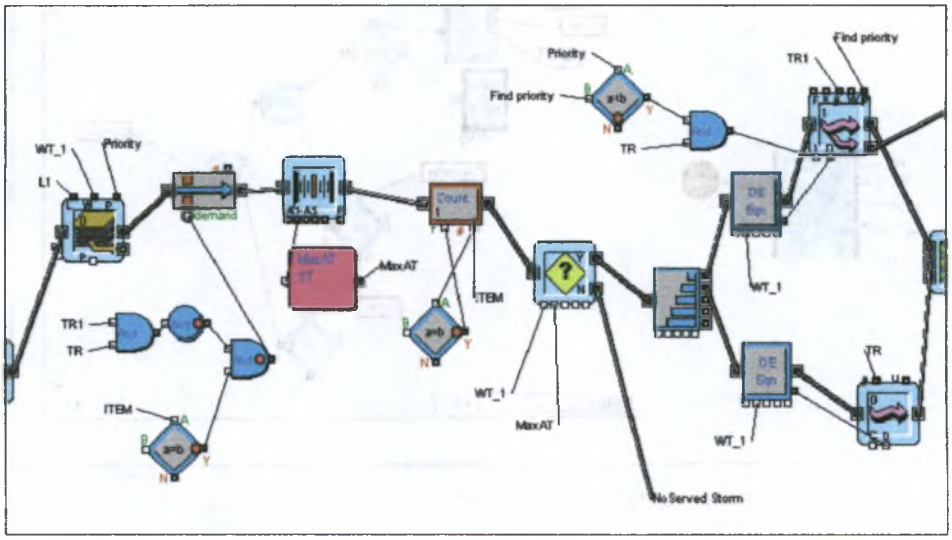
Σχήμα 3.5: Τερματισμός προσομοίωσης

Η προσομοίωση τερματίζεται όταν το άθροισμα του αριθμού των οντοτήτων με εξυπηρέτηση, με διακοπή της εξυπηρέτησης και χωρίς εξυπηρέτηση γίνει ίσο ή μεγαλύτερο από ένα τυχαίο αριθμό που παράγεται από το Input Random Number block, έχει ολοκληρωθεί η εξυπηρέτηση και της τελευταίας οντότητας και επιπλέον δεν υπάρχει καμιά οντότητα στην ουρά αναμονής. Για την παραγωγή του τυχαίου αριθμού στο Input Random Number block έχει τεθεί στο διάλογο της κατανομής η επιλογή Binomial με τις τιμές των παραμέτρων Prob=0.332 και N=17 που υπολογίστηκαν στην παράγραφο 2.3. Το ιεραρχικό block STOP κατασκευάστηκε, έτσι ώστε να υλοποιεί τον έλεγχο των παραπάνω συνθηκών στο μοντέλο και να τροφοδοτεί το Stop block με την τιμή 0, όταν δεν ισχύουν οι προϋποθέσεις

τερματισμού ή με την τιμή 1 όταν ισχύουν. Χρησιμοποιήθηκαν 3 Decision blocks, 2 Logical AND blocks, το Input Random Number block και το Equation block της Generic βιβλιοθήκης. Στο Stop block τέθηκε η τιμή 0.5 ως Critical value και ρυθμίστηκε έτσι ώστε να τερματίζει την προσομοίωση όταν δέχεται την τιμή 1.

3.1.2. Μοντέλο-2 με 2 εξυπηρετητές

Η διαφορά του μοντέλου-2 από το μοντέλο-1 είναι η προσθήκη και δεύτερου εξυπηρετητή και οι συνεπαγόμενες αλλαγές που αφορούν κυρίως στις λογικές αποφάσεις που παίρνονται κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης. Τα βασικά τμήματα, όπως περιγράφηκαν στην παραπάνω παράγραφο, παραμένουν ίδια και γι' αυτό θα αναφερθούν μόνο οι αλλαγές, ακολουθώντας τη σειρά ροής των οντοτήτων από το Import προς το Export block.



Σχήμα 3.6: Αλλαγές με την προσθήκη δεύτερου εξυπηρετητή

Πρώτα απ' όλα, αλλάζει λίγο η λογική ενεργοποίησης του Activity-Service block το οποίο επιτρέπει ή όχι σε μια οντότητα να φύγει από το Stack block και να μεταβεί για εξυπηρέτηση σε ένα από τα δύο Block εξυπηρέτησης. Το Activity-Service block περιορίζει τη ροή όταν και οι δύο εξυπηρετητές είναι απασχολημένοι κι αυτό υλοποιείται με το πρώτο Logical AND και το Logical NOT Block.

Η δεύτερη αλλαγή είναι η προσθήκη μετά το Decision (2) block, όπου αποφασίζεται η εξυπηρέτηση ή μη της οντότητας, του Prioritizer block της Discrete Event βιβλιοθήκης. Μ' αυτό το block μπορεί να ρυθμιστεί η

προτεραιότητα χρήσης των δύο εξυπηρετητών και αυτό αποτέλεσε ένα από τα θέματα εξέτασης, όπως περιγράφεται στο κεφάλαιο 6. Μετά το Prioritizer block παράλληλα με το Transaction-Preemptive block που αποτελεί τον πρώτο εξυπηρετητή προστέθηκε ένα Transaction block που είναι ο δεύτερος εξυπηρετητής. Μετά το Prioritizer block η οντότητα πηγαίνει στο μη απασχολημένο block εξυπηρέτησης. Αν και τα δύο είναι διαθέσιμα η επιλογή ρυθμίζεται από το Prioritizer block, σύμφωνα με την προτεραιότητα που τέθηκε. Πριν το Transaction block τέθηκε ένα DE Equation block που υπολογίζει τον πραγματικό χρόνο εξυπηρέτησης, αφαιρώντας το χρόνο αναμονής στην ουρά από τον απαιτούμενο χρόνο εξυπηρέτησης και τροφοδοτεί δυναμικά το Transaction block. Οι οντότητες που ολοκληρώνουν την εξυπηρέτησή τους είτε στο Transaction-Preemptive block είτε στο Transaction block, ακολουθούν στη συνέχεια τον ίδιο δρόμο, οδηγούμενες σ' ένα Merge block.

Επίσης, προστίθεται ένας ακόμη όρος στις προϋποθέσεις για να γίνει διακοπή της εξυπηρέτησης μιας οντότητας στο Transaction-Preemptive block. Θα πρέπει, εκτός από την είσοδο στην ουρά αναμονής μιας οντότητας με υψηλότερη προτεραιότητα από εκείνη της εξυπηρετούμενης να υπάρχει οντότητα που εξυπηρετείται και στο Transaction block, δηλαδή να μην είναι διαθέσιμος ούτε ο δεύτερος εξυπηρετητής. Κι αυτό υλοποιείται με την προσθήκη ενός Logical AND block που συνδυάζεται με το Decision block, το οποίο συγκρίνει τις προτεραιότητες και τα δύο αυτά block τροφοδοτούν την είσοδο τιμών I της διακοπής στο Transaction-Preemptive block.

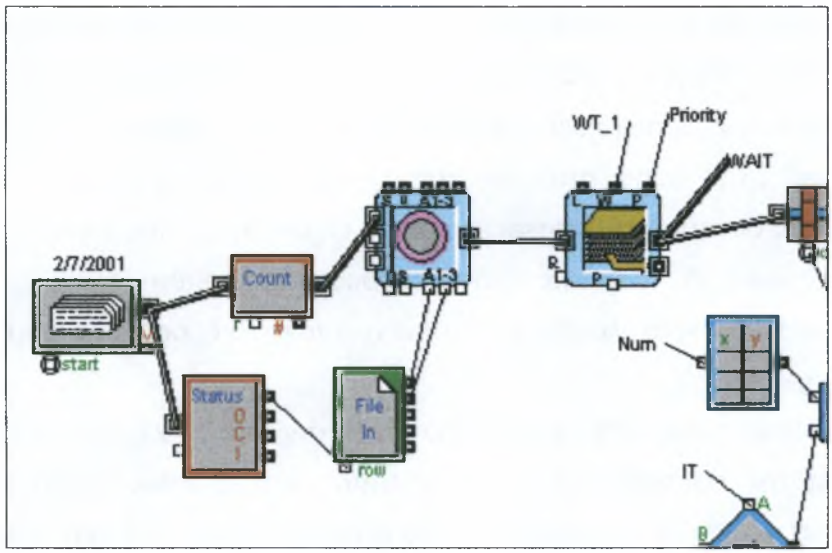
Τέλος, στο ιεραρχικό block STOP που καθορίζει τη λογική τερματισμού της προσομοίωσης, έχει προστεθεί στην είσοδο και η κατάσταση του δεύτερου εξυπηρετητή. Κι αυτό γιατί προστίθεται ένας επιπλέον όρος στις συνθήκες τερματισμού της προσομοίωσης που είναι η απαίτηση να είναι αδρανής και ο δεύτερος εξυπηρετητής. Για την υλοποίησή του χρησιμοποιήθηκαν ακόμη ένα Logical AND block και ένα Decision block εσωτερικά στο ιεραρχικό block STOP.

Όσον αφορά τη σύνδεση παραμέτρων εξόδου με κελιά του λογιστικού φύλλου Excel προστέθηκαν και οι παράμετροι Arrivals, Departures και Utilization της επιλογής Results του Transaction block.

3.1.3. Μοντέλο-ΙΑ ιστορικών αρχείων

Το μοντέλο-ΙΑ είναι το τροποποιημένο μοντέλο-1, στο οποίο έχουν αντικατασταθεί όλα τα τμήματα που εισάγουν πιθανοκρατικά δεδομένα, με

άλλα που δίνουν τη δυνατότητα εισόδου στο μοντέλο δεδομένων από ιστορικά αρχεία. Θα σημειωθούν λοιπόν, μόνο οι αλλαγές, όπως έγινε και με το μοντέλο-2. Οι αλλαγές εντοπίζονται στην είσοδο των οντοτήτων, στην απόδοση τιμών στα χαρακτηριστικά τους και στον τρόπο υπολογισμού του υπόλοιπου χρόνου παραμονής στην προσομοίωση.



Σχήμα 3.7: Ανάγνωση από Ιστορικά αρχεία

Η είσοδος οντοτήτων στο μοντέλο είναι προγραμματισμένη και γίνεται με το Program block της Discrete Event βιβλιοθήκης. Στην επιλογή Program του Program block και στα πεδία Output Time, Value, Priority και TYPE γράφονται η χρονική στιγμή άφιξης κάθε οντότητας, η τιμή της (στην περίπτωσή μας πάντα 1), η προτεραιότητά της και ο τύπος της αντίστοιχα. Κάθε γραμμή είναι μια εγγραφή που αντιστοιχεί στα δεδομένα μιας οντότητας. Στη συνέχεια, υπάρχει ένα Count Items block που λειτουργεί ως μετρητής των εισερχόμενων οντοτήτων στην προσομοίωση.

Αμέσως μετά, υπάρχει ένα Operation block που ορίζει δύο ακόμη χαρακτηριστικά σε κάθε διερχόμενη οντότητα, το χρόνο εξυπηρέτησής της με το όνομα SERVTIME και το χρόνο παραμονής της στην προσομοίωση με το όνομα LIFETIME. Οι τιμές αυτών των δύο χαρακτηριστικών τίθενται δυναμικά σε κάθε διερχόμενη οντότητα, με τη συνδυασμένη δράση των Status και File Input blocks. Το Status block συνδέεται με το Program block, έτσι ώστε να διαβάζει κάθε εισερχόμενη οντότητα στην προσομοίωση και ο σύνδεσμος Status του Status block στέλνει τον αύξοντα αριθμό κάθε οντότητας στον σύνδεσμο row του File Input block της Generic βιβλιοθήκης. Με τον τρόπο αυτό, καθώς εισέρχεται μια οντότητα στην προσομοίωση, το

File Input block διαβάζει από ένα αρχείο κειμένου την εγγραφή με τα δεδομένα της συγκεκριμένης οντότητας και τις τιμές αυτές τις στέλνει στο Operation block, ως τιμές των χαρακτηριστικών SERVTIME και LIFETIME. Σημειώνεται, ότι στους διαλόγους του File Input block έχει δηλωθεί το αρχείο κειμένου από το οποίο διαβάζονται τα δεδομένα κι ακόμη, ότι η οργάνωση των δεδομένων στο συγκεκριμένο αρχείο είναι σε δύο στήλες που αντιστοιχούν στα δύο πεδία των συγκεκριμένων χαρακτηριστικών. Στην πρώτη γραμμή του αρχείου κειμένου, η οποία έχει τον αριθμό 0 στο File Input block, έχουν τεθεί μηδενικές τιμές, ώστε να αγνοηθούν, αφού το Status block ξεκινά την αρίθμηση των οντοτήτων από το 1.

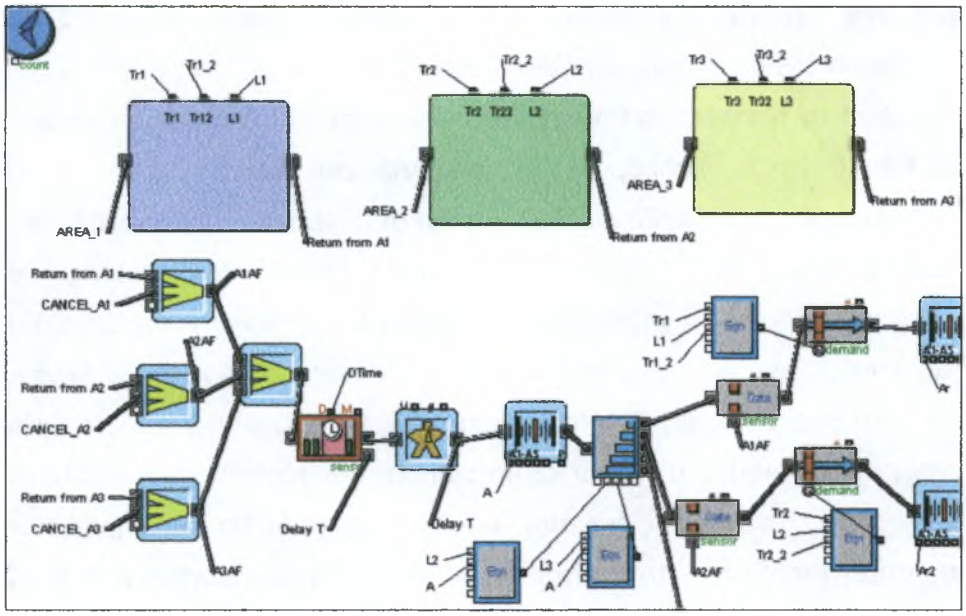
Μετά το Transaction-Preemptive block στα δύο DE Equation block και των δύο δυνατών διαδρομών, της ολοκλήρωσης και της διακοπής της εξυπηρέτησης, υπολογίζονται οι υπόλοιποι χρόνοι παραμονής στην προσομοίωση. Στην πρώτη περίπτωση, της ολοκλήρωσης της εξυπηρέτησης, από το χρόνο παραμονής, ο οποίος δεν υπολογίζεται αλλά έχει οριστεί ως χαρακτηριστικό της οντότητας, αφαιρείται ο χρόνος εξυπηρέτησης. Ενώ στη δεύτερη περίπτωση, της διακοπής, από το χρόνο παραμονής αφαιρείται ο χρόνος εξυπηρέτησης και προστίθεται ο υπόλοιπος χρόνος, από τη στιγμή της διακοπής έως τη στιγμή που θα ολοκληρώνονταν η εξυπηρέτηση. Στην τρίτη περίπτωση, των μη εξυπηρετηθέντων οντοτήτων, στο Measurement block διαβάζονται ο χρόνος παραμονής, εκτός από τον τύπο της μη εξυπηρετηθείσας οντότητας και εισάγεται στο ιεραρχικό block με το όνομα Remaining Time. Στο block αυτό εισάγεται και ο χρόνος αναμονής στην ουρά, ο οποίος αφαιρείται από το χρόνο παραμονής, υπολογίζοντας τον υπόλοιπο χρόνο παραμονής της οντότητας στην προσομοίωση.

3.1.4. Μοντέλο-3 3 περιοχών

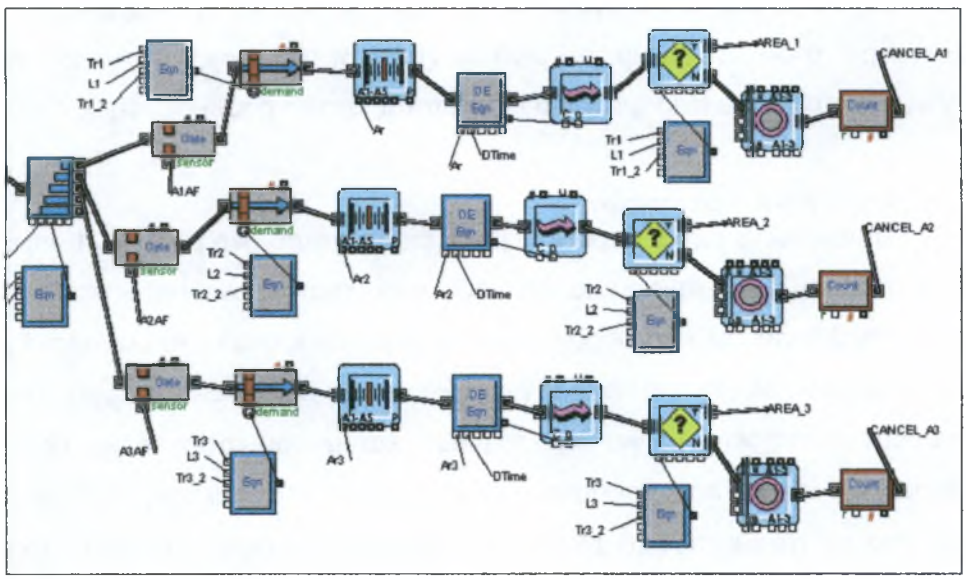
Το μοντέλο-3 των 3 περιοχών βασίζεται και αυτό στο μοντέλο-1, αφού εξετάζονται οι ίδιες επιχειρησιακές διαδικασίες ταυτόχρονα σε 3 περιοχές. Επαναλαμβάνεται, με κάποιες διαφοροποιήσεις, τρεις φορές το μοντέλο-1 μ' ένα ιεραρχικό block, μια φορά για κάθε περιοχή, όπου υπάρχει ένας σταθερός εξυπηρετητής για την περιοχή και με δυνατότητα να δεχθεί προσωρινά και για όσο χρειαστεί, κι ένα δεύτερο εξυπηρετητή. Επιπλέον, έξω από τα τρία ιεραρχικά blocks των περιοχών τέθηκε ένα Labor Pool block, στο οποίο μπορεί να οριστεί ένας οποιοσδήποτε αριθμός εξυπηρετητών, διαθέσιμος ως δεύτερος εξυπηρετητής, σε καθεμιά από τις τρεις περιοχές. Οι οντότητες-πελάτες εισέρχονται και εξέρχονται από την

προσομοίωση, όπως ακριβώς στο μοντέλο-1, μέσα στα τρία ιεραρχικά blocks. Έτσι, τα βασικά τμήματα του μοντέλου-3, πέραν του Executive block είναι:

- τα 3 ιεραρχικά blocks των 3 περιοχών προστασίας αντίστοιχα,
- ο σταθμός πρόσθετων εξυπηρετητών,
- η λογική με την οποία γίνεται η διαχείριση των πρόσθετων εξυπηρετητών στις 3 περιοχές.



Σχήμα 3.8: Διαχείριση πρόσθετων εξυπηρετητών στις 3 περιοχές

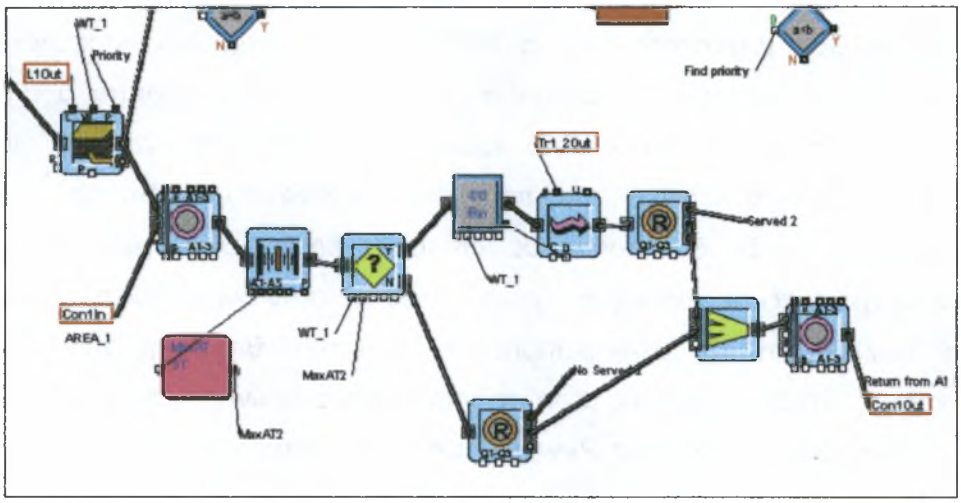


Σχήμα 3.8: (συνέχεια)

Το μοντέλο-3 μπορεί σύντομα να περιγραφεί ως ένας κύκλος που αρχίζει από και τελειώνει στο σταθμό πρόσθετων εξυπηρετητών, ακολουθώντας τρεις παράλληλες διαδρομές που καθεμιά περνά από το ιεραρχικό block που αντιστοιχεί σε μια από τις τρεις περιοχές προστασίας.

Περιοχή Προστασίας - Ιεραρχικό block

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, κάθε ιεραρχικό block περιέχει ένα τροποποιημένο μοντέλο-1. Για το λόγο αυτό, εδώ θα περιγραφεί μόνο το πρόσθετο τμήμα, με το οποίο το τμήμα της προσομοίωσης σ' ένα ιεραρχικό block μπορεί να δεχθεί ένα δεύτερο εξυπηρετητή από το Labor Pool block και με την τεχνική batching-unbatching να εξυπηρετεί, ταυτόχρονα με τον πρώτο σταθερό εξυπηρετητή, τις οντότητες που εισέρχονται και εξέρχονται από την προσομοίωση, σ' αυτό το ιεραρχικό block.



Σχήμα 3.9: Προσωρινή λειτουργία δεύτερου εξυπηρετητή σε μια περιοχή

Στην έξοδο του Stack block, εκτός από τη διαδρομή που ήδη περιγράψαμε στο μοντέλο-1, προστέθηκε κι ένα επιπλέον τμήμα δίνοντας τη δυνατότητα να έρθει προσωρινά στο ιεραρχικό block και δεύτερος εξυπηρετητής. Συνδέεται λοιπόν το Stack block μ' ένα Operation block, το οποίο συνθέτει μια οντότητα-πελάτη (ΣΚΚ) με ένα πόρο-εξυπηρετητή (αεροσκάφος) από το Labor Pool block σε μια σύνθετη οντότητα. Στην επιλογή Operation του Operation block έχει γίνει η ρύθμιση, ώστε τελευταία να εισάγεται στο block η οντότητα-πελάτης από το Stack block. Κι αυτό, παρά το ότι στην τεχνική αυτή συνιστάται το αντίθετο, επειδή παρατηρήθηκε μερικές φορές κατά το στάδιο αποσφαλμάτωσης του μοντέλου, ότι όταν ένας εξυπηρετητής από το Labor Pool block γινόταν διαθέσιμος, η οντότητα είχε ήδη ακολουθήσει την άλλη διαδρομή και δεσμευόταν χωρίς χρήση ο πόρος

αυτός μέχρις ότου να χρειαστεί ξανά. Ενώ, με τη ρύθμιση που έγινε ξεκινά η λειτουργία της σύνθεσης, εφ' όσον είναι διαθέσιμος ο εξυπηρετητής κι ο οποίος δεν θα ξεκινήσει προς το ιεραρχικό block αν τη στιγμή που πρόκειται να ξεκινήσει δεν υπάρχει οντότητα σε αναμονή για εξυπηρέτηση. Παρατηρούμε ότι απ' αυτό το Operation block γίνεται η είσοδος του δεύτερου εξυπηρετητή από το Labor Pool block στο ιεραρχικό block.

Στη συνέχεια, διαβάζεται ο χρόνος εξυπηρέτησης της σύνθετης οντότητας που κρατά τα χαρακτηριστικά των μελών που την αποτελούν, από ένα Measurement block και τροφοδοτεί το ιεραρχικό block MaxAT με την τιμή του, ώστε να υπολογιστεί ο μέγιστος επιτρεπόμενος χρόνος αναμονής στην ουρά. Η οντότητα κινείται σ' ένα Decision (2) block που συγκρίνει το χρόνο αναμονής στην ουρά με το μέγιστο επιτρεπόμενο κι ανάλογα ακολουθεί μία από δύο παράλληλες διαδρομές. Αν ο χρόνος αναμονής είναι μικρότερος από το 70% του χρόνου εξυπηρέτησης, τότε ακολουθείται η διαδρομή που οδηγεί σε εξυπηρέτηση και υλοποιείται μ' ένα Transaction block. Το block αυτό καθυστερεί τη σύνθετη οντότητα, για χρονικό διάστημα ίσο με τον πραγματικό χρόνο εξυπηρέτησης που υπολογίζεται στο DE Equation block πριν το Transaction block, αφαιρώντας από το χρόνο εξυπηρέτησης το χρόνο αναμονής στην ουρά. Αμέσως μετά την ολοκλήρωση της εξυπηρέτησης γίνεται αποσύνθεση της σύνθετης οντότητας στα συστατικά της μέρη, τα οποία ακολουθούν το καθένα το δικό του δρόμο, με ένα Operation-Reverse block. Γυρίζοντας πίσω στο Decision (2) block αν δεν επιτραπεί η εξυπηρέτηση της οντότητας λόγω υπερβολικής αναμονής, τότε η σύνθετη οντότητα οδηγείται σ' ένα άλλο Operation-Reverse block για αποσύνθεση. Από τη δεύτερη έξοδο των δύο παραπάνω Operation-Reverse blocks φεύγει ο εξυπηρετητής, σε κάθε περίπτωση, γι αυτό αυτές συνδέονται στο ίδιο Merge block οδηγώντας τον εξυπηρετητή προς την έξοδο από το ιεραρχικό block, ώστε να επιστρέψει στο Labor Pool block. Πριν την έξοδο τοποθετήθηκε ένα Operation block που προσθέτει στον εξυπηρετητή το χαρακτηριστικό AREA με την τιμή 1 ή 2 ή 3 ανάλογα με την περιοχή που επισκέφθηκε, προτού γυρίσει στο Labor Pool block. Η έξοδος αυτού του Operation block είναι και η έξοδος του εξυπηρετητή από το ιεραρχικό block.

Μετά το Transaction-Preemptive block που υλοποιεί τον πρώτο και σταθερό εξυπηρετητή και πριν το μετρητή εξυπηρετηθέντων οντοτήτων Count Items block, παρεμβάλλεται ένα Merge block στο οποίο καταλήγουν οι οντότητες μετά την ολοκλήρωση της εξυπηρέτησής τους από τους δύο

εξυπηρετητές. Παρόμοια, πριν το Measurement block που διαβάζει τον τύπο και τον απαιτούμενο χρόνο εξυπηρέτησης των μη εξυπηρετηθέντων οντοτήτων, παρεμβάλλεται ένα Merge block στο οποίο καταλήγουν οι οντότητες χωρίς εξυπηρέτηση και στις δύο περιπτώσεις, μετά την απόρριψή τους να οδηγηθούν σε έναν από τους δύο εξυπηρετητές.

Σταθμός πρόσθετων εξυπηρετητών

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, έξω από τα 3 ιεραρχικά blocks έχει τοποθετηθεί ένας σταθμός εξυπηρετητών που υλοποιείται με ένα Labor Pool block, όπου στην επιλογή Workers στο διάλογο Initial number μπορεί να τεθεί από το χρήστη ο αριθμός των πρόσθετων εξυπηρετητών. Οι πρόσθετοι αυτοί εξυπηρετητές συμμετέχουν στην προσομοίωση ως δεύτεροι εξυπηρετητές, μέσα σε κάθε ένα από τα τρία ιεραρχικά blocks, στα οποία υπάρχει ένας πρώτος σταθερός εξυπηρετητής. Όταν σ' ένα ιεραρχικό block δημιουργηθεί η ανάγκη χρήσης κι ενός δεύτερου εξυπηρετητή και στο Labor Pool block υπάρχει διαθέσιμος, τότε αυτός κινείται προς το ιεραρχικό block, συνενώνεται σε μια σύνθετη οντότητα, όπως περιγράφηκε παραπάνω, με την οντότητα-πελάτη, ολοκληρώνεται ή όχι η εξυπηρέτηση, γίνεται αποσύνθεση της σύνθετης οντότητας στα συνθετικά της μέλη κι επιστρέφει ο δεύτερος εξυπηρετητής στο Labor Pool block.

Διαχείριση των πρόσθετων εξυπηρετητών στις 3 περιοχές

Για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης τέθηκαν στο διάλογο Initial Number του Labor Pool block ο αριθμός 1 και 2 πρόσθετων εξυπηρετητών. Έτσι η λογική διαχείρισής τους στις 3 περιοχές καλύπτει τις δύο αυτές περιπτώσεις, αλλά επίσης καλύπτει κι οποιαδήποτε άλλη περίπτωση, χωρίς όμως να έχει νόημα κάποια άλλη περίπτωση πέραν των περιπτώσεων με αριθμό πρόσθετων εξυπηρετητών 0 (3 εξυπηρετητές συνολικά), 1 (4 εξυπηρετητές), 2 (5 εξυπηρετητές) και 3 (6 εξυπηρετητές, 2 ταυτόχρονα σε καθεμιά από τις 3 περιοχές προστασίας).

Πριν το Labor Pool block έχει τεθεί το Timer block της Discrete Event βιβλιοθήκης, το οποίο καταγράφει το χρόνο παραμονής στο Labor Pool block ενός εξυπηρετητή, συνδέοντας το σύνδεσμό του sensor με την έξοδο του Labor pool block. Αμέσως μετά το Labor pool block υπάρχει ένα Measurement block που διαβάζει την τιμή του χαρακτηριστικού AREA του εξυπηρετητή, φανερώνοντας την περιοχή που επισκέφθηκε την τελευταία φορά και ακολουθεί το Prioritizer block. Το block αυτό ρυθμίζει δυναμικά την προτεραιότητα της περιοχής που θα δεχτεί τον εξυπηρετητή και τον δρομολογεί σε μια από τις 3 περιοχές. Στους διαλόγους της επιλογής

Prioritizer τέθηκε η υψηλότερη τιμή προτεραιότητας a=1 στην πάνω έξοδο που οδηγεί στην περιοχή 1, η μεσαία τιμή c=2 στην τρίτη προς τα κάτω έξοδο προς την περιοχή 3 και η χαμηλότερη τιμή b=3 στη δεύτερη προς τα κάτω έξοδο προς την περιοχή 2. Επιπρόσθετα, η τιμή της προτεραιότητας των περιοχών 2 και 3 μπορεί να αλλάξει δυναμικά και να τεθεί η υψηλότερη τιμή 0, σε μια από τις δύο περιοχές, στην περίπτωση που ο εξυπηρετητής εξυπηρέτησε την τελευταία φορά οντότητα στην περιοχή 2 ή 3 και στην αντίστοιχη ουρά αναμονής αναμένει για εξυπηρέτηση κι άλλη οντότητα. Κι αυτό επειδή πρέπει να παραμείνει ο εξυπηρετητής στην ίδια περιοχή, εξυπηρετώντας οντότητες αυτής της περιοχής και να μη χαθεί πολύτιμος χρόνος αλλάζοντας περιοχή. Δεν απαιτείται το ίδιο και για την περιοχή 1 που έχει την υψηλότερη τιμή προτεραιότητας 1. Αυτή η δυναμική αλλαγή τιμών προτεραιότητας γίνεται με τα δύο Equation block που τροφοδοτούν με το αποτέλεσμα του λογικού ελέγχου που εκτελούν, την είσοδο τιμών προτεραιότητας των περιοχών 2 και 3 αντίστοιχα.

Στη συνέχεια, υπάρχουν τρεις παράλληλες διαδρομές που περιέχουν η καθεμιά και το ιεραρχικό block της αντίστοιχης περιοχής προστασίας καταλήγοντας και οι τρεις στο Merge block που προηγείται του Timer block και του Labor Pool block, όπου κλείνει η κυκλική διαδρομή ενός πρόσθετου εξυπηρετητή που ξεκίνησε από το Labor Pool block. Θα περιγραφεί μόνο η διαδρομή προς την περιοχή 1, επειδή παρόμοιες είναι και οι άλλες δύο, ξεκινώντας από το Gate block που είναι υπεύθυνο, ώστε η κάθε διαδρομή να ακολουθείται το πολύ από έναν εξυπηρετητή σε μια δεδομένη χρονική στιγμή. Ο σύνδεσμος sensor του Gate block συνδέεται στο Merge block πριν το Timer block. Αμέσως μετά ακολουθεί το Activity-Service block που λειτουργεί ως η ανοιχτή πύλη προς το αντίστοιχο ιεραρχικό block, όταν ο πρώτος, σταθερός εξυπηρετητής είναι απασχολημένος, δεν υπάρχει δεύτερος, πρόσθετος εξυπηρετητής και στην ουρά αναμονής υπάρχει οντότητα που περιμένει να εξυπηρετηθεί. Ο σύνδεσμος demand του Activity-Service block τροφοδοτείται με την τιμή 1, από ένα Equation block όταν πληρούνται οι παραπάνω προϋποθέσεις, ανοίγοντας την πύλη προς το ιεραρχικό block και με την τιμή 0 όταν δεν πληρούνται, κλείνοντας την πύλη.

Αμέσως μετά, ακολουθεί ένα Measurement block που διαβάζει την τιμή του χαρακτηριστικού AREA, φανερώνοντας την περιοχή από την οποία επέστρεψε την τελευταία φορά ο εξυπηρετητής και τροφοδοτεί μ' αυτήν το επόμενο block που είναι ένα DE Equation block. Το block αυτό δέχεται επίσης από το Timer block το χρόνο παραμονής του εξυπηρετητή στο Labor

Pool block και υπολογίζει το χρόνο καθυστέρησης του εξυπηρετητή προς την περιοχή προορισμού όταν προηγουμένως ήταν σε μια από τις άλλες δύο περιοχές. Έτσι, αν πηγαίνει προς την περιοχή 1, ενώ έχει επιστρέψει από την περιοχή 2 ή 3 σε χρονικό διάστημα μικρότερο των 15 min, τότε θα έχει μια καθυστέρηση ίση με τη διαφορά του 15 και του χρόνου παραμονής στο Labor Pool block, μέχρις ότου πάει στην περιοχή 1. Ενώ, αν πηγαίνει προς την περιοχή 2, ενώ έχει επιστρέψει από την περιοχή 1 σε χρονικό διάστημα μικρότερο των 15 min, τότε θα έχει μια καθυστέρηση ίση με τη διαφορά του 15 και του χρόνου παραμονής στο Labor Pool block, μέχρις ότου πάει στην περιοχή 2. Στην περίπτωση που έχει επιστρέψει από την περιοχή 3 σε χρονικό διάστημα μικρότερο των 25 min, τότε θα έχει μια καθυστέρηση ίση με τη διαφορά του 25 και του χρόνου παραμονής στο Labor Pool block, μέχρις ότου πάει στην περιοχή 2. Τέλος, αν πηγαίνει προς την περιοχή 3, ενώ έχει επιστρέψει από την περιοχή 1 σε χρονικό διάστημα μικρότερο των 15 min, τότε θα έχει μια καθυστέρηση ίση με τη διαφορά του 15 και του χρόνου παραμονής στο Labor Pool block, μέχρις ότου πάει στην περιοχή 3. Στην περίπτωση που έχει επιστρέψει από την περιοχή 2 σε χρονικό διάστημα μικρότερο των 25 min, τότε θα έχει μια καθυστέρηση ίση με τη διαφορά του 25 και του χρόνου παραμονής στο Labor Pool block, μέχρις ότου πάει στην περιοχή 3. Αν δεν ισχύει κάποια από τις παραπάνω προϋποθέσεις, τότε θα κινηθεί προς την περιοχή προορισμού με μηδενική καθυστέρηση. Οι τρεις αυτές περιπτώσεις που περιγράφονται από την παραπάνω λογική, υλοποιούνται με το μικρό πρόγραμμα που έχει γραφεί μέσα στα τρία DE Equation block καθεμιάς διαδρομής και αποτελούν τη μοναδική τους διαφορά. Η καθυστέρηση υλοποιείται με το Transaction block που ακολουθεί το DE Equation block και τροφοδοτείται απ' αυτό με το χρόνο καθυστέρησης.

Υπάρχει περίπτωση όμως, στο τέλος του χρόνου καθυστέρησης να μην ισχύουν πλέον οι απαιτούμενες προϋποθέσεις για τη μετάβαση δεύτερου εξυπηρετητή στο ιεραρχικό block. Για το λόγο αυτό έχει τεθεί ένα Decision (2) block που τροφοδοτείται από ένα Equation block με τη λογική των προϋποθέσεων, ώστε να ελέγξει ξανά αν στη συγκεκριμένη κατάσταση της προσομοίωσης πρέπει ή όχι να μεταβεί ο εξυπηρετητής στην περιοχή προορισμού. Αν το αποτέλεσμα του ελέγχου είναι θετικό, τότε ο εξυπηρετητής οδηγείται στο ιεραρχικό block που υλοποιεί την περιοχή προορισμού, ενώ αν είναι αρνητικό σ' ένα Operation block, στο οποίο προστίθεται στον εξυπηρετητή το χαρακτηριστικό AREA και η τιμή 1 ή 2 ή 3

ανάλογα με την περιοχή προορισμού, αναβάλλοντας τη μετάβαση στην περιοχή. Και στις δύο περιπτώσεις είτε μετά το ιεραρχικό block είτε μετά το Operation block, οι δύο αυτές δυνατές διαδρομές συνενώνονται σ' ένα Merge block, το οποίο συνδέεται με ένα άλλο Merge block και στο οποίο καταλήγουν και τα άλλα δύο Merge blocks, στα οποία κατέληξαν οι δύο παράλληλες διαδρομές, της μετάβασης στην περιοχή και της αναβολής της μετάβασης, από τις υπόλοιπες δύο διαδρομές προς τις αντίστοιχες περιοχές. Το τελευταίο Merge block που συνενώνει τα τρία παράλληλα Merge blocks συνδέεται με το Timer block που βρίσκεται πριν το Labor Pool block.

3.2. ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΚΑΙ ΕΓΚΥΡΟΤΗΤΑ

Ένα βασικό σημείο της όλης προσπάθειας απεικόνισης ενός πραγματικού συστήματος μ' ένα μοντέλο που το προσομοιώνει είναι η ακρίβεια της αναπαράστασης, δηλαδή η απάντηση στο ερώτημα εγκυρότητας του μοντέλου. Αν ένα μοντέλο δεν είναι έγκυρο, τότε και τα αποτελέσματα που προκύπτουν από αυτό δεν θα έχουν καμιά αξία.

Πρώτα απ' όλα ως "επαλήθευση" ενός μοντέλου μπορεί να οριστεί ο έλεγχος πιστότητας της μετάφρασης του εννοιολογικού μοντέλου προσομοίωσης σε πρόγραμμα που λειτουργεί σωστά, σύμφωνα δηλαδή μ' αυτά που έχει σχεδιαστεί να εκτελεί. Περιέχει λοιπόν, όλη τη διαδικασία αποσφαλμάτωσης του μοντέλου και γίνεται κατά τη φάση του προγραμματισμού. Ενώ η "εγκυρότητα" είναι η διαδικασία με την οποία εξετάζεται αν το εννοιολογικό μοντέλο προσομοίωσης είναι μια ακριβής αναπαράσταση του εξεταζόμενου συστήματος και γίνεται τόσο κατά τη φάση της ανάλυσης όσο κατά τη φάση της εκτέλεσης της προσομοίωσης. Όταν ένα μοντέλο προσομοίωσης είναι έγκυρο, τότε οι αποφάσεις που παίρνονται ως αποτέλεσμα των συμπερασμάτων που προκύπτουν από τη λειτουργία του, θα πρέπει να είναι παρόμοιες μ' αυτές που θα παίρνονταν αν οι πειραματισμοί γίνονταν στην πραγματικότητα στο εξεταζόμενο σύστημα. (Law and Kelton, 1991)

3.2.1. Επαλήθευση

Η επαλήθευση των μοντέλων ήταν μια συνεχής διαδικασία διόρθωσής τους με διάφορες τεχνικές που εφαρμόστηκαν καθ' όλη τη φάση ανάπτυξης της εφαρμογής, στο προγραμματιστικό περιβάλλον του λογισμικού υποστήριξης Extend. Πρώτο κατασκευάστηκε το μοντέλο-1 με 1

εξυπηρετητή, στη συνέχεια κατασκευάστηκε το μοντέλο-2 προσθέτοντας και δεύτερο εξυπηρετητή στο μοντέλο-1 με τις απαραίτητες αλλαγές. Τρίτο στη σειρά κατασκευής ήταν το μοντέλο-IA που δέχεται ιστορικά αρχεία. Κι αυτό ξεκίνησε, όπως και τα υπόλοιπα, από το μοντέλο-1 στο οποίο αντικαταστήθηκαν όλα τα τμήματα που περιείχαν τα πιθανοκρατικά στοιχεία εισόδου με άλλα που να μπορούν να διαβάζουν δεδομένα από ιστορικά αρχεία. Τέλος, το μοντέλο-3 με τις 3 περιοχές που βασίστηκε και αυτό στην κατασκευή κάποιων τμημάτων του στο μοντέλο-1, με αρκετές αλλαγές και προσθήκες.

Αρχικά, το μοντέλο-1 που υπήρξε η βάση και για τη δημιουργία των υπολοίπων, κατασκευάστηκε απλά χωρίς να περιέχει όλες τις λεπτομέρειες της τελικής μορφής. Στη συνέχεια, κάθε τμήμα του εμπλουτίστηκε με περισσότερη λεπτομέρεια, αφού αποφασίστηκε ποιες τεχνικές, ποια blocks και ποιες ιδιότητες των blocks έπρεπε να χρησιμοποιηθούν, ώστε να αντιμετωπιστούν οι απαιτήσεις που είχαν σχεδιαστεί για το μοντέλο. Κάποια τμήματα του προγράμματος λειτούργησαν απομονωμένα για να ελεγχθεί καλύτερα η συμπεριφορά τους. Όσον αφορά τα ελεγχόμενα στοιχεία εισόδου, αρχικά θέτονταν προσδιορισμένα στοιχεία με γνωστά αποτελέσματα, με σκοπό να ελέγχεται η τμηματική λειτουργία του προγράμματος. Χρησιμοποιήθηκε η επιλογή Notebook του λογισμικού Extend για την παρακολούθηση των αποτελεσμάτων επιλεγμένων παραμέτρων εισόδου και εξόδου, από τις διάφορες επιλογές συγκεκριμένων blocks του μοντέλου, ώστε να υπάρχει άμεση αντίληψη των βασικών παραμέτρων του και έλεγχος αναμενόμενων αποτελεσμάτων. Επίσης, χρησιμοποιήθηκε η εντολή Model tracing που καταγράφει σε αρχείο κειμένου την κατάσταση του συστήματος σε κάθε βήμα-γεγονός της διακριτής προσομοίωσης, όπου με τον τρόπο αυτό ελέγχθηκε η συμπεριφορά ορισμένων τμημάτων του μοντέλου από γεγονός σε γεγονός. Τέλος, ο μεγαλύτερος όγκος δουλειάς, κατά τη διαδικασία της επαλήθευσης, έγινε από τη δυνατότητα animation που παρέχει το λογισμικό υποστήριξης κατά την εκτέλεση της προσομοίωσης και επιπρόσθετα από τα ειδικά blocks και δυνατότητες που διαθέτει για την παρακολούθηση της πορείας της. Έγιναν αμέτρητες επαναλήψεις εκτελέσεων παρακολουθώντας προσεκτικά την αναπαράσταση των διαδικασιών, ώστε να επιτευχθεί το τελικό αποτέλεσμα.

Τέλος, στο μοντέλο-IA που κατασκευάστηκε ώστε να μπορεί να διαβάζει δεδομένα εισόδου από αρχεία κειμένου, τέθηκαν δεδομένα ελέγχου

που αφ' ενός καλύπτουν τις εξεταζόμενες διαδικασίες φέροντας το σύστημα σε μια εξτρεμιστική κατάσταση και αφ' ετέρου έχουν από την αρχή γνωστά αποτελέσματα, ώστε να μπορεί να γίνει ο έλεγχος της σωστής λειτουργίας του προγράμματος. Στον παρακάτω Πίνακα 3.1 παρουσιάζονται τα δεδομένα ελέγχου που εισήχθησαν στο μοντέλο από αρχεία κειμένου, όπου Output time είναι οι χρονικές στιγμές άφιξης των οντοτήτων στο σύστημα και Value η τιμή της οντότητας, όπως αυτή ορίζεται στο λογισμικό υποστήριξης Extend (Diamond, 1997). Σημειώνεται ότι όλοι οι χρόνοι είναι σε πρώτα λεπτά της ώρας.

Πίνακας 3.1: Δεδομένα ελέγχου για την επαλήθευση του μοντέλου

α/α ον/τας	Output time	Value	Priority	Type	Service time	Life time
1	0	1	2	3	18	40
2	15	1	2	3	18	40
3	25	1	2	2	15	45
4	35	1	2	2	20	50
5	45	1	2	2	22	50
6	50	1	1	1	35	85
7	60	1	2	2	26	65
8	65	1	2	3	15	45
9	70	1	2	3	12	35
10	90	1	2	3	12	40

Κάνοντας κοπιαστικούς αλλά πραγματοποιήσιμους υπολογισμούς του παραπάνω εικονικού επεισοδίου έχουμε για κάθε οντότητα τα χαρακτηριστικά, όπως παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα 3.2, όπου αναφέρονται η χρονική στιγμή άφιξης και απαίτησης έναρξης της εξυπηρέτησης (ΧΑ), η χρονική στιγμή που πρέπει να σταματήσει η εξυπηρέτηση (ΧΟΕ), η χρονική στιγμή πέραν της οποίας δεν επιτρέπεται η έναρξη εξυπηρέτησης λόγω υπερβολικής αναμονής (ΧΤ), η χρονική στιγμή αναχώρησης από το σύστημα (ΧΝ), η χρονική στιγμή στην οποία πράγματι ξεκινά η εξυπηρέτηση (ΧΕ), το χρονικό διάστημα αναμονής στην ουρά (ΧΑΝ), το χρονικό διάστημα πραγματικής εξυπηρέτησης (ΠΧΕ), η χρονική στιγμή διακοπής της εξυπηρέτησης εξαιτίας της άφιξης άλλης οντότητας μεγαλύτερης προτεραιότητας (ΧΔ), και η ποιότητα σποράς (QS) που ορίστηκε ως ο λόγος του πραγματικού χρονικού διαστήματος εξυπηρέτησης προς το απαιτούμενο χρονικό διάστημα εξυπηρέτησης. Στην τελευταία στήλη με NoS σημειώνονται οι οντότητες χωρίς εξυπηρέτηση.

Πίνακας 3.2: Χαρακτηριστικά των οντοτήτων υπολογισμένα από τον αναλυτή

α/α	ΧΑ	ΧΟΕ	ΧΤ	ΧΝ	ΧΕ	ΧΑΝ	ΠΧΕ	ΧΔ	QS
1	0	18	14.4	40	0	0	18		1
2	15	33	29.4	55	18	3	15		0.83
3	25	40	37	70	33	8	7		0.466
4	35	55	51	85	40	5	10	50	0.5
5	45	67	62.6	95	-		0		NoS
6	50	85	78	135	50	0	35		1
7	60	86	80.8	125	-		0		NoS
8	65	80	77	110	-		0		NoS
9	70	82	79.6	105	-		0		NoS
10	90	102	99.6	130	90	0	12		1

Τροφοδοτώντας το μοντέλο-ΙΑ από το Program block και από αρχείο κειμένου με τα δεδομένα του Πίνακα 3.1, εκτελέστηκε η προσομοίωση θέτοντας ως διάρκεια 137 min, ώστε να ολοκληρωθεί και η αναχώρηση της τελευταίας οντότητας. Τέσσερα ζευγάρια των συνδυασμένων blocks Status και File Output κατέγραψαν αντίστοιχα το χρόνο αναμονής για εξυπηρέτηση κάθε οντότητας, τον αριθμό των εξυπηρετηθέντων οντοτήτων και την ποιότητα σποράς κάθε οντότητας, τον αριθμό των μη εξυπηρετηθέντων οντοτήτων και τον τύπο κάθε οντότητας και τέλος τον αριθμό των οντοτήτων με διακοπή της εξυπηρέτησης και την ποιότητα σποράς κάθε οντότητας αυτής της περίπτωσης. Κατεγράφησαν 6 συνολικά οντότητες με εξυπηρέτηση, εκ των οποίων η μία, η 4^{η} κατά σειρά άφιξης, με διακοπείσα εξυπηρέτηση λόγω άφιξης της 6^{ης} οντότητας με υψηλότερη προτεραιότητα, αλλά με 50% ποιότητα σποράς, ενώ οι υπόλοιπες είχαν 100%, 83.3%, 46.6%, 100% και 100% ποιότητα σποράς. Ακόμη, κατεγράφησαν και οι υπόλοιπες 4 οντότητες, η 5^{η}, 7^{η}, 8^{η} και 9^{η} κατά σειρά άφιξης, με τύπους 2, 2, 3 και 3 αντίστοιχα, ως μη εξυπηρετηθείσες οντότητες. Οι δε χρόνοι αναμονής των οντοτήτων (1^{η}, 6^{η}, 10^{η}) με 100% ποιότητα σποράς ήταν μηδενικοί, των υπολοίπων εξυπηρετηθέντων (2^{η}, 3^{η}, 4^{η}) 3, 8 και 5, ενώ των μη εξυπηρετηθέντων 40, 25, 20 και 15 min. Όλα αυτά τα αποτελέσματα συμφωνούν πλήρως με τα αναμενόμενα. Μ' αυτά τα δεδομένα ελέγχου, του εικονικού επεισοδίου ΣΚΚ, έγινε η επαλήθευση της σωστής λειτουργίας του προγράμματος και η αποδοχή της πιστής μετάφρασης από αυτό του εννοιολογικού μοντέλου προσομοίωσης.

3.2.2. Εγκυρότητα

Για τον έλεγχο εγκυρότητας ακολουθήθηκε η "Συσχετισμένη προσέγγιση επιθεώρησης", σύμφωνα με την οποία, ιστορικά δεδομένα του συστήματος χρησιμοποιούνται ως είσοδος τόσο στο σύστημα όσο και στο μοντέλο προσομοίωσης και τελικά συγκρίνονται οι δύο έξοδοι μεταξύ τους.

Κι αυτή η μεθοδολογία προτιμήθηκε από τη "Βασική προσέγγιση επιθεώρησης", στην οποία ως είσοδος του μοντέλου προσομοίωσης χρησιμοποιούνται δείγματα από τις κατανομές των πιθανοκρατικών παραμέτρων εισόδου. Με την επιλεγόμενη μεθοδολογία η χρήση των ίδιων πραγματικών δεδομένων, από τα συγκρινόμενα συστήματα, δίνει τη δυνατότητα μιας στατιστικά πιο ακριβούς σύγκρισης. Κι αυτό γιατί αν Α και Β είναι δύο τυχαίες μεταβλητές, τότε η διακύμανση της διαφοράς των τιμών τους θα είναι

$$Var(A-B) = Var(A) + Var(B) - 2Cov(A, B) \qquad (Εξ. 3.1)$$

όπου Cov(A, B) η συνδιακύμανσή τους. Στην περίπτωση της Συσχετισμένης προσέγγισης επιθεώρησης η συνδιακύμανση είναι μεγαλύτερη του μηδενός, ενώ στη Βασική προσέγγιση επιθεώρησης είναι ίση με μηδέν. Οπότε, από την εξίσωση 3.1 συνάγεται ότι η διακύμανση της διαφοράς των δύο μεταβλητών θα είναι μικρότερη αν ακολουθηθεί η Συσχετισμένη προσέγγιση επιθεώρησης. Η ιδέα της σύγκρισης ενός μοντέλου και του αντίστοιχου συστήματος κάτω από τις ίδιες στατιστικές συνθήκες είναι παρόμοια της χρήσης της τεχνικής μείωσης της διακύμανσης που είναι γνωστή ως κοινοί τυχαίοι αριθμοί στην προσομοίωση, όπως επίσης και της χρήσης του "Blocking" στο στατιστικό πειραματικό σχεδιασμό. (Law and Kelton, 1991)

Ο έλεγχος λοιπόν εγκυρότητας έγινε συγκρίνοντας τους δείκτες απόδοσης που προέκυψαν από την εξέταση, από τον αναλυτή, ιστορικών αρχείων δεδομένων κάποιου αριθμού επεισοδίων του πραγματικού συστήματος και από ισάριθμες επαναλήψεις εκτελέσεις προσομοίωσης του μοντέλου-ΙΑ. Χρησιμοποιήθηκε μόνο το μοντέλο-ΙΑ που ουσιαστικά είναι το τροποποιημένο μοντέλο-1 για να διαβάζει συγκεκριμένα δεδομένα εισόδου, γιατί αυτό αποτελεί το βασικό στοιχείο όλων των υπολοίπων και αυτό είναι που εισάγει τα πιθανοκρατικά δεδομένα και συνεπώς την αβεβαιότητα στην έξοδο και στα υπόλοιπα μοντέλα. Επιλέχθηκαν δέκα παρατηρηθέντα επεισόδια ΣΚΚ, τα οποία αφενός αναλύθηκαν από τον αναλυτή, τρέχοντας όλες τις εξεταζόμενες επιχειρησιακές διαδικασίες στο χαρτί και υπολογίζοντας την έξοδο, και αφ' ετέρου εκτελέστηκαν οι δέκα αντίστοιχες προσομοιώσεις με το μοντέλο-ΙΑ καταγράφοντας τους ίδιους δείκτες απόδοσης στην έξοδο. Στους παρακάτω Πίνακες 3.3 και 3.4 παρουσιάζονται αναλυτικά οι τιμές των παραμέτρων εισόδου και εξόδου του συστήματος αντίστοιχα, για καθεμιά από τις 6 οντότητες επεισοδίου της 12 Ιουνίου 1999, στην ανάλυση που έγινε από τον αναλυτή. Οι συμβολισμοί

στην επικεφαλίδα του Πίνακα 3.4 είναι εκείνοι που περιγράφονται στην παράγραφο 3.2.1 για τον Πίνακα 3.2.

Πίνακας 3.3: Παράμετροι εισόδου του συστήματος και του μοντέλου-ΙΑ ιστορικών αρχείων του επεισοδίου της 12/6/1999

α/α ον/τας	Output time	Value	Priority	Type	Service time	Life time
1	0	1	2	2	111	133
2	83	1	2	2	36	86
3	142	1	2	3	15	55
4	148	1	2	3	6	47
5	162	1	2	3	18	42
6	176	1	2	2	19	71

Πίνακας 3.4: Παράμετροι εξόδου του πραγματικού συστήματος του επεισοδίου της 12/6/1999

α/α	Τύπος	ΧΑ	ΧΟΕ	ΧΤ	ΧΝ	ΧΕ	ΧΑΝ	ΠΧΕ	QS
1	2	0	111	77.7	133	0	0	111	1
2	2	83	119	108.2	169	-		0	NoS
3	3	142	157	152.5	197	142	0	15	1
4	3	148	154	152.2	195	-		0	NoS
5	3	162	180	174.6	204	162	0	18	1
6	2	176	195	189.3	247	180	4	15	0.789

Τα δεδομένα εισόδου του Πίνακα 3.3 εισήχθησαν από αρχεία κειμένου και στο μοντέλο-ΙΑ ιστορικών αρχείων. Οι τιμές των παραμέτρων εξόδου παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.5, από τον οποίο παρατηρούμε τα ίδια ακριβώς αποτελέσματα των επιλεγόμενων δεικτών απόδοσης.

Πίνακας 3.5: Παράμετροι εξόδου του μοντέλου-ΙΑ του επεισοδίου της 12/6/1999

α/α	Τύπος	ΧΑΝ	ΠΧΕ	QS
1	2	0	111	1
2	2		0	NoS
3	3	0	15	1
4	3		0	NoS
5	3	0	18	1
6	2	4	15	0.789

Η παραπάνω ανάλυση επαναλήφθηκε και για άλλα 9 επεισόδια και όλα τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα του συστήματος και του μοντέλου παρουσιάζονται στους παρακάτω Πίνακες 3.6 και 3.7 αντίστοιχα, όπου για κάθε επεισόδιο αναφέρονται ο αριθμός των εξυπηρετηθέντων οντοτήτων (S), η ποιότητα σποράς κάθε οντότητας (QS), ο αριθμός των μη εξυπηρετηθέντων οντοτήτων (NoS) και ο τύπος κάθε μη εξυπηρετηθείσας οντότητας (Type).

Πίνακας 3.6: Δεδομένα εξόδου του συστήματος

α.α	Ημ/νία	S	QS	NoS	Type
1	28/5/99	2	1, 0.89	2	3, 2
2	12/6/99	4	1, 1, 1, 0.79	2	2, 3
3	21/6/99	15	1, 0.73, 1, 0.36, 0.77, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0.66, 1	2	3, 3
4	26/4/00	6	1, 1, 1, 1, 1, 0.5	0	
5	9/8/00	15	1, 0.4, 0.76, 1,1, 1, 1, 1, 1, 0.82, 1, 1, 0.79, 1, 1	0	
6	1/9/00	7	1, 0.42, 0.33, 0.47, 0.5, 0.77, 1	3	2, 3, 3
7	30/5/01	4	1, 0.6, 0.53, 0.9	1	3
8	13/6/01	7	1, 1, 0.88, 0.86, 1, 1, 1	0	
9	14/6/01	12	1, 0.64, 1, 0.97, 0.77, 0.92, 1, 1, 1, 1, 1, 1	4	3, 3, 3, 3
10	2/7/01	2	1, 0.73	1	2

Πίνακας 3.7: Δεδομένα εξόδου του μοντέλου-ΙΑ ιστορικών αρχείων

α.α	Ημ/νία	S	QS	NoS	Type
1	28/5/99	2	1, 0.89	2	3, 2
2	12/6/99	4	1, 1, 1, 0.79	2	2, 3
3	21/6/99	15	1, 0.73, 1, 0.36, 0.9, 1, 1, 1, 1,1, 1, 1, 1, 0.66, 1	2	3, 3
4	26/4/00	6	1, 1, 1, 1, 1, 0.5	0	
5	9/8/00	15	1, 0.4, 0.76, 1,1, 1, 1, 1, 1, 0.82, 1, 1, 0.79, 1, 1	0	
6	1/9/00	7	1, 0.42, 0.33, 0.47, 0.5, 0.77, 1	3	2, 3, 3
7	30/5/01	4	1, 0.6, 0.53, 0.9	1	3
8	13/6/01	7	1, 1, 0.88, 0.86, 1, 1, 1	0	
9	14/6/01	12	1, 0.64, 1, 0.97, 0.77, 0.92, 1, 1, 1, 1, 1, 1	4	3, 3, 3, 3
10	2/7/01	2	1, 0.73	1	2

Από τη σύγκριση των δεδομένων των Πινάκων 3.6 και 3.7 παρατηρούμε ότι τα αποτελέσματα είναι σχεδόν παρόμοια. Η μόνη διαφορά εμφανίστηκε στον υπολογισμό της ποιότητας σποράς που εξαρτάται άμεσα από το χρόνο αναμονής (και από το χρόνο διακοπής της εξυπηρέτησης λόγω άφιξης οντότητας με υψηλότερη προτεραιότητα που όμως δεν παρατηρήθηκε αυτή η περίπτωση στα δεδομένα μας) μιας οντότητας, 0.9 του μοντέλου έναντι 0.77 του πραγματικού συστήματος, σε σύνολο 74 οντοτήτων, ενώ όσον αφορά τον αριθμό των οντοτήτων με εξυπηρέτηση, χωρίς εξυπηρέτηση που

είναι και ο σπουδαιότερος δείκτης απόδοσης και ο τύπος των μη εξυπηρετηθέντων οντοτήτων ήταν ακριβώς οι ίδιοι τόσο στο μοντέλο όσο στο πραγματικό σύστημα. Μπορούμε λοιπόν να ισχυριστούμε, με βάση το δείγμα των 10 εξεταζόμενων επεισοδίων αφίξεων οντοτήτων με συνωστισμό ότι το μοντέλο αποδίδει σωστά τον αριθμό των μη εξυπηρετηθέντων οντοτήτων, καθώς και τον τύπο τους, ενώ υπολογίζει ικανοποιητικά την ποιότητα σποράς κάθε οντότητας με πιθανότητα λάθους 1.35%.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΞΟΔΟΥ

Το κεφάλαιο αυτό αναφέρεται στις εκτελέσεις προσομοίωσης των δημιουργούμενων μοντέλων, στην παρουσίαση της εξόδου, δηλαδή των αποτελεσμάτων από τις εκτελέσεις και στη συνέχεια τη στατιστική τους ανάλυση για την εξαγωγή συμπερασμάτων.

4.1. ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ, ΤΥΧΑΙΟΙ ΑΡΙΘΜΟΙ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΙΜΩΝ ΣΤΙΣ ΠΙΘΑΝΟΚΡΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΕΙΣΟΔΟΥ

Η αναπαράσταση του πραγματικού κόσμου και συγκεκριμένα του εξεταζόμενου συστήματος γίνεται με την κατασκευή και την εκτέλεση ενός μοντέλου προσομοίωσης. Το μοντέλο έχει κατασκευαστεί, έτσι ώστε να εκφράζει τις λογικές σχέσεις που προκύπτουν μέσα από τις οντότητές του, τις δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα και τα γεγονότα που συμβαίνουν μέσα σ' αυτό και με την εκτέλεσή του όλα αυτά "ζωντανεύουν" ως μια προσπάθεια απομίμησης των διαδικασιών του συστήματος.

Κατά την εκτέλεση της προσομοίωσης οι πιθανοκρατικές μεταβλητές εισόδου των μοντέλων, όπως τα Χρονικά Διαστήματα Διαδοχικών Αφίξεων, οι Χρόνοι Εξυπηρέτησης, ο τύπος κάθε οντότητας, αλλά και η διάρκεια της προσομοίωσης παίρνουν αντιπροσωπευτικές τιμές, οι οποίες προκύπτουν από τους τυχαίους αριθμούς που παράγονται στον Η/Υ και τις κατανομές πιθανότητας των στοχαστικών αυτών δεδομένων εισόδου. Οι τυχαίοι αριθμοί που παράγονται στον Η/Υ είναι τυχαία επιλεγόμενοι δεκαδικοί αριθμοί από 0 έως 1, χωρίς να συμπεριλαμβάνεται το 1. Οι αριθμοί αυτοί είναι ισοπίθανα και ομοιόμορφα κατανεμημένοι στο διάστημα μεταξύ 0 και 1 και παράγονται από συναρτήσεις που διαθέτουν τα πακέτα λογισμικού προσομοίωσης. Στο λογισμικό υποστήριξης για προσομοίωση Extend, οι συναρτήσεις που παράγουν τους τυχαίους αριθμούς βασίζονται σε επαναλαμβανόμενο αλγόριθμο που ονομάζεται γεννήτρια τυχαίων αριθμών. Αυτές οι 32-bit συναρτήσεις βασίζονται στην τιμή ενός σπόρου και ανανεώνουν την τιμή του σπόρου κάθε φορά που καλούνται να δώσουν ένα τυχαίο αριθμό. Στο λογισμικό Extend, ο προτεινόμενος τύπος γεννήτριας τυχαίων αριθμών που χρησιμοποιήθηκε και στις εκτελέσεις των δημιουργούμενων μοντέλων προσομοίωσης, είναι ο γνωστός ως ελάχιστη τυπική γεννήτρια τυχαίων αριθμών (Lewis, Goodman, Miller and Dwyer, "A Portable and Reasonably Fast Minimum Standard Random Number Generator", ACM Transactions on

Mathematical Software, Vol 33, 2nd edition, October 1990, pages 278-286). Το λογισμικό παρέχει τη δυνατότητα στο χρήστη να θέσει την τιμή του σπόρου ο ίδιος, οπότε και να ελέγξει τις συνθήκες της προσομοίωσης ή να τίθεται τυχαία από το πρόγραμμα. (Diamond, 1997)

Ως παράδειγμα, αναφέρεται ο τρόπος παραγωγής του τύπου μιας οντότητας που εμφανίζεται στο σύστημα και μπορεί να πάρει τις τιμές 1 ή 2 ή 3 με τις πιθανότητες που παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.10, αλλά επαναλαμβάνονται και στον παρακάτω Πίνακα 4.1. Σε κάθε πιθανή τιμή του τύπου μιας οντότητας αντιστοιχίζεται ένα διάστημα τυχαίων αριθμών, με τέτοιο τρόπο ώστε η πιθανότητα παραγωγής ενός τυχαίου αριθμού από το διάστημα αυτό να είναι ίση με την πιθανότητα της αντίστοιχης τιμής του τύπου μιας οντότητας, όπως φαίνεται στον Πίνακα 4.1.

Πίνακας 4.1: Διαστήματα τυχαίων αριθμών για την παραγωγή τιμών του τύπου οντότητας

Τύπος οντότητας	Πιθανότητα	Διάστημα τυχαίων αριθμών
1	0.00462	$0 \leq x < 0.00462$
2	0.52073	$0.00462 \leq x < 0.52535$
3	0.47465	$0.52535 \leq x < 1$

Έστω λοιπόν ότι η προσομοίωση ζητά μια τιμή για τον τύπο μιας μόλις αφιχθείσας οντότητας στο σύστημα και τότε ας υποθέσουμε ότι ο τυχαίος αριθμός μεταξύ 0 και 1 (χωρίς το 1) είναι 0.35357. Όπως παρατηρούμε από τον Πίνακα 4.1 ο αριθμός αυτός ανήκει στο δεύτερο διάστημα ($0.00462 < 0.35357 < 0.52535$) που αντιστοιχεί στον τύπο οντότητας 2. Θα αποδοθεί τελικά ο τύπος 2 στην μόλις αφιχθείσα οντότητα. (Anderson et al., 2000)

4.2. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΑΛΛΑΓΗ ΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ ΕΙΣΟΔΟΥ

4.2.1. Ρύθμιση προτεραιότητας μεταξύ των εξυπηρετητών

Στο μοντέλο-2 με αριθμό εξυπηρετητών ίσο με 2, ελέγχθηκε η ύπαρξη διαφοράς από τον τρόπο χρήσης των εξυπηρετητών και συγκεκριμένα της ισοπίθανης χρήσης ή της χρήσης με προτεραιότητα μεταξύ τους. Για το λόγο αυτό στο Prioritizer block θέτονταν εναλλακτικά α) η ίδια προτεραιότητα μεταξύ των εξυπηρετητών και β) μεγαλύτερη προτεραιότητα στον πρώτο και εκτελούνταν οι δύο αυτές προσομοιώσεις εξασφαλίζοντας τις ίδιες συνθήκες, θέτοντας τον ίδιο χρόνο προσομοίωσης και την ίδια τυχαία τιμή σπόρου. Επαναλαμβάνοντας 3 εκτελέσεις με διαφορετικές συνθήκες (αλλαγή χρόνου προσομοίωσης και τυχαίας τιμής σπόρου) και για τις δύο περιπτώσεις

(συνολικά 6 εκτελέσεις προσομοίωσης), διαπιστώθηκε η ίδια ακριβώς συμπεριφορά του συστήματος στις δύο διαφορετικές πολιτικές και γι αυτό δεν θεωρήθηκε απαραίτητη η συνέχιση των ανεξάρτητων επαναλήψεων. Σημειώνεται, ότι στην αρχή κάθε επανάληψης εκτέλεσης της προσομοίωσης οι μετρητές των στατιστικών μηδενίζονταν και κάθε επανάληψη χρησιμοποίησε τις ίδιες αρχικές συνθήκες, δηλαδή στην αρχή δεν υπάρχει ΣΚΚ στο σύστημα και οι εξυπηρετητές-αεροσκάφη είναι αδρανείς μη εκτελώντας σπορά. Στον παρακάτω Πίνακα 4.2 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των 3 εκτελέσεων προσομοίωσης για κάθε μία από τις 2 διαφορετικές πολιτικές χρήσης των εξυπηρετητών. Οι μεταβλητές εξόδου της προσομοίωσης που είναι και δείκτες απόδοσης του συστήματος και παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.2 είναι:

- οι εξυπηρετηθείσες οντότητες (S) που είναι ο αριθμός των οντοτήτων των οποίων ολοκληρώθηκε η εξυπηρέτηση,
- η ποιότητα σποράς των οντοτήτων (QS) που είναι ο λόγος του πραγματικού χρόνου εξυπηρέτησης κάθε οντότητας προς το χρόνο εξυπηρέτησής της,
- οι μη εξυπηρετηθείσες οντότητες (NoS) που είναι ο αριθμός των οντοτήτων χωρίς εξυπηρέτηση,
- ο τύπος (Type) κάθε οντότητας χωρίς εξυπηρέτηση,
- το ποσοστό χρόνου απασχόλησης των εξυπηρετητών (U1 και U2) ως προς τη διάρκεια της προσομοίωσης.

Πίνακας 4.2: Δείκτες απόδοσης συστήματος με ίδια ή διαφορετική προτεραιότητα χρήσης των δύο εξυπηρετητών

	Ίδια προτεραιότητα					
	S	**QS**	**NoS**	**Type**	**U1**	**U2**
1.	4	1	1	2	0.21	0.10
2.	9	1	0	-	0.32	0.19
3.	2	1	0	-	0.27	0.14

Πίνακας 4.2 (συνέχεια)

	Διαφορετική προτεραιότητα					
	S	**QS**	**NoS**	**Type**	**U1**	**U2**
1.	4	1	1	2	0.21	0.10
2.	9	1	0	-	0.32	0.19
3.	2	1	0	-	0.27	0.14

Ακόμη, στον Πίνακα 4.3 παρουσιάζονται η διάρκεια προσομοίωσης (SimT) και η τυχαία τιμή σπόρου (RSV) που χρησιμοποιήθηκαν για κάθε επανάληψη της εκτέλεσης προσομοίωσης και για τις δύο πολιτικές χρήσης των εξυπηρετητών.

Πίνακας 4.3: Διάρκεια προσομοίωσης και τυχαία τιμή σπόρου

	SimT (min)	RSV
1.	267	564
2.	367	5645
3.	122	43

Επιπλέον, στον Πίνακα 4.4 παρουσιάζονται και ορισμένες μεταβλητές εξόδου κάποιων χαρακτηριστικών blocks του μοντέλου, ώστε να ελεγχθούν αν πράγματι ισχύουν κάθε φορά οι ίδιες συνθήκες κατά την εκτέλεση της προσομοίωσης με τις δύο πολιτικές και αλλάζουν σε κάθε νέα εκτέλεση.

Από το Import block:

- Η μέση τιμή των χρονικών διαστημάτων διαδοχικών αφίξεων των οντοτήτων (AIT),
- Ο αριθμός των παραγόμενων οντοτήτων στο σύστημα (NC).

Από το Transaction-Preemptive block:

- Ο αριθμός των αφιχθέντων οντοτήτων για εξυπηρέτηση στον πρώτο εξυπηρετητή (A1),
- Ο αριθμός των οντοτήτων που εξυπηρετήθηκαν από τον πρώτο εξυπηρετητή (D1).

Από το Transaction block:

- Ο αριθμός των αφιχθέντων οντοτήτων για εξυπηρέτηση στο δεύτερο εξυπηρετητή (A2)
- Ο αριθμός των οντοτήτων που εξυπηρετήθηκαν από το δεύτερο εξυπηρετητή (D2)

Πίνακας 4.4: Μεταβλητές εξόδου των blocks του μοντέλου με ίδια ή διαφορετική προτεραιότητα χρήσης των δύο εξυπηρετητών

	Ίδια προτεραιότητα					
	AIT	**NC**	**A1**	**D1**	**A2**	**D2**
1.	46.3	5	3	3	1	1
2.	40.6	9	7	7	2	2
3.	24.6	3	2	1	1	1

Πίνακας 4.4 (συνέχεια)

	Διαφορετική προτεραιότητα					
	AIT	**NC**	**A1**	**D1**	**A2**	**D2**
1.	46.3	5	3	3	1	1

	Διαφορετική προτεραιότητα					
	AIT	NC	A1	D1	A2	D2
2.	40.6	9	7	7	2	2
3.	24.6	3	2	1	1	1

Από τα παραπάνω, συμπεραίνεται ότι δεν υπάρχει διαφορά από τον τρόπο χρήσης των δύο εξυπηρετητών, κι αυτό οφείλεται αφενός στο ίδιο το μοντέλο και αφετέρου στο Prioritizer block, όπου όταν είναι αδρανείς και οι δύο εξυπηρετητές και έχουν την ίδια προτεραιότητα, τότε η οντότητα προωθείται για εξυπηρέτηση στον πρώτο εξυπηρετητή.

4.2.2. Χρήση ενός ή δύο εξυπηρετητών σε μια περιοχή

Ένα βασικό ερώτημα είναι αν με την ταυτόχρονη χρήση ενός δεύτερου εξυπηρετητή στο σύστημα βελτιώνονται οι δείκτες απόδοσης του συστήματος και κατά πόσο η διαφορά είναι σημαντική. Για το σκοπό αυτό έγιναν 200 ανεξάρτητες επαναλήψεις εκτελέσεις της προσομοίωσης του μοντέλου-1 με 1 εξυπηρετητή και άλλες 200 επίσης ανεξάρτητες επαναλήψεις εκτελέσεις του μοντέλου-2 με 2 εξυπηρετητές. Σε κάθε επανάληψη (και στις 400) χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικοί τυχαίοι αριθμοί, οι αρχικές συνθήκες κάθε επανάληψης ήταν οι ίδιες κι όπως αυτές περιγράφηκαν στην προηγούμενη παράγραφο κι ακόμη στην αρχή κάθε επανάληψης μηδενίζονταν οι μετρητές των στατιστικών. Με τον τρόπο αυτό προέκυψαν για κάθε μοντέλο 200 ανεξάρτητες και παρόμοια κατανεμημένες παρατηρήσεις, ενώ και μεταξύ τους μία προς μία οι παρατηρήσεις των δύο ομάδων ήταν ανεξάρτητες. Κάθε παρατήρηση αποτελείται από ένα σύνολο τιμών που αντιστοιχούν στους δείκτες απόδοσης που επιλέχθηκαν να καταγράφονται στο τέλος κάθε επανάληψης. Οι δείκτες απόδοσης είναι:

- οι εξυπηρετηθείσες οντότητες (S) που είναι ο αριθμός των οντοτήτων των οποίων ολοκληρώθηκε η εξυπηρέτηση,
- η ποιότητα σποράς των οντοτήτων (QS) που είναι ο λόγος του πραγματικού χρόνου εξυπηρέτησης κάθε οντότητας προς το χρόνο εξυπηρέτησής της,
- οι μη εξυπηρετηθείσες οντότητες (NoS) που είναι ο αριθμός των οντοτήτων χωρίς εξυπηρέτηση,
- ο τύπος (Type) κάθε οντότητας χωρίς εξυπηρέτηση,
- το μέσο μήκος της ουράς αναμονής (AL) που είναι ο μέσος όρος του αριθμού των οντοτήτων σε αναμονή για εξυπηρέτηση κατά τη διάρκεια μιας επανάληψης,

- το μέγιστο μήκος της ουράς αναμονής (ML) που είναι ο μέγιστος αριθμός των οντοτήτων σε αναμονή για εξυπηρέτηση κατά τη διάρκεια μιας επανάληψης,
- ο μέσος χρόνος αναμονής για εξυπηρέτηση σε min των οντοτήτων (AW) κατά τη διάρκεια μιας επανάληψης,
- ο μέγιστος χρόνος αναμονής για εξυπηρέτηση σε min κάποιας οντότητας (MW) κατά τη διάρκεια μιας επανάληψης,
- το ποσοστό χρόνου απασχόλησης των εξυπηρετητών (U1 και U2) ως προς τη διάρκεια της προσομοίωσης.

Στους Πίνακες Π1 και Π2 του Παραρτήματος παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των εκτελέσεων της προσομοίωσης των μοντέλων-1 και 2 αντίστοιχα. Εκεί φαίνονται οι 200 παρατηρήσεις κάθε μοντέλου με τις αντίστοιχες τιμές των δεικτών απόδοσης. Ακόμη, αναφέρεται και η διάρκεια προσομοίωσης (Time) κάθε επανάληψης σε min. Στους παρακάτω Πίνακες 4.5 και 4.6 παρουσιάζονται η μέση τιμή, η τυπική απόκλιση, οι ακραίες τιμές ορισμένων δεικτών απόδοσης, καθώς επίσης και το άθροισμα των μη εξυπηρετηθέντων οντοτήτων στο σύνολο των 200 επαναλήψεων για κάθε μοντέλο αντίστοιχα.

Πίνακας 4.5: Μέση τιμή, τυπική απόκλιση, ακραίες τιμές δεικτών απόδοσης του μοντέλου-1

	AL	ML	AW	MW	U1	NoS
X_M	0.22	1.61	5.59	17.49	0.522	1.08
S	0.33	0.93	6.26	15.96	0.164	1.26
Min	0	1	0	0	0.174	0
Max	3.27	9	53.86	97.66	0.943	9
Sum						216

Πίνακας 4.6: Μέση τιμή, τυπική απόκλιση, ακραίες τιμές δεικτών απόδοσης του μοντέλου-2

	AL	ML	AW	MW	U1	U2	NoS
X_M	0.03	1.11	0.62	3.08	0.469	0.231	0.16
S	0.07	0.34	1.22	5.69	0.143	0.174	0.43
Min	0	1	0	0	0.135	0	0
Max	0.51	3	7.18	32.82	0.888	0.765	2
Sum							31

Για τους παραπάνω δείκτες απόδοσης, εκτός από το ποσοστό του χρόνου απασχόλησης των εξυπηρετητών, υπολογίστηκαν τα διαστήματα εμπιστοσύνης των μέσων τιμών τους με συντελεστή εμπιστοσύνης 95%. Οι υπολογισμοί έγιναν με τη σχέση

$$\overline{X} \pm t \cdot \frac{S}{\sqrt{n}}$$

όπου $n=n_1=n_2=200$ το μέγεθος των δειγμάτων και t=1.96 το στατιστικό της κατανομής student για συντελεστή εμπιστοσύνης 95%. Επίσης, $\overline{X}$ η μέση τιμή και S η τυπική απόκλιση του δείγματος κάθε δείκτη απόδοσης. Τα αποτελέσματα των υπολογισμών και για τα δύο μοντέλα εκτίθενται στον Πίνακα 4.7.

Πίνακας 4.7: Διαστήματα εμπιστοσύνης των μέσων τιμών των δεικτών απόδοσης των μοντέλων-1 και 2

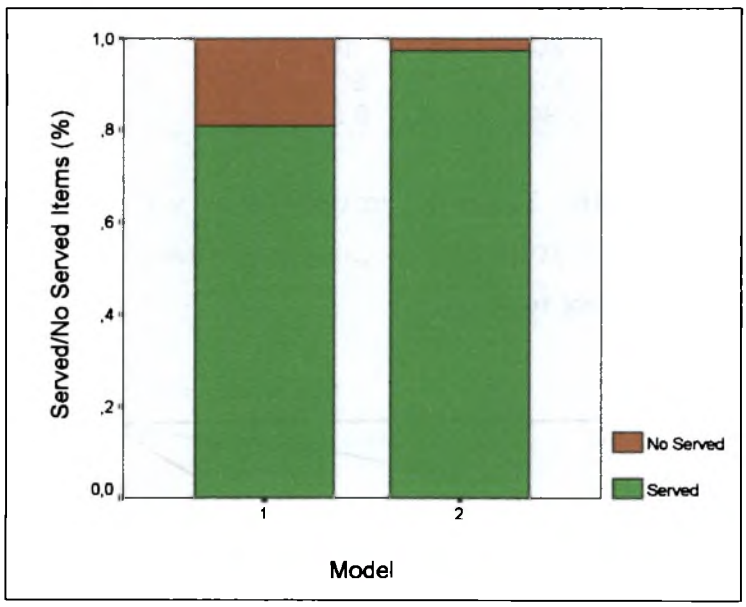
		AL	ML	AW	MW	NoS
M-1	**Άνω όριο**	0.27	1.74	6.45	19.7	1.25
	Κάτω όριο	0.18	1.48	4.72	15.28	0.91
M-2	**Άνω όριο**	0.04	1.16	0.79	3.87	0.21
	Κάτω όριο	0.02	1.06	0.45	2.29	0.10

Αρχικά, συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των Πινάκων 4.5 και 4.6 για τα δύο μοντέλα παρατηρούμε τη σημαντική μείωση όλων των δεικτών απόδοσης στο μοντέλο-2 με τη χρήση δύο εξυπηρετητών, αναφέροντας ενδεικτικά τη μέση τιμή του αριθμού των μη εξυπηρετηθέντων οντοτήτων 1.08 του μοντέλου-1 έναντι της αντίστοιχης 0.16 του μοντέλου-2.

Ακόμη, από τον Πίνακα 4.7, των διαστημάτων εμπιστοσύνης των μέσων τιμών των δεικτών απόδοσης, παρατηρούμε ότι για κάθε μεταβλητή, το κάτω όριο από το μοντέλο-1 είναι κατά πολύ μεγαλύτερο από το άνω όριο από το μοντέλο-2. Συνεπώς με πιθανότητα 95% (λόγω της μεγάλης διαφοράς των ορίων αν ο υπολογισμός τους γινόταν με μεγαλύτερο συντελεστή εμπιστοσύνης θα ήταν ακόμη μεγαλύτερη η πιθανότητα) μπορούμε να ισχυριστούμε ότι η διαφορά των μέσων τιμών των 5 δεικτών απόδοσης του Πίνακα 4.7 μεταξύ των δύο μοντέλων με 1 και 2 εξυπηρετητές αντίστοιχα είναι στατιστικά σημαντική και δεν οφείλεται στη δειγματοληψία. Σημειώνεται επίσης, ότι για τον παραπάνω λόγο δεν κρίνεται απαραίτητο να γίνει στατιστικός έλεγχος υπόθεσης της διαφοράς των μέσων τιμών των δεικτών απόδοσης.

Επιπλέον, από τα αθροίσματα των 200 παρατηρήσεων, για τον αριθμό των μη εξυπηρετηθέντων οντοτήτων κάθε μοντέλου που αναγράφονται στο κάτω μέρος των Πινάκων 4.5 και 4.6, παρατηρούμε τη μεγάλη βελτίωση από την ταυτόχρονη χρήση και δευτέρου εξυπηρετητή μειώνοντας τον αριθμό τους από 216 σε 31. Στις 200 εκτελέσεις της προσομοίωσης, οι οποίες θα

μπορούσαν να παρατηρηθούν τα επόμενα 20 χρόνια λαμβάνοντας υπόψη ότι είχαμε 29 επεισόδια με εμφάνιση 164 ΣΚΚ σε 3 χρόνια, με το μοντέλο-1 εξυπηρετήθηκαν 915 οντότητες σε σύνολο 1131, ενώ 216 (19%) δεν εξυπηρετήθηκαν. Στο μοντέλο-2 εξυπηρετήθηκαν 729 οντότητες με τον πρώτο εξυπηρετητή σε σύνολο 1101, 341 με το δεύτερο εξυπηρετητή και δεν εξυπηρετήθηκαν 31 οντότητες (2.8%). Τα αποτελέσματα αυτά απεικονίζονται στο σχήμα 4.1. Το ποσοστό οντοτήτων που εξυπηρετήθηκαν με τον πρώτο εξυπηρετητή σε σύνολο 1070 εξυπηρετηθέντων οντοτήτων ήταν 68%, ενώ με τον δεύτερο 32%. Τέλος, από τα παραπάνω συνάγεται ότι τα μη σπαρμένα ΣΚΚ σε 1 χρόνο θα είναι περίπου 10 όταν η σπορά θα γίνεται από 1 αεροσκάφος και 1.5 (3 ΣΚΚ στα 2 χρόνια) όταν θα γίνεται από 2 ταυτόχρονα αεροσκάφη.



Σχήμα 4.1: Ποσοστό εξυπηρετηθέντων και μη εξυπηρετηθέντων οντοτήτων κάθε μοντέλου

Όσον αφορά το πλήθος των μη εξυπηρετηθέντων οντοτήτων ανά τύπο, τα αποτελέσματα και για τα δύο μοντέλα παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.8 και όπως παρατηρούμε, σε κάθε μοντέλο ο αριθμός οντοτήτων του τύπου 3 είναι μεγαλύτερος από τον αριθμό του τύπου 2. Και αυτό προφανώς συμβαίνει, επειδή συνήθως ο χρόνος εξυπηρέτησης των ΣΚΚ του τύπου 3 είναι μικρότερος από τον αντίστοιχο του τύπου 2 και άρα το ίδιο κι ο μέγιστος επιτρεπόμενος χρόνος αναμονής τους για εξυπηρέτηση.

Πίνακας 4.8: Αριθμός μη εξυπηρετηθέντων οντοτήτων ανά τύπο

	Τύπος = 2	**Τύπος = 3**	**Σύνολο**

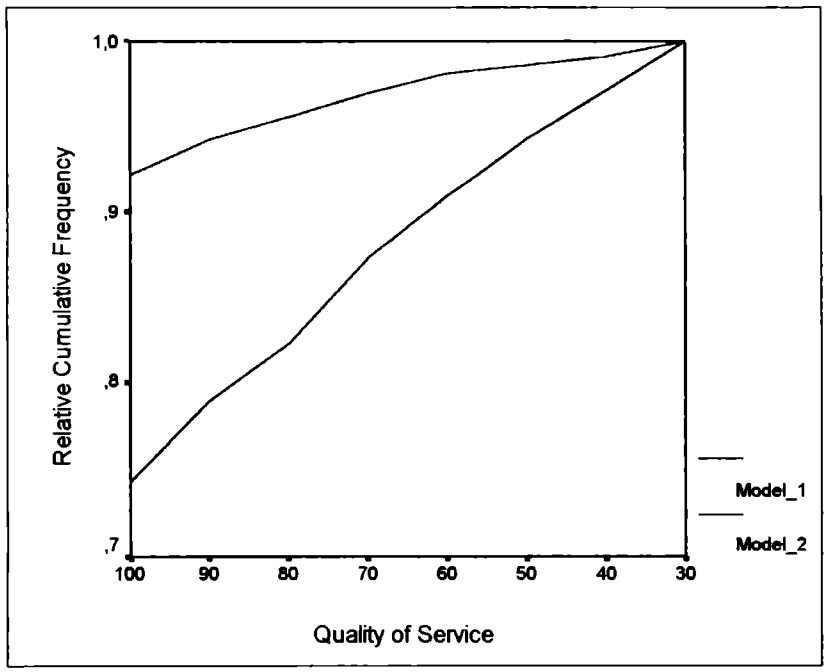
	Τύπος = 2	Τύπος = 3	Σύνολο
Μοντέλο-1	83 (38.4%)	133 (61.6%)	216
Μοντέλο-2	14 (45.2%)	17 (54.8%)	31

Τέλος, σε κάθε μοντέλο υπολογίζονταν η ποιότητα σποράς QS κάθε εξυπηρετούμενης οντότητας και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.9, όπου f είναι η απόλυτη συχνότητα των οντοτήτων με ποιότητα σποράς 100%, από 90 έως 99% (90%), από 80 έως 89% (80%), κ.ο.κ., F η απόλυτη αθροιστική συχνότητα και F% η σχετική αθροιστική συχνότητα.

Πίνακας 4.9: Κατανομή των εξυπηρετηθέντων οντοτήτων σύμφωνα με την ποιότητα σποράς

	QS	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30 %
M-1	**f**	618	38	28	43	30	27	23	24
	F	618	656	684	727	757	784	807	831
	F%	0.743	0.789	0.823	0.874	0.91	0.943	0.971	1
M-2	**f**	917	20	13	14	11	5	5	8
	F	917	937	950	964	975	980	985	993
	F%	0.923	0.943	0.956	0.97	0.981	0.986	0.991	1

Επίσης, στο παρακάτω Σχήμα 4.2 απεικονίζονται για τα δύο μοντέλα οι σχετικές αθροιστικές συχνότητες των εξυπηρετηθέντων οντοτήτων σύμφωνα με την ποιότητα σποράς τους.



Σχήμα 4.2: Σχετικές αθροιστικές συχνότητες των εξυπηρετηθέντων οντοτήτων σύμφωνα με την ποιότητα σποράς τους

Όπως παρατηρούμε από τα ανωτέρω, οι εξυπηρετηθείσες οντότητες στο μοντέλο-2 έχουν καλύτερη ποιότητα σποράς από τις εξυπηρετηθείσες με το μοντέλο-1. Το 92.3% των εξυπηρετηθέντων οντοτήτων στο μοντέλο-2 είχε ποιότητα σποράς 100% και το 97% ποιότητα σποράς μεγαλύτερη ή ίση από 70%. Τα αντίστοιχα ποσοστά των εξυπηρετηθέντων οντοτήτων στο μοντέλο-1 ήταν 74.3% και 87.4%.

4.2.3. Χρήση 4 ή 5 εξυπηρετητών σε 3 περιοχές

Στο μοντέλο-3 των 3 περιοχών συγκρίθηκε η έξοδος της προσομοίωσης με χρήση 4 εξυπηρετητών έναντι της χρήσης 5 εξυπηρετητών. Για το σκοπό αυτό έγιναν από 100 ανεξάρτητες επαναλήψεις εκτελέσεις της προσομοίωσης του μοντέλου-3 για κάθε εξεταζόμενη περίπτωση. Για τη διάρκεια της προσομοίωσης επιλέχθηκε η τιμή των 150 min, σε κάθε επανάληψη (και στις 200) χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικοί τυχαίοι αριθμοί, οι αρχικές συνθήκες κάθε επανάληψης ήταν οι ίδιες κι όπως αυτές περιγράφηκαν παραπάνω κι ακόμη στην αρχή κάθε επανάληψης μηδενίζονταν οι μετρητές των στατιστικών. Με τον τρόπο αυτό προέκυψαν για κάθε περίπτωση 100 ανεξάρτητες και παρόμοια κατανεμημένες παρατηρήσεις, ενώ και μεταξύ τους μία προς μία οι παρατηρήσεις των δύο ομάδων ήταν ανεξάρτητες. Κάθε παρατήρηση αποτελείται από ένα σύνολο τιμών που αντιστοιχούν στους δείκτες απόδοσης που επιλέχθηκαν να καταγράφονται στο τέλος κάθε επανάληψης. Οι δείκτες απόδοσης κάθε περιοχής είναι:

- οι εξυπηρετηθείσες οντότητες (S1 και S2) που είναι ο αριθμός των οντοτήτων των οποίων ολοκληρώθηκε η εξυπηρέτηση από κάθε εξυπηρετητή,
- οι οντότητες με διακοπή της εξυπηρέτησής τους (Pr) εξαιτίας της άφιξης μιας οντότητας με υψηλότερη προτεραιότητα,
- οι μη εξυπηρετηθείσες οντότητες (NoS) που είναι ο αριθμός των οντοτήτων χωρίς εξυπηρέτηση,
- το μέσο μήκος της ουράς αναμονής (AL) που είναι ο μέσος όρος του αριθμού των οντοτήτων σε αναμονή για εξυπηρέτηση κατά τη διάρκεια μιας επανάληψης,
- το μέγιστο μήκος της ουράς αναμονής (ML) που είναι ο μέγιστος αριθμός των οντοτήτων σε αναμονή για εξυπηρέτηση κατά τη διάρκεια μιας επανάληψης,

- ο μέσος χρόνος αναμονής για εξυπηρέτηση σε min των οντοτήτων (AW) κατά τη διάρκεια μιας επανάληψης,
- ο μέγιστος χρόνος αναμονής για εξυπηρέτηση σε min κάποιας οντότητας (MW) κατά τη διάρκεια μιας επανάληψης,
- το ποσοστό χρόνου απασχόλησης των εξυπηρετητών (U1 και U2) ως προς τη διάρκεια της προσομοίωσης.

Στους έξι Πίνακες Π6 έως Π11 του Παραρτήματος παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των εκτελέσεων της προσομοίωσης του μοντέλου-3 για τις 2 εξεταζόμενες περιπτώσεις. Εκεί φαίνονται οι 100 παρατηρήσεις με τις αντίστοιχες τιμές των δεικτών απόδοσης, κάθε περιοχής χωριστά, για καθεμιά από τις εξεταζόμενες περιπτώσεις. Ακόμη, αναφέρεται και ο μέσος όρος των χρονικών διαστημάτων διαδοχικών αφίξεων των οντοτήτων (AIT), ο αριθμός των οντοτήτων που εισήχθησαν στην προσομοίωση (NIC) και ο αριθμός των οντοτήτων του τύπου 1 (T1). Επιπλέον, στους πίνακες της περιοχής-3 προστέθηκαν και οι τιμές του ποσοστού χρόνου απασχόλησης του Labor Pool block του μοντέλου-3. Στους παρακάτω έξι Πίνακες 4.10 έως και 4.15 παρουσιάζονται η μέση τιμή, η τυπική απόκλιση, τα διαστήματα εμπιστοσύνης με συντελεστή εμπιστοσύνης 95% της μέσης τιμής κάθε δείκτη απόδοσης, όπως επίσης και το άθροισμα των εξυπηρετηθέντων οντοτήτων, εκείνων με διακοπή της εξυπηρέτησης και των μη εξυπηρετηθέντων στο σύνολο των 100 επαναλήψεων, για κάθε περιοχή και για κάθε εξεταζόμενη περίπτωση αντίστοιχα.

Πίνακας 4.10: Μέση τιμή, τυπική απόκλιση, διαστήματα εμπιστοσύνης της μέσης τιμής των δεικτών απόδοσης της προσομοίωσης του μοντέλου-3 με 4 εξυπηρετητές για την περιοχή-1

	AL	ML	AW	MW
X_M	0,05	1,13	1,23	5,13
S	0,08	0,36	1,86	7,25
U	0,07	1,20	1,59	6,55
L	0,04	1,06	0,86	3,71

Πίνακας 4.10 (συνέχεια)

	S1	Pr	U1	S2	U2	NoS
X_M	3,26	0,01	0,439	0,81	0,093	0,27
S	1,11	0,10	0,145	0,90	0,102	0,55
U	3,48	0,03	0,47	0,99	0,113	0,38
L	3,04	-0,01	0,41	0,63	0,073	0,16
Sum	326	1		81		27

Πίνακας 4.11: Μέση τιμή, τυπική απόκλιση, διαστήματα εμπιστοσύνης της μέσης τιμής των δεικτών απόδοσης της προσομοίωσης του μοντέλου-3 με 4 εξυπηρετητές για την περιοχή-2

	AL	ML	AW	MW
X_M	0,06	1,15	1,46	6,46
S	0,09	0,38	2,27	9,31
U	0,08	1,23	1,90	8,28
L	0,04	1,07	1,01	4,63

Πίνακας 4.11 (συνέχεια)

	S1	Pr	U1	S2	U2	NoS
X_M	3,31	0,00	0,461	0,81	0,078	0,35
S	1,16	0,00	0,167	0,95	0,098	0,59
U	3,54	0,00	0,493	1,00	0,097	0,47
L	3,08	0,00	0,428	0,62	0,059	0,23
Sum	331	0		81		35

Πίνακας 4.12: Μέση τιμή, τυπική απόκλιση, διαστήματα εμπιστοσύνης της μέσης τιμής των δεικτών απόδοσης της προσομοίωσης του μοντέλου-3 με 4 εξυπηρετητές για την περιοχή-3

	AL	ML	AW	MW
X_M	0,05	1,12	1,14	4,62
S	0,08	0,38	1,74	6,76
U	0,06	1,19	1,49	5,94
L	0,03	1,05	0,80	3,29

Πίνακας 4.12 (συνέχεια)

	S1	Pr	U1	S2	U2	NoS
X_M	3,05	0,01	0,437	0,79	0,091	0,23
S	1,18	0,10	0,164	0,79	0,101	0,53
U	3,28	0,03	0,469	0,95	0,110	0,33
L	2,82	-0,01	0,405	0,63	0,071	0,13
Sum	305	1		79		23

Πίνακας 4.13: Μέση τιμή, τυπική απόκλιση, διαστήματα εμπιστοσύνης της μέσης τιμής των δεικτών απόδοσης της προσομοίωσης του μοντέλου-3 με 5 εξυπηρετητές για την περιοχή-1

	AL	ML	AW	MW
X_M	0,03	1,11	0,67	2,66
S	0,07	0,42	1,53	5,25
U	0,04	1,19	0,96	3,69
L	0,01	1,03	0,37	1,63

Πίνακας 4.13 (συνέχεια)

	S1	Pr	U1	S2	U2	NoS
X_M	2,94	0,01	0,394	1,07	0,147	0,12
S	1,15	0,10	0,154	0,99	0,166	0,47
U	3,16	0,03	0,425	1,26	0,179	0,21
L	2,72	-0,01	0,364	0,88	0,114	0,03
Sum	294	1		107		12

Πίνακας 4.14: Μέση τιμή, τυπική απόκλιση, διαστήματα εμπιστοσύνης της μέσης τιμής των δεικτών απόδοσης της προσομοίωσης του μοντέλου-3 με 5 εξυπηρετητές για την περιοχή-2

	AL	ML	AW	MW
X_M	0,04	1,09	0,85	3,71
S	0,08	0,29	1,69	7,16
U	0,05	1,15	1,19	5,11
L	0,02	1,03	0,52	2,31

Πίνακας 4.14 (συνέχεια)

	S1	Pr	U1	S2	U2	NoS
X_M	3,15	0,01	0,415	1,08	0,135	0,15
S	0,98	0,10	0,140	0,97	0,119	0,43
U	3,34	0,03	0,442	1,27	0,158	0,23
L	2,96	-0,01	0,387	0,89	0,111	0,07
Sum	315	1		108		15

Πίνακας 4.15: Μέση τιμή, τυπική απόκλιση, διαστήματα εμπιστοσύνης της μέσης τιμής των δεικτών απόδοσης της προσομοίωσης του μοντέλου-3 με 5 εξυπηρετητές για την περιοχή-3

	AL	ML	AW	MW
X_M	0,03	1,06	0,71	2,94
S	0,07	0,28	1,49	5,37
U	0,05	1,11	1,00	3,99
L	0,02	1,01	0,42	1,89

Πίνακας 4.15 (συνέχεια)

	S1	Pr	U1	S2	U2	NoS
X_M	3,13	0,00	0,427	1,22	0,162	0,10
S	1,19	0,00	0,146	0,98	0,146	0,33
U	3,36	0,00	0,456	1,41	0,190	0,17
L	2,90	0,00	0,399	1,03	0,133	0,03
Sum	313	0		122		10

Τα διαστήματα εμπιστοσύνης, με συντελεστή εμπιστοσύνης 95%, των μέσων τιμών των δεικτών απόδοσης υπολογίστηκαν με τη σχέση

$$\overline{X} \pm t \cdot \frac{S}{\sqrt{n}}$$

όπου n=100 το μέγεθος των δειγμάτων και t=1.96 το στατιστικό της κατανομής student για συντελεστή εμπιστοσύνης 95%. Επίσης, $\overline{X}$ η μέση τιμή και S η τυπική απόκλιση του δείγματος κάθε δείκτη απόδοσης.

Στη συνέχεια, εξετάστηκε η διαφορά δύο δεικτών απόδοσης, της μέσης τιμής της μέσης τιμής των χρόνων αναμονής των οντοτήτων στην ουρά (AW) και της μέσης τιμής του αριθμού των μη εξυπηρετηθέντων οντοτήτων (NoS), για κάθε περιοχή και μεταξύ των περιπτώσεων που

γινόταν χρήση 4 και 5 εξυπηρετητών. Για το σκοπό αυτό, υπολογίστηκαν τα διαστήματα εμπιστοσύνης των διαφορών των μέσων τιμών των εξεταζόμενων παραμέτρων για κάθε περιοχή και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα 4.16. Έγινε χρήση της σχέσης

$$\overline{X}_1 - \overline{X}_2 \pm t \cdot SE$$

όπου $\overline{X}_1, \overline{X}_2$ οι μέσες τιμές της παραμέτρου για μια περιοχή για τις δύο περιπτώσεις, t=1.96 το στατιστικό της κατανομής student για συντελεστή εμπιστοσύνης 95% και SE το τυπικό σφάλμα της διαφοράς που εκφράζεται από την εξίσωση

$$SE = \sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}$$

όπου S_1, S_2 οι τυπικές αποκλίσεις και n_1, n_2 το μέγεθος των δειγμάτων αντίστοιχα.

Πίνακας 4.16: Διαστήματα εμπιστοσύνης των διαφορών των μέσων τιμών των δεικτών απόδοσης για κάθε περιοχή και μεταξύ των δύο εξεταζόμενων περιπτώσεων

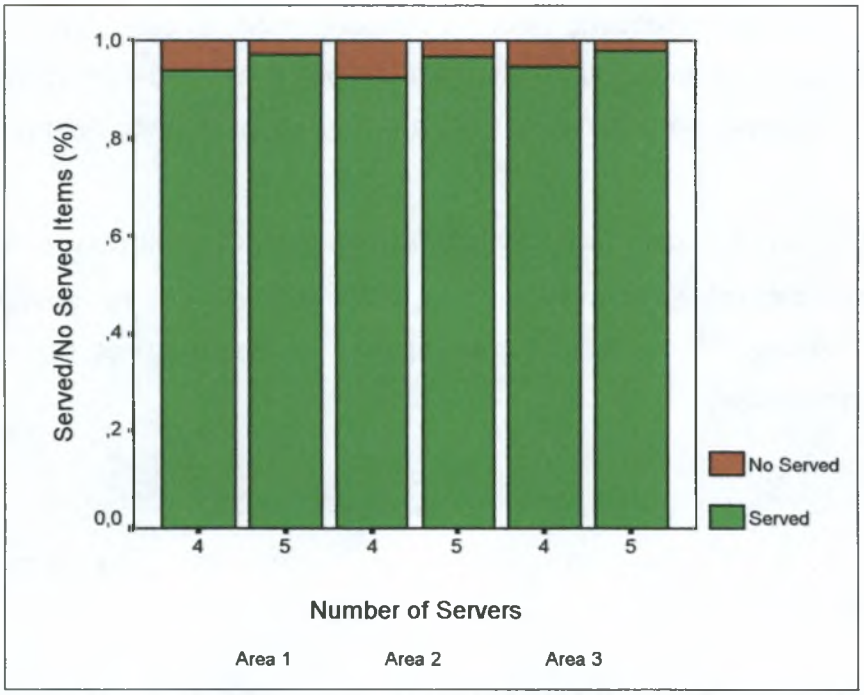
	Μέση τιμή των χρόνων αναμονής		
	Περιοχή 1	**Περιοχή 2**	**Περιοχή 3**
Άνω όριο	1.03	1.16	0.88
Κάτω όριο	0.09	0.06	-0.02

Πίνακας 4.16 (συνέχεια)

	Αριθμός μη εξυπηρετηθέντων οντ.		
	Περιοχή 1	**Περιοχή 2**	**Περιοχή 3**
Άνω όριο	0.29	0.34	0.25
Κάτω όριο	0.01	0.06	0.01

Όπως παρατηρούμε από τα ανωτέρω, συμπεραίνεται ότι οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές, με εξαίρεση τη μέση τιμή των χρόνων αναμονής για την περιοχή 3 και δεν οφείλονται στη δειγματοληψία. Έχουμε λοιπόν βελτίωση των δεικτών απόδοσης του συστήματος με τη χρήση πέντε εξυπηρετητών έναντι τεσσάρων.

Ακόμη, από την έξοδο της προσομοίωσης υπολογίστηκε το ποσοστό των μη εξυπηρετηθέντων οντοπήτων NoS/(S_1+S_2+Pr+NoS) για κάθε περιοχή και για τις δύο περιπτώσεις. Στην πρώτη περίπτωση, με τη χρήση 4 εξυπηρετητών, το ποσοστό αυτό ήταν 6.2%, 7.8% και 5.6% για τις περιοχές 1, 2 και 3 αντίστοιχα, ενώ στη δεύτερη περίπτωση, με τη χρήση 5 εξυπηρετητών, τα αντίστοιχα ποσοστά ήταν 2.8%, 3.4% και 2.2%. Τα αποτελέσματα αυτά απεικονίζονται στο παρακάτω Σχήμα 4.3.



Σχήμα 4.3: Ποσοστό εξυπηρετηθέντων και μη εξυπηρετηθέντων οντοτήτων για κάθε περιοχή, με χρήση 4 και 5 εξυπηρετητών

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα αυτά με τα αντίστοιχα της προηγούμενης παραγράφου, όπου εξετάστηκε η χρήση 1 ή 2 εξυπηρετητών σε μια περιοχή και το ποσοστό των μη εξυπηρετηθέντων οντοτήτων ήταν 19% και 2.8% αντίστοιχα, παρατηρούμε τη σημαντική βελτίωση με τη χρήση τέταρτου εξυπηρετητή που μοιράζεται ως δεύτερος στις 3 περιοχές και ακόμη ότι με χρήση 5 εξυπηρετητών που ο τέταρτος κι ο πέμπτος μοιράζονται στις 3 περιοχές έχουμε τα ικανοποιητικά αποτελέσματα που είχαμε με τη χρήση 2 εξυπηρετητών σε μια περιοχή.

Όσον αφορά το ποσοστό των εξυπηρετηθέντων οντοτήτων από τον πρώτο και το δεύτερο εξυπηρετητή, για κάθε περιοχή και για καθεμιά από τις εξεταζόμενες περιπτώσεις, τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα 4.17.

Πίνακας 4.17: Ποσοστό των εξυπηρετηθέντων οντοτήτων από τους 2 εξυπηρετητές

	Χρήση 4 εξυπηρετητών		
	Περιοχή 1	**Περιοχή 2**	**Περιοχή 3**
Εξυπ/τής 1	0.80	0.803	0.794
Εξυπ/τής 2	0.20	0.197	0.206

Πίνακας 4.17 (συνέχεια)

	Χρήση 5 εξυπηρετητών

	Περιοχή 1	Περιοχή 2	Περιοχή 3
Εξυπ/τής 1	0.733	0.745	0.72
Εξυπ/τής 2	0.267	0.255	0.28

Παρατηρούμε ότι στην περίπτωση χρήσης 4 εξυπηρετητών στις 3 περιοχές, ο πρώτος εξυπηρετητής εξυπηρετεί περίπου το 80% των οντοτήτων σε κάθε περιοχή και ο δεύτερος το υπόλοιπο 20%, ενώ στην περίπτωση χρήσης 5 εξυπηρετητών, περίπου το 73.5% των οντοτήτων εξυπηρετείται από τον πρώτο εξυπηρετητή και το υπόλοιπο 26.5% από το δεύτερο, σε κάθε περιοχή.

4.3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΠΙΘΑΝΟΚΡΑΤΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ ΕΙΣΟΔΟΥ

Μετά την ποσοτικοποίηση της διαφοράς από τη χρήση και δεύτερου εξυπηρετητή, στο μοντέλο προσομοίωσης μιας περιοχής, έναντι του ενός και την ικανοποιητική βελτίωση της απόδοσης του συστήματος, η οποία μπορεί πλέον να θεωρηθεί ως μέτρο ικανοποιητικού αποτελέσματος, εξετάστηκε ξανά η απόδοση του συστήματος με 1 εξυπηρετητή μειώνοντας τους Χρόνους Εξυπηρέτησης. Μείωση των Χρόνων Εξυπηρέτησης για το εξεταζόμενο σύστημα σημαίνει είτε γίνονται σκληρότερα τα κριτήρια έναρξης ή/και παύσης της σποράς είτε μπορεί κάποτε να προταθεί για χρήση κάποιο νέο υλικό σποράς που να δρα πιο γρήγορα και αποτελεσματικά από τα ήδη χρησιμοποιούμενα και να μειώνει τις πολλαπλές διαδρομές σποράς του αεροσκάφους σε μια καταιγίδα, μειώνοντας με τον τρόπο αυτό τον απαιτούμενο Χρόνο Εξυπηρέτησης είτε με οποιονδήποτε άλλο τρόπο μπορεί να επιτευχθεί η μείωση που δεν χρειάζεται να είμαστε σήμερα σε θέση να σκεφτούμε ή να ερμηνεύσουμε. Αυτό το οποίο εξετάστηκε είναι η απάντηση στο ερώτημα, κατά πόσο πρέπει να μειωθούν οι Χρόνοι Εξυπηρέτησης, ώστε με τη χρήση ενός μόνο εξυπηρετητή να έχουμε τα ίδια αποτελέσματα, όπως με τη χρήση 2 εξυπηρετητών. Εφαρμόστηκε λοιπόν, Ανάλυση Ευαισθησίας ως προς την παράμετρο του Χρόνου Εξυπηρέτησης.

4.3.1. Επιλογή τιμών των Χρόνων Εξυπηρέτησης

Αρχικά, μειώθηκαν όλοι οι Χρόνοι Εξυπηρέτησης και των 217 παρατηρήσεων στο 75%, 50% και 25% της αρχικής τιμής και αυξήθηκαν στο 125%, προκύπτοντας έτσι, 4 νέα δείγματα μεγέθους 217 παρατηρήσεων το καθένα. Στη συνέχεια, κάθε νέο δείγμα χωρίστηκε σε δύο, μεγέθους 113 και 103 παρατηρήσεων σύμφωνα με τον παρατηρούμενο τύπο ΣΚΚ 2 και 3 αντίστοιχα. Για τα 8 νέα δείγματα έγιναν οι έλεγχοι καλής προσαρμογής χ^2

και Kolmogorov-Smirnov της θεωρητικής Lognormal κατανομής και τα αποτελέσματά τους παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα 4.10.

Πίνακας 4.10: Αποτελέσματα των ελέγχων καλής προσαρμογής χ^2 και Kolmogorov-Smirnov της θεωρητικής Lognormal κατανομής για τα νέα δείγματα των Χρόνων Εξυπηρέτησης

		K-S test		χ^2 test		
Τύπος	**Δείγμα**	**D**	**p-value**	**χ^2**	**d.f.**	**p-value**
2	**125%**	0.0601	0.808	5.91	5	0.314
	75%	0.0592	0.821	3.59	4	0.463
	50%	0.0713	0.613	7.74	5	0.171
	25%	0.1056	0.161	10.42	4	0.034
3	**125%**	0.0943	0.318	1.38	2	0.499
	75%	0.1194	0.105	1.62	2	0.443
	50%	0.1079	0.181	1.04	2	0.592
	25%	0.1686	0.006	12.23	3	0.007

Όπως παρατηρούμε από τον παραπάνω πίνακα, εκτός από το τελευταίο δείγμα 25% του τύπου 3, για όλα τα υπόλοιπα οι έλεγχοι καλής προσαρμογής της θεωρητικής Lognormal κατανομής είναι θετικοί. Στον παρακάτω Πίνακα 4.11 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές (x_M) και οι τυπικές αποκλίσεις (S) σε min της Lognormal κατανομής για κάθε δείγμα, με τις οποίες εισήχθησαν στο μοντέλο-1 για την παραγωγή των Χρόνων Εξυπηρέτησης, κατά τη διαδικασία της Ανάλυσης Ευαισθησίας ως προς την παράμετρο Χρόνος Εξυπηρέτησης.

Πίνακας 4.11: Μέση τιμή και τυπική απόκλιση σε min της Lognormal κατανομής των δειγμάτων των Χρόνων Εξυπηρέτησης

Δείγμα		**125%**	**75%**	**50%**	**25%**
Τύπος 2	**X_M**	30.63	18.23	12.18	5.85
	S	17.47	10.48	7.04	3.66
Τύπος 3	**X_M**	17.31	10.23	6.8	3.16
	S	8.55	5.05	3.46	1.92

Όσον αφορά τους Χρόνους Εξυπηρέτησης των ΣΚΚ του τύπου 1, ως γνωστό χρησιμοποιήθηκε η τριγωνική κατανομή με τις αντίστοιχες ελάχιστη, μέγιστη και επικρατούσα τιμές. Οι τιμές αυτές μειώθηκαν αντίστοιχα στο 75%, 50% και 25%, καθώς επίσης αυξήθηκαν και στο 125%, προκύπτοντας έτσι οι νέες ελάχιστες, μέγιστες και επικρατούσες τιμές της τριγωνικής κατανομής για κάθε νέα εξεταζόμενη περίπτωση.

4.3.2. Λειτουργία της προσομοίωσης για διάφορες τιμές των παραμέτρων των κατανομών των Χρόνων Εξυπηρέτησης

Στο μοντέλο-1 με αριθμό εξυπηρετητών ίσο με 1, ελέγχθηκε η επίδραση που έχει στην έξοδο της προσομοίωσης η αλλαγή των τιμών των

παραμέτρων των κατανομών των Χρόνων Εξυπηρέτησης. Για το λόγο αυτό στα τρία Input Random Number blocks του μοντέλου που τροφοδοτούν τα ΣΚΚ των τριών τύπων αντίστοιχα, με την τυχαία κάθε φορά τιμή του Χρόνου Εξυπηρέτησής τους, θέτονταν εναλλακτικά οι τιμές των παραμέτρων των αντίστοιχων κατανομών που προήλθαν από τα δείγματα α) με το 125%, β) 100%, γ) 75%, δ) 50%, ε) 25% των τιμών όλων των αρχικών Χρόνων Εξυπηρέτησης. Στη συνέχεια, εκτελούνταν οι 5 αυτές προσομοιώσεις εξασφαλίζοντας τις ίδιες συνθήκες, θέτοντας τον ίδιο χρόνο προσομοίωσης και την ίδια τυχαία τιμή σπόρου. Επαναλαμβάνοντας 50 εκτελέσεις με διαφορετικές συνθήκες (αλλαγή χρόνου προσομοίωσης και τυχαίας τιμής σπόρου) και για τις 5 περιπτώσεις (συνολικά 250 εκτελέσεις προσομοίωσης) πήραμε για κάθε δείκτη απόδοσης του συστήματος 5 στήλες, μήκους 50 ανεξάρτητων μεταξύ τους παρατηρήσεων, όπου οι 5 παρατηρήσεις της ίδιας γραμμής είναι εξαρτημένες μεταξύ τους. Σημειώνεται, ότι στην αρχή κάθε επανάληψης εκτέλεσης της προσομοίωσης οι μετρητές των στατιστικών μηδενίζονταν και κάθε επανάληψη χρησιμοποίησε τις ίδιες αρχικές συνθήκες, δηλαδή στην αρχή δεν υπάρχει ΣΚΚ στο σύστημα και οι εξυπηρετητές-αεροσκάφη είναι αδρανείς μη εκτελώντας σπορά.

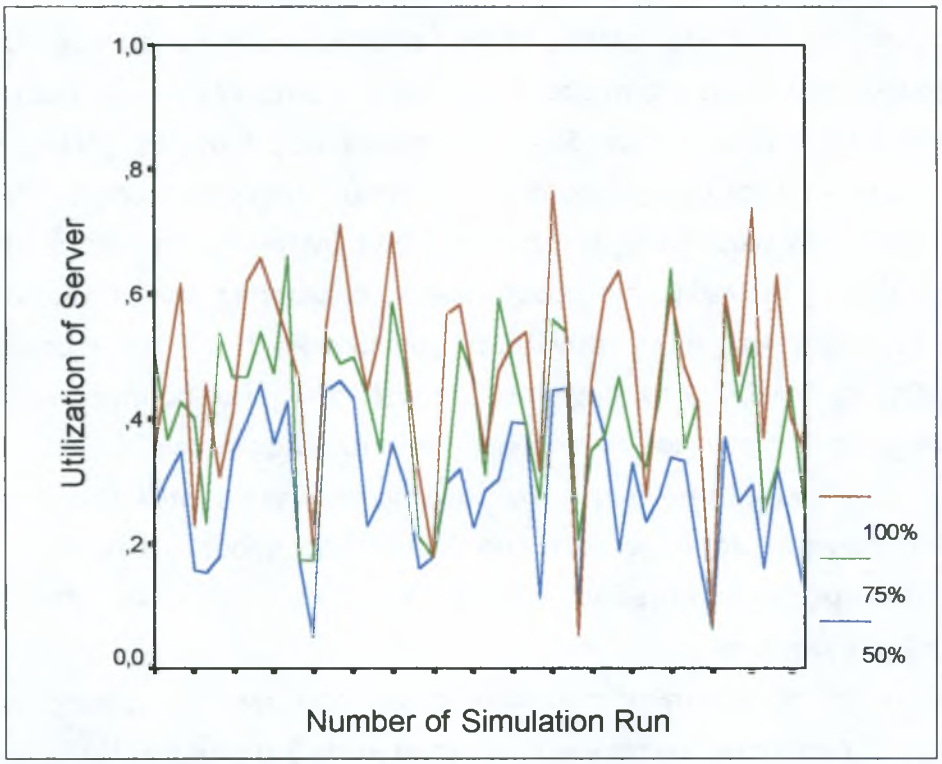
Οι δείκτες απόδοσης του συστήματος που επιλέχθηκαν να καταγράφονται στο τέλος κάθε επανάληψης της προσομοίωσης για τις περιπτώσεις των δειγμάτων 100%, 75% και 50% των Χρόνων Εξυπηρέτησης είναι:

- οι εξυπηρετηθείσες οντότητες (S) που είναι ο αριθμός των οντοτήτων των οποίων ολοκληρώθηκε η εξυπηρέτηση
- οι μη εξυπηρετηθείσες οντότητες (NoS) που είναι ο αριθμός των οντοτήτων χωρίς εξυπηρέτηση,
- ο μέσος χρόνος αναμονής για εξυπηρέτηση σε min των οντοτήτων (AW) κατά τη διάρκεια μιας επανάληψης,
- ο μέσος πραγματικός χρόνος εξυπηρέτησης σε min των οντοτήτων (AT) κατά τη διάρκεια μιας επανάληψης,
- το ποσοστό χρόνου απασχόλησης του εξυπηρετητή (U) ως προς τη διάρκεια της προσομοίωσης.

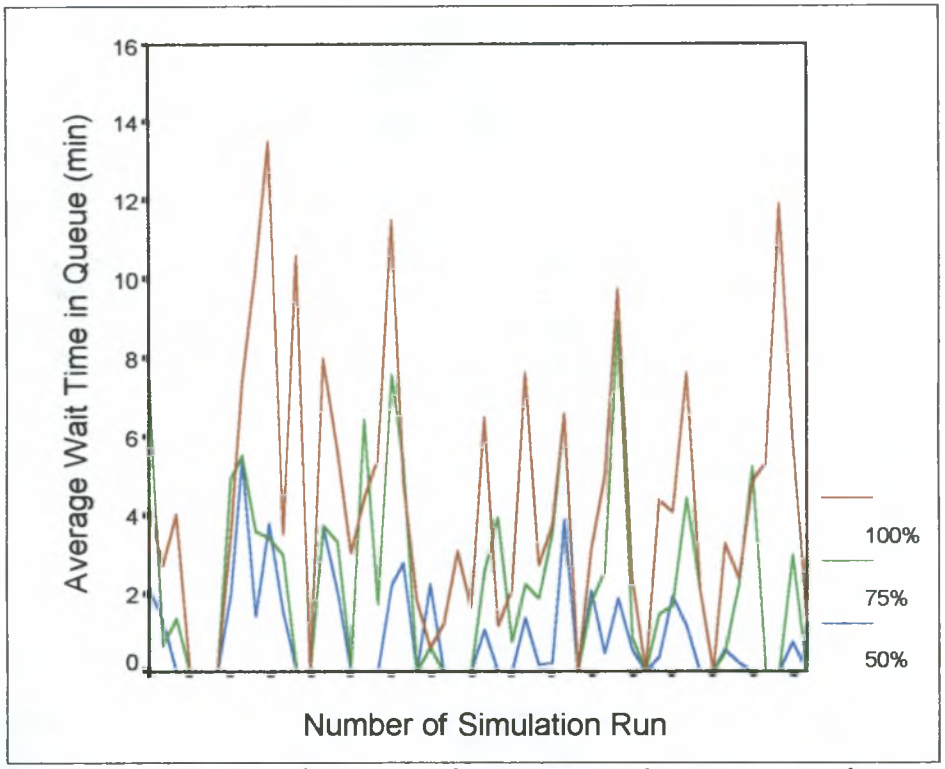
Ενώ για τις περιπτώσεις των δειγμάτων 25% και 125% ο μοναδικός δείκτης απόδοσης ήταν οι μη εξυπηρετηθείσες οντότητες (NoS).

Η έξοδος των 250 συνολικά εκτελέσεων της προσομοίωσης παρουσιάζεται στον Πίνακα Π3 του Παραρτήματος, ενώ στον Πίνακα Π4

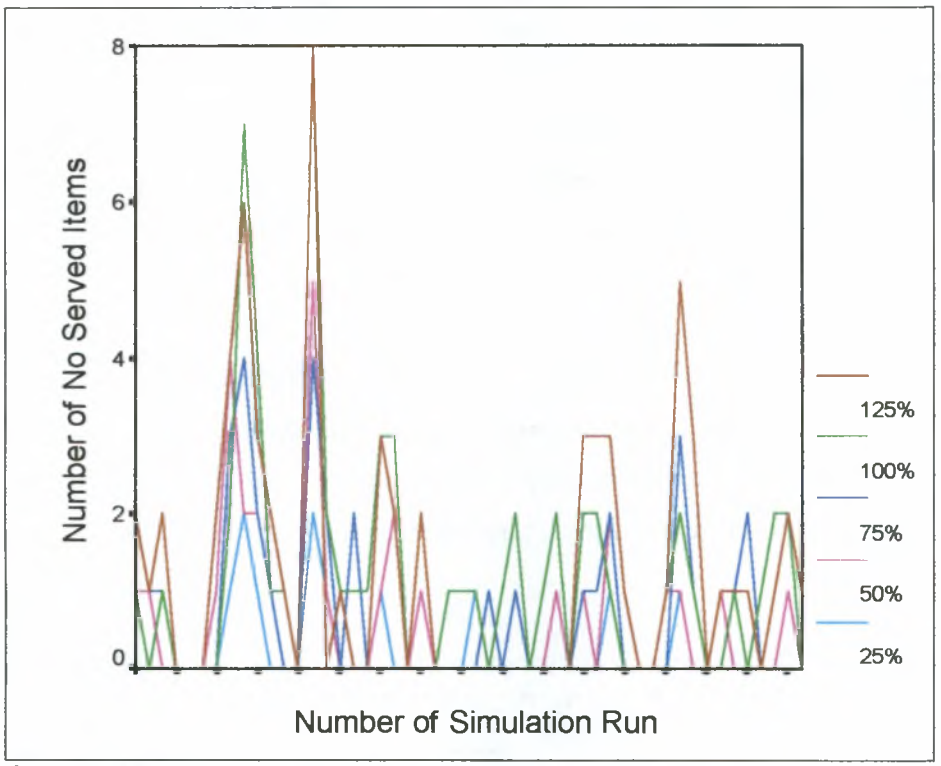
παρουσιάζονται η διάρκεια προσομοίωσης (Time) και η τυχαία τιμή σπόρου (RSV) που τέθηκαν σε κάθε επανάληψη, όπως επίσης και οι καταγραφείσες μέση τιμή των χρονικών διαστημάτων διαδοχικών αφίξεων (AIT) και ο αριθμός των αφιχθέντων οντοτήτων στο σύστημα (NIC). Στα παρακάτω Σχήματα 4.3, 4.4 και 4.5 απεικονίζονται το ποσοστό χρόνου απασχόλησης του εξυπηρετητή ως προς τη διάρκεια της προσομοίωσης, η μέση τιμή των χρόνων αναμονής των οντοτήτων σε min για εξυπηρέτηση και ο αριθμός των μη εξυπηρετηθέντων οντοτήτων αντίστοιχα.



Σχήμα 4.3: Ποσοστό χρόνου απασχόλησης του εξυπηρετητή



Σχήμα 4.4: Μέση τιμή των χρόνων αναμονής των οντοτήτων για εξυπηρέτηση



Σχήμα 4.5: Ποσοστό χρόνου απασχόλησης του εξυπηρετητή

Στον παρακάτω Πίνακα 4.12 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές και οι τυπικές αποκλίσεις των δεικτών απόδοσης του συστήματος και επιπλέον για τις μη εξυπηρετηθείσες οντότητες (NoS) το άθροισμά τους.

Πίνακας 4.12: Μέση τιμή και τυπική απόκλιση των δεικτών απόδοσης του μοντέλου-1 για διάφορες τιμές των Χρόνων Εξυπηρέτησης

		NoS	AW	AT	U
100%	X_M	1.2	4.29	17.35	0.474
	S	1.6	3.39	6.13	0.159
	Sum	60			
75%	X_M	0.88	2.3	13.57	0.409
	S	1.16	2.39	4.91	0.134
	Sum	44			
50%	X_M	0.62	0.94	8.87	0.286
	S	1.02	1.28	2.35	0.111
	Sum	31			
25%	X_M	0.28			
	S	0.53			
	Sum	14			
125%	X_M	1.3			
	S	1.72			
	Sum	65			

Από τα ανωτέρω παρατηρούμε τη σημαντική μείωση όλων των δεικτών απόδοσης με τη μείωση των Χρόνων εξυπηρέτησης.

4.3.3. Διαστήματα εμπιστοσύνης των μέσων τιμών των δεικτών απόδοσης και στατιστικοί έλεγχοι της διαφοράς τους

Στη συνέχεια, υπολογίστηκαν τα διαστήματα εμπιστοσύνης, με συντελεστή εμπιστοσύνης 95%, για τις μέσες τιμές των μη εξυπηρετηθέντων οντοτήτων (NoS) και της μέσης τιμής των χρόνων αναμονής τους για εξυπηρέτηση σε min (AW) σε κάθε επανάληψη της προσομοίωσης. Οι υπολογισμοί έγιναν με τη σχέση

$$\overline{X} \pm t \cdot \frac{S}{\sqrt{n}}$$

όπου n=50 το μέγεθος των δειγμάτων και t=2.01 το στατιστικό της κατανομής student για συντελεστή εμπιστοσύνης 95%. Επίσης, $\overline{X}$ η μέση τιμή και S η τυπική απόκλιση του δείγματος των δύο εξεταζόμενων παραμέτρων. Τα αποτελέσματα των υπολογισμών εκτίθενται στον Πίνακα 4.13.

Πίνακας 4.13: Διαστήματα εμπιστοσύνης των μέσων τιμών των μη εξυπηρετηθέντων οντοτήτων και της μέσης τιμής των χρόνων αναμονής για εξυπηρέτηση σε min

		NoS	AW
125%	**Άνω όριο**	1.79	
	Κάτω όριο	0.81	
100%	**Άνω όριο**	1.65	5.25
	Κάτω όριο	0.75	3.32
75%	**Άνω όριο**	1.21	2.97

		NoS	AW
	Κάτω όριο	0.55	1.62
50%	**Άνω όριο**	0.91	1.3
	Κάτω όριο	0.33	0.58
25%	**Άνω όριο**	0.43	
	Κάτω όριο	0.13	

Παρατηρούμε ότι όσον αφορά τα διαστήματα εμπιστοσύνης της μέσης τιμής της μέσης τιμής των χρόνων αναμονής (AW) σε κάθε επανάληψη της προσομοίωσης για τους Χρόνους Εξυπηρέτησης 100%, 75% και 50%, αυτά δεν συμπίπτουν μεταξύ τους και είναι ολοφάνερη η διαφορά τους. Ενώ, τα διαστήματα εμπιστοσύνης της μέσης τιμής των μη εξυπηρετηθέντων οντοτήτων αν και μειώνονται με τη μείωση των Χρόνων Εξυπηρέτησης, εν τούτοις συμπίπτουν μεταξύ τους. Για το λόγο αυτό εξετάστηκε αν η διαφορά των μέσων τιμών των μη εξυπηρετηθέντων οντοτήτων για τους Χρόνους Εξυπηρέτησης 100%, 75% και 50% είναι στατιστικά σημαντική. Εξετάστηκε η διαφορά των μέσων τιμών των εξαρτημένων δειγμάτων 100% και 75%, καθώς επίσης η διαφορά των μέσων τιμών των επίσης εξαρτημένων δειγμάτων 100% και 50%.

Για τον στατιστικό έλεγχο υπόθεσης της διαφοράς των μέσων τιμών μ δύο εξαρτημένων δειγμάτων ελέγχθηκε

η μηδενική υπόθεση H_0: $\mu_1 = \mu_2$

έναντι της εναλλακτικής H_1: $\mu_1 \neq \mu_2$

με χρήση του στατιστικού πακέτου λογισμικού SPSS, από το οποίο υπολογίστηκαν τα τυπικά σφάλματα των δύο εξεταζόμενων διαφορών

$SE_{100-75}=0.15$ και $SE_{100-50}=0.16$

και το στατιστικό $t = \frac{\overline{X}_1 - \overline{X}_2}{SE}$,

από το οποίο $t_{100-75}=2.138$ και $t_{100-50}=3.641$.

Από τους πίνακες της κατανομής Student, για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0.05$ και $v=n-1=49$ βαθμούς ελευθερίας, έχουμε $t_{\alpha,v}=2.01$. (Κάτος, 1986)

Παρατηρούμε ότι $t_{100-75} > t_{\alpha,v}$ και $t_{100-50} > t_{\alpha,v}$

και οι αντίστοιχες p-value τιμές είναι 0.038 και 0.001,

άρα απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση της ισότητας των μέσων τιμών και για τις δύο εξεταζόμενες περιπτώσεις και γίνεται αποδεκτή η εναλλακτική που υποστηρίζει ότι η διαφορά τους είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο σημαντικότητας 0.05 και δεν οφείλεται στη δειγματοληψία. Συνεπώς έχουμε σαφή βελτίωση των δεικτών απόδοσης μειώνοντας τους χρόνους εξυπηρέτησης.

Επιπλέον, υπολογίστηκαν και τα διαστήματα εμπιστοσύνης με συντελεστή εμπιστοσύνης 95% των δύο αυτών διαφορών των μέσων τιμών,

	Κατώτερο όριο	Ανώτερο όριο
$\overline{X}_{100} - \overline{X}_{75}$:	0.019	0.62
$\overline{X}_{100} - \overline{X}_{50}$:	0.26	0.90

τα οποία, όπως παρατηρούμε, δεν περιέχουν το μηδέν. Ενισχύουν λοιπόν τα προηγούμενα ότι η διαφορά τους είναι στατιστικά σημαντική και δεν οφείλεται σε σφάλμα της δειγματοληψίας.

4.3.4. Στατιστική συνάρτηση των μη εξυπηρετηθέντων οντοτήτων ως προς το επιλεγόμενο δείγμα των χρόνων εξυπηρέτησης

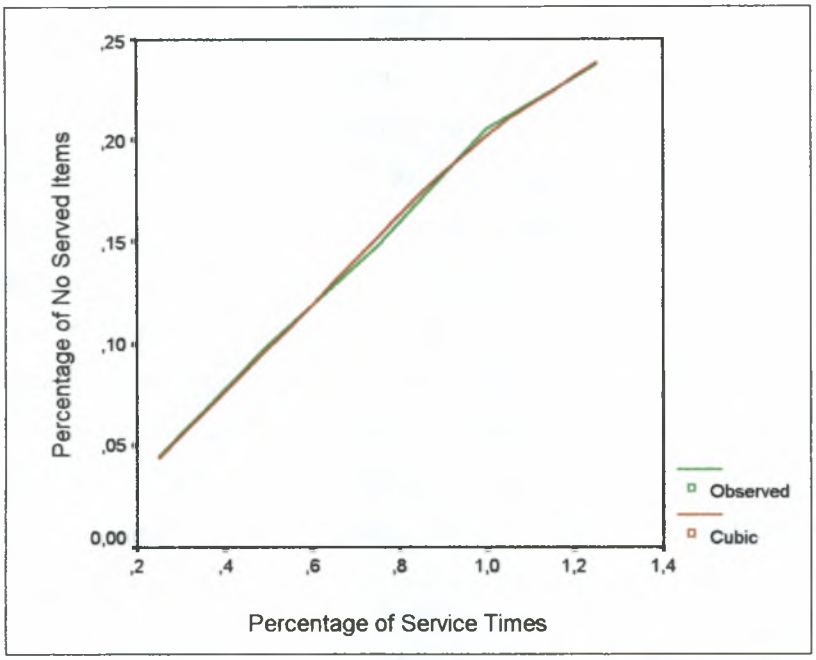
Στον παρακάτω Πίνακα 4.14 παρουσιάζονται οι εξυπηρετηθείσες οντότητες (S), οι μη εξυπηρετηθείσες (NoS) και το ποσοστό των μη εξυπηρετηθέντων (PNS),

όπου PNS = NoS / (S + NoS), για κάθε δείγμα των Χρόνων Εξυπηρέτησης (PST) που χρησιμοποιήθηκε στις εκτελέσεις προσομοίωσης. Σημειώνεται ότι το άθροισμα των εξυπηρετηθέντων και μη εξυπηρετηθέντων οντοτήτων (S + NoS) δεν ισούται κατ' ανάγκη με τον αριθμό των αφιχθέντων οντοτήτων στο σύστημα (NC).

Πίνακας 4.14: Εξυπηρετηθέντες οντότητες και ποσοστό μη εξυπηρετηθέντων για διάφορες τιμές των Χρόνων Εξυπηρέτησης

PST	S	NoS	PNS
25	298	14	0.0448
50	282	31	0.0990
75	253	44	0.1481
100	232	60	0.2054
125	209	65	0.2372

Από τα 5 ζεύγη των παρατηρήσεων των παραμέτρων PST και PNS, με την εφαρμογή της Ανάλυσης Παλινδρόμησης που έγινε με χρήση του στατιστικού πακέτου λογισμικού SPSS, προσδιορίστηκε η μεταξύ τους στατιστική συνάρτηση. Εξετάστηκαν ως προς την καταλληλότητά τους η γραμμική, παραβολική και κυβική συνάρτηση παλινδρόμησης, από τις οποίες επιλέχθηκε η κυβική, ενώ και οι υπόλοιπες έδιναν πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα. Στο παρακάτω Σχήμα 4.6 απεικονίζονται οι παρατηρήσεις και η κυβική καμπύλη παλινδρόμησης, ενώ στον Πίνακα-6.15 η ανάλυση διακύμανσης (ANOVA).



Σχήμα 4.6: Απεικόνιση των παρατηρήσεων και της κυβικής καμπύλης παλινδρόμησης

Πίνακας 4.15: Ανάλυση διακύμανσης της κυβικής καμπύλης παλινδρόμησης

Πηγές διακύμανσης	Βαθμοί ελευθερίας	Αθροίσματα τετραγώνων	Μέσα αθροίσματα τετραγώνων
Παλινδρόμηση	3	0.02426	0.00808
Κατάλοιπα	1	0.00003	0.00003

Ο δείκτης F=256.3, ενώ το επίπεδο σημαντικότητάς του μόλις 0.046. Οι συντελεστές προσδιορισμού R^2=0.998 και ο διορθωμένος R^2=0.995 που σημαίνει ότι η κυβική καμπύλη παλινδρόμησης εξηγεί κατά 99.5% τη συνολική διακύμανση των παρατηρούμενων τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής. Στον Πίνακα 4.16 παρουσιάζονται οι μεταβλητές της εξίσωσης παλινδρόμησης.

Πίνακας 4.16: Μεταβλητές της κυβικής εξίσωσης παλινδρόμησης

Μεταβλητές	b	Τυπικό σφάλμα b	t	p-value
PST	0.0987	0.144	0.683	0.618
PST^2	0.2029	0.214	0.946	0.517
PST^3	-0.1088	0.094	-1.148	0.456
Σταθερός όρος	0.0098	0.027	0.355	0.783

Άρα η στατιστική συνάρτηση του ποσοστού των μη εξυπηρετηθέντων οντοτήτων (PNS) και του προκύπτοντος δείγματος των Χρόνων Εξυπηρέτησης ως ποσοστού των πραγματικά παρατηρούμενων Χρόνων Εξυπηρέτησης (PST) είναι:

$$PNS = 0.0098 + 0.0987 \cdot PST + 0.2029 \cdot PST^2 - 0.1088 \cdot PST^3 \quad (Εξ. 4.1)$$

Θέτοντας, στην παραπάνω εξίσωση, την τιμή του ποσοστού των μη εξυπηρετηθέντων οντοτήτων που βρέθηκε από τις 200 εκτελέσεις προσομοίωσης του μοντέλου-2 με 2 εξυπηρετητές, δηλαδή PNS = 0.0282, υπολογίζουμε την αντίστοιχη τιμή του ποσοστού στο οποίο πρέπει να μειώσουμε τους Χρόνους Εξυπηρέτησης PST, ώστε να επιτύχουμε τα ικανοποιητικά αποτελέσματα στην έξοδο της προσομοίωσης, όπως με την ταυτόχρονη χρήση 2 εξυπηρετητών. Από τη λύση της εξίσωσης 4.1 βρίσκουμε PST = 14.6, δηλαδή ότι θα πρέπει να μειωθούν όλοι οι Χρόνοι Εξυπηρέτησης στο 14.6%, ώστε με χρήση ενός εξυπηρετητή να έχουμε τα ίδια αποτελέσματα με εκείνα που θα έχουμε από την ταυτόχρονη χρήση 2 εξυπηρετητών.

4.3.5. Σύγκριση των πολιτικών χρήσης ταυτόχρονα δύο εξυπηρετητών και ενός εξυπηρετητή μειώνοντας τους χρόνους εξυπηρέτησης στο 14.6%

Για να ελεγχθεί το σημαντικό αποτέλεσμα της προηγούμενης παραγράφου έγιναν από 20 ανεξάρτητες εκτελέσεις των προσομοιώσεων του μοντέλου-1 με 1 εξυπηρετητή και του μοντέλου-2 με 2 εξυπηρετητές. Στο μοντέλο-1, στα 3 Input Random Number Blocks που τροφοδοτούν τα ΣΚΚ με τους χρόνους εξυπηρέτησής τους ανά τύπο ΣΚΚ, τέθηκαν οι παράμετροι των αντίστοιχων κατανομών, όπως αυτές υπολογίστηκαν μετά τη μείωση όλων των παρατηρούμενων χρόνων εξυπηρέτησης στο 14.6%. Ως δείκτες απόδοσης χρησιμοποιήθηκαν η μέση τιμή των χρόνων αναμονής για εξυπηρέτηση των οντοτήτων σε min (AW), ο μέσος πραγματικός χρόνος εξυπηρέτησης των οντοτήτων (AT), το ποσοστό του χρόνου απασχόλησης των εξυπηρετητών (U1 και U2), ο αριθμός των εξυπηρετηθέντων οντοτήτων (S) και ο αριθμός των μη εξυπηρετηθέντων οντοτήτων (NoS).

Για να εξασφαλιστούν οι ίδιες συνθήκες εκτέλεσης των 2 προσομοιώσεων, στο μοντέλο-1, με 1 εξυπηρετητή και χρόνους εξυπηρέτησης μειωμένους στο 14.6%, θέτονταν σε κάθε επανάληψη η διάρκεια της προσομοίωσης και η τυχαία τιμή σπόρου και παράγονταν ένας συγκεκριμένος αριθμός οντοτήτων. Ο αριθμός αυτός θέτονταν στο μοντέλο-2, ως το απαραίτητο άθροισμα του αριθμού των εξυπηρετηθέντων και μη εξυπηρετηθέντων οντοτήτων που έπρεπε να επιτευχθεί από την προσομοίωση με 2 εξυπηρετητές, ώστε να τερματιστεί. Επαναλαμβάνοντας 20 εκτελέσεις με διαφορετικές συνθήκες (αλλαγή χρόνου προσομοίωσης και τυχαίας τιμής σπόρου στο μοντέλο-1 και ο αντίστοιχος παραγόμενος

αριθμός οντοτήτων στο μοντέλο-2) και για τις 2 περιπτώσεις (συνολικά 40 εκτελέσεις προσομοίωσης) πήραμε για κάθε δείκτη απόδοσης του συστήματος 2 στήλες, μήκους 20 ανεξάρτητων μεταξύ τους παρατηρήσεων, όπου οι 2 παρατηρήσεις της ίδιας γραμμής είναι εξαρτημένες μεταξύ τους. Στον Πίνακα Π5 του Παραρτήματος παρουσιάζονται τα δεδομένα της εξόδου των 40 συνολικά εκτελέσεων της προσομοίωσης των δύο μοντέλων. Σημειώνεται, ότι στην αρχή κάθε επανάληψης εκτέλεσης της προσομοίωσης οι μετρητές των στατιστικών μηδενίζονταν και κάθε επανάληψη χρησιμοποίησε τις ίδιες αρχικές συνθήκες, δηλαδή στην αρχή δεν υπάρχει ΣΚΚ στο σύστημα και οι εξυπηρετητές-αεροσκάφη είναι αδρανείς μη εκτελώντας σπορά.

Στους παρακάτω Πίνακες 4.17 και 4.18 παρουσιάζονται η μέση τιμή, η τυπική απόκλιση και τα διαστήματα εμπιστοσύνης με συντελεστή εμπιστοσύνης 95% των δεικτών απόδοσης για τα δύο μοντέλα.

Πίνακας 4.17: Μέση τιμή, τυπική απόκλιση και διαστήματα εμπιστοσύνης των δεικτών απόδοσης του μοντέλου-1 με 1 εξυπηρετητή και το 14.6% των χρόνων εξυπηρέτησης

	AW	AT	U1	NoS
X_M	0.06	2.79	0.11	0.15
S	0.12	0.78	0.04	0.36
Άνω όριο	0.12	3.16	0.12	0.32
Κάτω όριο	0.001	2.43	0.09	-0.017

Πίνακας 4.18: Μέση τιμή, τυπική απόκλιση και διαστήματα εμπιστοσύνης των δεικτών απόδοσης του μοντέλου-2 με 2 εξυπηρετητές

	AW	AT	U1	U2	NoS
X_M	0.39	20.38	0.48	0.16	0.10
S	0.62	4.35	0.15	0.09	0.30
Άνω όριο	0.68	22.42	0.55	0.20	0.24
Κάτω όριο	0.10	18.35	0.41	0.12	-0.04

Τα διαστήματα εμπιστοσύνης υπολογίστηκαν από τη σχέση:

$$\overline{X} \pm t \cdot \frac{S}{\sqrt{n}}$$

όπου n=20 το μέγεθος των δειγμάτων και t=2.093 το στατιστικό της κατανομής student για συντελεστή εμπιστοσύνης 95%.

Από τα ανωτέρω παρατηρούμε ότι τα διαστήματα εμπιστοσύνης της μέσης τιμής των μη εξυπηρετηθέντων οντοτήτων για τις δύο εξεταζόμενες περιπτώσεις συμπίπτουν μεταξύ τους και γι' αυτό εξετάστηκε αν η διαφορά τους είναι στατιστικά σημαντική. Για τον στατιστικό έλεγχο υπόθεσης της διαφοράς των μέσων τιμών μ δύο εξαρτημένων δειγμάτων ελέγχθηκε

η μηδενική υπόθεση H_0: $\mu_1 = \mu_2$

έναντι της εναλλακτικής H_1: $\mu_1 \neq \mu_2$

με χρήση του στατιστικού πακέτου λογισμικού SPSS,

από το οποίο υπολογίστηκε το τυπικό σφάλμα της εξεταζόμενης διαφοράς SE=0.088, το στατιστικό $t = \frac{\overline{X}_1 - \overline{X}_2}{SE} = 0.567$ και το επίπεδο σημαντικότητας p-value=0.577.

Συνεπώς γίνεται αποδεκτή η μηδενική υπόθεση που υποστηρίζει την ισότητα των μέσων τιμών των δύο εξεταζόμενων περιπτώσεων και άρα οι δύο πολιτικές προκαλούν το ίδιο αποτέλεσμα, επιβεβαιώνοντας το αποτέλεσμα της προηγούμενης παραγράφου.

Επιπλέον, υπολογίστηκε και το διάστημα εμπιστοσύνης με συντελεστή εμπιστοσύνης 95% της διαφοράς των μέσων τιμών,

	Κατώτερο όριο	Ανώτερο όριο
$\overline{X}_1 - \overline{X}_2$:	-0.13	0.23

το οποίο, όπως παρατηρούμε, περιέχει το μηδέν. Αυτό ενισχύει τα προηγούμενα ότι η όποια εμφανιζόμενη διαφορά οφείλεται στο σφάλμα της δειγματοληψίας και δεν είναι στατιστικά σημαντική.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ, ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ, ΧΡΗΣΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την ανάλυση της εξόδου της προσομοίωσης και αναφέρονται στο Κεφάλαιο 4, συνοψίζονται στο παρακάτω κείμενο, ενώ στη συνέχεια περιγράφονται τρόποι μελλοντικής χρήσης και αξιοποίησης των μοντέλων προσομοίωσης.

Από την εξέταση του τρόπου χρήσης των δύο αεροσκαφών σε μια περιοχή προστασίας, ορίζοντας την ίδια ή διαφορετική προτεραιότητα στην εξυπηρέτηση, φάνηκε ότι δεν υπάρχει καμία διαφορά.

Παρατηρήθηκε μεγάλη βελτίωση στους δείκτες απόδοσης του συστήματος με την ταυτόχρονη χρήση και δευτέρου αεροσκάφους σε μια περιοχή προστασίας. Το ποσοστό των καταιγίδων χωρίς σπορά, λόγω απασχόλησης του αεροσκάφους σ' άλλη καταιγίδα, μειώθηκε με τη χρήση και δεύτερου αεροσκάφους από 19% σε 2.8%. Το 92.3% των σπαρμένων καταιγίδων από δύο αεροσκάφη είχε ποιότητα σποράς (ποσοστό χρόνου σποράς ως προς τον απαιτούμενο χρόνο σποράς) 100% και το 97% ποιότητα σποράς μεγαλύτερη ή ίση από 70%, ενώ τα αντίστοιχα ποσοστά με ένα αεροσκάφος ήταν 74.3% και 87.4%. Ο μέσος χρόνος καθυστέρησης έναρξης της σποράς μειώθηκε από 5.6 min σε 0.62 min και ο μέσος μέγιστος χρόνος καθυστέρησης έναρξης της σποράς από 17.5 min σε 3.1 min, ενώ ο μέσος απαιτούμενος χρόνος σποράς των καταιγίδων στην Περιοχή 1 είναι 20.1 min. Ακόμη, η πιθανότητα να σπαρθεί αμέσως μια καταιγίδα όταν καλύπτει τα κριτήρια σποράς του Ε.Π.Χ.Π, είναι 48% με χρήση ενός αεροσκάφους, ενώ αυξάνεται σε 65% με χρήση δύο αεροσκαφών.

Ενδιάμεσα στη χρήση 1 ή 2 αεροσκαφών σε μια περιοχή προστασίας βρίσκεται το εξεταζόμενο σύστημα των τριών περιοχών με 4 ή 5 αεροσκάφη. Σ' αυτές τις περιπτώσεις διατίθεται ως δεύτερο αεροσκάφος σε μια περιοχή, 1 ή 2 αεροσκάφη από κοινού στις τρεις περιοχές. Τα 6 αεροσκάφη θα συνέπιπταν με την περίπτωση ταυτόχρονης χρήσης 2 αεροσκαφών ανά περιοχή, ενώ τα 3 αεροσκάφη με τη χρήση 1 αεροσκάφους ανά περιοχή. Το ποσοστό των καταιγίδων χωρίς σπορά με χρήση 4 αεροσκαφών ήταν 6.2% για την Περιοχή 1, 7.8% για την Περιοχή 2 και 5.6% για την Περιοχή 3, πολύ καλύτερα από τη χρήση ενός μόνο αεροσκάφους σε μια περιοχή που ήταν 19%, ενώ με χρήση 5 αεροσκαφών τα αντίστοιχα ποσοστά ήταν 2.8%, 3.4% και 2.2%. Παρατηρούμε ότι έχουμε το ίδιο ποσοστό το οποίο θα είχαμε αν χρησιμοποιούσαμε 6 αεροσκάφη, 2 σε κάθε περιοχή. Αλλά και με τα 4

αεροσκάφη η βελτίωση ήταν σημαντική. Συνεχίζοντας και με τους υπόλοιπους δείκτες, ο μέσος χρόνος καθυστέρησης έναρξης της σποράς ήταν 1.2, 1.4 και 1.1 min για καθεμιά περιοχή, με χρήση 4 αεροσκαφών που μπορεί να θεωρηθεί σχετικά πολύ μικρός, ενώ ο μέσος μέγιστος χρόνος καθυστέρησης έναρξης της σποράς ήταν αντίστοιχα 5.1, 6.4 και 4.6 min. Με χρήση 5 αεροσκαφών ο μέσος χρόνος καθυστέρησης έναρξης της σποράς ήταν 0.67, 0.85 και 0.71 min για καθεμιά περιοχή, ενώ ο μέσος μέγιστος χρόνος καθυστέρησης έναρξης της σποράς ήταν αντίστοιχα 2.6, 3.7 και 2.9 min. Παρατηρούμε ξανά τα ίδια αποτελέσματα, όταν γίνεται χρήση 5 αεροσκαφών στις τρεις περιοχές έναντι 2 σε κάθε περιοχή. Συμπερασματικά, μπορούμε να ισχυριστούμε ότι στο σύστημα των τριών περιοχών, η ταυτόχρονη χρήση 5 αεροσκαφών έχει τα ίδια πολύ καλά αποτελέσματα με τη χρήση 6, ενώ σημαντικά είναι τα αποτελέσματα και της ταυτόχρονης χρήσης 4 αεροσκαφών.

Από την ανάλυση ευαισθησίας ως προς την παράμετρο του απαιτούμενου χρόνου σποράς και την ανάλυση της εξόδου της προσομοίωσης που έγινε, όπου χρησιμοποιήθηκαν συγκεκριμένα ποσοστά του χρόνου σποράς, προσδιορίστηκε η στατιστική συνάρτηση, εξίσωση 4.1, του ποσοστού των καταιγίδων χωρίς σπορά (PNS) ως προς το ποσοστό των απαιτούμενων χρόνων σποράς (PST):

$$PNS = 0.0098 + 0.0987 \cdot PST + 0.2029 \cdot PST^2 - 0.1088 \cdot PST^3$$

Από την εξίσωση αυτή υπολογίστηκε ότι οι χρόνοι σποράς θα πρέπει να μειωθούν στο 14.6%, ώστε με χρήση ενός αεροσκάφους να έχουμε τα ίδια αποτελέσματα με εκείνα που θα έχουμε από την ταυτόχρονη χρήση 2 αεροσκαφών σε μια περιοχή προστασίας. Όπως εύκολα διαπιστώνει κανείς η απαιτούμενη μείωση είναι πολύ μεγάλη ώστε να αρχίσει να σκέφτεται τρόπους να την υλοποιήσει, η μέση τιμή των 20 min του χρόνου σποράς των καταιγίδων στην Περιοχή 1 να γίνει 3 min.

Τα συμπεράσματα αυτά, τα οποία προέκυψαν από τους πειραματισμούς που έγιναν με χρήση των μοντέλων που κατασκευάστηκαν, μπορούν να αποτελέσουν τη βάση για τη λήψη αποφάσεων στον επιχειρησιακό σχεδιασμό του Ε.Π.Χ.Π, καθώς επίσης να χρησιμοποιηθούν ως δεδομένα άλλων σχετικών με το εξεταζόμενο σύστημα μελετών.

Ακόμη, τα ίδια τα προγράμματα των μοντέλων μπορούν να χρησιμοποιηθούν μελλοντικά από το Ε.Π.Χ.Π. Ειδικότερα, το μοντέλο-ΙΑ Ιστορικών Αρχείων μπορεί να τροφοδοτηθεί με δεδομένα του μετεωρολογικού Radar, αμέσως μετά από μια επιχειρησιακή ημέρα του

Ε.Π.Χ.Π, αναλύοντας τη λειτουργία του συστήματος με την οπτικοποίηση που προσφέρει η προσομοίωση, αλλά κυρίως με τον υπολογισμό δεικτών απόδοσής του. Το μοντέλο-3 των 3 περιοχών μπορεί να τροφοδοτηθεί με στοχαστικά δεδομένα των Περιοχών 2 και 3 ή κάποιων άλλων περιοχών, τα οποία θα προκύψουν από μια παρόμοια στατιστική ανάλυση δεδομένων μετεωρολογικού Radar με εκείνη που περιγράφηκε στο Κεφάλαιο 2 για την Περιοχή 1. Υπάρχει η δυνατότητα να τροποποιηθούν κάποια σημεία του προγράμματος, ώστε μελλοντικά, θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως εργαλείο υποστήριξης της διαχείρισης των αεροσκαφών μεταξύ των περιοχών. Παρόμοια, μπορούν να κατασκευαστούν νέα μοντέλα για την εξέταση άλλων σχετικών θεμάτων.

Τέλος, η εργασία φιλοδοξεί να αποτελέσει μια πρόταση εισαγωγής αυτών των τεχνολογιών ως εργαλεία σχεδιασμού και λήψης αποφάσεων, σε Προγράμματα Τροποποίησης Καιρού, τόσο στο Ελληνικό Ε.Π.Χ.Π όσο σε παρόμοια προγράμματα του εξωτερικού. Όπως για παράδειγμα το πρόγραμμα της Αργεντινής που γίνεται σε τρεις περιοχές προστασίας με χρήση πέντε αεροσκαφών και έχει το ίδιο εννοιολογικό μοντέλο, από μετεωρολογικής σκοπιάς, με το Ελληνικό. Το Πρόγραμμα Καταστολής του Χαλαζιού που εφαρμόζει αρκετά χρόνια η Υδρομετεωρολογική Υπηρεσία της Σερβίας, ακολουθώντας μια πολύ διαφορετική μεθοδολογία. Η Υπηρεσία αυτή, με την οποία ο Οργανισμός ΕΛ.Γ.Α έχει συνάψει πρωτόκολλο συνεργασίας, εξετάζει την πειραματική χρήση της μεθόδου σποράς των νεφών με αεροσκάφη, όπως το Ε.Π.Χ.Π, υλοποιώντας το εννοιολογικό μοντέλο του "αυξημένου ανταγωνισμού".

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Γεωργίου Α. Κ., 2000: Τεχνικές Προσομοίωσης στη Διοίκηση Επιχειρήσεων. Πανεπιστημιακές παραδόσεις, Πανεπιστήμιο Μακεδονία.

Κάτος Α. Β., 1986: Στατιστική. Εκδόσεις Παρατηρητής, Θεσσαλονίκη.

Μανατάκης Μ., 1993: Εφαρμοσμένη Στατιστική. Εκδόσεις Συμμετρία, Πάτρα.

Σιούτας Μ., 2000: Ετήσια Έκθεση 1999 Ε.Π.Χ.Π. ΕΛ.Γ.Α.

Τσαγκαλίδης Ε. Γ., και Μ. Β. Σιούτας, 2000: Δεδομένα ραντάρ-Παράμετροι της καταιγιδοφόρου δραστηριότητας. Ετήσια Έκθεση 1999 Ε.Π.Χ.Π. ΕΛ.Γ.Α., παρ.3.3.

Τσαγκαλίδης Ε. Γ., και Κ. Γ. Τσιτουρίδης, 2000: Συμπλέγματα Κυττάρων Καταιγίδας: Τύποι, σύγκριση των χαρακτηριστικών τους και περιοχές εμφάνισης. 5° Πανελλήνιο Συνέδριο Μετεωρολογίας, Κλιματολογίας και Φυσικής της Ατμόσφαιρας, Θεσσαλονίκη.

Τσάντας Ν., Μωυσιάδης Χ., Μπαγιάτης Ν. και Χατζηπαντελής Θ., 1999: Ανάλυση δεδομένων με τη βοήθεια στατιστικών πακέτων (SPSS, Excel, S-Plus). Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.

Χατζή Ε., Μ. Σιούτας και Μ. Χριστοδούλου, 2000: Ανάπτυξη και εξέλιξη μιας γραμμής λαίλαπος στην Κεντρική Μακεδονία. 5° Πανελλήνιο Συνέδριο Μετεωρολογίας, Κλιματολογίας και Φυσικής της Ατμόσφαιρας, Θεσσαλονίκη.

Χατζή Ε., 2001: Ετήσια Έκθεση 2000 Ε.Π.Χ.Π. ΕΛ.Γ.Α.

Anderson R. D., D.J. Sweeney and T. A. Williams, 2000: An Introduction to Management Science: Quantitative Approaches to Decision Making. South-Western College Publishing.

Browning, K.A., 1977: The Structure and Mechanisms of Hailstorms. Meteor. Monogr., No.38, 1-43.

Browning, K.A., and G.B. Foote, 1976: Airflow and hail growth in supercell storms and some implications for hail suppression. Quart J. Roy. Meteor. Soc., 102, 499-533.

Byers, H.R., and R.R. Braham, Jr., 1949: The Thunderstorm. Washington, D.C., U.S. Govt. Printing off., 287 pp.

Chislolm, A.J., and J.H. Renick, 1972: The kinematics of multicell and supercell Alberta hailstorms, Alberta Hail Studies, 1972. Research Council of Alberta Hail Studies Rep. No 72-2, 24-31.

Diamond B., 1997: User's Manual for Extend, Performance Modeling for Decision Support and Business Process Reengineering. Imagine That Inc.

Diamond B., 1998: User's Manual for Extend+BPR, Performance Modeling for Decision Support and Business Process Reengineering. Imagine That Inc.

Law M. A., W. D. Kelton, 1991: Simulation Modeling and Analysis, 2nd Edition. McGraw-Hill, Inc.

Neter J., M. H. Kutner, C. J. Nachtsheim and W. Wasserman, 1996: Applied Linear Regression Models, 3rd Edition. Irwin.

Rudolph R., 1994: Εισαγωγή. Ετήσια Έκθεση 1993 Ε.Π.Χ.Π. ΕΛ.Γ.Α, Κεφ. 1.

Rudolph R., 1994: Αξιολόγηση επιχειρήσεων σποράς νεφών. Ετήσια Έκθεση 1993 Ε.Π.Χ.Π. ΕΛ.Γ.Α., παρ. 4.3.

User's Manual for Statgraphics, Statistical Graphics System by Statistical Graphics Corporation.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας-Π1: Δεδομένα εξόδου εκτελέσεων προσομοίωσης του μοντέλου-1 με 1 εξυπηρετητή

α/α	S	QS	NoS	Type	AL	ML	AW	MW	U1	Time
1	5	0.34	0		0,11	1	4,27	21,36	0,430	189
2	5	0.51	0		0,04	1	1,42	7,09	0,417	181
3	5	0.61, 0.62	1	3	0,23	2	4,78	13,42	0,473	122
4	4	0.42	1	3	0,23	1	4,31	15,61	0,661	92
5	1		1	3	0,13	1	7,91	15,83	0,255	117
6	4		1	3	0,07	1	1,54	7,69	0,633	106
7	6	0.36, 0.36	1	3	0,18	2	6,94	27,64	0,305	276
8	5	0.5, 0.75	2	2, 2	0,42	3	9,62	28,00	0,760	159
9	3		2	2, 2	0,12	1	4,82	12,41	0,318	203
10	4	0.89, 0.7	3	3, 3, 3	0,65	2	11,12	30,30	0,907	137
11	5		2	3, 3	0,20	2	6,55	23,60	0,430	258
12	2	0.76	3	2, 3, 3	0,25	2	7,06	18,41	0,335	170
13	5		0		0,00	1	0,00	0,00	0,359	182
14	1		2	2, 3	0,37	2	11,27	23,22	0,376	120
15	3		1	2	0,12	1	3,85	19,27	0,475	158
16	3		3	3, 2, 2	0,37	2	8,10	20,24	0,492	152
17	7	0.7, 0.75	0		0,08	1	2,95	13,95	0,483	273
18	1		1	3	0,14	1	6,69	20,08	0,567	148
19	5	0.44, 0.58	1	3	0,23	2	4,77	18,56	0,606	146
20	4	0.62	0		0,08	1	2,02	7,39	0,677	123
21	5		1	3	0,07	1	2,09	12,57	0,312	179
22	4	0.7, 0.8	1	3	0,18	2	3,57	10,10	0,617	116
23	3		2	3, 3	0,32	2	9,19	28,61	0,604	171
24	7	0.46, 0.76, 0.75	1	2	0,20	2	6,54	18,33	0,571	299
25	3	0.59, 0.54	1	3	0,31	3	10,12	20,70	0,392	130
26	4		0		0,00	1	0,00	0,00	0,174	285
27	6	0.78	1	2	0,17	2	4,25	22,40	0,561	195

α/α	S	QS	NoS	Type	AL	ML	AW	MW	U1	Time
28	6	0.64, 0.43	2	3, 3	0,24	2	3,54	10,50	0,856	134
29	5	0.81	1	2	0,15	1	3,93	18,67	0,515	161
30	1		2	3, 2	0,22	2	7,65	12,54	0,401	102
31	7	0.4, 0.71	0		0,04	1	1,82	9,76	0,402	282
32	5	0.91	0		0,00	1	0,14	0,69	0,307	228
33	5	0.69	1	2	0,09	2	2,86	9,69	0,424	184
34	3	0.62	0		0,07	1	3,21	6,64	0,416	176
35	6	0.76, 0.73, 0.94	0		0,05	2	1,47	4,43	0,550	161
36	3		1	2	0,09	1	3,58	17,91	0,329	204
37	2		0		0,00	1	0,00	0,00	0,687	34
38	4	0.71, 0.99	1	3	0,11	2	4,50	12,58	0,349	199
39	5	0.59, 0.57, 0.97	2	2, 3	0,53	4	12,64	43,19	0,840	165
40	7	0.87	1	2	0,07	1	4,11	28,13	0,386	439
41	5		1	3	0,11	2	4,19	18,80	0,398	275
42	4	0.97	0		0,04	1	1,09	5,07	0,632	132
43	5	0.55, 0.37	0		0,14	2	3,22	10,16	0,600	119
44	3	0.77	2	3, 2	0,21	2	7,15	18,49	0,276	169
45	5	0.73, 0.8, 0.95	0		0,06	1	1,20	3,21	0,561	99
46	4	0.87, 0.7	0		0,10	1	2,37	6,45	0,593	120
47	4	0.86	2	2, 2	0,19	1	6,55	26,89	0,483	246
48	4	0.99	0		0,00	1	0,01	0,04	0,597	131
49	3	0.79, 0.66	2	2, 3	0,62	2	12,17	32,26	0,720	98
50	1		2	3, 2	0,74	2	18,43	37,53	0,607	100
51	3		1	3	0,05	1	3,18	15,92	0,252	301
52	5	0.38, 0.36	1	3	0,20	2	4,26	10,81	0,489	125
53	5	0.46	0		0,05	1	1,34	6,68	0,353	136
54	4		1	3	0,17	1	4,50	23,78	0,549	160
55	4		1	3	0,04	1	1,89	9,47	0,199	264

α/α	S	QS	NoS	Type	AL	ML	AW	MW	U1	Time
56	5	0.64, 0.69	0		0,12	1	3,57	10,63	0,567	143
57	3		0		0,00	1	0,00	0,00	0,364	136
58	6	0.74, 0.83	0		0,08	1	2,69	11,39	0,437	225
59	5	0.64, 0.93, 0.67	2	2, 2	0,37	3	7,85	20,11	0,849	169
60	4	0.56	3	3, 3, 3	0,26	1	8,35	35,80	0,343	260
61	3	0.94	2	3, 3	0,52	2	12,50	36,85	0,707	144
62	3		2	3, 2	0,35	2	9,58	28,06	0,570	137
63	3		0		0,03	1	1,42	5,69	0,308	205
64	6	0.79, 0.8	0		0,08	1	1,92	6,44	0,733	143
65	6	0.92	1	3	0,06	1	2,63	17,22	0,417	309
66	7	0.92	2	3, 2	0,10	1	3,73	18,36	0,468	347
67	2		1	3	0,13	1	5,82	17,47	0,290	130
68	2		3	2, 3, 3	1,61	3	29,33	75,17	0,943	90
69	6	0.36, 0.94, 0.7	0		0,12	1	5,46	13,68	0,478	311
70	6	0.87, 0.5, 0.68	1	3	0,21	3	5,55	11,76	0,625	181
71	3	0.61	3	2, 2, 3	0,49	2	11,19	32,85	0,720	159
72	5		0		0,00	1	0,00	0,00	0,267	148
73	2		0		0,00	1	0,00	0,00	0,574	81
74	3		1	3	0,11	1	5,08	20,32	0,353	176
75	2	0.33	0		0,30	1	5,68	11,35	0,546	37
76	6	0.59, 0.66, 0.53, 0.53	1	3	0,37	2	7,44	16,35	0,705	162
77	4	0.9	0		0,02	1	0,62	2,47	0,456	133
78	1		9	2, 2, 3, 2, 3, 3, 2, 3, 3	3,27	9	53,86	97,66	0,727	180
79	3	0.67	0		0,16	1	2,77	8,31	0,689	51
80	5	0.66, 0.79	3	3, 2, 3	0,42	3	14,87	51,63	0,367	318
81	5	0.36, 0.76, 0.8	0		0,11	2	4,32	20,67	0,526	225
82	4	0.32	1	2	0,15	2	5,76	21,28	0,370	191

α/α	S	QS	NoS	Type	AL	ML	AW	MW	U1	Time
83	3		2	2, 2	0,46	1	11,25	36,30	0,656	121
84	5		0		0,00	1	0,00	0,00	0,635	87
85	5	0.94, 0.96	0		0,08	1	2,27	8,58	0,851	174
86	4	0.53	0		0,09	1	4,21	16,86	0,552	184
87	4		0		0,00	1	0,00	0,00	0,457	212
88	2		3	3, 2, 2	1,09	3	25,69	50,40	0,731	118
89	4		0		0,00	1	0,00	0,00	0,821	101
90	6	0.72, 0.79	0		0,06	1	2,07	8,51	0,458	215
91	4	0.92, 0.61, 0.99	1	3	0,13	2	5,46	16,00	0,626	243
92	5	0.97	2	2, 3	0,31	2	8,03	30,43	0,511	178
93	6	0.4, 0.42, 0.79	0		0,16	1	3,47	10,92	0,567	149
94	5	0.96	1	3	0,14	2	4,63	27,14	0,498	192
95	5		0		0,06	1	1,59	9,55	0,526	159
96	2		1	2	0,14	1	7,05	21,14	0,296	148
97	4		2	2, 3	0,41	2	17,09	58,66	0,489	247
98	5	0.77, 0.58	1	3	0,08	1	3,57	9,75	0,293	255
99	3		0		0,00	1	0,00	0,00	0,440	78
100	4		2	2, 3	0,09	1	2,24	10,12	0,624	156
101	3		1	3	0,37	1	18,29	73,14	0,728	199
102	5	0.89	0		0,00	1	0,22	1,10	0,271	246
103	4	0.92, 0.56	0		0,13	1	2,15	5,84	0,755	81
104	4		0		0,00	1	0,00	0,00	0,389	123
105	4	0.96	2	2, 2	0,29	3	8,48	29,57	0,546	208
106	4	0.99	0		0,02	1	0,66	3,22	0,320	191
107	5	0.34, 0.91	0		0,09	1	2,79	10,86	0,485	182
108	5		1	3	0,06	1	2,45	12,07	0,498	274
109	2		2	2, 3	0,74	3	13,45	29,39	0,805	90
110	3		1	3	0,14	1	3,94	15,77	0,458	113

α/α	S	QS	NoS	Type	AL	ML	AW	MW	U1	Time
111	4	0.37, 0.88, 0.94	0		0,24	2	5,03	14,87	0,853	82
112	2		3	3, 3, 3	0,29	2	6,91	16,90	0,463	117
113	3	0.84	1	3	0,42	1	11,94	39,04	0,687	114
114	4	0.32	0		0,04	1	1,38	5,52	0,350	146
115	4	0.43	2	3, 3	0,37	2	7,99	16,89	0,615	130
116	4	0.8, 0.68	0		0,09	1	3,06	9,34	0,429	142
117	5		0		0,00	1	0,00	0,00	0,244	301
118	4		1	3	0,05	1	1,18	5,91	0,537	119
119	3	0.5	0		0,09	1	3,38	10,14	0,433	113
120	4	0.86, 0.89	0		0,03	1	0,98	2,56	0,531	152
121	5	0.48	2	3, 2	0,37	3	8,60	26,78	0,485	186
122	4	0.48	0		0,11	1	3,66	14,65	0,658	135
123	4	0.94	2	3, 2	0,16	1	5,92	17,63	0,313	226
124	2		2	3, 2	0,69	3	15,28	32,10	0,647	110
125	6	0.5, 0.86, 0.77, 0.84, 0.39	0		0,25	2	5,39	15,31	0,689	130
126	3	0.4	0		0,11	1	3,58	10,73	0,328	101
127	2		2	3, 3	0,73	2	14,01	36,48	0,845	76
128	3		2	3, 2	0,16	2	9,95	34,54	0,307	320
129	4	0.44	1	2	0,21	2	2,97	11,41	0,834	85
130	3		1	2	0,12	1	5,06	20,23	0,386	167
131	4	0.74, 0.8	3	3, 2, 3	0,93	3	22,66	59,28	0,809	195
132	7	0.79, 0.91	1	3	0,05	1	2,02	12,29	0,485	325
133	5		1	3	0,08	1	2,49	14,95	0,494	180
134	5		0		0,00	1	0,00	0,00	0,565	200
135	5		0		0,00	1	0,00	0,00	0,443	193
136	2		0		0,00	1	0,00	0,00	0,187	87
137	2		4	3, 2, 2, 3	1,50	4	26,45	55,95	0,699	105
138	3		1	3	0,10	1	4,55	18,22	0,337	180

α/α	S	QS	NoS	Type	AL	ML	AW	MW	U1	Time
139	5	0.99, 0.52	0		0,05	1	1,94	9,64	0,469	214
140	4		0		0,00	1	0,03	0,17	0,557	150
141	2	0.94	3	2, 3, 2	0,81	3	12,11	35,64	0,925	75
142	5	0.63	1	3	0,11	1	5,02	22,44	0,221	327
143	4	0.67, 0.55, 0.35	6	2, 3, 2, 2, 2, 2	1,35	4	20,21	63,62	0,831	164
144	3		2	3, 3	0,27	3	6,92	21,13	0,397	151
145	7	0.41	0		0,03	1	0,82	5,74	0,618	202
146	5	0.37	2	3, 2	0,22	2	8,30	44,06	0,521	304
147	6	0.4, 0.57	1	3	0,20	2	5,38	16,69	0,426	216
148	4		3	3, 3, 2	0,21	2	5,26	17,40	0,319	201
149	6	0.69, 0.41, 0.66	1	3	0,39	2	6,35	19,41	0,787	130
150	5		0		0,00	1	0,00	0,00	0,344	241
151	5	0.8, 0.3, 0.55	3	3, 2, 2	0,39	2	13,99	43,93	0,489	319
152	5	0.71, 0.95	1	2	0,11	2	3,47	16,82	0,520	212
153	5	0.87	2	2, 3	0,25	3	7,67	26,65	0,525	246
154	3	0.94	0		0,01	1	0,24	0,73	0,562	65
155	5		0		0,00	1	0,00	0,00	0,299	186
156	2		1	2	0,31	1	10,81	32,44	0,403	104
157	3		1	3	0,07	1	3,36	13,46	0,569	188
158	4		0		0,00	1	0,00	0,00	0,283	191
159	6		1	3	0,13	1	3,55	26,99	0,547	223
160	3		0		0,00	1	0,00	0,00	0,753	110
161	3	0.36, 0.98	3	2, 3, 2	0,52	2	15,74	34,80	0,427	179
162	4		2	3, 2	0,37	2	12,69	52,06	0,469	208
163	3	0.75	1	2	0,17	1	3,30	9,31	0,578	75
164	7		0		0,01	1	0,68	5,44	0,351	370
165	5		0		0,02	1	0,69	4,13	0,402	187
166	3	0.86	3	2, 3, 3	0,46	3	7,60	24,41	0,763	115

α/α	S	QS	NoS	Type	AL	ML	AW	MW	U1	Time
167	6	0.65, 0.49, 0.59	0		0,15	2	4,77	13,60	0,503	189
168	4		0		0,00	1	0,00	0,00	0,537	147
169	5	0.51	1	3	0,08	1	2,69	8,47	0,447	230
170	12	0.97, 0.89, 0.76, 0.9, 0.86 0.99, 0.71	5	3, 3, 3, 3, 3	0,31	3	8,67	51,52	0,535	505
171	2	0.66	0		0,15	1	4,42	7,15	0,577	87
172	7	0.44	0		0,03	1	0,88	6,19	0,447	235
173	3	0.76	1	3	0,29	1	7,38	22,05	0,732	103
174	6	0.94	1	3	0,04	1	1,20	7,62	0,511	224
175	2		4	2, 3, 3, 3	0,80	3	14,84	36,41	0,751	111
176	4		0		0,00	1	0,00	0,00	0,615	108
177	3	0.87	2	2, 2	0,18	2	4,97	15,91	0,449	138
178	4		0		0,00	1	0,00	0,00	0,408	145
179	5	0.72, 0.36	1	3	0,40	2	10,57	38,51	0,639	186
180	3		0		0,00	1	0,00	0,00	0,772	106
181	5	0.89, 0.59	0		0,03	1	1,01	2,58	0,553	160
182	3		3	3, 2, 2	0,23	2	6,95	21,31	0,547	178
183	4	0.75, 0.53	0		0,12	1	2,01	6,81	0,756	83
184	6	0.73, 0.78	0		0,05	1	1,31	5,10	0,418	195
185	5	0.73, 0.44, 0.73	1	2	0,19	2	8,24	18,63	0,535	307
186	3	0.35	4	3, 3, 3, 3	0,62	4	15,00	44,20	0,472	194
187	5	0.65	0		0,03	1	1,03	5,15	0,386	172
188	4	0.54	2	3, 3	0,25	2	3,70	8,08	0,521	90
189	5	0.98, 0.92	3	2, 2, 3	0,59	3	11,63	45,11	0,711	178
190	4	0.93	0		0,07	1	1,64	6,28	0,554	119
191	6		0		0,00	1	0,00	0,00	0,288	304
192	6	0.92, 0.34, 0.84, 0.62	1	3	0,24	3	6,33	19,60	0,648	212
193	3		0		0,00	1	0,00	0,00	0,433	111

α/α	S	QS	NoS	Type	AL	ML	AW	MW	U1	Time
194	3	0.47	2	3, 2	0,26	2	8,52	21,95	0,421	164
195	7	0.47, 0.44, 0.66, 0.89	0		0,11	2	2,64	6,72	0,468	194
196	3	0.6, 0.79	1	3	0,26	2	4,80	12,77	0,620	90
197	4	0.78	1	3	0,20	2	5,63	17,30	0,573	138
198	4		0		0,00	1	0,00	0,00	0,557	248
199	5	0.75, 0.44	1	3	0,34	3	9,90	41,09	0,610	201
200	6	0.47, 0.6, 0.94, 0.92	3	3, 3, 3	0,45	3	6,23	15,69	0,717	124

Πίνακας-Π2: Δεδομένα εξόδου εκτελέσεων προσομοίωσης του μοντέλου-2 με 2 εξυπηρετητές

α.α	S	QS	NoS	Type	AL	ML	AW	MW	U1	U2	Time
1	4		0		0,00	1	0,00	0,00	0,261	0,105	116
2	6	0.84	0		0,04	1	0,68	4,06	0,520	0,722	98
3	3		0		0,00	1	0,00	0,00	0,355	0,258	114
4	4		0		0,00	1	0,00	0,00	0,632	0,306	86
5	5		0		0,00	1	0,00	0,00	0,397	0,082	176
6	6	0.99, 0.91, 0.94	1	3	0,09	1	1,75	9,98	0,437	0,420	161
7	6		0		0,00	1	0,00	0,00	0,314	0,191	240
8	5		0		0,00	1	0,00	0,00	0,689	0,163	104
9	5	0.76	0		0,08	2	1,99	8,70	0,560	0,361	158
10	5	0.67	0		0,06	1	2,28	11,39	0,271	0,165	182
11	7	0.43	0		0,05	1	1,34	10,76	0,429	0,168	209
12	5		0		0,00	1	0,00	0,00	0,367	0,158	212
13	4		0		0,02	1	0,57	2,86	0,476	0,340	124
14	6		0		0,00	1	0,00	0,00	0,477	0,147	227
15	5		0		0,00	1	0,00	0,00	0,501	0,000	157

α.α	S	QS	NoS	Type	AL	ML	AW	MW	U1	U2	Time
16	5		0		0,00	1	0,00	0,00	0,347	0,000	248
17	5		1	2	0,06	1	2,14	14,98	0,506	0,088	262
18	6		0		0,00	1	0,00	0,00	0,341	0,289	159
19	5		0		0,00	1	0,00	0,00	0,353	0,213	273
20	6		1	3	0,03	1	0,88	7,03	0,488	0,069	224
21	7		0		0,00	1	0,00	0,00	0,472	0,321	194
22	3		0		0,00	1	0,00	0,00	0,390	0,000	156
23	3		0		0,00	1	0,00	0,00	0,135	0,000	213
24	3		0		0,00	1	0,00	0,00	0,651	0,515	119
25	6		0		0,00	1	0,00	0,00	0,594	0,260	234
26	6		1	2	0,05	1	1,40	11,20	0,457	0,358	205
27	3		0		0,00	1	0,00	0,00	0,446	0,099	92
28	5	0.86	0		0,01	1	0,46	2,31	0,348	0,196	158
29	5		0		0,00	1	0,00	0,00	0,350	0,000	213
30	4		0		0,00	1	0,00	0,00	0,587	0,246	124
31	7	0.63, 0.46, 0.99	1	3	0,14	2	3,35	10,66	0,471	0,241	197
32	5		0		0,00	1	0,00	0,00	0,442	0,059	141
33	4		0		0,00	1	0,00	0,00	0,615	0,083	120
34	5	0.85	0		0,03	1	0,71	4,28	0,410	0,287	154
35	5		0		0,00	1	0,00	0,00	0,601	0,222	151
36	6		0		0,03	1	0,89	6,26	0,460	0,114	230
37	6	0.54, 0.86, 0.81	0		0,19	2	2,73	11,71	0,734	0,492	98
38	9	0.86, 0.77	1	3	0,06	2	1,19	5,95	0,777	0,465	217
39	5		0		0,00	1	0,00	0,00	0,429	0,077	102
40	5		0		0,00	1	0,00	0,00	0,650	0,432	116
41	4		0		0,00	1	0,00	0,00	0,339	0,089	171
42	1		2	3, 3	0,46	2	7,18	18,54	0,574	0,382	62
43	4		0		0,00	1	0,00	0,00	0,344	0,000	242

α.α	S	QS	NoS	Type	AL	ML	AW	MW	U1	U2	Time
44	5		0		0,00	1	0,00	0,00	0,299	0,075	249
45	9	0.91, 0.82	1	3	0,08	2	1,51	11,10	0,560	0,469	197
46	5	0.43	0		0,08	1	2,07	12,43	0,304	0,314	148
47	5		0		0,00	1	0,00	0,00	0,382	0,402	154
48	8	0.7	0		0,01	1	0,30	2,71	0,470	0,345	196
49	5		0		0,00	1	0,00	0,00	0,536	0,046	145
50	5	0.33	0		0,11	1	1,33	6,66	0,778	0,436	58
51	6	0.36	0		0,04	1	1,22	8,53	0,422	0,261	194
52	5		0		0,00	1	0,00	0,00	0,455	0,266	152
53	5		0		0,00	1	0,00	0,00	0,275	0,136	264
54	4		0		0,00	1	0,00	0,00	0,530	0,267	144
55	3		0		0,00	1	0,00	0,00	0,319	0,000	196
56	6		0		0,00	1	0,00	0,00	0,637	0,297	153
57	5	0.69	0		0,02	1	0,98	4,90	0,212	0,060	255
58	4		0		0,00	1	0,00	0,00	0,747	0,216	87
59	3		0		0,00	1	0,00	0,00	0,800	0,322	64
60	4	0.36	0		0,09	1	2,18	8,71	0,530	0,172	94
61	5	0.86	0		0,01	1	0,26	1,28	0,679	0,462	86
62	3		0		0,00	1	0,00	0,00	0,594	0,156	129
63	5		0		0,00	1	0,00	0,00	0,573	0,000	168
64	6		0		0,00	1	0,00	0,00	0,329	0,171	205
65	6	0.72, 0.79	0		0,08	2	2,11	6,37	0,426	0,250	185
66	6	0.91	0		0,02	1	0,63	3,25	0,540	0,220	187
67	5	0.37, 0.92	0		0,06	2	1,22	6,56	0,547	0,281	124
68	4		0		0,00	1	0,00	0,00	0,532	0,000	157
69	4		0		0,00	1	0,00	0,00	0,503	0,000	117
70	6	0.73	0		0,02	1	0,60	3,59	0,471	0,089	188
71	4		0		0,00	1	0,00	0,00	0,539	0,308	119

α.α	S	QS	NoS	Type	AL	ML	AW	MW	U1	U2	Time
72	5		0		0,00	1	0,00	0,00	0,372	0,097	186
73	5		0		0,00	1	0,00	0,00	0,699	0,344	121
74	6	0.5, 0.7, 0.4	1	2	0,51	3	4,92	14,89	0,802	0,668	77
75	5		0		0,00	1	0,00	0,00	0,376	0,187	173
76	4		0		0,00	1	0,00	0,00	0,573	0,371	115
77	4		0		0,00	1	0,00	0,00	0,351	0,088	184
78	4		0		0,00	1	0,00	0,00	0,313	0,144	138
79	3		0		0,00	1	0,00	0,00	0,327	0,240	136
80	8	0.98, 0.84	0		0,02	1	0,40	2,73	0,568	0,585	209
81	4		0		0,00	1	0,00	0,00	0,266	0,154	139
82	7	0.85	0		0,04	2	1,07	7,26	0,717	0,369	256
83	5		0		0,00	1	0,00	0,00	0,399	0,086	142
84	4		0		0,00	1	0,00	0,00	0,259	0,000	134
85	4		0		0,00	1	0,00	0,00	0,332	0,054	144
86	5		1	2	0,13	2	2,74	16,29	0,503	0,215	147
87	8	0.99	0		0,00	1	0,01	0,06	0,470	0,226	221
88	3	0.99	0		0,00	1	0,05	0,16	0,557	0,283	73
89	5		0		0,00	1	0,00	0,00	0,383	0,089	188
90	5	0.96	0		0,00	1	0,06	0,32	0,372	0,159	141
91	5		1	2	0,04	1	1,03	7,24	0,409	0,309	167
92	7	0.96, 0.38, 0.76, 0.94	0		0,25	2	2,42	10,86	0,838	0,673	68
93	6		0		0,00	1	0,00	0,00	0,372	0,393	193
94	4		0		0,00	1	0,00	0,00	0,379	0,000	221
95	6		0		0,00	1	0,00	0,00	0,568	0,378	172
96	4		0		0,00	1	0,00	0,00	0,450	0,000	105
97	5		0		0,00	1	0,00	0,00	0,454	0,000	180
98	4		0		0,00	1	0,00	0,00	0,460	0,141	176
99	4		0		0,00	1	0,00	0,00	0,376	0,114	194

α.α	S	QS	NoS	Type	AL	ML	AW	MW	U1	U2	Time
100	1		0		0,00	1	0,00	0,00	0,332	0,182	119
101	5		0		0,00	1	0,00	0,00	0,316	0,158	168
102	8	0.9, 0.99	2	3, 2	0,19	2	3,75	27,61	0,566	0,411	222
103	5		0		0,00	1	0,00	0,00	0,537	0,251	124
104	3		0		0,00	1	0,00	0,00	0,195	0,238	125
105	7		0		0,00	1	0,00	0,00	0,283	0,061	307
106	3		0		0,00	1	0,00	0,00	0,261	0,193	96
107	5		0		0,00	1	0,00	0,00	0,619	0,255	89
108	3		0		0,00	1	0,00	0,00	0,364	0,000	143
109	11	0.34	0		0,02	1	0,48	5,73	0,476	0,395	279
110	6		0		0,00	1	0,00	0,00	0,369	0,177	164
111	5		0		0,00	1	0,00	0,00	0,557	0,090	188
112	8		0		0,00	1	0,00	0,00	0,669	0,375	176
113	7	0.47	0		0,06	1	1,31	7,01	0,672	0,217	186
114	6		0		0,00	1	0,00	0,00	0,333	0,160	215
115	2		0		0,00	1	0,00	0,00	0,452	0,387	36
116	8		2	2, 3	0,13	2	4,35	24,48	0,460	0,162	357
117	2		1	3	0,08	1	1,97	7,88	0,284	0,272	103
118	3		0		0,00	1	0,00	0,00	0,593	0,144	149
119	6	0.76	0		0,02	1	0,67	4,01	0,540	0,263	199
120	4		0		0,00	1	0,00	0,00	0,357	0,111	93
121	4		0		0,00	1	0,00	0,00	0,622	0,406	95
122	6		0		0,00	1	0,00	0,00	0,534	0,071	256
123	4		0		0,00	1	0,00	0,00	0,726	0,000	101
124	4		0		0,00	1	0,00	0,00	0,425	0,248	138
125	5		0		0,00	1	0,00	0,00	0,389	0,000	199
126	5		0		0,00	1	0,00	0,00	0,469	0,277	121
127	3		0		0,00	1	0,00	0,00	0,298	0,153	85

α.α	S	QS	NoS	Type	AL	ML	AW	MW	U1	U2	Time
128	5	0.66	0		0,01	1	0,24	1,42	0,407	0,305	139
129	4	0.79	0		0,19	1	4,05	14,09	0,432	0,525	104
130	4		1	3	0,08	1	2,06	12,37	0,324	0,179	153
131	3		0		0,00	1	0,00	0,00	0,453	0,000	64
132	3		1	3	0,11	1	2,47	9,87	0,386	0,164	90
133	4		0		0,00	1	0,00	0,00	0,540	0,618	101
134	6	0.34	0		0,06	1	1,23	7,37	0,595	0,134	129
135	6	0.98	0		0,00	1	0,07	0,41	0,434	0,246	178
136	7	0.79, 0.69, 0.99	1	2	0,18	1	2,78	14,51	0,655	0,643	124
137	5		0		0,00	1	0,00	0,00	0,471	0,000	196
138	6	0.97, 0.93	0		0,01	1	0,17	0,62	0,712	0,372	163
139	4		0		0,00	1	0,00	0,00	0,849	0,266	156
140	7	0.98	0		0,00	1	0,06	0,40	0,496	0,597	171
141	5		0		0,00	1	0,00	0,00	0,497	0,220	151
142	6		0		0,00	1	0,00	0,00	0,333	0,041	268
143	5		0		0,00	1	0,00	0,00	0,519	0,120	117
144	7	0.77, 0.75, 0.86, 0.68	1	2	0,27	3	4,28	10,00	0,888	0,621	128
145	4		2	2, 2	0,43	2	5,56	19,30	0,551	0,543	77
146	4	0.68, 0.69	0		0,17	1	2,16	5,47	0,698	0,575	63
147	4		1	3	0,05	1	1,49	7,47	0,516	0,111	137
148	2		0		0,00	1	0,00	0,00	0,307	0,765	38
149	5		0		0,00	1	0,00	0,00	0,327	0,047	261
150	5		0		0,00	1	0,00	0,00	0,505	0,073	92
151	5		0		0,00	1	0,00	0,00	0,421	0,107	182
152	3		0		0,00	1	0,00	0,00	0,330	0,180	161
153	6		0		0,00	1	0,00	0,00	0,733	0,047	144
154	8		0		0,00	1	0,00	0,00	0,358	0,254	323
155	6		0		0,00	1	0,00	0,00	0,373	0,242	169

α.α	S	QS	NoS	Type	AL	ML	AW	MW	U1	U2	Time
156	3		0		0,00	1	0,00	0,00	0,331	0,397	84
157	3		0		0,00	1	0,00	0,00	0,442	0,239	82
158	5		0		0,00	1	0,00	0,00	0,398	0,139	210
159	6	0.55	0		0,04	1	1,16	6,97	0,454	0,216	167
160	7		2	2, 2	0,18	2	4,82	32,82	0,454	0,383	272
161	5		0		0,00	1	0,00	0,00	0,615	0,247	116
162	7	0.82	0		0,02	1	0,95	6,65	0,349	0,117	331
163	6		0		0,00	1	0,00	0,00	0,466	0,229	177
164	5		0		0,00	1	0,00	0,00	0,483	0,125	233
165	7		0		0,00	1	0,00	0,00	0,496	0,203	196
166	7		0		0,00	1	0,00	0,00	0,597	0,340	170
167	10	0.67	0		0,04	1	0,73	8,02	0,463	0,520	214
168	2		0		0,00	1	0,00	0,00	0,429	0,000	64
169	6		0		0,00	1	0,00	0,00	0,543	0,356	201
170	5		1	3	0,10	1	2,42	16,97	0,625	0,331	166
171	6	0.45, 0.53	0		0,15	2	2,15	11,15	0,485	0,736	97
172	3		0		0,00	1	0,00	0,00	0,464	0,258	65
173	3		0		0,00	1	0,00	0,00	0,228	0,000	137
174	5		0		0,00	1	0,07	0,43	0,355	0,117	214
175	6		0		0,00	1	0,00	0,00	0,345	0,273	275
176	3		0		0,02	1	0,73	2,93	0,416	0,078	127
177	4		0		0,00	1	0,00	0,00	0,362	0,176	199
178	6	0.72	1	3	0,10	2	3,95	20,48	0,385	0,158	266
179	4		1	3	0,07	1	1,72	10,34	0,518	0,219	150
180	6		0		0,00	1	0,00	0,00	0,414	0,072	337
181	7		0		0,00	1	0,00	0,00	0,229	0,160	279
182	4		0		0,00	1	0,00	0,00	0,538	0,217	145
183	2		0		0,00	1	0,00	0,00	0,157	0,139	149

α.α	S	QS	NoS	Type	AL	ML	AW	MW	U1	U2	Time
184	6	0.74	0		0,03	1	0,83	4,98	0,564	0,476	146
185	4		0		0,00	1	0,00	0,00	0,697	0,340	82
186	5		0		0,03	1	0,51	3,04	0,569	0,562	111
187	4		0		0,00	1	0,00	0,00	0,422	0,000	150
188	4		0		0,00	1	0,00	0,00	0,403	0,000	196
189	6		0		0,00	1	0,00	0,00	0,398	0,307	192
190	5		0		0,00	1	0,00	0,00	0,393	0,423	120
191	5		0		0,00	1	0,00	0,00	0,178	0,044	274
192	2		0		0,00	1	0,00	0,00	0,256	0,000	157
193	7	0.88	0		0,03	1	0,54	3,80	0,663	0,560	131
194	5		0		0,00	1	0,00	0,00	0,707	0,246	149
195	4	0.54	1	2	0,20	2	4,79	20,27	0,434	0,274	121
196	8		0		0,00	1	0,00	0,00	0,391	0,202	207
197	2		0		0,00	1	0,00	0,00	0,641	0,000	90
198	4		0		0,00	1	0,00	0,00	0,577	0,449	57
199	3	0.71	0		0,05	1	1,25	3,76	0,470	0,499	70
200	4		1	3	0,04	1	1,45	7,27	0,224	0,082	177

Πίνακας-Π3: Ανάλυση ευαισθησίας της παραμέτρου Χρόνοι Εξυπηρέτησης-Δεδομένα εξόδου προσομοίωσης του μοντέλου-1

	100%					75%				
α.α	S	NoS	AW	AT	U	S	NoS	AW	AT	U
1	8	1	4,21	13,51	0,341	5	2	7,63	27,76	0,512
2	8	0	2,71	10,29	0,487	7	1	0,67	8,31	0,367
3	8	1	3,99	19,02	0,619	8	1	1,34	13,15	0,428
4	1	0	0,00	12,86	0,228	0	0	0,00	0,00	0,401

	100%					75%				
α.α	S	NoS	AW	AT	U	S	NoS	AW	AT	U
5	3	0	0,00	26,84	0,456	3	0	0,00	12,89	0,231
6	2	0	0,00	16,01	0,308	2	0	0,00	27,88	0,536
7	4	0	3,50	12,52	0,410	5	0	4,91	16,37	0,467
8	5	2	7,40	16,00	0,620	7	3	5,52	11,85	0,466
9	6	7	10,11	22,80	0,658	9	4	3,57	12,21	0,538
10	3	4	13,51	21,84	0,596	5	2	3,41	10,41	0,473
11	7	1	3,54	11,96	0,527	6	1	2,95	15,62	0,662
12	3	1	10,61	32,04	0,462	4	0	0,00	8,99	0,173
13	1	0	0,00	14,92	0,199	1	0	0,00	12,82	0,171
14	12	8	8,00	16,10	0,549	17	4	3,70	11,62	0,534
15	5	2	5,66	20,92	0,713	7	2	3,31	13,09	0,490
16	4	1	3,03	15,87	0,552	5	0	0,17	11,49	0,500
17	5	1	4,40	16,84	0,446	4	2	6,42	20,79	0,440
18	3	1	5,39	23,98	0,540	4	0	1,71	10,98	0,349
19	6	3	11,48	21,96	0,699	7	3	7,58	18,02	0,585
20	11	3	4,85	23,24	0,506	11	3	5,35	21,72	0,473
21	2	0	1,80	12,48	0,309	2	0	0,00	8,12	0,209
22	5	0	0,60	8,39	0,179	5	0	0,60	8,39	0,179
23	2	0	1,22	26,77	0,568	2	0	0,00	11,14	0,300
24	4	1	3,06	18,70	0,584	4	0	0,00	14,69	0,525
25	2	1	1,61	13,92	0,458	4	0	0,00	12,89	0,464
26	1	1	6,45	23,41	0,345	2	0	2,58	9,78	0,309
27	4	0	1,18	12,30	0,476	4	1	3,91	20,44	0,592
28	5	1	2,12	15,09	0,520	5	0	0,74	12,40	0,493
29	4	2	7,65	23,99	0,539	5	1	2,19	12,84	0,389
30	2	0	2,69	8,73	0,318	3	0	1,88	9,66	0,273
31	6	1	3,72	20,38	0,764	6	1	3,53	14,85	0,557

	100%					75%				
α.α	S	NoS	AW	AT	U	S	NoS	AW	AT	U
32	6	2	6,57	16,01	0,540	6	2	6,57	16,01	0,540
33	1	0	0,00	4,32	0,052	1	0	0,00	17,26	0,208
34	5	2	3,13	17,88	0,458	6	1	1,75	11,45	0,352
35	9	2	4,95	20,07	0,598	10	1	2,54	11,09	0,373
36	7	1	9,72	17,68	0,638	6	2	8,93	15,12	0,468
37	7	0	2,37	13,16	0,536	7	0	0,87	8,86	0,361
38	1	0	0,00	17,38	0,276	1	0	0,00	21,64	0,324
39	5	0	4,37	16,32	0,469	4	0	1,46	11,64	0,438
40	4	1	4,04	16,80	0,600	5	0	1,68	14,38	0,639
41	8	2	7,60	18,44	0,485	7	3	4,39	15,41	0,355
42	6	1	2,11	18,08	0,426	5	1	2,11	18,08	0,426
43	0	0	0,00	0,00	0,068	1	0	0,00	6,77	0,063
44	6	0	3,26	16,35	0,598	6	0	0,45	16,10	0,589
45	6	1	2,35	14,84	0,471	6	1	2,20	13,42	0,427
46	5	0	4,85	13,32	0,740	3	2	5,21	15,63	0,521
47	2	1	5,29	25,56	0,370	3	0	0,01	11,57	0,251
48	5	2	11,90	33,03	0,631	7	0	0,00	8,90	0,322
49	4	2	6,03	20,24	0,406	7	0	2,95	13,66	0,451
50	3	0	1,31	14,33	0,347	3	0	0	10,41	0,252

Πίνακας-Π3 (συνέχεια): Ανάλυση ευαισθησίας της παραμέτρου Χρόνοι Εξυπηρέτησης-Δεδομένα εξόδου προσομοίωσης του μοντέλου-1

	50%					25%		125%	
α.α	S	NoS	AW	AT	U	S	NoS	S	NoS
1	7	1	2,15	10,52	0,258	8	1	5	2
2	7	1	1,29	6,58	0,307	9	0	6	1
3	9	0	0,00	9,53	0,349	9	0	6	2
4	1	0	0,00	8,27	0,157	1	0	0	0

	50%					25%		125%	
α.α	S	NoS	AW	AT	U	S	NoS	S	NoS
5	3	0	0,00	8,14	0,154	3	0	2	0
6	2	0	0,00	9,29	0,179	2	0	2	0
7	5	1	1,97	12,95	0,349	6	0	2	2
8	9	4	5,44	11,64	0,398	10	1	4	4
9	12	2	1,38	8,45	0,455	12	2	7	6
10	5	2	3,78	7,92	0,360	6	1	4	3
11	7	1	1,51	9,15	0,426	9	0	5	2
12	4	0	0,00	8,89	0,171	4	0	3	1
13	1	0	0,00	3,69	0,049	1	0	1	0
14	16	5	3,65	10,31	0,446	19	2	12	8
15	8	1	2,07	10,80	0,462	8	1	7	0
16	4	0	0,00	7,78	0,433	5	0	4	1
17	6	0	0,00	7,25	0,230	6	0	5	0
18	5	0	0,00	7,92	0,272	5	0	4	0
19	10	1	2,23	8,31	0,361	10	1	7	3
20	12	2	2,76	12,36	0,294	14	0	12	2
21	2	0	0,00	6,02	0,160	2	0	0	0
22	4	1	2,23	10,42	0,177	5	0	3	2
23	3	0	0,00	10,26	0,299	2	0	2	0
24	4	0	0,00	8,92	0,318	4	0	3	0
25	4	0	0,00	6,28	0,226	4	0	4	0
26	3	0	1,05	9,79	0,284	2	1	2	0
27	5	0	0,00	8,35	0,303	5	0	5	0
28	6	0	0,00	9,57	0,396	6	0	5	0
29	6	1	1,34	11,91	0,391	7	0	3	0
30	3	0	0,15	3,98	0,113	3	0	2	0
31	7	0	0,22	10,20	0,446	7	0	7	0

	50%					25%		125%	
α.α	S	NoS	AW	AT	U	S	NoS	S	NoS
32	7	1	3,84	11,42	0,449	7	1	7	0
33	1	0	0,00	8,48	0,102	1	0	1	0
34	6	1	2,08	14,57	0,448	7	0	4	3
35	11	0	0,46	10,01	0,371	11	0	7	3
36	6	2	1,86	6,10	0,189	7	1	5	3
37	7	0	0,54	8,06	0,328	7	0	6	1
38	1	0	0,00	13,75	0,236	1	0	1	0
39	5	0	0,33	9,42	0,276	5	0	4	0
40	5	1	1,93	8,03	0,337	4	0	4	1
41	9	1	1,15	11,27	0,334	9	1	5	5
42	6	0	0,00	6,49	0,184	6	0	3	3
43	1	0	0,00	7,00	0,065	1	0	0	0
44	5	1	0,57	12,18	0,371	6	0	5	1
45	8	0	0,19	6,44	0,265	8	0	5	1
46	5	0	0,00	5,32	0,296	5	0	3	1
47	3	0	0,00	7,29	0,158	3	0	3	0
48	7	0	0,00	8,90	0,322	7	0	6	1
49	6	1	0,78	8,09	0,229	6	1	4	2
50	3	0	0,00	4,99	0,121	3	0	2	1

Πίνακας-Π4: Ανάλυση ευαισθησίας της παραμέτρου Χρόνοι Εξυπηρέτησης-Διάρκεια προσομοίωσης και τυχαία τιμή σπόρου που τέθηκαν, μέση τιμή των χρόνων διαδοχικών αφίξεων και αριθμός των αφιχθέντων οντοτήτων στο σύστημα

α.α	Time	RSV	AIT	NIC	α.α	Time	RSV	AIT	NIC
1	319	372	28,97	10	26	108	4334	13,99	5
2	201	568	26,88	9	27	138	334	33,57	5
3	246	78	35,73	9	28	145	199	24,38	6
4	65	30	13,93	2	29	186	92	27,87	8

α.α	Time	RSV	AIT	NIC	α.α	Time	RSV	AIT	NIC
5	186	1	48,48	4	30	106	71	43,31	3
6	104	7	53,62	2	31	160	8	23,93	7
7	188	125	19,79	7	32	178	3052	27,74	8
8	191	1347	18,04	11	33	83	3178	55,16	1
9	223	731	14,54	14	34	195	9901	30	7
10	110	835	14,15	7	35	307	8010	25,41	12
11	179	83	18,62	9	36	194	5539	24,43	8
12	208	56	39,83	4	37	172	947	23,4	7
13	75	2	73,34	1	38	90	951	43,6	2
14	370	5	17,48	21	39	178	148	25,48	6
15	187	301	17,81	9	40	119	1010	19,53	6
16	115	107	32,34	5	41	304	1359	25,44	10
17	189	822	26,79	6	42	212	167	31,59	6
18	147	25	25,74	6	43	111	53	35,67	2
19	230	30	19,01	11	44	164	47	27,69	6
20	505	10	32,71	14	45	194	377	24,18	8
21	87	15	27,69	3	46	90	192	19,05	5
22	235	18	40,92	5	47	138	184	38,39	3
23	103	331	25,43	3	48	248	473	28,25	5
24	224	237	24,32	8	49	212	677	24,06	7
25	111	832	30,66	4	50	124	631	34,24	3

Πίνακας-Π5: Σύγκριση των δεδομένων εξόδου του μοντέλου-1 με το 14.6% των Χρόνων Εξυπηρέτησης και του μοντέλου-2

	Μοντέλο-1, 14.6%					Μοντέλο-2					
α.α	S	NoS	AW	AT	U	S	NoS	AW	AT	U1	U2
1	9	0	0,00	4,24	0,122	10	0	0,00	29,56	0,330	0,294
2	9	0	0,00	2,54	0,114	12	0	0,13	22,19	0,424	0,253
3	9	0	0,00	2,14	0,078	11	0	0,73	24,44	0,635	0,164

	Μοντέλο-1, 14.6%					Μοντέλο-2					
α.α	S	NoS	AW	AT	U	S	NoS	AW	AT	U1	U2
4	2	0	0,00	3,45	0,106	2	0	0,00	14,44	0,668	0,000
5	4	0	0,00	2,75	0,059	4	0	0,00	15,55	0,400	0,120
6	2	0	0,00	3,42	0,066	2	0	0,00	22,04	0,553	0,280
7	6	0	0,00	2,20	0,075	7	0	1,31	25,24	0,479	0,157
8	11	0	0,01	2,01	0,116	11	1	2,00	27,00	0,512	0,230
9	14	0	0,15	2,11	0,132	14	0	0,00	15,80	0,293	0,079
10	6	1	0,36	3,37	0,184	7	0	0,00	13,82	0,418	0,062
11	8	1	0,10	3,24	0,145	9	0	0,09	24,38	0,395	0,066
12	4	0	0,00	2,30	0,044	4	0	0,00	15,87	0,673	0,000
13	1	0	0,00	0,79	0,010	2	0	0,00	21,58	0,873	0,199
14	20	1	0,44	2,86	0,154	13	1	1,07	21,85	0,372	0,136
15	9	0	0,11	2,81	0,135	9	0	1,77	20,48	0,287	0,210
16	5	0	0,00	2,77	0,121	5	0	0,00	17,51	0,607	0,152
17	6	0	0,00	4,39	0,140	6	0	0,00	16,67	0,404	0,217
18	5	0	0,00	2,73	0,096	6	0	0,00	20,84	0,394	0,193
19	11	0	0,00	2,78	0,133	11	0	0,33	16,31	0,447	0,092
20	14	0	0,00	2,97	0,082	14	0	0,32	22,11	0,406	0,260

Πίνακας-Π6: Δεδομένα εξόδου προσομοίωσης του μοντέλου-3 των 3 περιοχών με 4 εξυπηρετητές, της περιοχής-1

AIT	NIC	T1	AL	ML	AW	MW	S1	Pr	U1	S2	U2	NoS
26,4	5	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,363	1	0,074	0
30,1	4	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,229	1	0,078	0
22,9	3	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,193	0	0,098	0
34,9	4	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,574	1	0,086	0
15,0	9	0	0,24	1	4,06	24,4	5	0	0,647	2	0,471	1
21,8	7	0	0,00	1	0,00	0,0	5	0	0,568	1	0,198	0
24,4	7	0	0,02	1	0,48	3,3	6	0	0,579	1	0,141	0
40,5	4	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,196	1	0,100	0
28,4	5	0	0,17	1	5,03	17,0	4	0	0,424	0	0,000	1
33,1	5	0	0,00	1	0,00	0,0	5	0	0,500	0	0,000	0
30,2	4	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,361	0	0,000	0
25,6	6	0	0,09	1	2,31	13,8	4	0	0,552	1	0,032	1
60,2	3	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,558	0	0,000	0
21,4	7	0	0,03	1	0,55	3,8	4	0	0,570	3	0,332	0
31,4	6	0	0,00	1	0,00	0,0	5	0	0,448	0	0,075	0
34,1	4	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,244	1	0,107	0
57,7	2	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,190	0	0,000	0
83,9	2	0	0,00	1	0,00	0,0	1	0	0,097	1	0,231	0
20,7	7	0	0,05	1	1,04	7,3	4	0	0,643	2	0,139	0
18,5	7	0	0,32	2	6,88	24,3	2	0	0,566	3	0,282	2
22,8	6	0	0,00	1	0,02	0,1	5	0	0,561	1	0,035	0
26,0	6	0	0,06	2	1,42	8,0	3	0	0,454	1	0,052	1
34,4	4	0	0,11	1	4,11	16,4	2	0	0,413	1	0,086	1
27,4	5	0	0,04	1	1,14	5,7	3	0	0,482	1	0,033	0
28,9	6	0	0,20	2	4,89	14,6	2	0	0,682	3	0,219	1
63,6	3	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,257	0	0,000	0
21,5	6	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,431	1	0,083	0

AIT	NIC	T1	AL	ML	AW	MW	S1	Pr	U1	S2	U2	NoS
32,4	5	0	0,04	1	0,00	0,0	3	0	0,480	0	0,000	0
21,5	5	0	0,11	1	3,42	17,1	4	0	0,536	0	0,000	0
20,9	8	0	0,13	2	2,42	9,4	4	0	0,741	2	0,372	1
37,1	3	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,338	0	0,000	0
35,5	3	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,215	0	0,000	0
33,0	5	0	0,12	2	3,47	9,1	4	0	0,437	0	0,000	1
28,7	6	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,629	1	0,152	0
14,1	9	0	0,13	1	2,18	9,4	3	0	0,500	5	0,397	0
27,2	6	0	0,02	1	0,54	3,2	5	0	0,578	1	0,221	0
21,7	8	0	0,01	1	0,19	1,5	5	0	0,681	2	0,106	0
24,1	5	0	0,00	1	0,11	0,6	2	0	0,498	2	0,131	0
30,1	5	0	0,01	1	0,16	0,8	4	0	0,309	1	0,196	0
36,8	4	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,283	0	0,077	0
40,1	6	0	0,04	1	0,00	0,0	4	0	0,414	0	0,000	0
22,0	7	0	0,16	1	3,46	18,3	5	0	0,610	0	0,000	1
33,1	5	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,470	1	0,201	0
26,6	5	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,550	2	0,097	0
34,1	5	0	0,21	1	3,41	13,7	2	0	0,510	0	0,000	1
27,1	6	0	0,06	1	1,38	7,3	4	0	0,544	0	0,065	0
109,3	1	0	0,00	1	0,00	0,0	1	0	0,132	0	0,000	0
25,0	6	0	0,31	2	7,76	32,5	2	0	0,624	1	0,112	2
20,9	6	0	0,13	1	3,37	20,2	3	0	0,596	1	0,214	1
20,6	6	0	0,04	2	1,04	3,3	4	0	0,419	1	0,088	0
31,8	5	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,374	1	0,065	0
31,1	5	0	0,17	2	3,57	10,7	2	0	0,377	0	0,000	0
37,1	5	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,328	1	0,218	0
19,2	7	0	0,08	1	1,85	11,1	4	0	0,343	0	0,000	1
26,7	6	0	0,09	2	2,30	10,9	4	0	0,419	1	0,038	1

AIT	NIC	T1	AL	ML	AW	MW	S1	Pr	U1	S2	U2	NoS
34,9	4	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,251	0	0,095	0
30,7	5	0	0,05	1	1,53	7,7	2	0	0,369	1	0,151	0
34,6	6	0	0,01	1	0,28	1,7	4	0	0,470	0	0,067	0
38,4	4	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,443	2	0,094	0
30,3	4	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,286	1	0,082	0
42,2	5	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,406	1	0,074	0
23,5	6	0	0,05	1	0,00	0,0	3	0	0,322	1	0,173	0
21,6	7	0	0,09	1	2,00	9,4	5	0	0,746	2	0,157	0
33,4	5	0	0,10	1	0,00	0,0	2	0	0,518	1	0,229	0
33,2	5	0	0,15	1	4,51	13,2	3	0	0,358	0	0,000	2
44,0	4	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,216	0	0,000	0
30,2	7	1	0,30	3	6,40	26,3	2	1	0,611	1	0,049	2
29,6	5	0	0,01	1	0,21	1,1	5	0	0,367	0	0,000	0
42,9	3	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,363	0	0,000	0
20,0	6	1	0,05	1	1,29	7,8	2	0	0,448	2	0,343	0
31,4	4	0	0,03	1	0,98	3,9	2	0	0,403	1	0,052	0
30,1	6	0	0,30	2	7,57	19,2	2	0	0,502	1	0,210	2
24,3	6	0	0,05	1	1,35	6,9	3	0	0,528	2	0,095	0
37,4	3	0	0,01	1	0,56	1,7	3	0	0,375	0	0,000	0
40,3	4	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,585	1	0,147	0
101,8	1	0	0,00	1	0,00	0,0	1	0	0,051	0	0,000	0
20,6	8	0	0,05	1	0,89	7,1	5	0	0,662	2	0,268	0
31,9	4	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,416	0	0,000	0
25,3	6	0	0,09	1	2,15	12,2	4	0	0,580	1	0,065	1
43,6	3	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,278	0	0,000	0
37,7	4	0	0,03	1	1,07	4,3	4	0	0,449	0	0,000	0
27,3	6	0	0,03	1	0,87	3,2	3	0	0,435	3	0,087	0
44,7	5	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,562	1	0,272	0

AIT	NIC	T1	AL	ML	AW	MW	S1	Pr	U1	S2	U2	NoS
50,7	3	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,237	0	0,000	0
28,1	5	0	0,03	1	0,78	3,9	4	0	0,522	0	0,000	0
21,6	6	0	0,11	1	2,72	12,6	4	0	0,766	1	0,104	1
19,6	7	0	0,00	1	0,00	0,0	5	0	0,441	1	0,187	0
38,5	4	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,550	1	0,067	0
41,5	4	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,330	1	0,101	0
19,2	8	0	0,12	1	2,17	10,8	5	0	0,535	1	0,113	0
24,2	4	0	0,12	1	4,47	17,9	2	0	0,311	0	0,000	1
44,9	4	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,391	0	0,000	0
41,9	4	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,408	0	0,000	0
24,2	8	0	0,01	1	0,20	1,6	5	0	0,511	1	0,096	0
25,0	5	0	0,13	1	3,93	10,8	3	0	0,373	1	0,080	0
37,9	4	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,408	0	0,000	0
34,7	3	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,394	0	0,000	0
23,6	4	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,258	0	0,000	0
29,6	5	0	0,13	2	3,99	11,1	4	0	0,376	0	0,000	1
31,5	5	0	0,01	1	0,20	1,0	3	0	0,410	0	0,125	0

Πίνακας-Π7: Δεδομένα εξόδου προσομοίωσης του μοντέλου-3 των 3 περιοχών με 4 εξυπηρετητές, της περιοχής-2

AIT	NIC	T1	AL	ML	AW	MW	S1	Pr	U1	S2	U2	NoS
47,1	4	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,485	0	0,000	0
32,5	5	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,354	1	0,078	0
52,8	3	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,279	0	0,000	0
32,0	3	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,339	0	0,000	0
34,6	4	0	0,11	1	4,09	16,4	3	0	0,432	0	0,000	1

AIT	NIC	T1	AL	ML	AW	MW	S1	Pr	U1	S2	U2	NoS
28,4	4	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,436	1	0,198	0
28,6	5	0	0,07	1	2,00	7,6	3	0	0,315	2	0,215	0
21,3	6	0	0,11	2	2,73	6,1	6	0	0,556	0	0,000	0
21,3	8	0	0,14	2	2,68	14,9	5	0	0,549	2	0,123	1
40,7	3	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,169	1	0,059	0
25,4	7	0	0,12	1	2,47	10,8	4	0	0,593	2	0,134	1
20,7	6	0	0,22	1	5,39	21,2	4	0	0,738	0	0,025	0
31,2	4	0	0,11	1	4,08	16,3	3	0	0,363	0	0,000	1
37,0	2	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,156	0	0,000	0
17,1	7	0	0,07	2	1,47	7,0	4	0	0,433	1	0,135	1
33,0	5	0	0,10	1	2,88	14,4	3	0	0,272	1	0,107	1
36,2	3	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,261	1	0,109	0
34,9	4	0	0,06	1	2,21	8,8	3	0	0,315	0	0,000	1
36,5	4	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,362	0	0,000	0
20,1	7	0	0,05	1	1,00	7,0	5	0	0,549	1	0,064	0
18,9	8	0	0,17	1	3,23	25,9	5	0	0,543	1	0,035	1
28,1	6	0	0,06	1	1,61	9,7	3	0	0,384	1	0,055	1
25,9	6	0	0,04	1	0,99	4,3	5	0	0,688	0	0,000	0
23,1	6	0	0,12	1	2,92	17,3	4	0	0,628	1	0,071	1
37,6	3	0	0,01	1	0,40	1,2	2	0	0,543	0	0,000	0
16,4	9	0	0,26	2	4,27	13,8	3	0	0,468	5	0,487	1
34,0	5	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,255	3	0,146	0
24,0	8	0	0,08	1	0,35	2,4	4	0	0,636	2	0,140	0
28,0	5	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,512	0	0,000	0
26,8	5	0	0,29	2	8,76	40,4	2	0	0,712	1	0,186	1
38,6	4	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,570	0	0,000	0
74,8	3	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,305	0	0,000	0
29,7	5	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,372	1	0,180	0

AIT	NIC	T1	AL	ML	AW	MW	S1	Pr	U1	S2	U2	NoS
26,4	6	0	0,03	1	0,00	0,0	4	0	0,445	0	0,000	0
53,8	2	0	0,00	1	0,00	0,0	1	0	0,093	0	0,000	0
27,1	6	0	0,19	2	4,67	19,9	4	0	0,561	0	0,000	1
34,2	6	0	0,04	1	1,03	6,2	5	0	0,499	0	0,000	0
33,2	5	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,427	1	0,067	0
30,9	5	0	0,03	1	0,96	4,8	4	0	0,607	0	0,000	0
27,7	6	0	0,01	1	0,18	1,1	6	0	0,607	0	0,000	0
32,0	5	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,502	1	0,202	0
25,2	6	0	0,52	2	13,04	52,7	2	0	0,677	1	0,111	2
38,6	4	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,554	1	0,201	0
47,9	2	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,105	0	0,000	0
31,0	7	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,755	3	0,335	0
21,6	7	0	0,02	1	0,37	2,6	5	0	0,745	2	0,433	0
20,1	5	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,475	1	0,053	0
24,1	7	0	0,11	1	2,30	16,1	4	0	0,601	2	0,254	1
46,7	4	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,409	1	0,214	0
26,1	5	0	0,05	1	1,43	7,2	3	0	0,557	1	0,065	1
53,5	3	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,254	0	0,000	0
36,6	4	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,305	1	0,111	0
33,2	5	0	0,21	1	0,00	0,0	3	0	0,546	0	0,000	0
15,7	6	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,290	1	0,102	0
23,2	6	0	0,18	1	4,50	27,0	3	0	0,546	1	0,038	1
87,6	1	0	0,00	1	0,00	0,0	1	0	0,102	0	0,000	0
22,3	4	0	0,03	1	1,30	5,2	3	0	0,309	1	0,113	0
34,4	4	0	0,01	1	0,19	0,8	4	0	0,710	0	0,000	0
20,8	5	0	0,01	1	0,17	0,9	4	0	0,339	1	0,047	0
25,4	5	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,523	2	0,163	0
25,9	6	0	0,05	1	1,19	7,1	5	0	0,412	1	0,074	0

AIT	NIC	T1	AL	ML	AW	MW	S1	Pr	U1	S2	U2	NoS
23,0	7	0	0,04	1	0,95	3,8	5	0	0,663	0	0,122	0
32,8	4	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,285	1	0,079	0
169,4	1	0	0,00	1	0,00	0,0	1	0	0,083	0	0,000	0
22,1	8	1	0,19	1	3,48	15,0	3	0	0,854	3	0,133	1
36,4	4	0	0,01	1	0,40	1,6	4	0	0,250	0	0,000	0
20,1	7	0	0,33	3	7,07	18,9	4	0	0,415	0	0,000	3
17,0	6	0	0,29	2	7,23	23,4	3	0	0,591	1	0,045	1
25,6	6	0	0,00	1	0,00	0,0	5	0	0,488	1	0,119	0
29,6	4	0	0,01	1	0,35	1,4	4	0	0,496	0	0,000	0
18,4	8	0	0,13	2	2,41	14,1	4	0	0,438	1	0,064	1
18,1	7	0	0,21	2	4,44	16,5	5	0	0,575	1	0,284	1
26,5	6	0	0,01	1	0,24	1,4	4	0	0,377	1	0,051	0
43,9	4	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,347	0	0,000	0
26,5	6	0	0,16	1	4,11	24,6	4	0	0,581	0	0,000	1
42,0	4	0	0,09	1	3,26	13,0	3	0	0,258	0	0,000	1
38,1	4	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,594	0	0,000	0
29,6	5	0	0,03	1	0,79	3,9	2	0	0,672	2	0,156	0
44,2	3	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,342	0	0,000	0
36,5	4	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,504	1	0,071	0
26,6	5	0	0,06	1	1,72	8,6	3	0	0,535	1	0,052	1
26,3	8	0	0,04	1	0,67	5,4	4	0	0,520	3	0,122	1
60,1	2	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,178	0	0,000	0
45,8	4	0	0,01	1	0,50	2,0	4	0	0,473	0	0,000	0
40,6	4	0	0,04	1	1,48	5,9	3	0	0,351	0	0,000	0
20,2	8	0	0,04	1	0,82	5,2	6	0	0,736	1	0,104	0
36,5	4	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,250	0	0,129	0
26,7	3	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,342	0	0,000	0
19,2	7	0	0,04	1	0,80	4,3	6	0	0,518	1	0,101	0

AIT	NIC	T1	AL	ML	AW	MW	S1	Pr	U1	S2	U2	NoS
28,5	5	0	0,29	2	8,77	21,4	2	0	0,581	0	0,000	2
31,7	4	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,314	0	0,000	0
24,9	6	0	0,12	1	3,04	17,9	3	0	0,439	2	0,401	0
38,7	5	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,389	2	0,139	0
19,4	8	0	0,03	1	0,47	3,8	6	0	0,686	2	0,131	0
28,5	6	0	0,21	1	2,01	10,0	3	0	0,736	1	0,087	0
17,0	7	0	0,10	2	2,13	10,6	3	0	0,618	2	0,123	1
45,5	4	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,437	0	0,000	0
23,7	7	1	0,13	2	2,78	11,6	3	0	0,604	1	0,049	2
19,7	6	0	0,03	1	0,71	4,3	2	0	0,659	3	0,105	1
29,2	4	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,359	0	0,000	0

Πίνακας-Π8: Δεδομένα εξόδου προσομοίωσης του μοντέλου-3 των 3 περιοχών με 4 εξυπηρετητές, της περιοχής-3

AIT	NIC	T1	AL	ML	AW	MW	S1	Pr	U1	S2	U2	NoS	Ulp
37,2	5	0	0,07	1	2,20	11,0	2	0	0,322	1	0,074	1	0,152
19,0	6	0	0,03	1	0,00	0,0	3	0	0,409	1	0,078	0	0,238
55,7	3	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,167	0	0,000	0	0,098
50,1	3	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,243	1	0,086	0	0,173
28,2	5	0	0,01	1	0,19	0,9	4	0	0,586	1	0,228	0	0,798
30,3	3	0	0,02	1	0,00	0,0	1	0	0,304	0	0,000	0	0,417
28,7	5	0	0,07	1	2,20	11,0	4	0	0,408	0	0,000	1	0,538
21,2	9	0	0,31	3	5,12	24,2	3	0	0,473	2	0,218	2	0,495
22,0	7	0	0,37	3	8,02	23,6	3	0	0,525	0	0,000	3	0,391
30,9	4	0	0,01	1	0,44	1,8	4	0	0,321	0	0,000	0	0,113
25,2	5	0	0,17	1	5,24	19,8	2	0	0,662	1	0,067	1	0,535

AIT	NIC	T1	AL	ML	AW	MW	S1	Pr	U1	S2	U2	NoS	Ulp
18,0	9	0	0,08	1	1,30	10,6	5	0	0,582	3	0,095	0	0,629
28,2	5	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,542	2	0,324	0	0,491
32,5	7	0	0,00	1	0,00	0,0	5	0	0,422	1	0,119	0	0,451
30,3	4	0	0,07	1	2,57	10,3	2	0	0,491	1	0,135	0	0,413
45,1	4	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,482	0	0,000	0	0,214
34,1	5	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,452	2	0,218	0	0,327
28,6	5	0	0,09	1	2,65	12,7	2	0	0,591	1	0,231	1	0,550
55,5	3	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,284	1	0,069	0	0,308
61,6	2	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,110	0	0,000	0	0,493
24,3	3	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,130	1	0,035	0	0,273
40,4	4	0	0,07	2	2,61	6,9	2	0	0,310	1	0,055	1	0,262
26,9	7	0	0,21	2	4,54	11,3	5	0	0,744	1	0,086	1	0,570
26,9	6	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,472	1	0,071	0	0,350
34,0	5	0	0,10	2	3,07	13,7	3	0	0,500	0	0,000	1	0,386
25,6	6	0	0,04	1	0,94	4,0	5	0	0,753	1	0,122	0	0,609
30,4	5	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,265	1	0,049	0	0,278
28,3	4	0	0,06	1	2,18	8,7	3	0	0,270	0	0,000	0	0,281
46,6	4	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,223	0	0,189	0	0,189
19,6	7	0	0,15	2	3,15	11,4	6	0	0,739	0	0,000	1	0,658
43,0	3	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,250	0	0,000	0	0,000
31,2	6	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,410	1	0,215	0	0,215
26,5	5	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,571	0	0,147	0	0,427
58,5	2	0	0,00	1	0,00	0,0	1	0	0,490	0	0,000	0	0,152
26,8	3	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,189	1	0,090	0	0,488
16,9	7	0	0,14	1	2,90	10,7	4	0	0,492	1	0,221	1	0,622
16,0	9	0	0,18	2	3,02	15,1	4	0	0,359	3	0,159	1	0,391
46,5	3	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,449	1	0,067	0	0,269
27,5	6	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,417	0	0,178	0	0,457

AIT	NIC	T1	AL	ML	AW	MW	S1	Pr	U1	S2	U2	NoS	Ulp
17,7	8	0	0,07	1	1,40	11,2	5	0	0,448	1	0,089	1	0,499
34,5	4	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,210	0	0,101	0	0,302
34,8	4	0	0,06	1	2,39	9,6	3	0	0,453	0	0,000	0	0,511
23,3	4	0	0,01	1	0,23	0,9	3	0	0,256	0	0,000	0	0,471
64,3	2	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,332	0	0,000	0	0,097
25,3	5	0	0,05	1	1,54	7,7	4	0	0,359	0	0,000	0	0,495
35,2	4	0	0,05	1	2,02	8,1	3	0	0,290	0	0,000	0	0,504
46,4	4	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,722	0	0,000	0	0,053
40,1	1	0	0,00	1	0,00	0,0	0	0	0,129	0	0,000	0	0,666
62,4	1	0	0,00	1	0,00	0,0	1	0	0,117	0	0,000	0	0,428
33,1	5	0	0,00	1	0,10	0,5	4	0	0,701	1	0,065	0	0,302
30,7	6	0	0,01	1	0,30	1,8	5	0	0,514	1	0,065	0	0,143
34,4	5	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,423	1	0,111	0	0,374
35,1	4	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,344	0	0,000	0	0,291
39,7	4	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,310	1	0,052	0	0,254
27,0	5	0	0,05	1	1,49	6,9	2	0	0,519	2	0,076	1	0,454
24,9	7	0	0,00	1	0,05	0,3	4	0	0,359	2	0,484	0	0,580
28,2	6	0	0,01	1	0,23	1,2	4	0	0,853	1	0,147	0	0,496
49,6	4	0	0,04	1	1,46	5,8	2	0	0,362	1	0,202	0	0,269
29,2	5	0	0,01	1	0,41	2,0	3	0	0,564	2	0,094	0	0,313
38,5	4	0	0,03	1	0,00	0,0	2	0	0,290	0	0,000	0	0,279
30,6	7	0	0,14	1	3,10	13,9	4	0	0,673	1	0,074	1	0,442
50,1	3	0	0,04	1	1,97	5,9	3	0	0,720	0	0,000	0	0,414
23,4	7	0	0,09	1	1,99	7,5	5	0	0,409	1	0,079	0	0,552
35,3	6	0	0,35	2	8,75	33,9	3	0	0,518	1	0,229	1	0,635
25,5	3	0	0,07	1	3,54	10,6	2	0	0,286	0	0,000	0	0,521
16,3	7	0	0,14	2	2,98	8,9	3	0	0,695	3	0,269	0	0,357
30,0	5	0	0,01	1	0,44	2,2	3	0	0,604	1	0,076	0	0,450

AIT	NIC	T1	AL	ML	AW	MW	S1	Pr	U1	S2	U2	NoS	Ulp
21,1	6	1	0,25	1	1,34	6,7	2	1	0,711	1	0,125	0	0,567
33,9	4	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,728	1	0,119	0	0,237
35,4	3	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,214	0	0,000	0	0,343
29,0	6	0	0,05	1	1,26	7,6	5	0	0,653	0	0,000	1	0,433
66,1	2	0	0,00	1	0,00	0,0	1	0	0,374	0	0,000	0	0,568
19,2	8	0	0,01	1	0,27	2,2	4	0	0,495	2	0,133	0	0,429
22,8	6	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,381	3	0,329	0	0,378
21,4	7	0	0,00	1	0,00	0,0	5	0	0,610	1	0,147	0	0,459
25,8	6	0	0,00	1	0,00	0,0	5	0	0,441	1	0,049	0	0,136
53,5	3	0	0,02	1	0,97	2,9	2	0	0,469	1	0,111	0	0,399
29,4	6	0	0,07	1	1,85	7,7	6	0	0,467	0	0,000	0	0,156
25,6	7	0	0,29	2	6,27	22,7	3	0	0,731	1	0,065	2	0,475
19,4	6	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,542	2	0,143	0	0,214
51,0	3	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,351	0	0,000	0	0,143
27,5	5	0	0,03	1	0,00	0,0	2	0	0,248	1	0,041	0	0,289
42,0	4	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,505	1	0,272	0	0,545
40,5	3	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,279	1	0,098	0	0,253
38,3	6	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,439	2	0,118	0	0,236
22,0	6	0	0,16	1	3,98	23,9	4	0	0,578	1	0,104	0	0,574
51,2	4	0	0,01	1	0,00	0,0	2	0	0,516	0	0,000	0	0,316
30,8	5	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,515	0	0,000	0	0,067
47,6	3	0	0,03	1	1,63	4,9	3	0	0,402	0	0,000	0	0,363
28,4	4	0	0,07	1	2,45	9,8	3	0	0,281	1	0,113	0	0,705
21,7	5	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,245	2	0,274	0	0,274
25,5	3	0	0,04	1	2,21	6,6	2	0	0,315	0	0,000	1	0,401
56,4	3	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,318	0	0,000	0	0,139
35,6	3	0	0,04	1	2,04	6,1	3	0	0,411	0	0,000	0	0,394
23,6	7	0	0,11	1	2,46	9,2	4	0	0,562	1	0,115	0	0,721

AIT	NIC	T1	AL	ML	AW	MW	S1	Pr	U1	S2	U2	NoS	Ulp
28,4	6	0	0,00	1	0,00	0,0	5	0	0,434	1	0,076	0	0,227
23,5	6	0	0,01	1	0,29	1,8	4	0	0,523	1	0,350	0	0,350
25,7	4	0	0,02	1	0,72	2,9	2	0	0,396	1	0,049	0	0,195
40,0	4	0	0,01	1	0,00	0,0	2	0	0,277	0	0,000	0	0,208
21,8	7	0	0,05	1	0,00	0,0	3	0	0,400	2	0,389	0	0,515

Πίνακας-Π9: Δεδομένα εξόδου προσομοίωσης του μοντέλου-3 των 3 περιοχών με 5 εξυπηρετητές, της περιοχής-1

AIT	NIC	T1	AL	ML	AW	MW	S1	Pr	U1	S2	U2	NoS
24,3	6	0	0,02	1	0,41	2,5	4	0	0,416	1	0,072	0
25,3	6	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,855	1	0,176	0
21,5	6	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,431	2	0,398	0
47,8	3	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,316	0	0,000	0
32,7	5	0	0,00	1	0,08	0,4	4	0	0,491	1	0,356	0
16,0	8	0	0,31	2	5,73	18,3	3	0	0,819	3	0,696	0
49,9	3	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,351	0	0,000	0
45,6	3	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,234	0	0,000	0
90,4	2	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,133	0	0,000	0
14,8	10	0	0,44	4	6,59	20,1	3	0	0,482	2	0,800	4
28,8	6	0	0,11	2	2,70	8,0	4	0	0,367	0	0,091	0
37,7	4	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,560	0	0,000	0
28,4	5	0	0,07	1	2,11	10,5	2	0	0,396	2	0,119	1
35,6	4	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,395	1	0,085	0
26,9	6	0	0,01	1	0,13	0,8	3	0	0,292	2	0,163	0
40,4	4	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,421	0	0,000	0
33,6	4	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,462	1	0,114	0

AIT	NIC	T1	AL	ML	AW	MW	S1	Pr	U1	S2	U2	NoS
40,6	3	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,351	0	0,000	0
36,8	5	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,575	1	0,208	0
80,3	2	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,180	0	0,000	0
19,3	6	0	0,04	1	0,97	5,8	4	0	0,489	2	0,096	0
23,9	6	0	0,00	1	0,00	0,0	5	0	0,354	1	0,076	0
32,6	5	0	0,10	1	3,14	8,8	5	0	0,611	0	0,000	0
17,9	9	0	0,01	1	0,22	1,2	4	0	0,602	3	0,386	0
66,1	2	0	0,00	1	0,00	0,0	1	0	0,214	1	0,155	0
28,6	5	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,438	2	0,218	0
32,1	5	0	0,00	1	0,09	0,5	2	0	0,290	2	0,148	0
31,1	5	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,321	1	0,157	0
30,7	7	0	0,01	1	0,15	1,1	4	0	0,597	2	0,109	0
28,9	7	0	0,08	1	1,97	11,8	3	0	0,513	1	0,503	0
20,7	7	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,634	3	0,131	0
36,2	4	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,685	1	0,054	0
31,7	3	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,201	0	0,000	0
52,4	4	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,595	1	0,114	0
58,9	2	0	0,00	1	0,00	0,0	1	0	0,163	0	0,000	0
29,4	3	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,324	0	0,083	0
26,7	5	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,290	1	0,051	0
21,1	7	1	0,00	1	0,00	0,0	2	1	0,335	3	0,263	0
22,5	7	0	0,02	1	0,47	3,3	4	0	0,447	3	0,258	0
24,7	4	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,343	1	0,134	0
29,9	6	0	0,05	1	1,13	6,8	4	0	0,512	0	0,160	0
20,1	6	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,406	3	0,233	0
20,7	6	0	0,27	2	6,79	23,5	4	0	0,750	0	0,000	1
19,4	4	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,297	1	0,149	0
35,4	5	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,513	3	0,263	0

AIT	NIC	T1	AL	ML	AW	MW	S1	Pr	U1	S2	U2	NoS
31,3	1	0	0,00	1	0,00	0,0	1	0	0,079	0	0,000	0
55,8	3	0	0,09	1	4,26	12,8	3	0	0,461	0	0,000	0
38,0	5	0	0,05	1	1,49	7,4	4	0	0,388	1	0,262	0
40,1	4	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,422	1	0,065	0
47,8	3	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,170	0	0,000	0
49,1	3	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,187	0	0,000	0
37,6	5	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,288	1	0,067	0
24,6	7	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,508	1	0,197	0
33,1	5	0	0,00	1	0,00	0,0	5	0	0,500	0	0,000	0
46,5	4	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,192	1	0,185	0
74,8	2	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,171	0	0,000	0
29,3	4	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,246	1	0,092	0
65,4	2	0	0,00	1	0,00	0,0	1	0	0,359	1	0,267	0
53,5	3	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,427	1	0,067	0
25,8	5	0	0,02	1	0,74	3,7	3	0	0,303	2	0,289	0
22,4	6	0	0,00	1	0,00	0,0	5	0	0,571	1	0,156	0
27,1	6	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,225	1	0,203	0
15,7	9	0	0,06	1	1,08	9,7	5	0	0,586	3	0,229	1
73,5	2	0	0,00	1	0,00	0,0	0	0	0,728	1	0,093	0
60,9	2	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,211	0	0,000	0
61,4	2	0	0,00	1	0,00	0,0	1	0	0,208	1	0,077	0
24,1	6	0	0,32	3	7,94	23,8	3	0	0,343	2	0,227	1
12,4	9	0	0,14	2	2,41	8,8	3	0	0,407	3	0,223	1
23,2	5	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,441	2	0,228	0
30,7	5	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,330	2	0,219	0
14,6	10	0	0,12	2	1,73	7,7	6	0	0,516	4	0,268	0
23,8	6	0	0,02	1	0,54	3,3	5	0	0,276	1	0,160	0
32,0	6	0	0,00	1	0,00	0,0	6	0	0,560	0	0,000	0

AIT	NIC	T1	AL	ML	AW	MW	S1	Pr	U1	S2	U2	NoS
51,2	4	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,403	1	0,102	0
14,2	9	0	0,15	2	2,12	14,9	3	0	0,528	1	0,433	1
27,7	5	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,509	2	0,309	0
33,1	5	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,520	1	0,038	0
46,1	3	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,286	0	0,000	0
54,3	2	0	0,00	1	0,00	0,0	1	0	0,162	1	0,082	0
29,2	4	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,361	1	0,123	0
29,9	6	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,548	2	0,203	0
26,4	4	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,235	1	0,357	0
35,1	4	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,246	0	0,000	0
27,7	4	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,231	0	0,081	0
80,9	2	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,179	0	0,000	0
22,7	6	1	0,06	1	1,38	8,3	3	0	0,513	2	0,356	0
42,0	3	0	0,09	1	4,35	13,1	1	0	0,313	1	0,034	1
54,6	2	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,239	0	0,000	0
19,6	7	0	0,03	1	0,74	5,2	4	0	0,491	2	0,412	0
26,4	7	0	0,06	1	1,25	6,2	3	0	0,378	2	0,852	0
34,3	4	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,418	0	0,000	0
70,2	3	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,267	0	0,000	0
21,1	4	0	0,02	1	0,81	3,2	2	0	0,253	2	0,333	0
20,3	7	0	0,05	1	1,15	8,1	5	0	0,461	2	0,140	0
49,0	3	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,360	1	0,142	0
65,6	3	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,323	0	0,000	0
35,1	3	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,305	0	0,000	0
32,3	5	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,473	0	0,000	0
55,3	4	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,416	0	0,002	0
19,9	7	0	0,09	1	1,84	6,8	3	0	0,452	2	0,076	1

Πίνακας-Π10: Δεδομένα εξόδου προσομοίωσης του μοντέλου-3 των 3 περιοχών με 5 εξυπηρετητές, της περιοχής-2

AIT	NIC	T1	AL	ML	AW	MW	S1	Pr	U1	S2	U2	NoS
50,5	1	0	0,00	1	0,00	0,0	1	0	0,106	0	0,000	0
43,5	3	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,315	0	0,000	0
23,1	7	0	0,14	1	2,98	20,8	4	0	0,570	1	0,139	1
26,5	6	0	0,04	1	1,05	6,3	4	0	0,305	2	0,143	0
70,5	2	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,547	0	0,000	0
51,8	2	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,277	0	0,000	0
34,8	5	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,481	1	0,184	0
24,5	6	0	0,09	1	2,27	9,7	3	0	0,445	2	0,178	1
33,5	4	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,379	0	0,000	0
32,0	7	0	0,20	1	4,33	13,4	4	0	0,763	2	0,187	0
31,6	5	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,308	1	0,274	0
23,4	6	0	0,06	1	1,42	8,5	4	0	0,382	2	0,455	0
35,8	4	0	0,02	1	0,64	2,6	3	0	0,342	1	0,032	0
27,9	5	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,479	1	0,093	0
40,9	4	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,271	1	0,122	0
67,9	2	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,335	0	0,000	0
46,7	3	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,206	0	0,000	0
30,8	4	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,373	1	0,304	0
24,5	6	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,396	1	0,066	0
21,7	9	0	0,22	2	2,50	9,0	5	0	0,605	2	0,095	0
26,5	6	0	0,08	1	2,03	12,2	4	0	0,564	1	0,035	1
19,4	6	0	0,21	2	5,26	26,3	3	0	0,527	2	0,279	0
18,4	8	0	0,16	2	0,00	0,0	3	0	0,693	2	0,345	0
40,9	3	0	0,10	1	4,80	14,4	2	0	0,332	0	0,000	1
22,9	8	0	0,01	1	0,19	1,5	4	0	0,646	3	0,288	0
41,1	4	0	0,09	1	3,44	13,8	2	0	0,356	1	0,094	1

AIT	NIC	T1	AL	ML	AW	MW	S1	Pr	U1	S2	U2	NoS
39,3	4	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,257	0	0,000	0
29,0	5	0	0,02	1	0,62	3,1	2	0	0,390	2	0,176	0
30,8	5	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,388	1	0,163	0
24,0	8	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,515	2	0,272	0
46,9	3	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,253	0	0,000	0
22,6	7	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,482	2	0,262	0
27,6	6	0	0,08	1	2,01	12,0	3	0	0,358	2	0,304	1
27,1	7	0	0,28	2	6,02	22,3	3	0	0,555	3	0,293	0
36,0	4	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,494	0	0,000	0
22,2	6	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,269	1	0,098	0
45,4	4	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,354	1	0,051	0
39,7	4	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,462	0	0,038	0
22,5	7	0	0,00	1	0,00	0,0	6	0	0,468	1	0,069	0
65,6	2	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,141	0	0,000	0
21,5	8	0	0,24	1	4,56	20,0	4	0	0,726	1	0,278	2
28,7	5	0	0,06	1	1,91	9,6	4	0	0,453	0	0,118	0
28,0	6	0	0,03	1	0,79	4,8	3	0	0,428	2	0,249	0
27,1	5	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,303	0	0,043	0
39,0	4	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,317	1	0,165	0
22,0	9	0	0,03	1	0,48	3,6	3	0	0,438	4	0,237	0
21,1	6	0	0,00	1	0,05	0,3	2	0	0,426	3	0,226	0
44,2	4	0	0,04	1	1,32	5,3	3	0	0,413	0	0,000	0
46,4	4	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,497	1	0,094	0
19,7	6	0	0,14	2	3,62	13,3	3	0	0,443	2	0,300	0
23,8	7	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,571	4	0,344	0
53,8	3	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,274	0	0,000	0
56,1	3	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,284	0	0,000	0
40,7	3	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,169	1	0,059	0

AIT	NIC	T1	AL	ML	AW	MW	S1	Pr	U1	S2	U2	NoS
26,9	6	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,448	2	0,215	0
29,1	6	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,335	2	0,305	0
57,4	3	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,466	0	0,000	0
26,3	5	0	0,05	2	0,00	0,0	2	0	0,344	0	0,000	0
18,6	8	0	0,01	1	0,16	1,2	5	0	0,611	3	0,299	0
22,5	7	0	0,00	1	0,00	0,0	5	0	0,504	1	0,231	0
30,0	5	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,401	1	0,082	0
67,3	2	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,195	0	0,000	0
40,3	3	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,246	0	0,000	0
35,2	5	0	0,13	2	3,79	10,3	3	0	0,389	0	0,066	0
32,2	5	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,538	0	0,017	0
26,8	5	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,348	2	0,216	0
42,1	3	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,252	0	0,164	0
32,8	5	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,453	0	0,000	0
54,4	3	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,163	1	0,097	0
27,8	4	0	0,01	1	0,43	1,7	3	0	0,430	1	0,086	0
45,4	5	0	0,01	1	0,43	2,1	2	0	0,484	3	0,263	0
16,9	7	0	0,07	1	1,46	9,5	3	0	0,434	2	0,342	1
21,8	7	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,611	2	0,392	0
29,0	6	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,517	1	0,102	0
24,0	6	0	0,14	1	3,39	20,3	3	0	0,621	1	0,302	1
48,0	4	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,409	1	0,204	0
17,8	7	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,603	2	0,264	0
32,8	3	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,177	1	0,044	0
27,4	7	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,518	2	0,158	0
30,4	4	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,380	1	0,120	0
34,1	4	1	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,607	1	0,068	0
32,6	5	0	0,01	1	0,25	1,3	3	0	0,425	0	0,115	0

AIT	NIC	T1	AL	ML	AW	MW	S1	Pr	U1	S2	U2	NoS
44,6	4	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,574	0	0,000	0
25,5	6	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,425	2	0,257	0
26,8	4	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,256	1	0,076	0
46,7	4	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,392	0	0,000	0
40,3	3	0	0,04	1	1,96	5,8	2	0	0,191	1	0,034	0
19,2	6	0	0,07	1	1,72	5,9	4	0	0,377	1	0,384	0
20,8	6	0	0,08	1	1,88	9,1	4	0	0,524	0	0,117	1
25,4	5	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,440	1	0,093	0
36,2	4	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,468	1	0,089	0
21,6	7	0	0,37	2	7,95	32,3	3	0	0,579	1	0,323	2
24,0	2	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,108	0	0,000	0
38,7	4	1	0,00	1	0,00	0,0	2	1	0,699	1	0,041	0
18,6	8	0	0,43	2	8,08	33,8	4	0	0,516	2	0,260	2
23,8	6	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,500	1	0,097	0
86,8	2	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,216	0	0,000	0
24,9	5	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,307	1	0,172	0
13,0	9	0	0,10	1	1,59	4,9	7	0	0,487	2	0,123	0
19,6	7	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,377	2	0,117	0

Πίνακας-Π11: Δεδομένα εξόδου προσομοίωσης του μοντέλου-3 των 3 περιοχών με 5 εξυπηρετητές, της περιοχής-3

AIT	NIC	T1	AL	ML	AW	MW	S1	Pr	U1	S2	U2	NoS	Ulp
22,7	7	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,483	2	0,174	0	0,123
20,7	6	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,429	1	0,073	0	0,125
24,9	6	0	0,12	1	2,97	9,3	4	0	0,388	0	0,209	1	0,506
30,3	3	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,302	1	0,077	0	0,110
18,5	6	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,342	2	0,098	0	0,227

AIT	NIC	T1	AL	ML	AW	MW	S1	Pr	U1	S2	U2	NoS	Ulp
51,1	4	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,502	2	0,294	0	0,515
22,1	8	0	0,00	1	0,00	0,0	6	0	0,499	2	0,211	0	0,197
29,3	5	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,416	0	0,000	0	0,089
24,9	6	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,641	2	0,187	0	0,094
26,6	6	1	0,18	1	4,62	14,4	4	0	0,675	2	0,276	0	0,695
13,0	12	0	0,42	3	5,29	16,4	5	0	0,603	4	0,690	2	0,544
22,8	6	0	0,06	2	0,00	0,0	2	0	0,350	0	0,074	0	0,265
20,7	6	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,337	1	0,087	0	0,227
38,4	4	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,215	0	0,019	0	0,098
44,1	3	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,258	0	0,000	0	0,142
22,3	5	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,519	1	0,114	0	0,057
35,3	6	0	0,07	1	1,70	8,5	2	0	0,556	1	0,251	0	0,183
31,3	7	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,561	1	0,137	0	0,221
40,2	2	0	0,00	1	0,00	0,0	0	0	0,536	1	0,066	0	0,170
15,0	6	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,432	4	0,252	0	0,255
31,8	6	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,432	1	0,061	0	0,156
48,9	2	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,160	0	0,000	0	0,178
17,1	7	0	0,01	1	0,22	1,6	3	0	0,674	3	0,559	0	0,589
22,2	8	0	0,01	1	0,18	1,4	6	0	0,669	2	0,109	0	0,302
19,1	8	0	0,06	1	1,05	8,4	4	0	0,644	1	0,135	1	0,317
46,5	3	0	0,01	1	0,50	1,5	3	0	0,318	0	0,000	0	0,285
30,5	8	0	0,08	1	1,50	9,5	4	0	0,657	3	0,206	0	0,214
20,9	7	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,436	3	0,120	0	0,237
33,5	4	0	0,01	1	0,28	1,1	4	0	0,361	0	0,000	0	0,136
59,1	2	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,216	0	0,000	0	0,388
40,1	4	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,388	1	0,132	0	0,132
56,0	4	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,368	1	0,054	0	0,185
53,9	3	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,286	1	0,158	0	0,231

AIT	NIC	T1	AL	ML	AW	MW	S1	Pr	U1	S2	U2	NoS	Ulp
43,1	3	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,447	0	0,000	0	0,203
21,4	8	0	0,13	2	2,52	9,5	4	0	0,431	3	0,363	1	0,182
29,1	6	0	0,08	1	1,94	11,6	3	0	0,658	2	0,336	0	0,259
35,5	4	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,480	1	0,101	0	0,101
30,8	4	1	0,00	1	0,00	0,0	1	0	0,435	2	0,116	0	0,210
35,4	4	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,456	0	0,000	0	0,164
33,5	5	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,365	1	0,133	0	0,134
23,9	7	0	0,06	1	1,19	8,2	4	0	0,737	2	0,182	0	0,417
29,4	3	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,164	1	0,120	0	0,306
31,1	5	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,635	1	0,500	0	0,489
32,5	4	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,213	1	0,094	0	0,143
54,6	2	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,188	0	0,000	0	0,214
36,5	5	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,327	1	0,095	0	0,166
28,5	6	0	0,03	1	0,85	5,1	3	0	0,336	3	0,270	0	0,299
37,9	6	0	0,01	1	0,32	1,9	4	0	0,442	1	0,089	0	0,285
45,0	3	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,207	0	0,000	0	0,079
38,5	4	0	0,07	1	2,55	10,2	3	0	0,468	0	0,000	0	0,216
21,6	7	0	0,04	1	0,81	4,6	5	0	0,662	1	0,057	0	0,244
37,3	5	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,411	0	0,401	0	0,234
33,9	3	0	0,00	1	0,00	0,0	1	0	0,230	1	0,217	0	0,207
30,9	4	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,195	1	0,138	0	0,098
29,3	4	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,445	0	0,000	0	0,200
21,0	4	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,298	0	0,132	0	0,219
23,1	7	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,376	3	0,243	0	0,168
21,7	5	0	0,00	1	0,14	0,7	2	0	0,382	1	0,136	0	0,222
45,0	3	0	0,09	1	4,39	13,2	1	0	0,176	1	0,173	1	0,273
33,9	4	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,347	1	0,191	0	0,355
36,6	4	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,186	1	0,082	0	0,160

AIT	NIC	T1	AL	ML	AW	MW	S1	Pr	U1	S2	U2	NoS	Ulp
16,9	9	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,469	3	0,225	0	0,214
53,2	3	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,473	0	0,000	0	0,114
23,6	6	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,446	2	0,241	0	0,283
19,7	7	0	0,19	1	4,06	19,7	2	0	0,630	3	0,568	1	0,292
31,3	7	0	0,04	1	0,88	6,1	5	0	0,464	2	0,185	0	0,238
28,5	6	0	0,00	1	0,01	0,0	4	0	0,363	1	0,072	0	0,232
19,9	5	0	0,05	1	0,00	0,0	1	0	0,207	1	0,218	0	0,221
32,1	4	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,424	1	0,131	0	0,228
30,4	6	0	0,09	1	2,28	9,7	5	0	0,586	1	0,133	0	0,260
23,8	6	0	0,20	2	5,00	13,7	3	0	0,515	1	0,188	1	0,477
33,8	4	0	0,11	1	3,97	15,9	3	0	0,314	1	0,188	0	0,400
29,1	5	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,415	1	0,110	0	0,251
36,7	4	0	0,02	1	0,72	2,9	3	0	0,456	1	0,250	0	0,227
28,6	4	0	0,06	1	2,41	9,6	2	0	0,314	0	0,003	0	0,402
66,4	3	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,170	0	0,000	0	0,257
28,8	3	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,264	0	0,000	0	0,151
26,5	5	0	0,02	1	0,00	0,0	2	0	0,586	1	0,065	0	0,064
21,2	8	0	0,03	1	0,61	2,8	6	0	0,479	2	0,146	0	0,202
40,3	3	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,341	0	0,000	0	0,121
29,0	5	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,256	1	0,068	0	0,169
25,4	5	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,368	1	0,448	0	0,464
20,4	3	0	0,00	1	0,00	0,0	1	0	0,298	1	0,165	0	0,082
23,8	7	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,529	2	0,290	0	0,314
25,8	6	0	0,02	1	0,50	3,0	5	0	0,540	1	0,150	0	0,113
24,1	6	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,366	2	0,220	0	0,308
24,0	5	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,506	1	0,054	0	0,132
24,5	7	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,470	1	0,134	0	0,259
28,6	4	0	0,12	1	4,48	17,9	1	0	0,498	2	0,412	0	0,520

AIT	NIC	T1	AL	ML	AW	MW	S1	Pr	U1	S2	U2	NoS	Ulp
32,8	3	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,324	0	0,000	0	0,472
24,3	5	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,407	2	0,338	0	0,213
16,7	8	0	0,45	2	8,44	24,6	4	0	0,832	2	0,674	1	0,499
20,2	8	0	0,07	1	1,24	9,9	6	0	0,658	1	0,168	0	0,298
22,8	6	0	0,00	1	0,00	0,0	4	0	0,434	1	0,105	0	0,310
38,4	4	0	0,00	1	0,00	0,0	2	0	0,396	1	0,169	0	0,364
17,4	8	0	0,09	1	1,62	13,0	4	0	0,666	3	0,175	1	0,192
30,7	5	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,487	1	0,402	0	0,201
23,6	7	0	0,01	1	0,12	0,8	4	0	0,615	3	0,272	0	0,222
24,1	5	0	0,05	1	1,41	7,0	2	0	0,419	2	0,156	0	0,218
32,2	5	0	0,00	1	0,00	0,0	3	0	0,406	1	0,059	0	0,169