Πολυτεχνείο Κρήτης

Σχολή: Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης

Διπλωματική Εργασία

Θέμα: Ανάλυση Ενός Τραπεζικού Συστήματος Εξυπηρέτησης

<u>Εξεταστική Επιτροπή</u>

Επιβλέπων: Ιωαννίδης Ευστράτιος

Μέλη Επιτροπής: Κουικόγλου Βασίλειος

Τσιναράκης Γεώργιος

Πετρόπουλος Γεώργιος

Χανιά

Δεκέμβριος 2013

Ευχαριστίες

Με το πέρας της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω πρώτα από όλους τον επιβλέποντα καθηγητή Πολυτεχνείου Κρήτης, κ. Στράτο Ιωαννίδη για την εμπιστοσύνη και το ενδιαφέρον που έδειξε τόσο κατά την ανάθεση της εργασίας, όσο και κατά την ομαλή διεξαγωγή της από την αρχή μέχρι το τέλος της. Τον ευχαριστώ επίσης θερμά για τις γνώσεις που αποκόμισα από αυτόν, κατά την διάρκεια διεξαγωγής των μαθημάτων του προπτυχιακού προγράμματος.

Στη συνέχεια, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. Βασίλειο Κουικόγλου και τον Δρ . Γεώργιο Τσιναράκη για το χρόνο που διέθεσαν να διαβάσουν και να κάνουν παρατηρήσεις πάνω στην εργασία μου. Επιπλέον, τους ευχαριστώ για όσα διδάχτηκα στις αίθουσες του Πολυτεχνείου κατά την διάρκεια των σπουδών μου.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Πατέρα μου Βασίλη, για όλα τα στοιχεία τα οποία ο ίδιος συνέλεξε και μου έδωσε προκειμένου να ξεκινήσω την εργασία μου. Ευχαριστώ επίσης, την οικογένεια μου, που πάντα με στηρίζουν στην προσπάθεια μου να πετυχαίνω τους στόχους μου.

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή.....5

1.1 Περίληψη 5

1.2 Γενικά για την Arena 5

2. Συστήματα Εξυπηρέτησης 6

2.1 Γενικά για τα συστήματα εξυπηρέτησης 6

2.2 Μοντελοποίηση στο περιβάλλον του προγράμματος.....7

2.2.1 Εργαλεία του προγράμματος 7

2.2.1.1 Basic Process.....8

2.2.1.2 Advanced Process.....10

2.2.2 Μοντελοποίηση του τραπ. συστήματος στο λογισμικό Arena 11

3. Μελέτη Τραπεζικού Συστήματος Εξυπηρέτησης της Τράπεζας Alpha Bank.....14

3.1 Γενικά για την τράπεζα Alpha Bank.....14

3.2 Δομή του τραπεζικού συστήματος εξυπηρέτησης του υποκαταστήματος της τράπεζας Alpha Bank στην οδό Μητροπόλεως 19.....14

3.3 Μελέτη λειτουργίας του υπό εξέταση τραπεζικού συστήματος.....19

3.3.1 Συχνότητες Άφιξης, Χρόνοι Εξυπηρέτησης 19

4. Προσομοίωση στο Arena 14 Students Edition 29

4.1 Εισαγωγή.....29

4.2 Παρουσίαση μοντέλου προσομοίωσης.....29

5. αποτελέσματα προσομοίωσης και σύγκριση με θεωρητικά δεδομένα.....40

6. Προσδιορισμός Ημερών και Σημείων Συνωστισμού.....56

6.1 Γενικά.....56

6.2 Σημεία συνωστισμού στο τραπεζικό σύστημα της τράπεζας.....57

6.3 Προτεινόμενα σενάρια για την αντιμετώπιση του συνωστισμού.....57

7. Προσομοίωση του τραπεζικού συστήματος με διαφορετικούς τύπους πελατών 62

8. Σύνοψη.....68

Βιβλιογραφία 69

Παράρτημα 1 (Κατανομές) 70

Παράρτημα 2 (Πίνακες Αποτελεσμάτων Προσομοίωσης) 74

1. Εισαγωγή

1.1 Περίληψη

Η παρούσα εργασία ασχολείται με την ανάλυση του συστήματος εξυπηρέτησης της τράπεζας Alpha Bank, με την βοήθεια του προγράμματος Arena. Το τραπεζικό σύστημα είναι ένα σύνθετο σύστημα αναμονής το οποίο δεν είναι δυνατό να μελετηθεί με αναλυτικά μοντέλα ουρών αναμονής.

Συγκεκριμένα εξετάζονται τα εξής:

- Γίνεται αναλυτική παρουσίαση του τραπεζικού συστήματος εξυπηρέτησης.
- Αναπτύσσεται αναλυτικά το μοντέλο του συστήματος εξυπηρέτησης με την βοήθεια των ανοικτών δικτύων Jackson.
- Μελέτη του τραπεζικού συστήματος της τράπεζας σε πραγματικό χρόνο λειτουργίας με σκοπό τη συλλογή δεδομένων και την κατανόηση λειτουργίας του.
- Προσομοίωση του τραπεζικού συστήματος αναμονής με την βοήθεια του λογισμικό Arena 14 Student Edition.Σύγκριση των αποτελεσμάτων (θεωρητικά και πρακτικά) .
- Προσδιορισμός των σημείων συνωστισμού(bottlenecks) του τραπεζικού συστήματος και προτάσεις για την βελτίωση του προς όφελος της τράπεζας.

1.2 Γενικά για την Arena

Η Arena είναι ένα περιβάλλον προσομοίωσης συστημάτων αναμονής. Τέτοια συστήματα περιλαμβάνουν:

- Συστήματα παραγωγής, όπου παρατηρείται κίνηση, αποθήκευση και κατεργασία κομματίων.
- Συστήματα εξυπηρέτησης, στα οποία οι εξυπηρετούμενοι σχηματίζουν ουρές μπροστά από τα σημεία εξυπηρέτησης.
- Ή εν γένει συστήματα ροής, τα οποία διαχειρίζονται τηλεφωνικά σήματα, εντολές εκτέλεσης στον υπολογιστή, κ.λ.π.

Το λογισμικό Arena αναπτύχθηκε από την αμερικανική εταιρεία Systems Modeling Corporation και λειτουργεί σε περιβάλλον Microsoft Windows. Η εταιρία αυτή έχει εξαγορασθεί πλέον από την Rockwell Software με διεύθυνση στο Internet **www.arenasimulation.com**. Τα μοντέλα (πρότυπα) στα οποία αναφέρεται η παρούσα εργασία αναπτύχθηκαν στην ακαδημαϊκή έκδοση Arena 14.

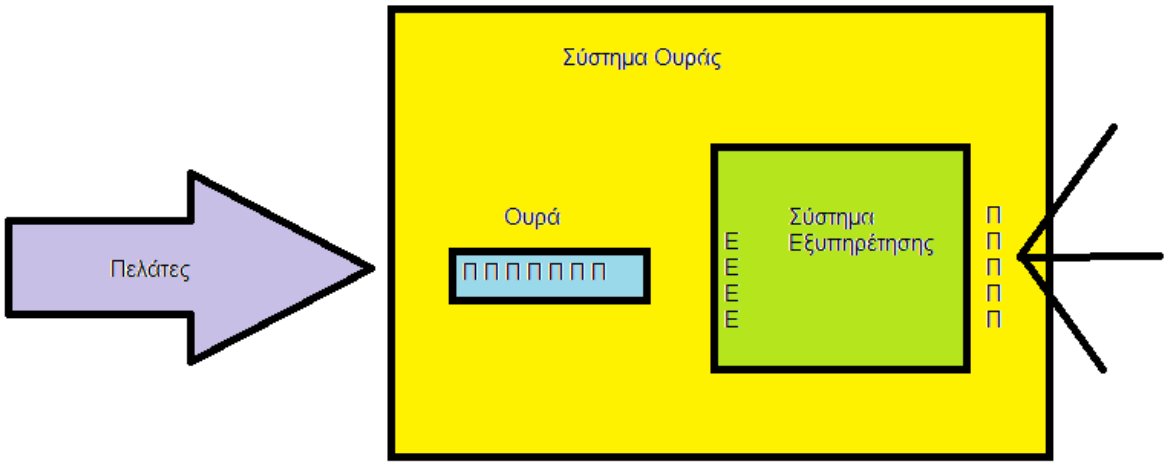
Ο χρήσης έχει την δυνατότητα να προσομοιώνει συστήματα χωρίς να γράφει ο ίδιος κώδικα προγραμματισμού. Αντίθετα, καλείται να επιλέξει από ένα μεγάλο αριθμό μονάδων σχεδίασης(τα λεγόμενα **modules,elements,blocks)** τις κατάλληλες και να τις συνδέσει μεταξύ τους ώστε να αναπαριστούν το σύστημα. Καθώς ο χρήστης συνθέτει το μοντέλο του συστήματος, η Arena το μετατρέπει αυτόματα σε γλώσσα προσομοίωσης **Siman.**

2.Συστήματα Εξυπηρέτησης

2.1 Γενικά για τα συστήματα εξυπηρέτησης

Μηχανισμός Εξυπηρέτησης:

- Ο πελάτης πρέπει να εξυπηρετηθεί σε μια ακολουθία συστημάτων εξυπηρέτησης
- Κάθε σύστημα εξυπηρέτησης έχει μια ή περισσότερες παράλληλες θέσεις εξυπηρέτησης
- Χρόνος εξυπηρέτησης για κάθε θέση στην εικόνα 2.2.1:



Εικόνα 2.2.1 Πως λειτουργεί ο μηχανισμός της εξυπηρέτησης

Βασικές ποσότητες για τα συστήματα της εξυπηρέτησης:

- Ο μέσος αριθμός πελατών στο σύστημα
- Ο μέσος αριθμός πελατών στην ουρά
- Ο μέσος χρόνος παραμονής ενός πελάτη στο σύστημα
- Ο μέσος χρόνος παραμονής ενός πελάτη στην ουρά
- Ο μέσος χρόνος εξυπηρέτησης
- Ο μέσος αριθμός πελατών που εξυπηρετούνται σε μια δεδομένη χρονική στιγμή t

2.2 Μοντελοποίηση στο περιβάλλον του προγράμματος

2.2.1 Εργαλεία του προγράμματος

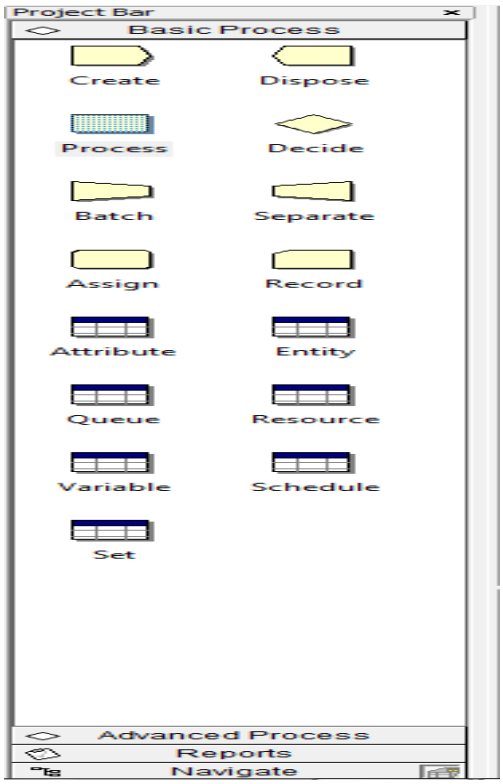
Για να γίνει κατανοητή η διαδικασία της μοντελοποίησης παρουσιάζονται κάποια από τα πιο βασικά εργαλεία του προγράμματος. Οι ομάδες των εργαλείων είναι οι εξής:

- Basic Process
- Advanced Process

2.2.1.1 Basic Process

Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει τα βασικά εργαλεία για την προσομοίωση ενός μοντέλου.
Τα εργαλεία όπως βλέπουμε στην εικόνα είναι τα εξής :

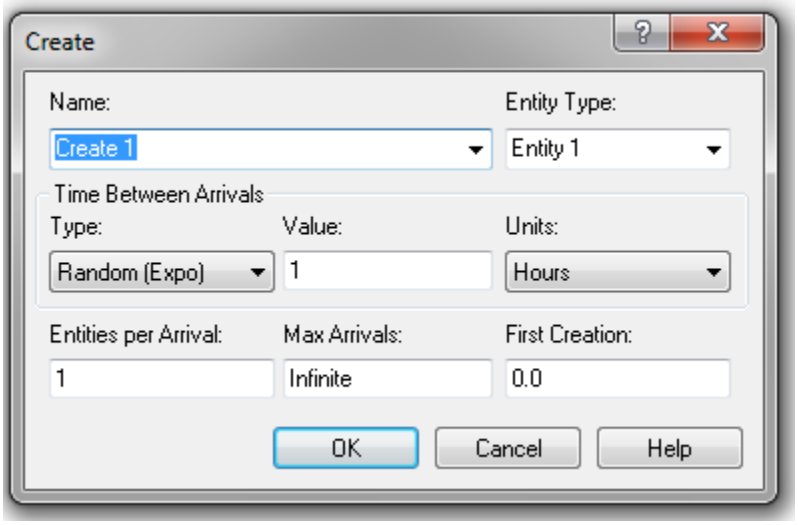
- Create Module: το οποίο χρησιμοποιείται για την μοντελοποίηση των αφίξεων
- Dispose Module: το οποίο χρησιμοποιείται για τις αναχωρήσεις
- Process Module: το οποίο χρησιμοποιείται για την διαδικασία της εξυπηρέτησης ή αναμονής όταν υπάρχει άλλη οντότητα δεσμευμένη
- Decide Module: το οποίο χρησιμοποιείται για να ελέγχει την ισχύ μιας συνθήκης
- Batch Module: το οποίο χρησιμοποιείται για να ομαδοποιεί κάποιες οντότητες



Εικόνα 2.2.1.1:Μπάρα με τα βασικά εργαλεία της Basic Process στο περιβάλλον Arena

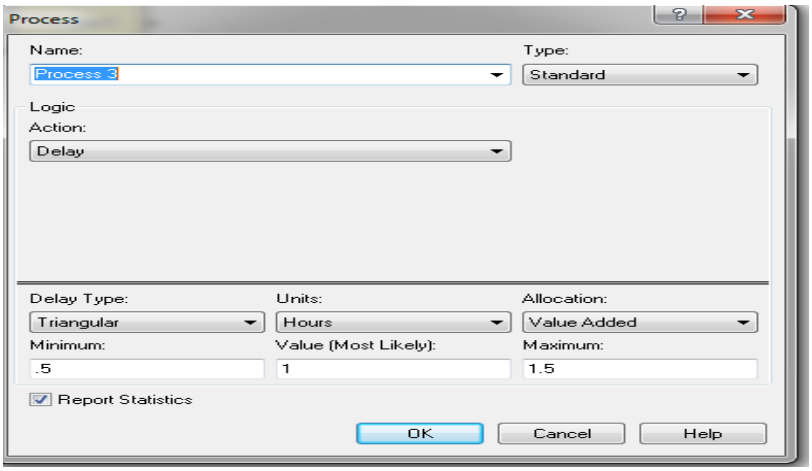
Ενδεικτικά στην εικόνα 2.2.1.2 δίδεται το πλαίσιο διαμόρφωσης του εργαλείου Create για την καλύτερη κατανόηση του. Στο πλαίσιο θέτουμε το όνομα(είδος)

της οντότητας που δημιουργείται, τον τύπο της, τον ενδοαφιξιακό χρόνο, τον αριθμό των οντοτήτων που δημιουργούνται ταυτόχρονα, τον μέγιστο αριθμό οντοτήτων προς δημιουργία καθώς και το πότε θα γίνει η πρώτη δημιουργία της οντότητας.



Εικόνα 2.2.1.2 Πλαίσιο διαμόρφωσης του εργαλείου Create
στο περιβάλλον Arena

Στην εικόνα 2.2.1.3 δίδεται το πλαίσιο διαμόρφωσης του εργαλείου Process. Στο πλαίσιο θέτουμε το όνομα του εργαλείου, τον τύπο του, την ενέργεια που θα κάνει το μέσο εξυπηρέτησης, τον τύπο της καθυστέρησης, τις μονάδες μέτρησης, τον τρόπο που κάποια μεγέθη θα αποδοθούν στην οντότητα.



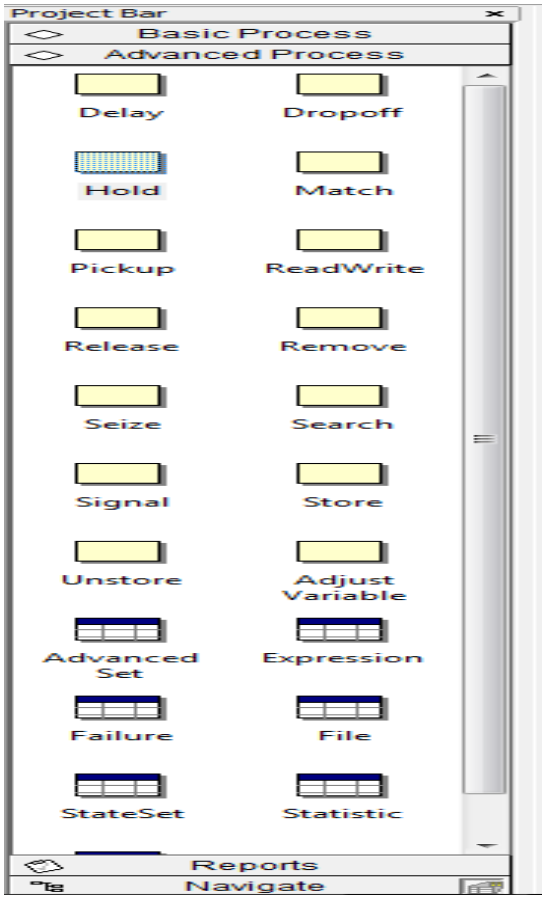
Εικόνα 2.2.1.3 Πλαίσιο διαμόρφωσης του εργαλείου Process
στο περιβάλλον Arena

2.2.1.2 Advanced Process

Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει modules τα οποία χρησιμοποιούνται για τα σύνθετα προβλήματα προσομοίωσης, όπου απαιτείται πιο λεπτομερής σχεδίαση.
Τα εργαλεία όπως βλέπουμε και στην εικόνα 2.2.1.4 είναι τα εξής:

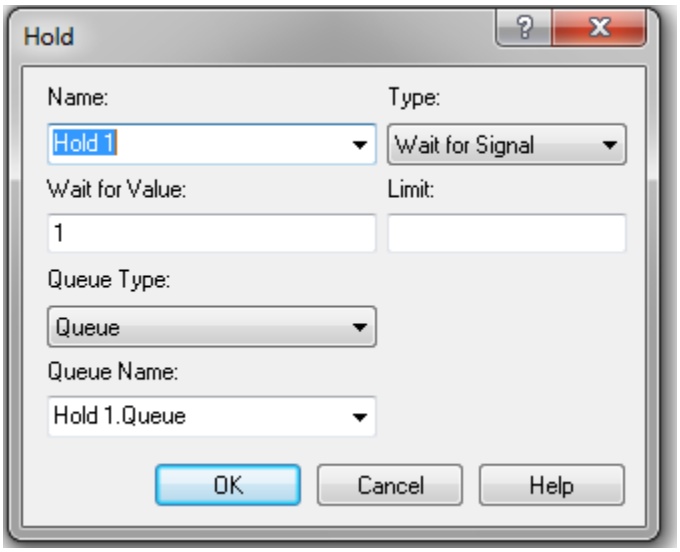
- Delay Module: Καθυστερεί μια οντότητα για ένα προκαθορισμένο χρόνο
- Hold Module: δεσμεύει μια οντότητα σε μια ουρά αναμονής περιμένοντας ένα σήμα ή να γίνει μια συνθήκη αληθής (true)
- Seize Module: δεσμεύει το μέσο εξυπηρέτησης
- Release Module: αποδεσμεύει το μέσο εξυπηρέτησης

Οι εντολές Delay-Seize-Release μπορούν να αντικατασταθούν από μια εντολή Process η οποία θα περιλαμβάνει και τις τρεις μέσα.



Εικόνα 2.2.1.4:Μπάρα με τα βασικά εργαλεία της Advanced Process στο περιβάλλον Arena

Ενδεικτικά στην εικόνα 2.2.1.5 δίδεται το πλαίσιο διαμόρφωσης του εργαλείου Hold για καλύτερη κατανόηση. Στο πλαίσιο θέτουμε το όνομα του εργαλείου, τον τύπο(αν αναμένει σήμα ή κάποιο περιορισμό), τον τύπο της ουράς αναμονής, και το όνομα της.

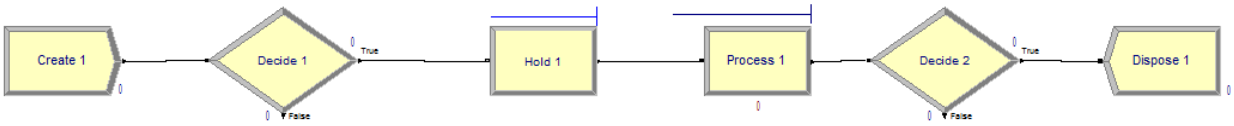


Εικόνα 2.2.1.5 Πλαίσιο διαμόρφωσης του εργαλείου Hold στο περιβάλλον Arena

2.2.2. Μοντελοποίηση του Τραπεζικού Συστήματος στο λογισμικό Arena

Έστω ένα σύστημα N φάσεων στο οποίο έρχονται οι πελάτες για να εξυπηρετηθούν από τα τμήματα της τράπεζας. Θεωρούμε ότι κάθε τμήμα έχει πεπερασμένη χωρητικότητα. Το 1_o τμήμα του συστήματος θεωρείται ως διαδικασία αφίξεων των πελατών από έναν άπειρο πληθυσμό ατόμων. Η διάρκεια της εξυπηρέτησης σε κάθε τμήμα ακολουθεί συγκεκριμένη κατανομή (π.χ. την εκθετική κατανομή).

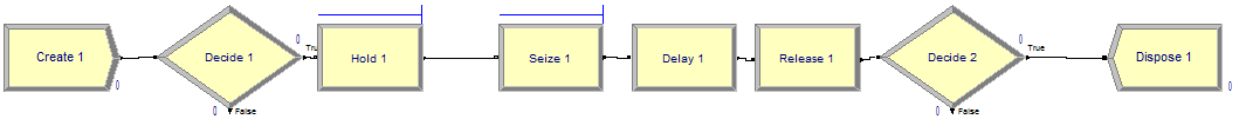
Στην εικόνα 2.2.2.1 παρουσιάζεται το παράδειγμα ενός στοιχειώδους τμήματος του τραπεζικού συστήματος εξυπηρέτησης



Εικόνα 2.2.2.1 Λειτουργία ενός τμήματος του τραπεζικού συστήματος

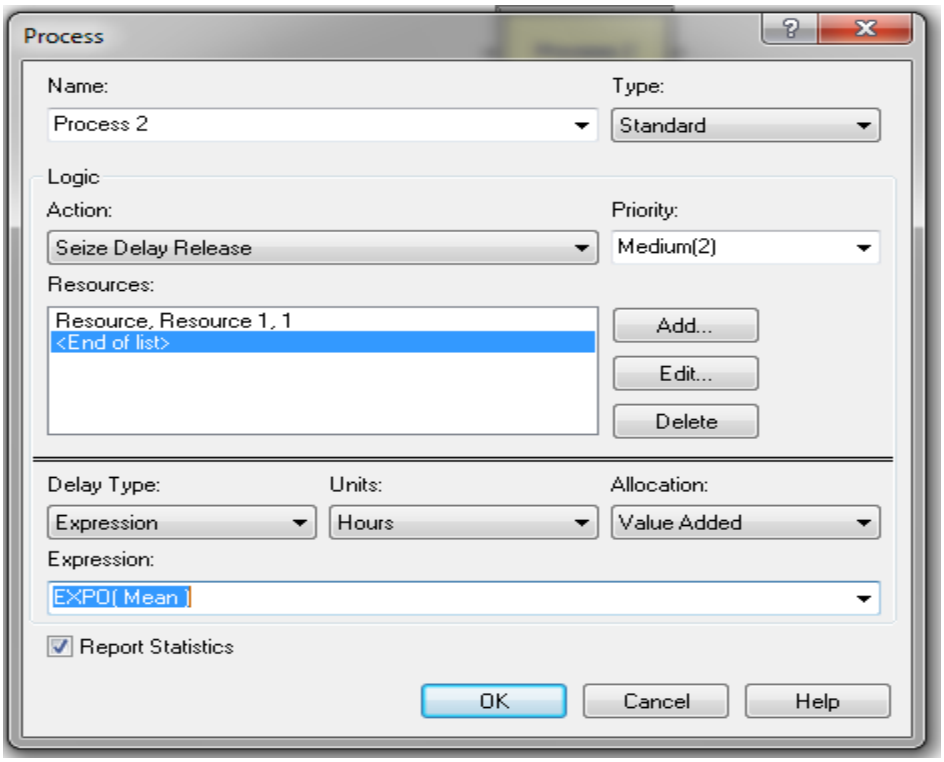
Κάθε πελάτης εισέρχεται στο σύστημα από ένα Create Module. Ακολουθεί το Decide1 όπου αποφασίζει σε ποιό τμήμα θα πάει με την ανάλογη πιθανότητα. Κατόπιν το Hold 1 επιτρέπει στον πελάτη να φύγει μόνο εάν το τμήμα(Process 1) μπορεί να τον δεχτεί, δηλαδή όταν δεν είναι γεμάτο. Στο τμήμα Process 1 επιλέγουμε την εντολή Seize-Delay-Release όπου με την εντολή Seize δεσμεύεται το αντίστοιχο τμήμα, με την εντολή Delay εκφράζεται ο χρόνος της εξυπηρέτησης του αντίστοιχου τμήματος και τέλος με την εντολή Release απελευθερώνεται ο πελάτης. Σε μια τέτοια περίπτωση, ο πελάτης προχωρά στο Decide 2 όπου είτε φεύγει για την έξοδο είτε προχωρά σε κάποιο άλλο τμήμα, ανάλογα πάντα με την κάθε πιθανότητα.

Η ίδια διαδικασία μπορεί να πραγματοποιηθεί αντικαθιστώντας την εντολή Process με τις εντολές Seize-Delay-Release. Συγκεκριμένα το μοντέλο στην Arena θα άλλαζε ως εξής:



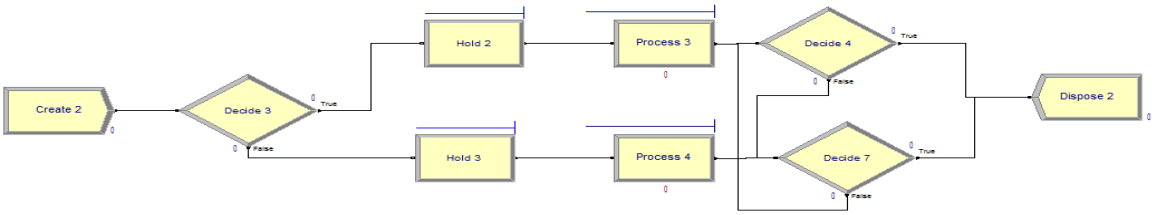
Εικόνα 2.2.2.2 Λειτουργία του τραπεζικού συστήματος με το Seize-Delay-Release Module

Στην εικόνα 2.2.2.3 δίδεται το πλαίσιο διαμόρφωσης του εργαλείου Process1 για το μοντέλο που περιγράφηκε παραπάνω. Στο πλαίσιο, θέτουμε το όνομα του εργαλείου, τον τύπο του, την ενέργεια(Action) επιλέγουμε Seize-Delay-Release για να επιτύχουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα. Έπειτα από το χωρίο Resources επιλέγουμε με το <Add> την κατάλληλη πηγή. Τέλος στα τελευταία χωρία επιλέγουμε τον τύπο της καθυστέρησης, την κατανομή του χρόνου εξυπηρέτησης κ.τ.λ.



Εικόνα 2.2.2.3 Πλαίσιο διαμόρφωσης του εργαλείου Process στο περιβάλλον Arena

Το παραπάνω μοντέλο είναι εύκολο να εξελιχτεί σε μοντέλο δυο ή παραπάνω τμημάτων. Συγκεκριμένα στην εικόνα 2.2.2.4 φαίνεται ένα μοντέλο δυο τμημάτων.



Εικόνα 2.2.2.4 Λειτουργία του τραπεζικού συστήματος για δύο τμήματα της τράπεζας

Με αυτή τη λογική θα αναπτυχθεί το μοντέλο προσομοίωσης του τραπεζικού συστήματος που μελετάμε.

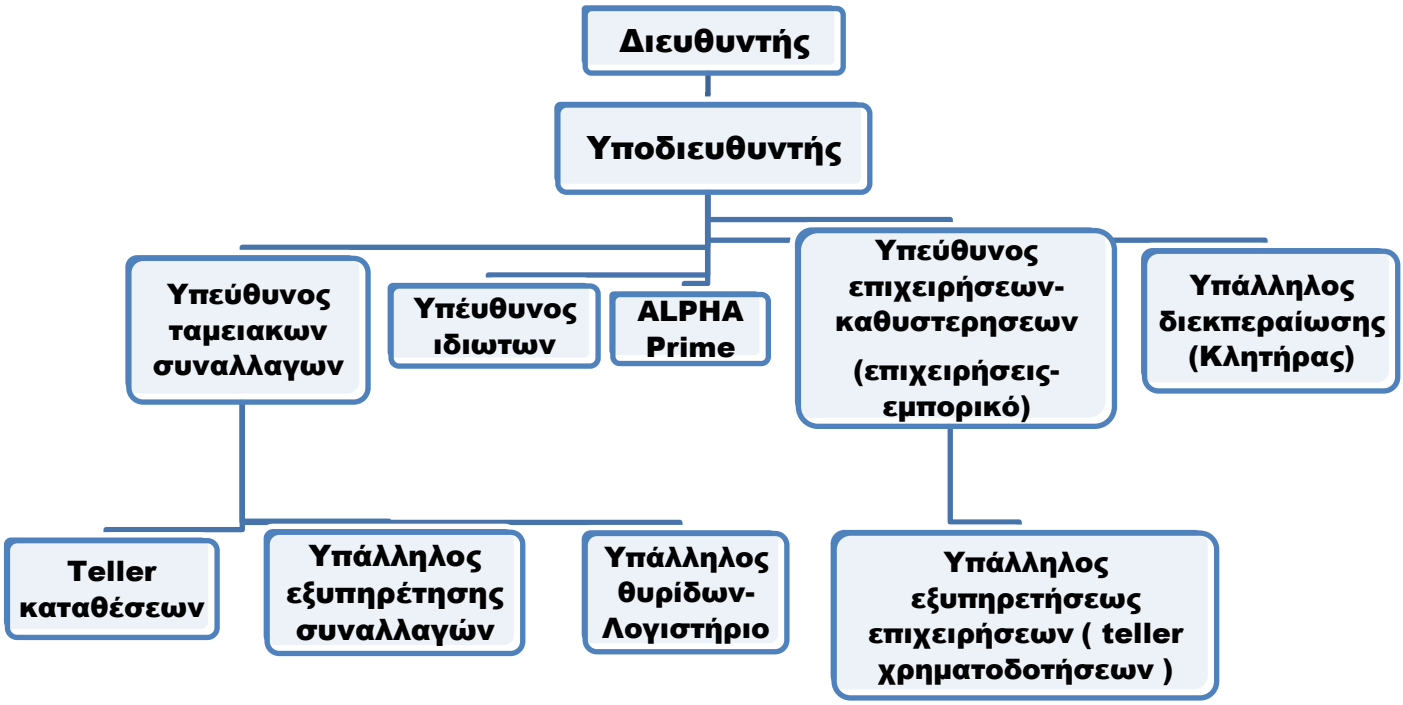
3.Μελέτη τραπεζικού συστήματος εξυπηρέτησης της τράπεζας Alpha Bank

3.1 Γενικά για την τράπεζα Alpha Bank

Η τράπεζα Alpha Bank ιδρύθηκε το 1879 από τον Ιωάννη Φ. Κωστόπουλο. Η Alpha Bank, Τράπεζα εμπιστοσύνης και σταθερό σημείο αναφοράς στο ελληνικό τραπεζικό σύστημα, είναι μία από τις μεγαλύτερες ιδιωτικές τράπεζες, με ευρύτατο Δίκτυο άνω των 1.200 σημείων εξυπηρετήσεως στην Ελλάδα κι έναν από τους υψηλότερους δείκτες κεφαλαιακής επάρκειας στην Ευρώπη.

3.2 Δομή του τραπεζικού συστήματος εξυπηρέτησης του υποκαταστήματος της τράπεζας Alpha Bank στην οδό Μητροπόλεως 19

Διαγραμματική απεικόνιση Θέσεων Εργασίας Καταστήματος:



Σχήμα 3.2.1 Διάγραμμα θέσεων εργασίας καταστήματος

Η σύνθεση και το επίπεδο στελέχωσης κάθε καταστήματος διαμορφώνεται αναλόγως των εργασιών και των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών της πελατείας του. Ειδικώς για την θέση του Υπεύθυνου Ταμειακών Συναλλαγών διευκρινίζεται ότι η θέση προβλέπεται να υπάρχει εφόσον το επίπεδο στελέχωσης του καταστήματος προβλέπει άνω των δυο Ταμείων. Σε κάθε άλλη περίπτωση, τα καθήκοντα της θέσεως του Υπεύθυνου Ταμειακών Συναλλαγών ανατίθενται στον Υπεύθυνο Πελατείας Ιδιωτών.

Παρακάτω παρατίθενται τα γενικά καθήκοντα καθενός υπαλλήλου μέσα στην τράπεζα:

- **Διευθυντής**: Ανάπτυξη εργασιών του καταστήματος, παροχή υψηλής ποιότητας υπηρεσιών προς τους πελάτες αξιοποιώντας το ανθρώπινο δυναμικό και την τεχνολογία. Παρακολουθεί τα αποτελέσματα του καταστήματος. Αναθέτει αρμοδιότητες στον υποδιευθυντή και στο προσωπικό του καταστήματος.
- **Υποδιευθυντής**: Η ανάπτυξη των εργασιών του καταστήματος όπως ανατίθεται από τον διευθυντή προκειμένου να τηρούνται οι οδηγίες λειτουργίας του καταστήματος και να παρέχονται υπηρεσίες ποιότητας προς τους πελάτες. Συντονίζει και επιβλέπει τις υπηρεσίες του καταστήματος όπως του ανατίθενται από τον διευθυντή και διασφαλίζει την έγκυρη και ποιοτική υλοποίηση τους .
- **Υπεύθυνοι Ιδιωτών**: Προώθηση των προϊόντων της τράπεζας και των εταιριών του ομίλου προς τους ιδιώτες(πελάτες) του καταστήματος(υφισταμένους και εν δύναμη) σύμφωνα με τις τραπεζικές τους ανάγκες(ασχολούνται με έκδοση πιστωτικών καρτών, στεγαστικών δανείων, καταναλωτικών δανείων, ενημέρωση των καταθετικών προϊόντων. Ασχολούνται γενικά με το <<retail banking>>).
- **Alpha Prime**: Προώθηση των προϊόντων της τραπέζης και των εταιριών του ομίλου (Άλφα αστικά ακίνητα, άλφα χρηματιστηριακή κ άλλες) προς τους πελάτες υψηλής οικονομικής επιφάνειας, σύμφωνα με τις επενδυτικές τους και τραπεζικές τους ανάγκες. Μελετά το επενδυτικό προφίλ των πελατών και διερευνά τις απαιτούμενες κινήσεις με σκοπό την βελτίωση της κερδοφορίας των κεφαλαίων τόσο για τον πελάτη όσο και για την τράπεζα.
- **Υπεύθυνος Επιχειρήσεων**: Ασχολείται με χρηματοδότηση ελεύθερων επαγγελματιών, ατομικών επιχειρήσεων και εταιριών. Προώθηση των προϊόντων και υπηρεσιών της τραπέζης και των εταιρειών του ομίλου(Leasing, Factory) σε ατομικές επιχειρήσεις, ελ . επαγγελματίες και

εταιρίες, υφιστάμενους και νέους σύμφωνα με τις χρηματοδοτικές τους ανάγκες. Επιπλέον παρέχει υπηρεσίες για εισαγωγές και εξαγωγές των προϊόντων τους.

- **Υπεύθυνος Επιχειρήσεων - Καθυστερήσεων**: Παρακολούθηση, διασφάλιση και είσπραξη των ληξιπρόθεσμων απαιτήσεων από δάνεια και κάρτες επιχειρήσεων και ιδιωτών.
- **Υπεύθυνος Ταμειακών Συναλλαγών**: Παρακολούθηση, συντονισμός και έλεγχος των teller, ποιητική εξυπηρέτηση των πελατών, διερεύνηση αναγκών των πελατών και παραπομπή τους στους υπευθύνους πελατείας ιδιωτών και επιχειρήσεων .
- **Teller Καταθέσεων** (**Ταμίες**): Εξυπηρέτηση των πελατών του καταστήματος. Ασχολείται με καταθέσεις των φυσικών και νομικών προσώπων(φυσικά είναι οι ατομικές επιχειρήσεις ή οι ελ. επαγγελματίες και νομικά οι εταιρίες).Υλοποιεί τις ενέργειες του υπεύθυνου ιδιωτών, του Alpha Prime και του προϊσταμένου ταμειακών συναλλαγών.Εξυπηρετεί σχεδόν όλους τους πελάτες. Διερεύνηση αναγκών των πελατών και παραπομπή τους στους υπευθύνους πελατείας ιδιωτών και επιχειρήσεων.
- **Υπάλληλος Εξυπηρετήσεων Συναλλαγών**(κυρίως σε μεγάλα καταστήματα): Εξυπηρέτηση πελατών σχετικά με ταμειακές συναλλαγές εκτός ταμειακής διαχείρισης (δηλαδή χωρίς να μεσολαβούν χρήματα). Δηλαδή μεταβολές στοιχείων λογαριασμών, δεσμεύσεις αποδεσμεύσεις λογαριασμών, έκδοση βιβλιαρίου, έκδοση καρνέ επιταγών ενημέρωση για επιτόκια και πολλές φορές λόγο αυξημένου φόρτου εργασίας αντικαθιστά τους teller και τους υπεύθυνους πελατείας ιδιωτών .
- **Υπάλληλος Θυρίδων – Λογιστήριο**: Εξυπηρέτηση των πελατών του καταστήματος σε ότι αφορά την μίσθωση, εμπρόθεσμη είσπραξη των θυρίδων θησαυροφυλακίου και την χρήση τους τηρώντας τις διαδικασίες και τους κανονισμούς της τράπεζας. Ελέγχει την σωστή τήρηση των λογαριασμών του καταστήματος.
- **Υπάλληλος Εξυπηρετήσεως Επιχειρήσεων** (**Teller Χρηματοδοτήσεων**): Άμεση και ποιοτική εξυπηρέτηση των ελ .επαγγελματιών, ατομικών επιχειρήσεων και εταιρειών καθώς και δημιουργία ευκαιριών πωλήσεων. Προωθεί στους αρμόδιους υπευθύνους πελατείας τους πελάτες. Προβαίνει στην εκταμίευση των εγκεκριμένων αιτημάτων χρηματοδότησης. Επιπλέον προβαίνει στις απαιτούμενες ενέργειες σχετικά με οφειλές πελατών σε καθυστέρηση σύμφωνα με τον κανονισμό και την εγκύκλιο της τράπεζας. Υλοποιεί τις αποφάσεις του υπευθύνου επιχειρήσεων.
- **Τμήμα Διεκπεραίωσης** (**Κλητήρας**): Εξυπηρετεί με ακρίβεια και ταχύτητα τις εσωτερικές και εξωτερικές εργασίες του καταστήματος και

ειδικότερα την διεκπεραίωση της εισερχόμενης και εξερχόμενης αλληλογραφίας, την τήρηση του αρχείου των εγγράφων και την διαχείριση του αναλώσιμου υλικού του καταστήματος.

Στον πίνακα 3.2.2 φαίνεται ο συνολικός αριθμός ατόμων που δουλεύουν στην τράπεζα:

Τμήμα	Άτομα
Διευθυντής	1
Υποδιευθυντής	2
Υπεύθυνος Ταμειακών Συναλλαγών	1
Υπεύθυνος Ιδιωτών	2
Alpha Prime	2
Υπεύθυνος Επιχειρήσεων - Καθυστερήσεων	4
Υπάλληλος Διεκπεραίωσης	1
Teller Καταθέσεων	5
Υπάλληλος Εξυπηρέτησης Συναλλαγών	1
Υπάλληλος Θυρίδων - Λογιστήριο	1
Υπάλληλος Εξυπηρετήσεως Επιχειρήσεων	5
Σύνολο:	25

Πίνακας 3.2.2 Συνολικός αριθμός υπαλλήλων στην τράπεζα

Ακολούθως στον πίνακα 3.2.3, φαίνεται ο συνολικός αριθμός των τραπεζικών εργασιών που διεκπεραιώνονται στην τράπεζα, η μέση διάρκεια τους και οι υπάλληλοι που την εκτελούν:

Τραπεζικές Εργασίες	Μέσες Διάρκειες Εργασιών (Minutes)	Τμήματα που εκτελούν τις τραπεζικές εργασίες
Άνοιγμα Λογαριασμού(7%)	15	• Teller Καταθέσεων(60%) • Teller Χορηγήσεων(-) • Υπεύθυνος Ιδιωτών(20%) • Υπάλληλος

		Εξυπηρέτησης Συναλλαγών(20%
Κατάθεση(22%)	2	• Teller Καταθέσεων(80%) • Teller Χορηγήσεων(20%)
Ανάληψη(29%)	2	• Teller Καταθέσεων(80%) • Teller Χορηγήσεων(20%)
Πληρωμές Υπέρ Τρίτων και Δημοσίου (14%)	5	• Teller Καταθέσεων(80%) • Teller Χορηγήσεων(20%)
Αίτηση Για Έκδοση Μπλοκ Επιταγών (3%)	10	• Υπεύθυνος Ταμειακών Συναλλαγών(50%) • Υπάλληλος εξυπηρέτησης συναλλαγών(50%)
Αίτηση Για Έκδοση Πιστωτικής Κάρτας(7%)	15	• Υπεύθυνος Ιδιωτών(100%)
Αίτηση Για Έκδοση Στεγαστικού Δανείου & Λοιπών Δανείων Ιδιωτών (6%)	20	• Υπεύθυνος Ιδιωτών (100%)
Έκδοση Του Κατάλληλου Επενδυτικού Προϊόντος Για Τον Πελάτη (3%)	30	• Alpha Prime(100%)
Αίτηση Για Έκδοση Επιχειρηματικού Δανείου (2%)	40	• Υπεύθυνος Επιχειρήσεων(100%)
Εισαγωγές-Εξαγωγές (2%)	20	• Υπεύθυνος Επιχειρήσεων (100%)
Αίτηση Για Ρύθμιση Καθυστερημένων Οφειλών (Επιχειρήσεων ή Ιδιωτών) (3%)	30	• Υπεύθυνος Καθυστερήσεων (100%)
Εξυπηρέτηση Πελατών Θυρίδων(2%)	20	• Υπάλληλος θυρίδων-Λογιστήριο(100%)

Πίνακας 3.2.3 Παρουσίαση τραπεζικών εργασιών

Οι παραπάνω τραπεζικές εργασίες αναφέρονται σε 1 και μόνο άτομο για την διεκπεραίωση τους.

Για αυτή την εποχή που μιλάμε είναι διαμορφωμένος ο παραπάνω πίνακας.

Όσα αναφέρονται ως αίτηση ή ολοκλήρωση της διαδικασίας γίνεται από το ίδιο το κατάστημα σε συνεργασία με το Backoffice (δηλαδή την συνεργασία μεταξύ των τμημάτων της τράπεζας).
Στην περίπτωση που εκτελεστούν περισσότερες από μια εργασίες από ένα πελάτη η συνολική διάρκεια είναι είτε το άθροισμα των επιμέρους εργασιών είτε λιγότερο από το συνολικό άθροισμα των επιμέρους εργασιών. Εξαρτάται πάντα από το ποιες είναι αυτές οι εργασίες και με ποια σειρά θα τις εκτελέσει .

Υπάρχουν κενός χρόνος ανάμεσα στην διεκπεραίωση μιας τραπεζικής εργασίας.

3.3 Μελέτη λειτουργίας του υπό μελέτη τραπεζικού υποκαταστήματος σε πραγματικό χρόνο (δηλαδή κατά την διάρκεια πραγματικής λειτουργίας της τράπεζας).

3.3.1 Συχνότητες Άφιξης, Χρόνοι Εξυπηρέτησης

Στην παράγραφο αυτή γίνεται καταγραφή των συχνοτήτων άφιξης των πελατών και των χρόνων εξυπηρέτησης τους από τα διάφορα τμήματα της τράπεζας. Το μοντέλο αυτό θα προσομοιωθεί, θα αναλυθεί και θα βελτιστοποιηθεί. Αυτά τα στοιχεία έχουν συλλεχθεί κατά την διάρκεια λειτουργίας της τράπεζας σε πραγματικό χρόνο. Παρακάτω φαίνονται οι ρυθμοί άφιξης και εξυπηρέτησης αντίστοιχα

:

Μέσος Ρυθμός Άφιξης (50 Πελάτες/ώρα)	Άτομα
Διευθυντής	3 Πελάτες/ώρα
Υποδιευθυντής	5 Πελάτες/ώρα
Υπεύθυνοι Ιδιωτών	3 Πελάτες/ώρα
Alpha Prime	2 Πελάτες/ώρα
Υπεύθυνος Επιχειρήσεων - Καθυστερήσεων	5 Πελάτες/ώρα
Υπάλληλος Διεκπεραίωσης	0 Πελάτες/ώρα
Teller Καταθέσεων	20 Πελάτες/ώρα
Υπάλληλος Εξυπηρέτησης Συναλλαγών	2 Πελάτες/ώρα
Υπάλληλος Θυρίδων - Λογιστήριο	1 Πελάτες/ώρα
Υπάλληλος Εξυπηρετήσεως Επιχειρήσεων	7 Πελάτες/ώρα
Υπεύθυνος Ταμειακών Συναλλαγών	2 Πελάτες/ώρα
Σύνολο :	50 Πελάτες/ώρα

Πίνακας 3.3.1 Ρυθμός άφιξης πελατών

Μέσος Ρυθμός Εξυπηρέτησης- Ονομαστικός (42 Πελάτες/Ώρα)	Άτομα
Διευθυντής	4 Πελάτες/ώρα
Υποδιευθυντής	4 Πελάτες/ώρα
Υπεύθυνοι Ιδιωτών	3 Πελάτες/ώρα
Alpha Prime	3 Πελάτες/ώρα
Υπεύθυνος Επιχειρήσεων - Καθυστερήσεων	3 Πελάτες/ώρα
Υπάλληλος Διεκπεραίωσης	0 Πελάτες/ώρα
Teller Καταθέσεων	8 Πελάτες/ώρα
Υπάλληλος Εξυπηρέτησης Συναλλαγών	4 Πελάτες/ώρα
Υπάλληλος Θυρίδων - Λογιστήριο	5 Πελάτες/ώρα
Υπάλληλος Εξυπηρετήσεως Επιχειρήσεων	4 Πελάτες/ώρα
Υπεύθυνος Ταμειακών Συναλλαγών	4 Πελάτες/ώρα
Σύνολο:	42 Πελάτες/ώρα

Πίνακας 3.3.2 Ρυθμός εξυπηρέτησης πελατών

Οι συνολικοί πελάτες της τράπεζας ανάγονται σε 2 κατηγορίες: Α) τους Ιδιώτες, Β) τις Επιχειρήσεις. Ο συνολικός μέσος ρυθμός άφιξης ανάγεται σε 50 πελάτες/ώρα.Ένα μέρος από τον συνολικό μέσο ρυθμό άφιξης είναι Ιδιώτες, ενώ το υπόλοιπο είναι Επιχειρήσεις.

Ιδιώτης	Πελάτες ανά ώρα
Διευθυντής	1
Υποδιευθυντής	2
Υπεύθυνος Ταμειακών Συναλλαγών	1
Υπεύθυνος Ιδιωτών	3
Alpha Prime	1
Teller Καταθέσεων	16
Υπάλληλος Θυρίδων	1
Υπάλληλος Εξυπηρέτησης Συναλλαγών	1
Σύνολο	26

Πίνακας 3.3.3 Ρυθμός άφιξης πελατών/ώρα ως ιδιώτες

Επιχείρηση	Πελάτες ανά ώρα
Διευθυντής	2
Υποδιευθυντής	3
Υπεύθυνος Ταμειακών Συναλλαγών	1
Alpha Prime	1
Υπεύθυνος Επιχειρήσεων - Καθυστερήσεων	5
Teller Καταθέσεων	4
Υπάλληλος Εξυπηρέτησης Συναλλαγών	1
Υπάλληλος Εξυπηρέτησης Επιχειρήσεων	7
Υπάλληλος Θυρίδων	0
Σύνολο	24

Πίνακας 3.3.4 Ρυθμός άφιξης πελατών/ώρα ως επιχειρήσεις

Από τους πίνακες 3.3.3 και 3.3.4 μπορούμε να εξάγουμε τα ποσοστά τα οποία καταλήγουν σε κάθε τμήμα της τράπεζας ανάλογα με τον ρυθμό άφιξης των πελατών(Ιδιώτες-Επιχειρήσεις). Δηλαδή:

Ιδιώτης	Ποσοστά(
Διευθυντής	1/50=2%
Υποδιευθυντής	2/50=4%
Υπεύθυνος Ταμειακών Συναλλαγών	1/50=2%
Υπεύθυνος Ιδιωτών	3/50=6%
Alpha Prime	1/50=2%
Teller Καταθέσεων	16/50=32 %
Υπάλληλος Θυρίδων	1/50=2%
Υπάλληλος Εξυπηρέτησης Συναλλαγών	1/50=2%

Πίνακας 3.3.5 Ποσοστιαίος ρυθμός άφιξης των πελατών/ώρα ως ιδιώτες

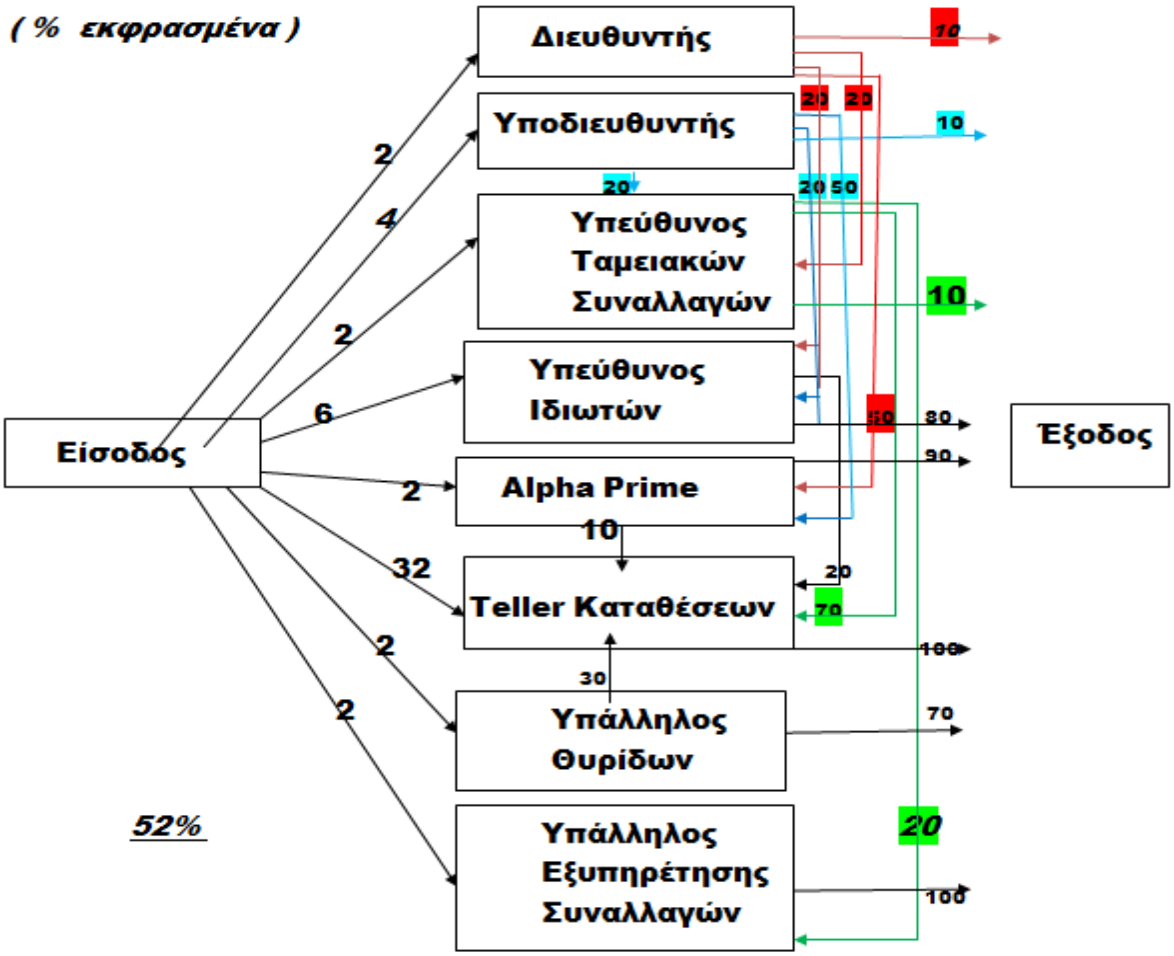
Επιχείρηση	Ποσοστά
Διευθυντής	2/50=4%
Υποδιευθυντής	3/50=6%
Υπεύθυνος Ταμειακών Συναλλαγών	1/50=2%
Alpha Prime	1/50=2%
Υπεύθυνος Επιχειρήσεων - Καθυστερήσεων	5/50=10%
Teller Καταθέσεων	4/50=8%
Υπάλληλος Εξυπηρέτησης Συναλλαγών	1/50=2%
Υπάλληλος Εξυπηρέτησης Επιχειρήσεων	7/50=14%

Πίνακας 3.3.6 Ποσοστιαίος ρυθμός άφιξης των πελατών/ώρα ως επιχειρήσεις

Έτσι καταλήγουμε σε δυο αρχικά σχήματα όπου εκεί εμφανίζεται ο ρυθμός άφιξης των πελατών(Ιδιώτες-Επιχειρήσεις) εκφρασμένος σε ποσοστά επί του συνόλου των αφίξεων στα διάφορα τμήματα της τράπεζας, αλλά και οι σχέσεις που εμφανίζονται μεταξύ των τμημάτων

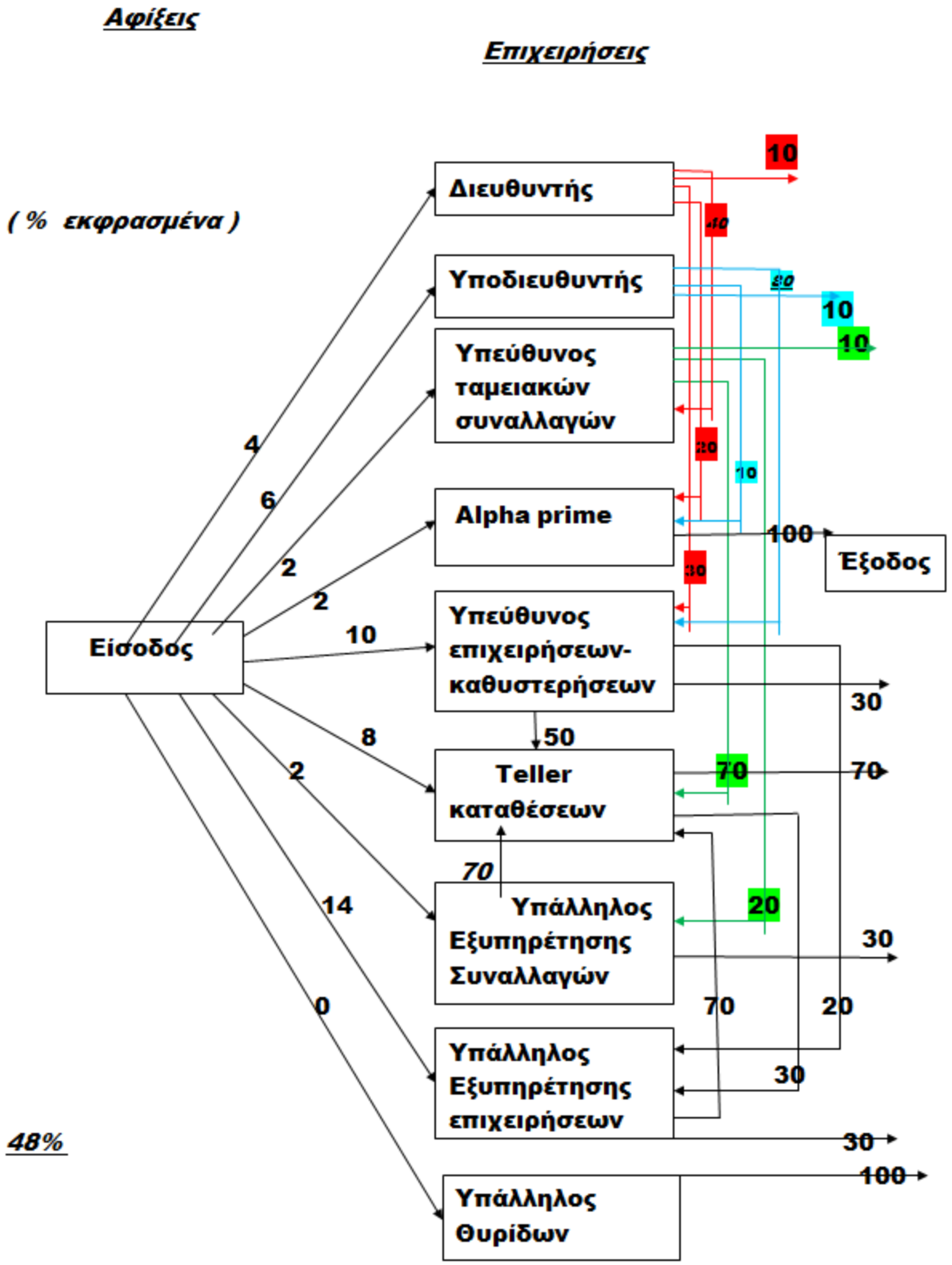
Αφίξεις

Ιδιώτες



Σχήμα 3.3.1 Ποσοστιαία διάρθρωση των αφίξεων Ιδιωτών πελατών

Στο σχήμα 3.3.1 φαίνεται ότι από το σύνολο των πελατών το 52% είναι Ιδιώτες. Από το σύνολο των Ιδιωτών, το 2% πηγαίνει στον Διευθυντή, το 4% πηγαίνει στον Υποδιευθυντή, το 2% πηγαίνει στον Υπεύθυνο Ταμειακών Συναλλαγών, το 6% πηγαίνει στον Υπεύθυνο Ιδιωτών, το 2% πηγαίνει στον Alpha Prime, το 32% πηγαίνει στους Teller Καταθέσεων, το 2% στον Υπάλληλο θυρίδων και το 2% στον Υπάλληλο Εξυπηρέτησης Συναλλαγών. Επιπλέον οι Ιδιώτες μπορεί να μεταπηδήσουν από ενα τμήμα σε ένα άλλο προκειμένου να ολοκληρώσουν την δουλεία τους, η οποία μπορεί να προυποθέτει πέρασμα από αρκετά τμήματα. Έτσι από το σύνολο των Ιδιωτών που πηγαίνει στον Διευθυντή το 10% φεύγει στην Έξοδο, το 20% πηγαίνει στον Υπεύθυνο Ταμειακών Συναλλαγών, το 20% πηγαίνει στον Υπεύθυνο Ιδιωτών, το υπόλοιπο 50% πηγαίνει στον Alpha Prime. Ακόμη από το σύνολο των Ιδιωτών που πηγαίνει στον Υποδιευθυντή το 10% φεύγει στην Έξοδο, το 20% πηγαίνει στον Υπεύθυνο Ταμειακών Συναλλαγών, το 20% στον Υπεύθυνο Ιδιωτών, το 50% στον Alpha Prime. Επίσης από το σύνολο των Ιδιωτών που πηγαίνει στον Υπεύθυνο Ταμειακών Συναλλαγών το 10% φεύγει, το 20% πηγαίνει στον Υπάλληλο Εξυπηρέτησης Συναλλαγών και το 70% πηγαίνει στους Teller καταθέσεων. Επίσης από το σύνολο των Ιδιωτών που πηγαίνει στον Υπεύθυνο Ιδιωτών το 80% φεύγει ενώ το υπόλοιπο 20% πηγαίνει στους Teller καταθέσεων. Από το σύνολο των Ιδιωτών που πηγαίνει στον Alpha Prime το 90% φεύγει για την έξοδο ενώ το υπόλοιπο 10% πηγαίνει στους Teller καταθέσεων. Επιπλέον από το σύνολο των Ιδιωτών που πηγαίνει στους Teller Καταθέσεων το 100% φεύγει για την έξοδο. Ακόμη από το σύνολο των Ιδιωτών που εξυπηρετείται στον Υπάλληλο Θυρίδων το 70% φεύγει για την έξοδο ενώ το υπόλοιπο 30% πηγαίνει στους Teller καταθέσεων. Τέλος από το σύνολο των Ιδιωτών που πηγαίνει στον Υπάλληλο Εξυπηρέτησης Συναλλαγών το 100% φεύγει για την Έξοδο.



Σχήμα 3.3.2 Ποσοστιαία διάρθρωση των αφίξεων πελατών που ανήκουν στην κατηγορία των επιχειρήσεων

Στο σχήμα 3.3.2 φαίνεται ότι από το σύνολο των πελατών το 48% είναι Επιχειρήσεις. Από το σύνολο των Επιχειρήσεων, το 4% πηγαίνει στον Διευθυντή, το 6% πηγαίνει στον Υποδιευθυντή, το 2% πηγαίνει στον Υπεύθυνο Ταμειακών Συναλλαγών, το 2% πηγαίνει στον Alpha Prime, το 8% πηγαίνει στους Teller Καταθέσεων, το 10% πηγαίνει στον Υπεύθυνο Επιχειρήσεων-Καθυστερήσεων, το 14% πηγαίνει στον Υπάλληλο Εξυπηρέτησης Επιχειρήσεων και το 2% στον Υπάλληλο Εξυπηρέτησης Συναλλαγών. Επιπλέον οι Επιχειρήσεις μπορεί να μεταπηδήσουν από ενα τμήμα σε ένα άλλο προκειμένου να ολοκληρώσουν την δουλεία τους, η οποία μπορεί να προυποθέτει πέρασμα από αρκετά τμήματα. Έτσι από το σύνολο των Επιχειρήσεων που πηγαίνει στον Διευθυντή το 10% φεύγει στην Έξοδο, το 40% πηγαίνει στον Υπεύθυνο Ταμειακών Συναλλαγών, το 30% πηγαίνει στον Υπεύθυνο Επιχειρήσεων-Καθυστερήσεων και το υπόλοιπο 20% κατευθύνεται στον Alpha Prime.Ακόμη από το σύνολο των Επιχειρήσεων που πηγαίνει στον Υποδιευθυντή το 10% φεύγει στην Έξοδο, το 10% πηγαίνει στον Alpha Prime ενώ το υπόλοιπο 80% πηγαίνει στον Υπεύθυνο Επιχειρήσεων-Καθυστερήσεων. Επίσης από το σύνολο των Επιχειρήσεων που εξυπηρετείται από τον Υπεύθυνο Ταμειακών Συναλλαγών το 10% φεύγει, το 20% πηγαίνει στον Υπάλληλο Εξυπηρέτησης Συναλλαγών και το 70% πηγαίνει στους Teller καταθέσεων. Επίσης από το σύνολο των Επιχειρήσεων που πηγαίνει στον Υπεύθυνο Επιχειρήσεων-Καθυστερήσεων το 30% φεύγει στην Έξοδο, το 50% πηγαίνει στους Teller καταθέσεων και το υπόλοιπο 30% πηγαίνει στον Υπάλληλο Εξυπηρέτησης Επιχειρήσεων. Επίσης από το σύνολο των Επιχειρήσεων που πηγαίνει στον Alpha Prime το 100% φεύγει για την έξοδο. Επιπλέον από το σύνολο των Επιχειρήσεων που πηγαίνει στους Teller Καταθέσεων το 70% φεύγει για την έξοδο ενώ το υπόλοιπο 30% πηγαίνει στον Υπάλληλο Εξυπηρέτησης Επιχειρήσεων. Από το σύνολο των Επιχειρήσεων που πηγαίνει στον Υπάλληλο Θυρίδων το 100% φεύγει για την έξοδο. Επιπλέον από το σύνολο των Επιχειρήσεων που πηγαίνει στον Υπάλληλο Εξυπηρέτησης Συναλλαγών το 30% φεύγει για την Έξοδο ενώ το υπόλοιπο 70% πηγαίνει στους Teller Καταθέσεων. Τέλος από το σύνολο των Επιχειρήσεων που πηγαίνει στον Υπάλληλο Εξυπηρέτησης Επιχειρήσεων το 30% φεύγει για την Έξοδο ενώ το υπόλοιπο 70% πηγαίνει στους Teller Καταθέσεων.

Για να περιγράψουμε, το δίκτυο τραπεζικής εξυπηρέτησης που μελετάμε, ως ένα ανοικτό δίκτυο Jackson, βασιζόμενοι στην υπόθεση ότι η διάρκεια της εξυπηρέτησης είναι ανεξάρτητη του είδους των πελατών(Ιδιώτες ή Επιχειρήσεις). Η υπόθεση αυτή φαίνεται να επαληθεύεται από τα ιστορικά στοιχεία που έχουμε στην διάθεση μας. Γι αυτόν τον λόγο πρέπει να εκτιμήσουμε το συνολικό πλήθος αφίξεων πελατών σε κάθε τμήμα εξυπηρέτησης αλλά και τις σταθμισμένες πιθανότητες μετάβασεις μεταξύ των διαφόρων τμημάτων του συστήματος. Έτσι η πιθανότητα μετάβασης P_{ij} από το τμήμα i ή στο τμήμα j δίδεται από

$$P_{ij} = \sum_{k=1}^{2} P_{ij}(k)\pi_i(k),\ k = 1,2.$$

Όπου $P_{ij}(k)$ είναι η πιθανότητα μετάβασης των πελατών τύπου *k* από το τμήμα *i* στο τμήμα *j* και $\pi_i(\kappa)$ είναι το ποσοστό των πελατών *τύπου κ* που εξυπηρετούνται στο τμήμα *i* ως προς το σύνολο των πελατών. Στο σχήμα 3.3.3 φαίνεται το δίκτυο Jackson του συστήματος

Παρακάτω δίδεται ο τρόπος με τον οποίο υπολογίστηκαν μερικά από τα ποσοστά τα οποία χρησιμοποιούνται στο δίκτυο **Jackson,** ομοίως και τα υπόλοιπα**:**

Διευθυντής→**Υπ.Ταμ.Συναλλαγών:** 20%*2/6=6,66% (ιδιώτες)

40%*4/6=26,66%(επιχειρήσεις)

- Σύνολο:33,3%

Υποδιευθυντής→**Υπ.Ταμ.Συναλλαγών**: 20%*4/10=8%(Ιδιώτες)

- Σύνολο:8%

Διευθυντής→ **Υπ.Ιδιωτών**: 20%*2/6=6,67%

Υποδιευθυντής→**Υπ.Ιδιωτών**: 20%*4/10=8%

Διευθυντής→**Alpha Prime**: 50%*2/6=16,67(Ιδιώτες)

20%*4/6=13,33(επιχειρήσεις)

- Σύνολο:30%

Υποδιευθυντής→**Alpha Prime**: 50*4/10=20 (ιδιώτες)

10*6/10=6 (επιχειρήσεις)

Σύνολο:26%

Από τα ποσοστά που βγάλαμε παραπάνω, που αναπαριστούν το ποσοστό που αντιστοιχεί από το κάθε τμήμα σε κάθε άλλο τμήμα, θα υπολογίσω τον ρυθμό άφιξης σε κάθε τμήμα σύμφωνα με την εξίσωση

$$\Lambda_i = \gamma_i + \sum_j \Lambda_j P_{ji},$$

όπου $\boldsymbol{\gamma_i}$ είναι ο μέσος ρυθμός αφίξεων στο τμήμα *i* από το εξωτερικό περιβάλλον.

Άρα θα έχουμε:

$\boldsymbol{\Lambda_{\text{διευθυντή}}}$ = 0,06*50 = 3

$\boldsymbol{\Lambda_{\text{υποδιευθυντή}}}$ = 0,1*50= 5

$\boldsymbol{\Lambda_{\text{υπ.ταμ.συναλλαγών}}}$ = 0,04*50+0,333*3+0,08*5 = 3,299

$\boldsymbol{\Lambda_{\text{alpha prime}}}$ = 0,04*50+0,3*3+0,26*5 = 2+0,9+1,3 = 4,2

$\boldsymbol{\Lambda_{\text{υπ.ιδιωτών}}}$ = 0,06*50+0,067*3+0,08*5 = 3+0,101+0,4 = 3,501

$\boldsymbol{\Lambda_{\text{υπ.επιχ.καθυστερήσεων}}}$ = 0,1*50+0,2*3+0,48*5=5+0,6+2,2=7,8

$\boldsymbol{\Lambda_{\text{υπ.εξυπ.συναλλαγών}}}$=0,04*50+0,2*3,299=2+0,6998=2,6998

$\boldsymbol{\Lambda_{\text{υπ.εξυπ.επιχεεων}}}$ = 0,14*50+0,2*7,8+0,06 $\Lambda_{\text{teller καταθέσεων}}$ (1)

$\boldsymbol{\Lambda_{\text{υπ.θυρίδων}}}$ = 0,02*50 = 1

$\boldsymbol{\Lambda_{\text{tellerκαταθέσεων}}}$ = 0,40*50+0,2*3,501+0,7*3,299+0,5*7,8

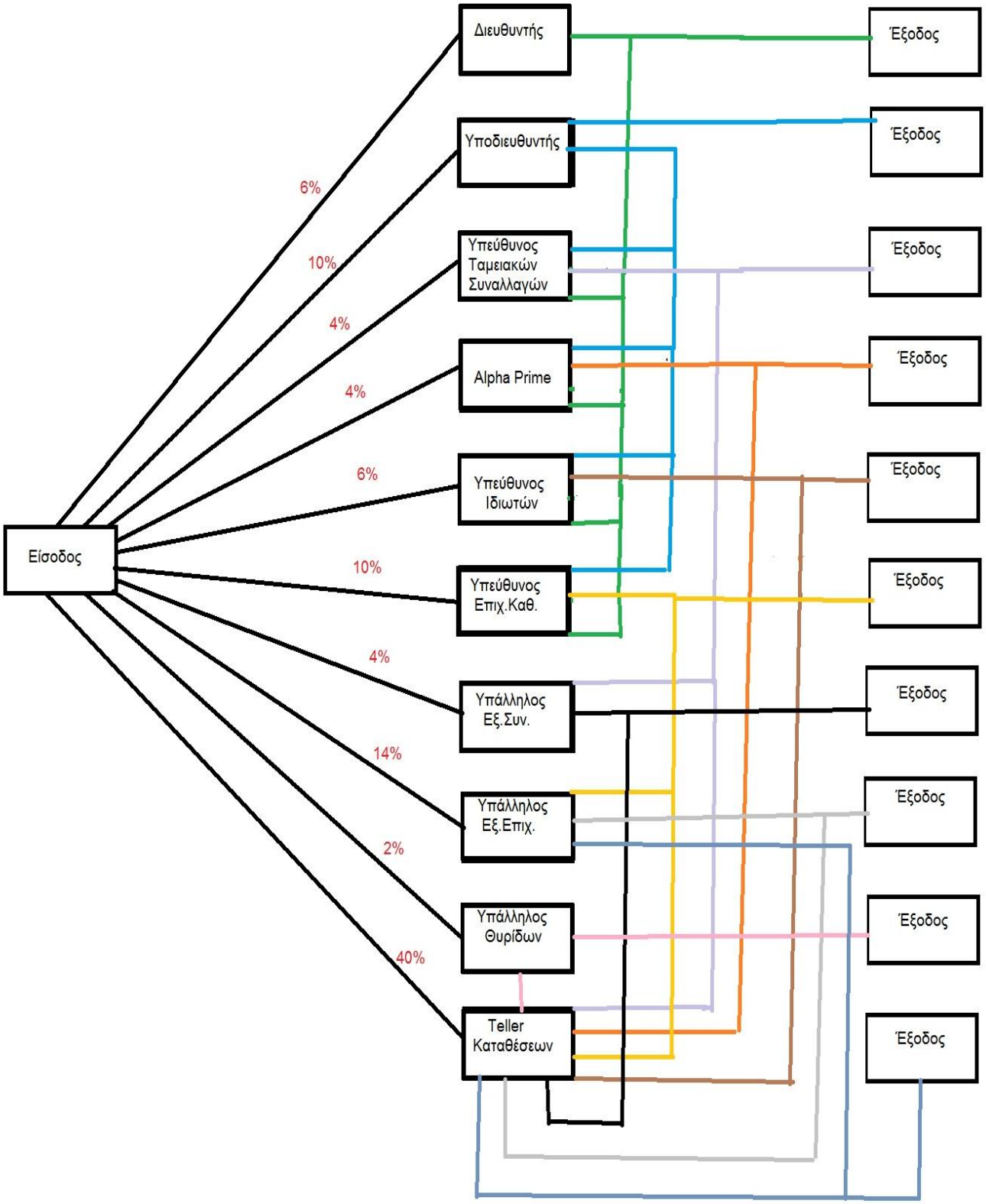
+ 0,3*1+0,35*2,6998+0,06*4,2+0,7*$\Lambda_{\text{υπ.εξ.επιχειρήσεων}}$ (2)

Από το σύστημα των εξισώσεων (1) και (2) προκύπτει ότι

$\boldsymbol{\Lambda_{\text{teller καταθέσεων}}}$ = 35,597

$\boldsymbol{\Lambda_{\text{υπ.εξυπ.επιχειρήσεων}}}$ = 10,39582

Το **δίκτυο Jackson** του τραπεζικού συστήματος που μελετάμε φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα..



Σχήμα 3.3.3 Κανονικοποιημένο δίκτυο Jackson για την τράπεζα

Με πράσινο χρώμα αναπαριστάται ο Διευθυντής ο οποίος στέλνει:

- 33.33% στον Υπ.Ταμ.Συναλλαγών
- 6,67% στον Υπ.Ιδιωτών
- 30% στον Alpha Prime
- 20% στον Υπ.Επιχ.Καθ
- 10% στην Έξοδο

Με μπλε χρώμα αναπαριστάται ο Υποδιευθυντής ο οποίος στέλνει:

- 8% στον Υπ.Ταμ.Συναλλαγών
- 8% στον Υπ.Ιδιωτών
- 26% στον Alpha Prime
- 48% στον Υπ.Επιχ.Καθ
- 10% στην Έξοδο

Με σιέλ χρώμα αναπαριστάται ο Υπ.Ταμ.Συν. ο οποίος στέλνει:

- 20% στον Υπ.Εξ.Συναλλαγών
- 70% στον Teller Καταθέσεων
- 10% στην Έξοδο

Με πορτοκαλί χρώμα αναπαριστάται ο Alpha Prime. ο οποίος στέλνει:

- 5% στον Teller Καταθέσεων
- 95% στην Έξοδο

Με καφέ χρώμα αναπαριστάται ο Υπ.Ιδιωτών. ο οποίος στέλνει:

- 20% στον Teller Καταθέσεων
- 80% στην Έξοδο

Με κίτρινο χρώμα αναπαριστάται ο Υπεύθυνος Επιχ.Καθ. ο οποίος στέλνει:

- 20% στον Υπ.Εξ.Επιχειρήσεων
- 50% στον Teller Καταθέσεων
- 30% στην Έξοδο

Με μαύρο χρώμα αναπαριστάται ο Υπάλληλος Εξ.Συν. ο οποίος στέλνει:

- 35% στον Teller Καταθέσεων
- 65% στην Έξοδο

Με γκρι χρώμα αναπαριστάται ο Υπάλληλος Εξ.Επιχ. ο οποίος στέλνει:

- 70% στον Teller Καταθέσεων
- 30% στην Έξοδο

Με ροζ χρώμα αναπαριστάται ο Υπάλληλος Θυρίδων ο οποίος στέλνει:

- 30% στον Teller Καταθέσεων
- 70% στην Έξοδο

Με σκούρο μπλε χρώμα αναπαριστάται Teller Καταθέσεων ο οποίος στέλνει:

- 6% στον Υπ.Εξ.Επιχειρήσεων
- 94% στην Έξοδο

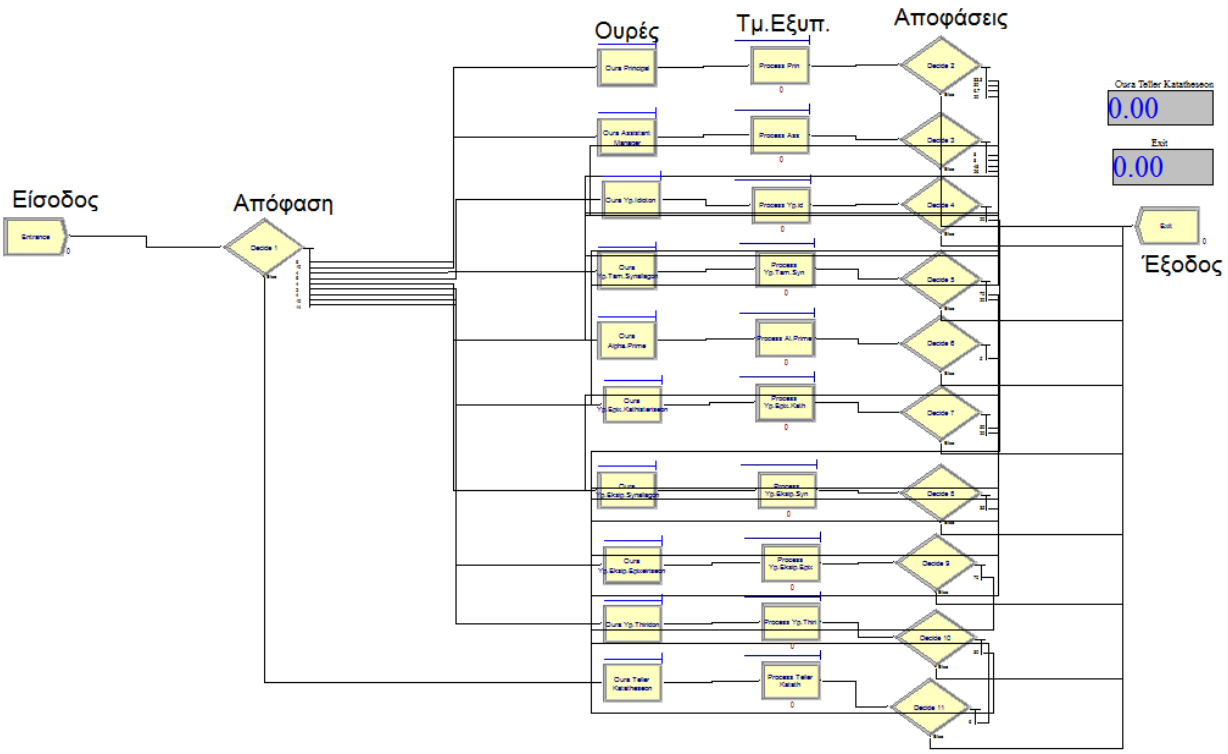
4. Προσομοίωση στο Arena 14 Students Edition

4.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστεί αναλυτικά η διαδικασία ανάπτυξης ενός μοντέλου προσομοίωσης του τραπεζικού συστήματος εξυπηρέτησης που μελετάμε. Θα γίνει πλήρης καταγραφή όλων των εργαλείων του προγράμματος που χρησιμοποιήθηκαν, αλλά και τα πλαίσια διαμόρφωσης τους, καθώς και η λογική αλληλουχία των εργαλείων, προκειμένου να γίνει προσπάθεια για μια πιο αναλυτική και κατανοητή προσέγγιση για τον αναγνώστη. Τέλος θα καταγραφούν τα αποτελέσματα και θα γίνει μια σύγκριση πραγματικών και θεωρητικών τιμών.

4.2 Παρουσίαση μοντέλου προσομοίωσης

Στην εικόνα 4.2.1 παρουσιάζεται το τελικό μοντέλο της προσομοίωσης. Η εικόνα έχει παρθεί από το περιβάλλον του λογισμικού και έχουν προστεθεί επεξηγηματικά σχόλια για κάθε τμήμα της.

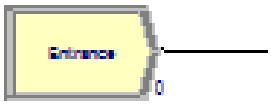


Εικόνα 4.2.1 Τελικό μοντέλο προσομοίωσης

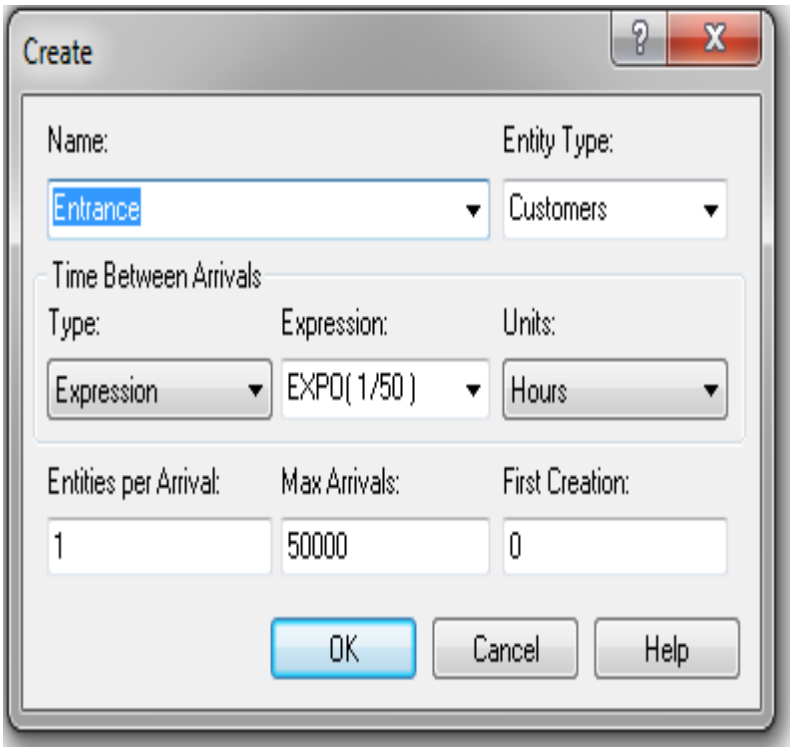
Ξεκινώντας από τα αριστερά προς τα δεξιά έχουμε με τυχαίο τρόπο και ανάλογα με τις πιθανότητες μετάβασης που χρησιμοποιήθηκαν στο μοντέλο του δικτύου Jackson που παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο την είσοδο των πελατών. Στην συνέχεια οι πελάτες αποφασίζουν σε ποιο τμήμα θα κατευθυνθούν. Έπειτα μπαίνουν στην ουρά ή όχι ανάλογα αν το τμήμα που θέλουν να κατευθυνθούν μπορεί να τους δεχτεί, δηλαδή αν είναι γεμάτο ή όχι. Στη συνέχεια μπαίνουν στο τμήμα της εξυπηρέτησης και εξυπηρετούνται από το ανάλογο τμήμα. Κατόπιν αποφασίζουν(ανάλογα με την πιθανότητα μετάβασης) αν θέλουν να φύγουν ή να πάνε σε κάποιο άλλο τμήμα προκειμένου να τελειώσουν κάποια εργασία τους. Τέλος είναι η έξοδος όπου οι πελάτες εξέρχονται από το σύστημα.

Ακολουθεί αναλυτική παρουσίαση του μοντέλου μας.

1.Είσοδος:



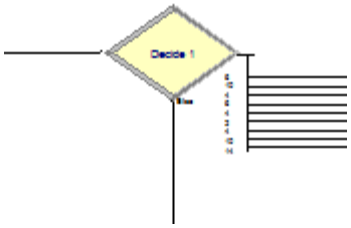
Εικόνα 4.2.2 Είσοδος του συστήματος



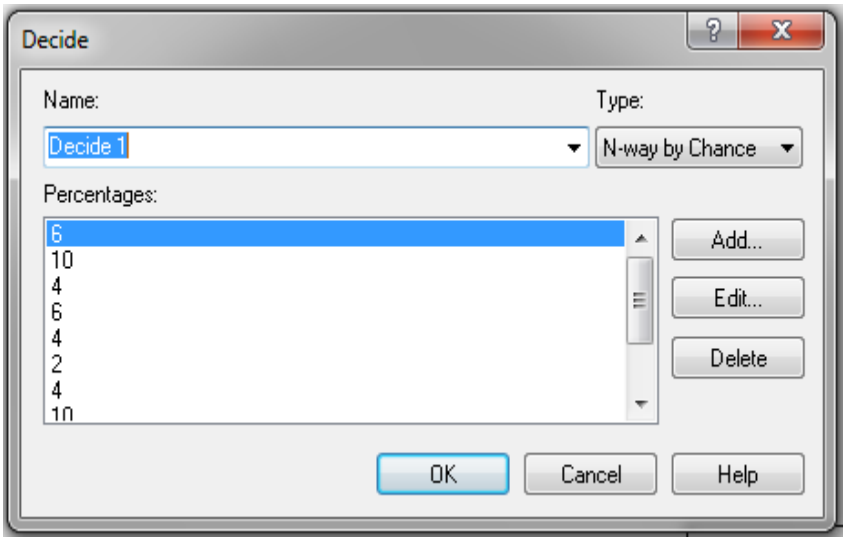
Εικόνα 4.2.3 Πλαίσιο διαμόρφωσης του Entrance

Ο τύπος των εισαχθέντων ατόμων είναι πελάτες και εισέρχονται με εκθετική κατανομή 50 πελάτες/ώρα. Οι πελάτες εισέρχονται ένας τη φορά στην τράπεζα και το μέγιστο πλήθος που μπορούν να εισέρθουν είναι 50000 πελάτες (Όσο μεγαλύτερο το πλήθος που μπορεί να εισέρθουν τόσο ακριβέστερα είναι τα αποτελέσματα τα οποία θα μας δώσει το πρόγραμμα).

2. Απόφαση:



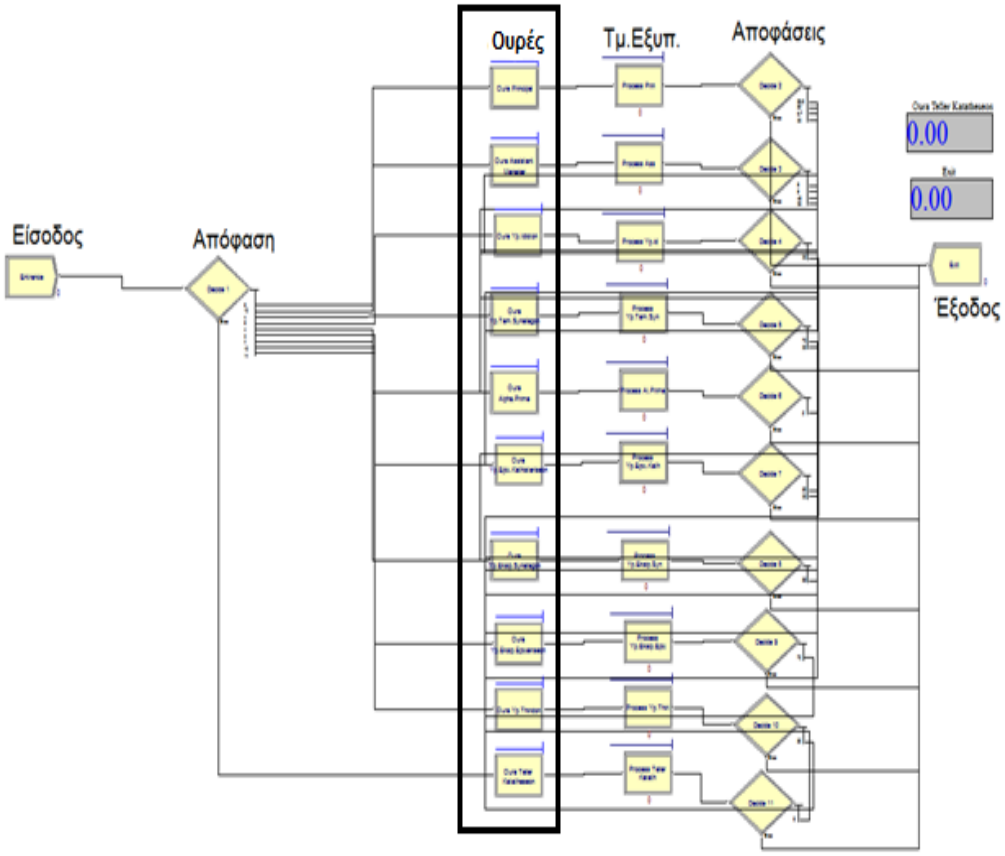
Εικόνα 4.2.4 Οι απόφάσεις των πελατών



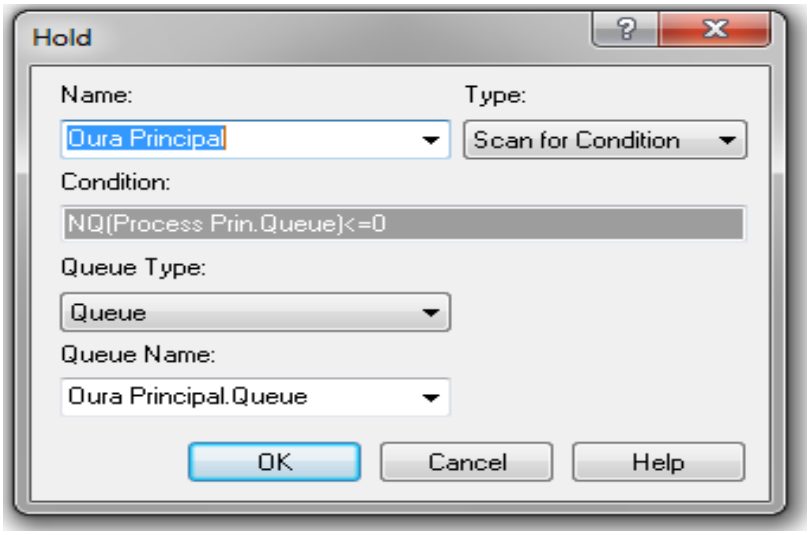
Εικόνα 4.2.5 Πλαίσιο διαμόρφωσης του Decide 1

Οι πελάτες αποφασίζουν σε ποιο τμήμα θα κατευθυνθούν ανάλογα πάντα με την αντίστοιχη πιθανότητα μετάβασης(που έχει υπολογιστεί για την ανάπτυξη **δικτύου Jackson)**. Στην συγκεκριμένη περίπτωση αποφασίζουν ότι θα κατευθυνθούν σε 10 τμήματα με 10 πιθανότητες μετάβασης: 6% στον Διευθυντή, 10% στον Υποδιευθυντή, 4% στον Υπ.Ταμ.Συναλλαγων, 6% στον Υπ.Ιδιωτών, 4% στον Alpha Prime, 2% στον Υπ.Θυρίδων, 4% στον Υπ.Εξ.Συναλλαγών, 10% στον Υπ.Επιχ.Καθυστερήσεων, 14% στον Υπ.Εξ.Επιχειρήσεων και το Υπόλοιπο (40%) στον Teller Καταθέσεων.

3.Ουρές:



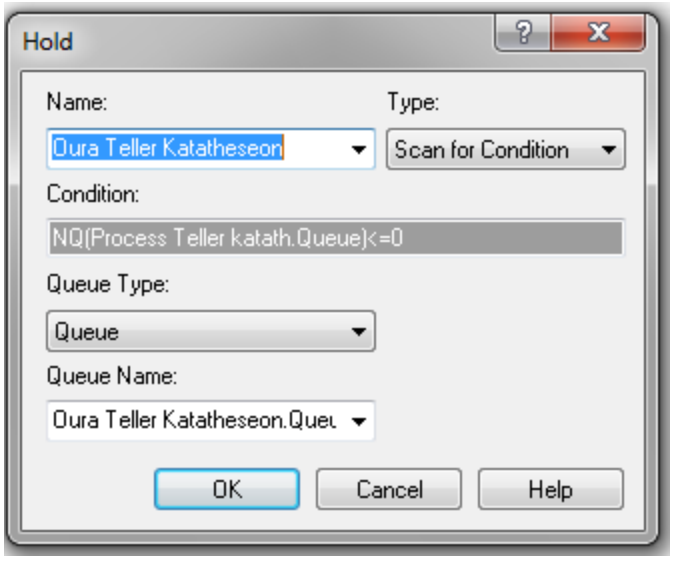
Εικόνα 4.2.6 Ουρές στα τμήματα εξυπηρέτησης



Εικόνα 4.2.7 Πλαίσιο διαμόρφωσης του Oura Principal

Οι πελάτες συσσωρεύονται σε μια ουρά ανάλογα με το τμήμα στο οποίο θέλουν να κατευθυνθούν, (π.χ. στο παράδειγμα της εικόνας 4.2.7 στην ουρά του Διευθυντή) και εάν το τμήμα είναι ελεύθερο τότε μπορούν κατευθυνθούν προς αυτό, αλλιώς περιμένουν στην ουρά μέχρι να ελευθερωθεί κάποιος εξυπηρετητής. Προφανώς όλες οι ουρές είναι ίδιες, αφού κάθε φορά ελέγχουμε αν το εκάστοτε σύστημα είναι γεμάτο ή όχι με την ίδια εντολή.

Στην εικόνα 4.2.8 φαίνεται η ουρά του Teller Καταθέσεων

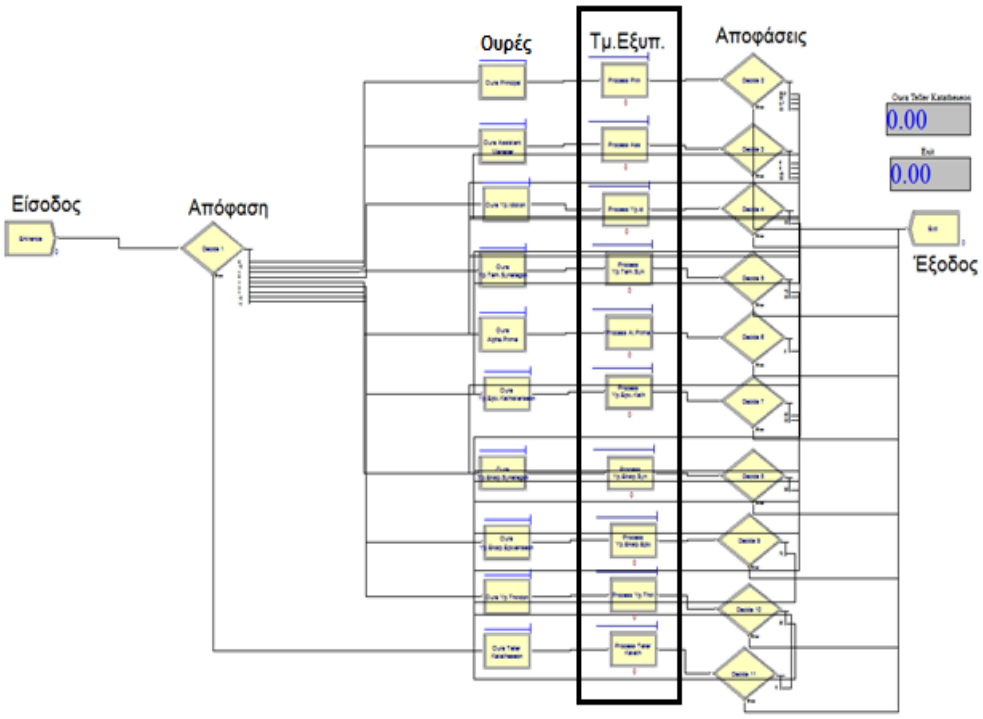


Εικόνα 4.2.8 Πλαίσιο διαμόρφωσης του Oura Teller Katatheseon

Επεξήγηση συμβόλων και εντολών:

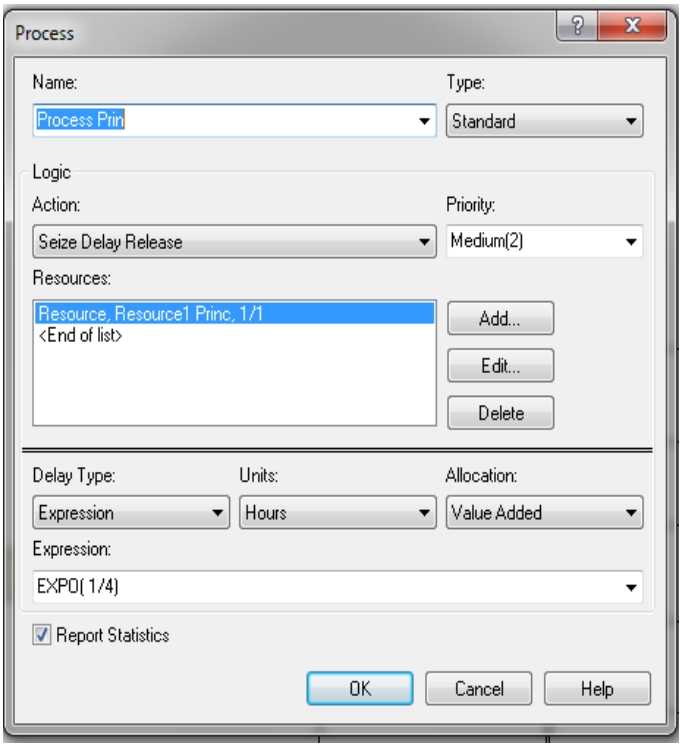
NQ(name.Queue): Επιστρέφει τον αριθμό των οντοτήτων στην ουρά αναμονής.

4. Τμήματα Εξυπηρέτησης:



Εικόνα 4.2.9 Τα τμήματα εξυπηρέτησης στην τράπεζα

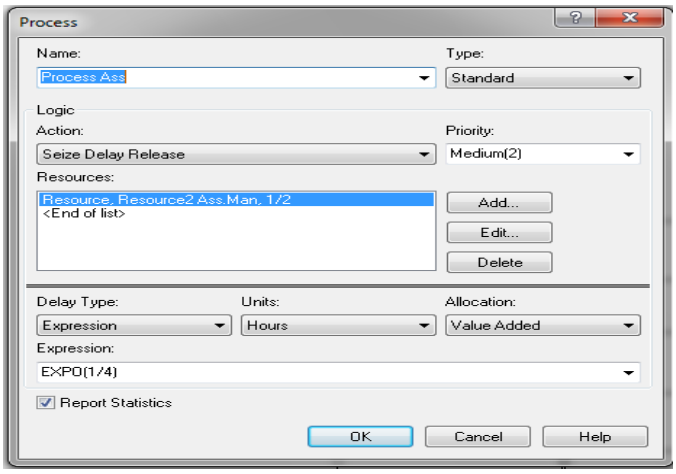
4.1 Τμήμα Διευθυντή:



Εικόνα 4.2.10 Πλαίσιο διαμόρφωσης του Process Prin(Διευθυντή)

Εδώ δεσμεύεται ο Διευθυντής,ο οποίος δηλώνεται ότι είναι ένα άτομο(με την βοήθεια των Add- Resource1 Princ -1/1) και εξυπηρετεί με εκθετική κατανομή 4 πελάτες/ώρα.

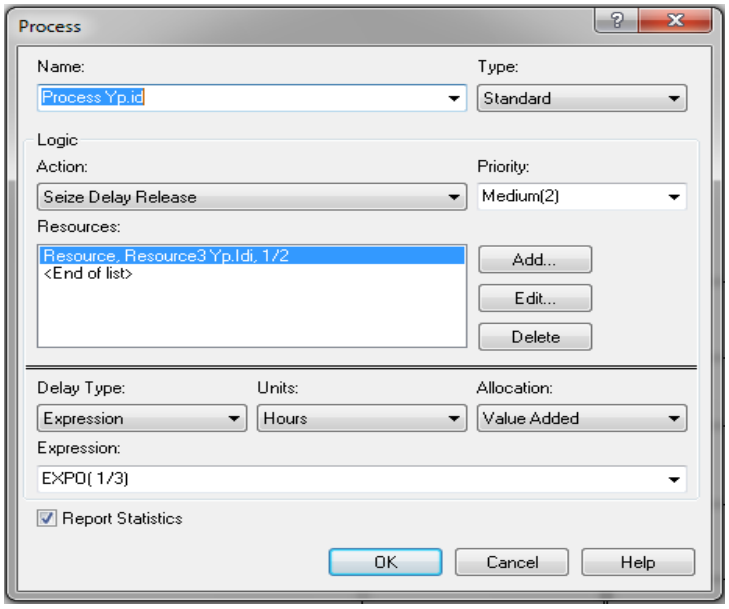
4.2 Τμήμα Υποδιευθυντή:



Εικόνα 4.2.11 Πλαίσιο διαμόρφωσης του Process Prin(Υποδιευθυντή)

Εδώ δεσμεύονται οι Υποδιευθυντές, οι οποίοι δηλώνονται ότι είναι δυο άτομα(με την βοήθεια των Add- Resource2 Ass.Man-1/2) και εξυπηρετούν με εκθετική κατανομή 4 πελάτες/ώρα ο καθένας.

4.3 Τμήμα Υπ. Ιδιωτών:

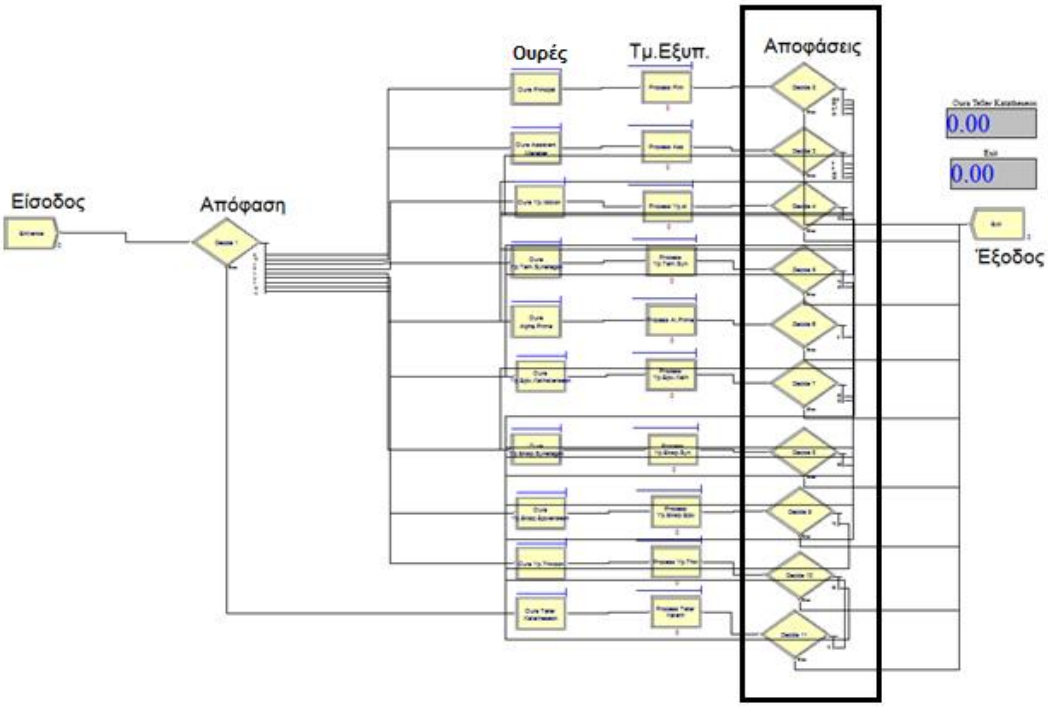


Εικόνα 4.2.12 Πλαίσιο διαμόρφωσης του Yp.Id.(Υπ.Ιδιωτών)

Εδώ δεσμεύονται οι Υπ.Ιδιωτών,οι οποίοι δηλώνονται ότι είναι δυο άτομα(με την βοήθεια των Add- Resource3 Yp.Idi-1/2) και εξυπηρετούν με εκθετική κατανομή 3 πελάτες/ώρα ο καθένας.

Αντιστοίχως και για τα υπόλοιπα τμήματα της τράπεζας

5.Αποφάσεις:



Εικόνα 4.2.13 Οι αποφάσεις των πελατών

Στο σχήμα 4.2.13 παρουσιάζεται το σύνολο των πιθανών αποφάσεων-μεταβάσεων ενός πελάτη με το πέρας της εξυπηρέτησης του σε όποιο τμήμα του τραπεζικού συστήματος. Οι πιθανότητες μετάβασης μεταξύ των τμημάτων είναι αυτές που υπολογίσαμε στην παράγραφο 3.3.1.:

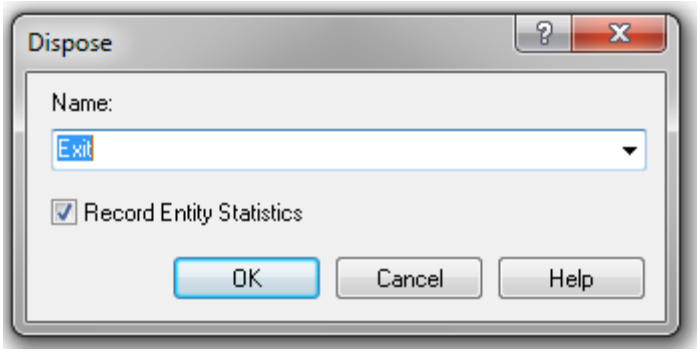
- Από το τμήμα του <u>Διευθυντή</u>, το 33.33% πηγαίνει στον Υπ.Ταμ.Συναλλαγών, το 6,67% στον Υπ.Ιδιωτών, το 30% στον Alpha Prime, το 20% στον Υπ.Επιχ.Καθ, το 10% στην Έξοδο.
- Από το τμήμα του <u>Υποδιευθυντή</u>, το 8% πηγαίνει στον Υπ.Ταμ.Συναλλαγών, το 8% στονΥπ.Ιδιωτών, το 26%

στον Alpha Prime, το 48% στον Υπ.Επιχ.Καθ. και το 10% στην Έξοδο.

- Από το τμήμα του Υπ. Ιδιωτών, το 20% πηγαίνει στον Teller Καταθέσεων και το 80% στην Έξοδο.
- Από το τμήμα του Υπ. Ταμ. Συναλλαγών, το 20% πηγαίνει στον Υπ.Εξ.Συναλλαγών, το 70% στον Teller Καταθέσεων και το 10% στην Έξοδο.
- Από το τμήμα του Alpha Prime, το 5% πηγαίνει στον Teller Καταθέσεων και το 95% στην Έξοδο.
- Από το τμήμα του Υπ. Επιχ. Καθυστερήσεων, το 20% πηγαίνει στον Υπ.Εξ.Επιχειρήσεων, το 50% στον Teller Καταθέσεων και το 30% στην Έξοδο.
- Από το τμήμα του Υπ. Εξυπ. Συναλλαγών, το 35% πηγαίνει στον Teller Καταθέσεων και το 65% στην Έξοδο.
- Από το τμήμα του Υπ. Εξυπ. Επιχειρήσεων, το 70% πηγαίνει στον Teller Καταθέσεων και το 30% στην Έξοδο.
- Από το τμήμα του Υπ. Θυρίδων, το 30% πηγαίνει στον Teller Καταθέσεων και το 70% στην Έξοδο.
- Από το τμήμα του Teller Καταθέσεων, το 6% πηγαίνει στον Υπ.Εξ.Επιχειρήσεων και το 94% στην Έξοδο.

6.Έξοδος:

Εικόνα 4.2.21 Έξοδος από το σύστημα



Εικόνα 4.2.22 Πλαίσιο διαμόρφωσης του Exit

Τέλος οι πελάτες καταλήγουν στην Έξοδο, όπου εκεί φεύγουν από το σύστημα της τράπεζας Alpha Bank.

5. Αποτελέσματα προσομοίωσης και σύγκριση με θεωρητικά δεδομένα

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιάσουμε μια σειρά αριθμητικών παραδειγμάτων για να ελέγξουμε την εγκυρότητα του μοντέλου προσομοίωσης που αναπτύξαμε αλλά και να δούμε πως αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να βελτιωθεί η απόδοση του συστήματος. Αρχικά αυτό θέλουμε να βρούμε τον αριθμό n των προσομοιώσεων που θα μας δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα. Έχοντας εκτελέσει K = 10 προσομοιώσεις υπολογίζουμε την δειγματική διασπορά $S^2(K)$ των παρατηρήσεων $X_1, X_2, \ldots, X_K$ του μέτρου απόδοσης που μας ενδιαφέρει. Επίσης πρέπει να καθοριστούν το μέγιστο επιτρεπτό εύρος απόκλισης από τον μέσο όρο ε και το επίπεδο εμπιστοσύνης 1 – α. Στη συνέχεια μπορούμε από τον Πίνακα της Κανονικής Κατανομής του Παραρτήματος 1 εκτιμούμε τις τιμές του Z_α που αντιστοιχούν σε πιθανότητα $P(Z \geq z_{\alpha/2}) = \alpha/2$. Για να είναι αρκετές οι K αρχικές προσομοιώσεις πρέπει να ισχύει η παρακάτω ανισότητα:

$$z_{\alpha/2}\sqrt{S^2/n} \leq \varepsilon.$$

Εφόσον η ανισότητα αυτή δεν ικανοποιείται γίνεται προσδιορισμός του αριθμού των προσομοιώσεων *n* με την παρακάτω σχέση:

$$n \geq \left(z_{\alpha/2}^2 S^2\right)/\varepsilon^2.$$

Έτσι φτιάχνουμε τον παρακάτω πίνακα:

Τράπεζα	Average	α/2	$Z_{\alpha/2}$	S^2	$z_{a/2}\sqrt{S^2/n}$	n
Αριθμός πελατών στο σύστημα	34,448	0,05	1,645	4,41	1,28	7,27

Πίνακας 5.1 Πίνακας αποτελεσμάτων ανάλυσης των συνολικών προσομοιώσεων της τράπεζας

Έτσι όπως φαίνεται και από τον πίνακα 5.1 θα χρειαστεί να κάνουμε συνολικά 8 προσομοιώσεις.

Αν θέλουμε να είμαστε πιο αναλυτικοί-ακριβείς μπορούμε να κάνουμε το ίδιο για κάθε τμήμα ξεχωριστά. Άρα έτσι θα έχουμε τον ακόλουθο πίνακα:

Τμήματα	Average	α/2	$Z_{\alpha/2}$	S^2	$z_{a/2}\sqrt{S^2/n}$	n
Διευθυντής	2,373	0,05	1,645	0.2	0,11	44,72
Υπ.Ταμ.Συν.	4,68	0,05	1,645	2,44	0,221	134,5
Al.Prime	1,33	0,05	1,645	0,047	0,063	32,044
Υπ.Εξυπ.Συν.	1.38	0,05	1,645	0,053	0,065	33,94
Τέλερ Κατ.	6,152	0,05	1,645	0,287	0,293	9,04

Πίνακας 5.2 Πίνακας αποτελεσμάτων ανάλυσης των συνολικών προσομοιώσεων των τμημάτων της τράπεζας

Διάλεξα τα παραπάνω τμήματα και όχι όλα τα τμήματα, γιατί είναι τα τμήματα με περισσότερους πελάτες στην ουρά(στα υπόλοιπα τμήματα οι πελάτες που περιμένουν στην ουρά είναι λιγότεροι από έναν). Έτσι όπως φαίνεται και από τον πίνακα 5.2 θα χρειαστεί να κάνουμε 45 προσομοιώσεις για το τμήμα του Διευθυντή, 135 προσομοιώσεις για το τμήμα του Υπεύθυνου Ταμειακών Συναλλαγών, 33 προσομοιώσεις για το τμήμα του Alpha Prime, 34 προσομοιώσεις για το τμήμα του Υπάλληλου Εξυπ.Συναλλαγών και 10 προσομοιώσεις για το τμήμα του Τέλερ Καταθέσεων.

Στην συνέχεια θα γίνει παρουσίαση και ανάλυση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από το πρόγραμμα Arena 14 Students Edition, αλλά και των θεωρητικών αποτελεσμάτων που προήλθαν από την μοντελοποίηση του συστήματος μας ως ένα δίκτυο Jackson.

Οι ποσότητες που ενδιαφέρουν περισσότερο σε αυτή την ανάλυση είναι:

- Ο μέσος αριθμός πελατών στην ουρά
- Ο μέσος χρόνος παραμονής στην ουρά

Τα μεγέθη αυτά αποτελούν σημαντικό κριτήριο για την ποιότητα εξυπηρέτησης των πελατών.

Παρακάτω παρατίθενται οι πίνακες με τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων όπως εμφανίζονται στην Arena.

Εδώ εμφανίζεται ο συνολικός αριθμός των πελατών που εισήλθαν(και που εξήλθαν) στο σύστημα, αλλά και ο αριθμός των πελατών που εισήλθαν σε κάθε ξεχωριστό τμήμα. Επίσης εμφανίζεται και ο αριθμός των πελατών που είναι αυτή την στιγμή μέσα στο σύστημα και τακτοποιούν μια δουλειά(Work In Progress).

Number In	Value
Customers	50000.00

Number Out	Value
Customers	50000.00

WIP	Average
Customers	32.7023

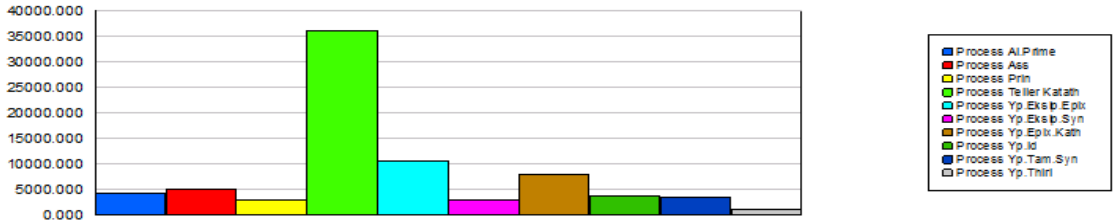
Εικόνα 5.1 Πελάτες που εισήλθαν-εξήλθαν από το σύστημα και πελάτες που εξυπηρετούνται τώρα

Process

Other

Number In

	Value
Process Al.Prime	4215.00
Process Ass	4998.00
Process Prin	2985.00
Process Teller Katath	36001.00
Process Yp.Eksip.Epix	10608.00
Process Yp.Eksip.Syn	2738.00
Process Yp.Epix.Kath	7776.00
Process Yp.id	3637.00
Process Yp.Tam.Syn	3316.00
Process Yp.Thiri	980.00



Number Out

	Value
Process Al.Prime	4215.00
Process Ass	4998.00
Process Prin	2985.00
Process Teller Katath	36001.00
Process Yp.Eksip.Epix	10608.00
Process Yp.Eksip.Syn	2738.00
Process Yp.Epix.Kath	7776.00
Process Yp.id	3637.00
Process Yp.Tam.Syn	3316.00
Process Yp.Thiri	980.00

Εικόνα 5.2 Πελάτες που εισήλθαν-εξήλθαν σε κάθε τμήμα της τράπεζας

Ακόμα εμφανίζονται σε δυο πίνακες ο μέσος αριθμός των πελατών που περιμένουν στην ουρά αλλά και ο μέσος χρόνος αναμονής στην ουρά.

Queue

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Oura Alpha.Prime.Queue	0.9975	0.355782728	0.00	15.0000
Oura Assistant Manager.Queue	0.4188	0.102399467	0.00	9.0000
Oura Principal.Queue	1.7970	0.521794773	0.00	18.0000
Oura Teller Katatheseon.Queue	5.3209	1.10098	0.00	43.0000
Oura Yp.Eksip.Epixeiriseon.Queue	0.08221848	0.029364124	0.00	9.0000
Oura Yp.Eksip.Synallagon.Queue	0.9907	0.367596519	0.00	17.0000
Oura Yp.Epix.Kathisteriseon.Queue	0.4050	0.177878270	0.00	16.0000
Oura Yp.Idioton.Queue	0.2924	0.075459967	0.00	8.0000
Oura Yp.Tam.Synallagon.Queue	3.0334	(Correlated)	0.00	22.0000
Oura Yp.Thiridon.Queue	0.00999944	(Insufficient)	0.00	4.0000
Process Al.Prime.Queue	0.3850	0.052068164	0.00	1.0000
Process Ass.Queue	0.2874	0.035565690	0.00	1.0000
Process Prin.Queue	0.5640	0.054036305	0.00	1.0000
Process Teller Katath.Queue	0.6571	0.041965102	0.00	1.0000
Process Yp.Eksip.Epix.Queue	0.07684378	0.012785041	0.00	1.0000
Process Yp.Eksip.Syn.Queue	0.4354	0.042625365	0.00	1.0000
Process Yp.Epix.Kath.Queue	0.2118	0.028585846	0.00	1.0000
Process Yp.id.Queue	0.2502	0.025746005	0.00	1.0000
Process Yp.Tam.Syn.Queue	0.6715	(Correlated)	0.00	1.0000
Process Yp.Thiri.Queue	0.03608799	(Insufficient)	0.00	1.0000

Εικόνα 5.3 Μέσος αριθμός πελατών που περιμένουν στην ουρά σε κάθε τμήμα της τράπεζας

Το άθροισμα της ουράς ενός τμήματος με το αντίστοιχο Process του ίδιου τμήματος μας δίνει το συνολικό άθροισμα των πελατών στο εν λόγω τμήμα που περιμένουν στην ουρά. Π.χ. η ουρά στους Alpha Prime δίδεται ως εξής: Ουρά Alpha Prime(0,9975) + Process Alpha Prime(0,3850) =1,3825 πελάτες που περιμένουν στην ουρά.

Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Oura Alpha.Prime.Queue	0.2399	0.070477397	0.00	3.3372
Oura Assistant Manager.Queue	0.08492906	0.020256122	0.00	1.4005
Oura Principal.Queue	0.6102	0.168782479	0.00	4.7953
Oura Teller Katatheseon.Queue	0.1498	0.028754728	0.00	1.2382
Oura Yp.Eksip.Epixeiriseon.Queue	0.00785626	0.003065829	0.00	0.5661
Oura Yp.Eksip.Synallagon.Queue	0.3668	0.159445789	0.00	4.2977
Oura Yp.Epix.Kathisteriseon.Queue	0.05279963	0.022372561	0.00	1.2993
Oura Yp.Idioton.Queue	0.08150428	0.020374050	0.00	1.8630
Oura Yp.Tam.Synallagon.Queue	0.9272	0.335983826	0.00	6.4805
Oura Yp.Thiridon.Queue	0.01034261	0.007588143	0.00	0.5701
Process Al.Prime.Queue	0.0926	0.008826638	0.00	1.3207
Process Ass.Queue	0.05828355	0.006279548	0.00	1.0689
Process Prin.Queue	0.1915	0.016172451	0.00	2.2123
Process Teller Katath.Queue	0.01850152	0.000994809	0.00	0.2312
Process Yp.Eksip.Epix.Queue	0.00734269	0.001216204	0.00	0.3549
Process Yp.Eksip.Syn.Queue	0.1612	(Correlated)	0.00	1.7578
Process Yp.Epix.Kath.Queue	0.02760526	0.003125932	0.00	0.6936
Process Yp.id.Queue	0.06973314	0.006573673	0.00	1.1128
Process Yp.Tam.Syn.Queue	0.2053	0.017785687	0.00	1.9709
Process Yp.Thiri.Queue	0.03732646	0.009857562	0.00	1.4564

Other

Εικόνα 5.4 Μέσος χρόνος αναμονής στην ουρά σε κάθε τμήμα της τράπεζας

Το άθροισμα της ουράς ενός τμήματος με το αντίστοιχο Process του ίδιου τμήματος μας δίνει το συνολικό μέσο χρόνο αναμονής των πελατών στην ουρά στο εν λόγω τμήμα . Π.χ. ο μέσος χρόνος αναμονής στην ουρά στους Alpha Prime δίδεται ως εξής: Ουρά Alpha Prime(0,2399) + Process Alpha Prime(0,0925) =0,3324 ο μέσος χρόνος αναμονής στην ουρά.

Επιπλέον εμφανίζεται σε ένα πίνακα ο συνολικός χρόνος εξυπηρέτησης και σε ένα άλλο πίνακα ο συνολικός χρόνος αναμονής στην ουρά(για όλο το πλήθος των πελατών).

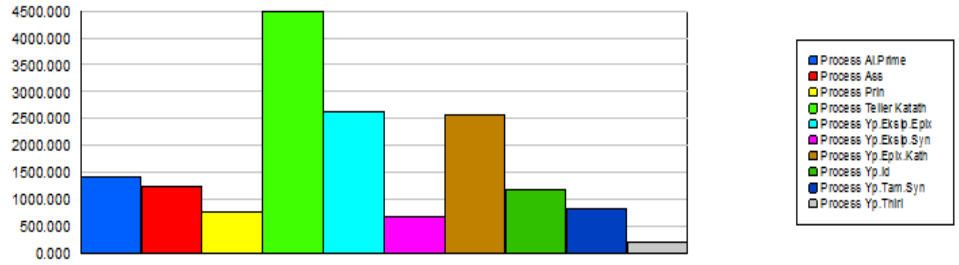
Bank Simulation Analisis

Replications: 1 Time Units: Hours

Process

Accumulated Time

Accum VA Time	Value
Process Al.Prime	1403.85
Process Ass	1240.83
Process Prin	756.51
Process Teller Katath	4490.88
Process Yp.Eksip.Epix	2636.91
Process Yp.Eksip.Syn	675.83
Process Yp.Epix.Kath	2573.66
Process Yp.id	1192.23
Process Yp.Tam.Syn	831.82
Process Yp.Thiri	191.57



Εικόνα 5.5 Συνολικός χρόνος εξυπηρέτησης των πελατών από κάθε τμήμα ξεχωριστά

.

Accumilated VA Time: Ο συνολικός χρόνος εξυπηρέτησης

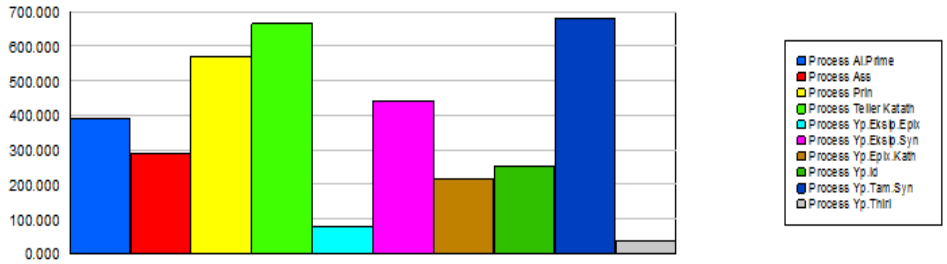
Accumulated Wait Time: Ο συνολικός χρόνος αναμονής στην ουρά

Από τα παραπάνω αποτελέσματα μπορούμε να συμπεράνουμε ότι οι Teller Καταθέσεων εχόυν τον μεγαλύτερο συνολικό χρόνο εξυπηρέτησης αφού εξυπηρετούν τους περισσότερους πελάτες, ενώ ο Υπ.Θυρίδων έχει τον μικρότερο γιατί εξυπηρετεί ελάχιστους πελάτες.

Process

Accumulated Time

Accum Wait Time	Value
Process Al.Prime	390.23
Process Ass	291.30
Process Prin	571.67
Process Teller Katath	666.07
Process Yp.Eksip.Epix	77.8913
Process Yp.Eksip.Syn	441.33
Process Yp.Epix.Kath	214.66
Process Yp.id	253.62
Process Yp.Tam.Syn	680.62
Process Yp.Thiri	36.5799



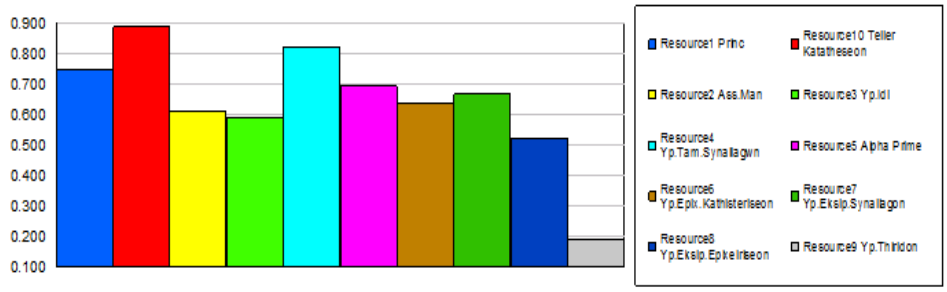
Other

Εικόνα 5.6 Συνολικός χρόνος αναμονής στην ουρά (των πελατών) για κάθε τμήμα ξεχωριστά

Ακόμη βλέπουμε ότι ο Υπ.Ταμ.Συναλλαγών έχει τον μεγαλύτερο συνολικό χρόνο αναμονής στην ουρά ανεξάρτητα από το ότι έρχονται πολύ λιγότεροι πελάτες από ότι στους Teller Καταθέσεων, ενώ τον μικρότερο τον έχει πάλι ο Υπ.Θυρίδων γιατί έχει τον μικρότερο χρόνο αναμονής στην ουρά και εξυπηρετεί ελάχιστους πελάτες.

Τέλος εμφανίζεται σε έναν πίνακα, η αξιοποίηση του κάθε τμήματος στο σύνολο του εκφρασμένη σε ποσοστά(Δηλαδή πόσο επί τοις εκατό χρησιμοποιείται ένα τμήμα).

Scheduled Utilization	Value
Resource1 Princ	0.7463
Resource10 Teller Katatheseon	0.8861
Resource2 Ass.Man	0.6121
Resource3 Yp.Idi	0.5881
Resource4 Yp.Tam.Synallagwn	0.8206
Resource5 Alpha Prime	0.6925
Resource6 Yp.Epix.Kathisteriseon	0.6348
Resource7 Yp.Eksip.Synallagon	0.6667
Resource8 Yp.Eksip.Epixeiriseon	0.5203
Resource9 Yp.Thiridon	0.1890



Εικόνα 5.7 Συνολική ποσοστιαία αξιοποίηση του κάθε τμήματος της τράπεζας ξεχωριστά

Παρατηρούμε ότι οι Teller Καταθέσεων αξιοποιούνται σε βαθμό 88,61% με πολύ μικρή διαφορά από τον Υπ.ΤαμΣυναλλαγών(82,06%), ενώ πάλι την μικρότερη αξιοποίηση την έχει ο Υπεύθυνος Θυρίδων με μόλις 18,9%.

Παραπάνω εμφανίζονται όλα τα αποτελέσματα τα οποία προήλθαν από την προσομοίωση του τραπεζικού συστήματος της τράπεζας Alpha Bank με την βοήθεια του προγράμματος Arena 14. Στο σημείο αυτό θα παραθέσω τις θεωρητικά αποτελέσματα που προέκυψαν από την μελέτη του τραπεζικού συστήματος ως ένα δίκτυο Jackson. Σύμφωνα με το θεώρημα Jackson (βλ. π.χ. [5]) κάθε κόμβος *i* του δικτύου συμπεριφέρεται σαν αναμονικό σύστημα *M*/*M*/*m* με μέσο ρυθμό εισόδου Λ_i, όπως αυτό εκτιμήθηκε στην παράγραφο 3.3.1. Η ανάλυση αυτή υλοποιήθηκε σε ένα φύλλο εργασίας του Microsoft Excel. Ένα ενδεικτικό φύλλο Excel εμφανίζεται στη συνέχεια.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	λ1=	5						
2	μ1=	4			W=	0.160256		0.160256
3	m1=	2			T=	0.410256		
4	ρ1=	0.625						
5				N=	Nq=			
6	n1		Pn2	2.051282	0.801282			
7	0	1	0.230769	0	0			
8	1	1.25	0.288462	0.288462	0			
9	2	0.78125	0.180288	0.360577	0			
10	3	0.488281	0.11268	0.338041	0.11268			
11	4	0.305176	0.070425	0.281701	0.14085			
12	5	0.190735	0.044016	0.220079	0.132047			
13	6	0.119209	0.02751	0.165059	0.110039			
14	7	0.074506	0.017194	0.120356	0.085968			
15	8	0.046566	0.010746	0.085968	0.064476			
16	9	0.029104	0.006716	0.060446	0.047014			
17	10	0.01819	0.004198	0.041977	0.033581			
18	11	0.011369	0.002624	0.028859	0.023612			
19	12	0.007105	0.00164	0.019677	0.016397			
20	13	0.004441	0.001025	0.013323	0.011273			
21	14	0.002776	0.000641	0.008967	0.007686			
22	15	0.001735	0.0004	0.006005	0.005204			
23	16	0.001084	0.00025	0.004003	0.003503			
24	17	0.000678	0.000156	0.002658	0.002346			
25	18	0.000424	9.77E-05	0.001759	0.001564			
26	19	0.000265	6.11E-05	0.001161	0.001038			
27	20	0.000165	3.82E-05	0.000764	0.000687			
28	21	0.000103	2.39E-05	0.000501	0.000453			
29	22	6.46E-05	1.49E-05	0.000328	0.000298			
30	23	4.04E-05	9.32E-06	0.000214	0.000196			
31	24	2.52E-05	5.83E-06	0.00014	0.000128			
32	25	1.58E-05	3.64E-06	9.1E-05	8.37E-05			
33	26	9.86E-06	2.28E-06	5.92E-05	5.46E-05			
34	27	6.16E-06	1.42E-06	3.84E-05	3.56E-05			
35	28	3.85E-06	8.89E-07	2.49E-05	2.31E-05			
36	29	2.41E-06	5.56E-07	1.61E-05	1.5E-05			

Πίνακας 5.3 Πλαίσιο διαμόρφωσης του Υποδιευθυντή σύμφωνα με τα θεωρητικά δεδομένα

Το συγκεκριμένο φύλλο εργασίας εμφανίζει διάφορα αποτελέσματα για το τμήμα του Υποδιευθυντή της τράπεζας. Πιο αναλυτικά θα έχουμε ως εξής:

- Ως λ1 ορίζεται ο ρυθμός άφιξης των πελατών στο συγκεκριμένο τμήμα της τράπεζας(εδώ 5 πελάτες/ώρα).
- Ως μ1 ορίζεται ο ρυθμός εξυπηρέτησης ενός υπαλλήλου του τμήματος της τράπεζας(εδώ 4 πελάτες/ώρα).
- Ως m1 οορίζεται το σύνολο των εξυπηρετητών που διαθέτει το συγκεκριμένο τμήμα της τράπεζας(εδώ 2 υπαλλήλους στο τμήμα του Υποδιευθυντή).
- Ως ρ1=λ1/(μ1*m1), αν ρ1<1 τότε το σύστημα είναι ευσταθές.
- Στην Α στήλη από το 7-307 έχουμε τους πελάτες που υπάρχουν μέσα στο σύστημα, οι οποίοι μπορεί να είναι από ένας έως 300. Το πλήθος των πελατών συμβολίζεται με το γράμμα n1**.**

- Στην Β στήλη υπολογίζω τις πιθανότητες μόνιμης κατάστασης χωρίς όμως το P_o. Οι πιθανότητες μόνιμης κατάστασης υπολογίζονται με τον εξής τρόπο:
    - Αν n1m ≤ 1 τότε $P_n=P_0(\rho^n m^n)/n!$
    - Αν n1 > m1 τότε $P_n=P_0(\rho^n m^m)/m!$
- Στην C στήλη αθροίζονται όλες τα στοιχεία της στήλης Β. Οι πιθανότητες πρέπει να αθροίζουν στην μονάδα. Άρα $P_0 = 1/\sum_n P_n$. Στη συνέχεια βρίσκω της πιθανότητες μόνιμης κατάστασης σε κανονική τιμή(με εκφρασμένο το P_0).
- Στην D στήλη υπολογίζεται το N: τον μέσο αριθμό πελατών στο σύστημα, για το οποίο ισχύει ότι $N = \sum_n nP_n$.
- Στην E στήλη βρίσκουμε το Nq, το μέσο αριθμό πελατών στην ουρά που όπως γνωρίζουμε δίδεται από $N_q = \sum_{n>m}(n-m)P_n$.
- Στην F στήλη βρίσκω το W: τον μέσο χρόνο αναμονής στην ουρά με δύο τρόπους:
    - Από τον νόμο του Little, W=Nq/λ1, όπου Nq:ο μέσος αριθμός πελατών στην ουρά και λ1:ο ρυθμός άφιξης των πελατών στο συγκεκριμένο τμήμα.
    - W=T-(1/μ1), όπου T: ο μέσος χρόνος παραμονής στο σύστημα και μ1: ο ρυθμός εξυπηρέτησης των πελατών.
- Τέλος στην F στήλη βρίσκω αρχικά το T, τον μέσο χρόνο παραμονής στο σύστημα από τον νόμο του Little, T=N/λ1.

Παρακάτω θα εμφανιστούν τα αποτελέσματα για τα τμήματα της τράπεζας που προκύπτουν από τα φύλλα του Excel και θα συγκριθούν με τα αντίστοιχα του προγράμματος Arena 14. Τα αποτελέσματα τα οποία μας ενδιαφέρουν περισσότερο είναι: Α) Ο μέσος αριθμός πελατών στην ουρά, Β) Ο μέσος χρόνος παραμονής στην ουρά και θα είναι αυτά τα οποία θα συγκριθούν.

Διευθυντής

λ1=	3						
μ1=	4			W=	0.75		0.75
m1=	1			T=	1		
ρ1=	0.75						
			N=	Nq=			
n1		Pn2	3	2.25			
0	1	0.25	0	0			

Πίνακας 5.4 Πλαίσιο διαμόρφωσης του Διευθυντή σύμφωνα με τα θεωρητικά δεδομένα

Υποδιευθυντής

λ1=	5						
μ1=	4			W=	0.160256		0.160256
m1=	2			T=	0.410256		
ρ1=	0.625						
			N=	Nq=			
n1		Pn2	2.051282	0.801282			
0	1	0.230769	0	0			

Πίνακας 5.5 Πλαίσιο διαμόρφωσης του Υποδιευθυντή σύμφωνα με τα θεωρητικά δεδομένα

Υπ.Ιδιωτών

λ1=	3.501						
μ1=	3			W=	0.172079		0.172079
m1=	2			T=	0.505412		
ρ1=	0.5835						
			N=	Nq=			
n1		Pn2	1.769448	0.602448			
0	1	0.263025	0	0			

Πίνακας 5.6 Πλαίσιο διαμόρφωσης του Υπ.Ιδιωτών σύμφωνα με τα θεωρητικά δεδομένα

Υπ.Ταμ.Συν.

λ1=	3.29						
μ1=	4			W=	1.158451		1.158451
m1=	1			T=	1.408451		
ρ1=	0.8225						
			N=	Nq=			
n1		Pn2	4.633803	3.811303			
0	1	0.1775	0	0			

Πίνακας 5.7 Πλαίσιο διαμόρφωσης του Υπ.Ταμ.Συν. σύμφωνα με τα θεωρητικά δεδομένα

Alpha Prime

λ1=	4.2						
μ1=	3			W=	0.320261		0.320261
m1=	2			T=	0.653595		
ρ1=	0.7						
			N=	Nq=			
n1		Pn2	2.745098	1.345098			
0	1	0.176471	0	0			

Πίνακας 5.8 Πλαίσιο διαμόρφωσης του Al.Prime σύμφωνα με τα θεωρητικά δεδομένα

Υπ.Επιχ.Καθ

λ1=	7.8						
μ1=	3			W=	0.084386		0.084386
m1=	4			T=	0.417719		
ρ1=	0.65						
			N=	Nq=			
n1		Pn2	3.25821	0.65821			
0	1	0.065149	0	0			

Πίνακας 5.9 Πλαίσιο διαμόρφωσης του Υπ.Επιχ.Καθ σύμφωνα με τα θεωρητικά δεδομένα

Υπ.Εξυπ.Συν.

λ1=	2.6998						
μ1=	4			W=	0.519112		0.519112
m1=	1			T=	0.769112		
ρ1=	0.67495						
			N=	Nq=			
n1		Pn2	2.07645	1.4015			
0	1	0.32505	0	0			

Πίνακας 5.10 Πλαίσιο διαμόρφωσης του Υπ.Εξυπ.Συν σύμφωνα με τα θεωρητικά δεδομένα

Υπ.Εξυπ.Επιχ.

λ1=	10.39582						
μ1=	4			W=	0.015457		0.015457
m1=	5			T=	0.265457		
ρ1=	0.519791						
			N=	Nq=			
n1		Pn2	2.759647	0.160692			
0	1	0.072146	0	0			

Πίνακας 5.11 Πλαίσιο διαμόρφωσης του Υπ.Εξυπ.Επιχ. σύμφωνα με τα θεωρητικά δεδομένα

Υπ.Θυρίδων

λ1=	1						
μ1=	5			W=	0.05		0.05
m1=	1			T=	0.25		
ρ1=	0.2						
			N=	Nq=			
n1		Pn2	0.25	0.05			
0	1	0.8	0	0			

Πίνακας 5.12 Πλαίσιο διαμόρφωσης του Υπ.Θυρίδων σύμφωνα με τα θεωρητικά δεδομένα

Teller Κατ

λ1=	35.597						
μ1=	8			W=	0.168096		0.168096
m1=	5			T=	0.293096		
ρ1=	0.889925						
			N=	Nq=			
n1		Pn2	10.43335	5.983726			
0	1	0.005605	0	0			

Πίνακας 5.13 Πλαίσιο διαμόρφωσης του Teller Καταθ. σύμφωνα με τα θεωρητικά δεδομένα

Έτσι από τα φύλλα Excel αλλά και από το πρόγραμμα προκύπτουν τα εξής αποτελέσματα:

Μέσος Αριθμός Πελατών στην Ουρά:

	Excel	Arena 14
Alpha Prime	1,34	1,33
Υποδιευθυντής	0,8	0,782
Διευθυντής	2,25	2,373
Τέλερ καταθέσεων	5,983	6,125
Υπάλληλος Εξυπ.Επιχ.	0,16	0,172
Υπάλληλος Εξυπ.Συναλλαγών	1,4	1,38
Υπεύθυνος Επιχ.Καθυστερήσεων	0,6582	0,756
Υπεύθυνος.Ιδιωτών	0,6024	0,661
Υπεύθυνος Ταμειακών Συναλλαγών	3,81	3,9749
Υπάλληλος Θυρίδων	0,05	0,045

Μέσος Χρόνος Παραμονής στην Ουρά:

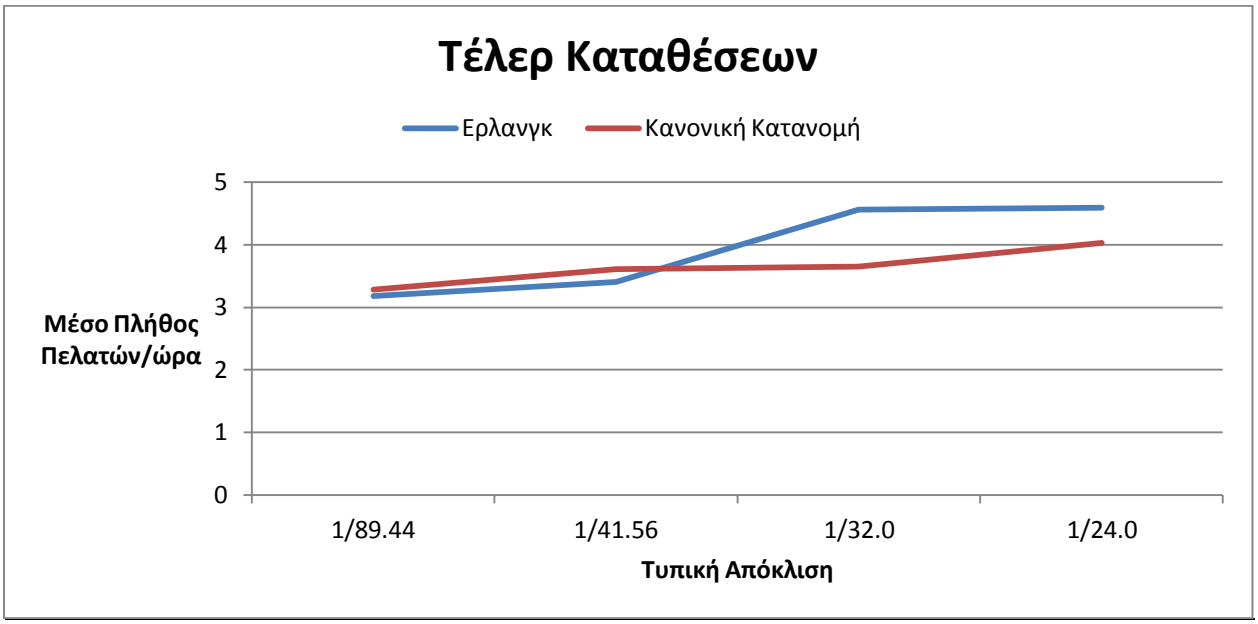
	Excel	Arena 14
Alpha Prime	0,329	0,315
Υποδιευθυντής	0,155	0,150
Διευθυντής	0,8	0,843
Τέλερ καταθέσεων	0,1683	0,171
Υπάλληλος Εξυπ.Επιχ.	0,0148	0,0154
Υπάλληλος Εξυπ.Συναλλαγών	0,528	0,518
Υπεύθυνος Επιχ.Καθυστερήσεων	0,077	0,083
Υπεύθυνος.Ιδιωτών	0,152	0,172
Υπεύθυνος Ταμειακών Συναλλαγών	1,147	1,291
Υπάλληλος Θυρίδων	0,047	0,0463

Συγκρίνοντας λοιπόν τα αποτελέσματα του Excel με αυτά του προγράμματος Arena 14 παρατηρούμε ότι τόσο ο μέσος αριθμός πελατών στην ουρά όσο και ο μέσος χρόνος παραμονής στην ουρά είναι παραπλήσια.

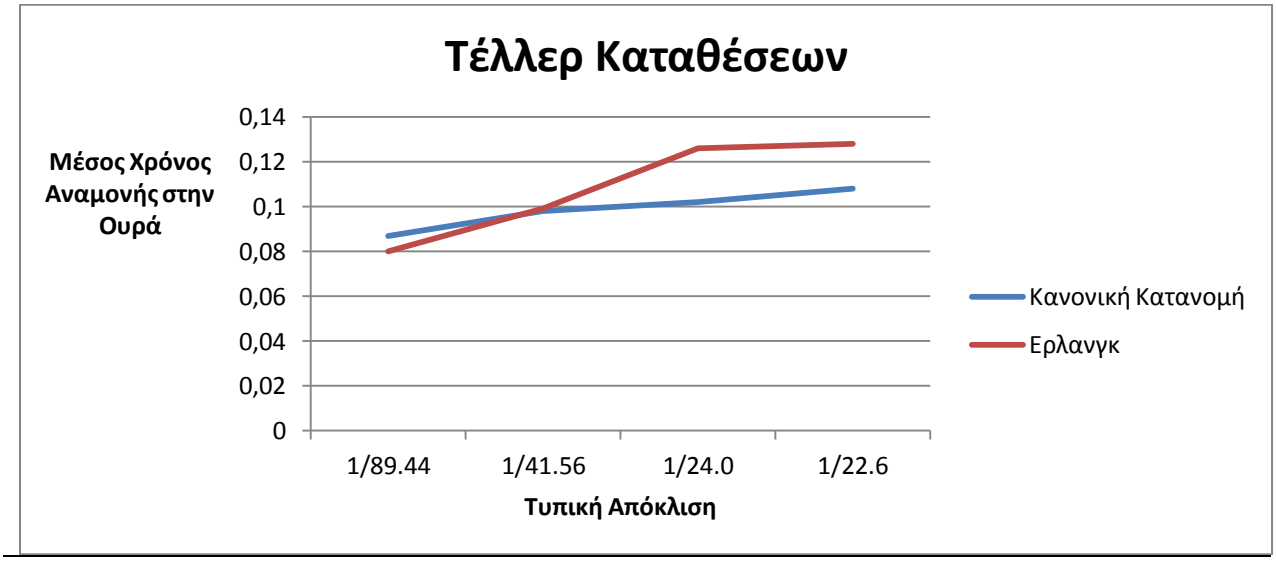
Στο βασικό μας μοντέλο (που παρουσιάσαμε παραπάνω) λάβαμε υπόψη ότι οι χρόνοι εξυπηρέτησης είναι εκθετικοί. Κάτι τέτοιο όμως δεν ισχύει πάντα γι' αυτό στη συνέχεια εξετάζουμε και άλλες κατανομές χρόνων εξυπηρέτησης (Κανονική, Erlang). Οι κατανομές αυτές παρουσιάζονται παρακάτω στα Παραρτήματα 1,2 και εξηγούνται πλήρως.

Στη συνέχεια εξετάζουμε την επίδραση της αλλαγής των κατανομών στους χρόνους εξυπηρέτησης. Στα τέσσερα διαγράμματα που ακολουθούν εμφανίζονται τα αποτελέσματα για κάποια από τα μέτρα απόδοσης του συστήματος όταν οι χρόνοι εξυπηρέτησης ακολουθούν την Κανονική κατανομή ή την κατανομή Erlang. Παρακάτω παρατίθενται τέσσερα διαγράμματα, όπου στο πρώτο εξετάζεται η επίδραση της διασποράς των χρόνων εξυπηρέτησης στο μέσο πλήθος πελατών στην ουρά του τμήματος

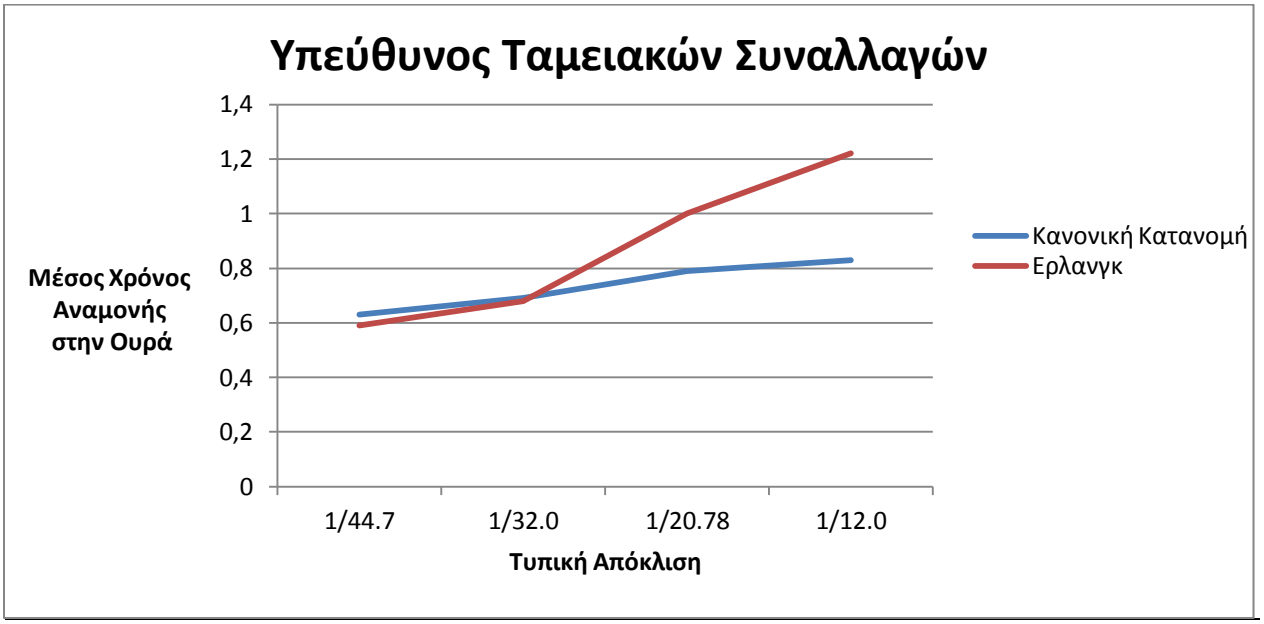
των Teller καταθέσεων, στο δεύτερο μελετάται ο χρόνος αναμονής στην ουρά στο τμήμα των Teller καταθέσεων συναρτήσει των διασπορών των χρόνων εξυπηρέτησης, στο τρίτο παρουσιάζεται χρόνος αναμονής στην ουρά στο τμήμα του Υπεύθυνου Ταμ.Συναλλαγών και στο τέταρτο ο αριθμός πελατών στην ουρά στο τμήμα του Υπεύθυνου Ταμ.Συναλλαγών.



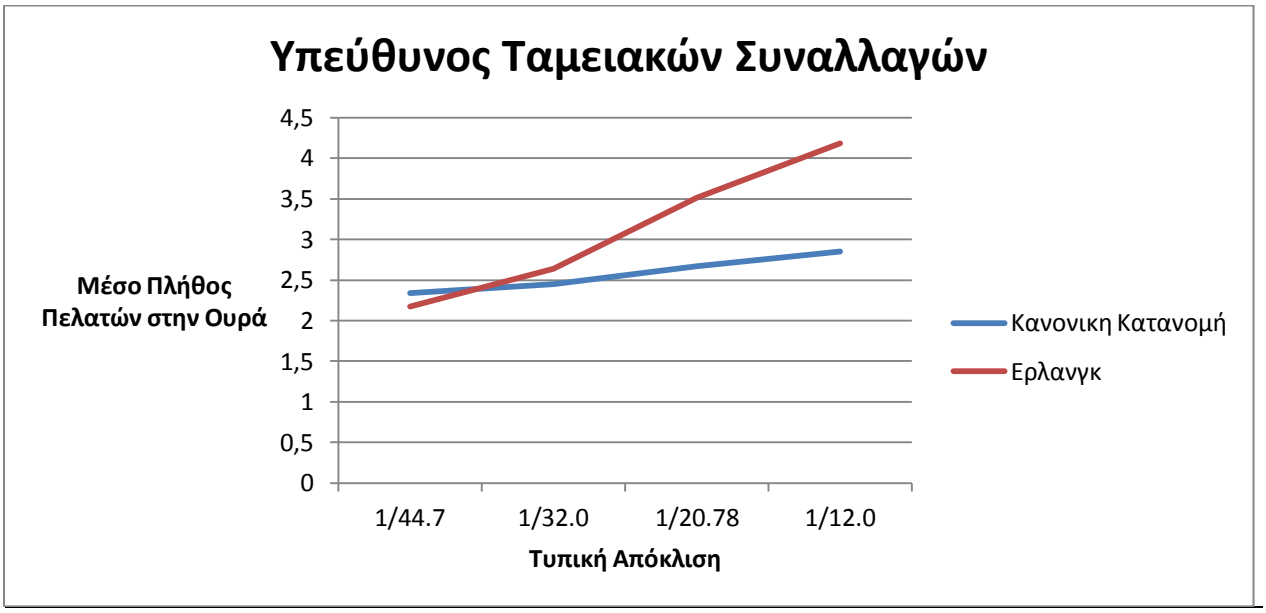
Διάγραμμα 5.1 Το μέσο πλήθος πελατών στην Erlang και στην Κανονική κατανομή σε σχέση με την τυπική απόκλιση στο τμήμα του Τέλερ Καταθέσεων



Διάγραμμα 5.2 Ο μέσος χρόνος αναμονής στην ουρά στην Erlang και στην Κανονική κατανομή σε σχέση με την απόκλιση στο τμήμα του Υπεύθυνου Ταμειακών Συναλλαγών



Διάγραμμα 5.3 Ο μέσος χρόνος αναμονής στην ουρά στην Erlang και στην Κανονική κατανομή σε σχέση με την τυπική απόκλιση στο τμήμα του Υπεύθυνου Ταμειακών Συναλλαγών



Διάγραμμα 5.4 Το μέσο πλήθος πελατών στην ουρά στην Erlang και στην Κανονική κατανομή σε σχέση με την τυπική απόκλιση στο τμήμα του Υπεύθυνου Ταμειακών Συναλλαγών

6.Προσδιορισμός Ημερών και Σημείων Συνωστισμού

6.1 Γενικά

Υπάρχουν κάποιες ημερομηνίες στην τράπεζα όπου υπάρχει πλήθος κόσμου.Τέτοιες ημερομηνίες είναι:

- Στο τέλος του μήνα όταν έρχονται οι συνταξιούχοι και οι επιχειρήσεις για κάλυψη ταμειακών τους αναγκών.
- Στην αρχή του μήνα και στις 15 όταν έχουμε πληρωμές δημοσίων κ ιδιωτικών υπαλλήλων .

Για να εξυπηρετήσουμε αυτό το πλήθος των πελατών(που συνήθως είναι 10 παραπάνω πελάτες/ώρα δηλαδή 60 πελάτες/ώρα) που έρχεται αυτές τις ημερομηνίες θα πρέπει να βρούμε κάποιους πρακτικούς τρόπους αντιμετώπισης της υπερβάλλουσας ζήτησης. Παρακάτω παρουσιάζονται ορισμένοι τρόποι αντιμετώπισης που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν προκειμένου να υπάρξει όσο γίνεται ταχύτερη εξυπηρέτηση.

Τρόποι Αντιμετώπισης:

- Ορισμένοι υπάλληλοι της τράπεζας να μεταφερθούν σε άλλα τμήματα(παραπλήσια) από ότι δουλεύουν προκειμένου να βοηθήσουν την τράπεζα να έχει γρηγορότερη εξυπηρέτηση.
- Μειώνοντας τον χρόνο εξυπηρέτησης. Αυτό επιτυγχάνεται με συνεχής μόρφωση και εκπαίδευση των υπαλλήλων στα νέα συστήματα που χρησιμοποιούνται αλλά και γρηγορότερη χρησιμοποίηση των παλιών συστημάτων έτσι ώστε να πραγματοποιούνται ταχύτερα οι τραπεζικές εργασίες.
- Μαθαίνοντας το προσωπικό να εκτελεί περισσότερες τραπεζικές εργασίες έτσι ώστε το σύστημα να γίνει πιο ευέλικτο.
- Παρέχοντας ένα ευρύ σύνολο ηλεκτρονικών υπηρεσιών που περιλαμβάνουν διαδικτυακές υπηρεσίες και υπηρεσίες μέσω κινητών συσκευών και αφορούν οικονομικές συναλλαγές και υπηρεσίες πληροφόρησης .

6.2 Σημεία συνωστισμού στο τραπεζικό σύστημα της τράπεζας

Έχοντας αναλύσει το τραπεζικό σύστημα τόσο διεξοδικά στα προηγούμενα κεφάλαια, είναι εύκολο να προσδιορίσουμε τα σημεία συνωστισμού στην τράπεζα Alpha Bank τις ημέρες με πλήθος κόσμου. Οι αιτίες του φαινομένου αυτού είναι όπως θα δούμε και με την προσομοίωση μέσω του προγράμματος Arena: Α) Το πλήθος κόσμου στο τμήμα των Teller Καταθέσεων, Β) Το πλήθος κόσμου στο τμήμα του Υπεύθυνου Ταμειακών Συναλλαγών.

6.3 Προτεινόμενα σενάρια για την αντιμετώπιση του συνωστισμού

Προτάσεις για βελτιστοποίησης εξυπηρέτησης στην τράπεζα μπορούν να διατυπωθούν πολλές αλλά λίγες είναι εφικτές. Ο λόγος είναι ότι όλα τα τμήματα της τράπεζας δεν μπορούν να ολοκληρώσουν όλες τις τραπεζικές εργασίες που πραγματοποιούνται στο κατάστημα. Αυτό ισχύει γιατί κάθε τμήμα έχει μια συγκεκριμένη γκάμα τραπεζικών εργασιών που μπορεί να ολοκληρώσει. Συγκεκριμένα έχουμε τις εξής προτάσεις:

- Α) Όταν υπάρχει πολύς κόσμος στο κατάστημα χρησιμοποιείται ένα ακόμη ταμείο (το πολύ δυο) και συνήθως μετακινείται ένας Υπάλληλος Εξυπηρέτησης Συναλλαγών, ή ένας Υπάλληλος Εξυπηρετήσεως Επιχειρήσεων, ή ένας Υπεύθυνος Ιδιωτών, ή ένας Alpha Prime.
- Β) Όταν υπάρχει πολύς κόσμος στο κατάστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας ακόμη Υπεύθυνος Ταμ.Συν. και συνήθως μετακινείται ο Υπεύθυνος Επιχειρήσεων-Καθυστερήσεων, ή ο Υποδιευθυντής.

Λαμβάνοντας υπόψη τις παραπάνω προτάσεις, θα δημιουργήσουμε όλους τους πιθανούς συνδυασμούς προκειμένου να μειωθούν οι πελάτες που περιμένουν στην ουρά μέσα στην τράπεζα.

Επομένως έχουμε τα εξής:

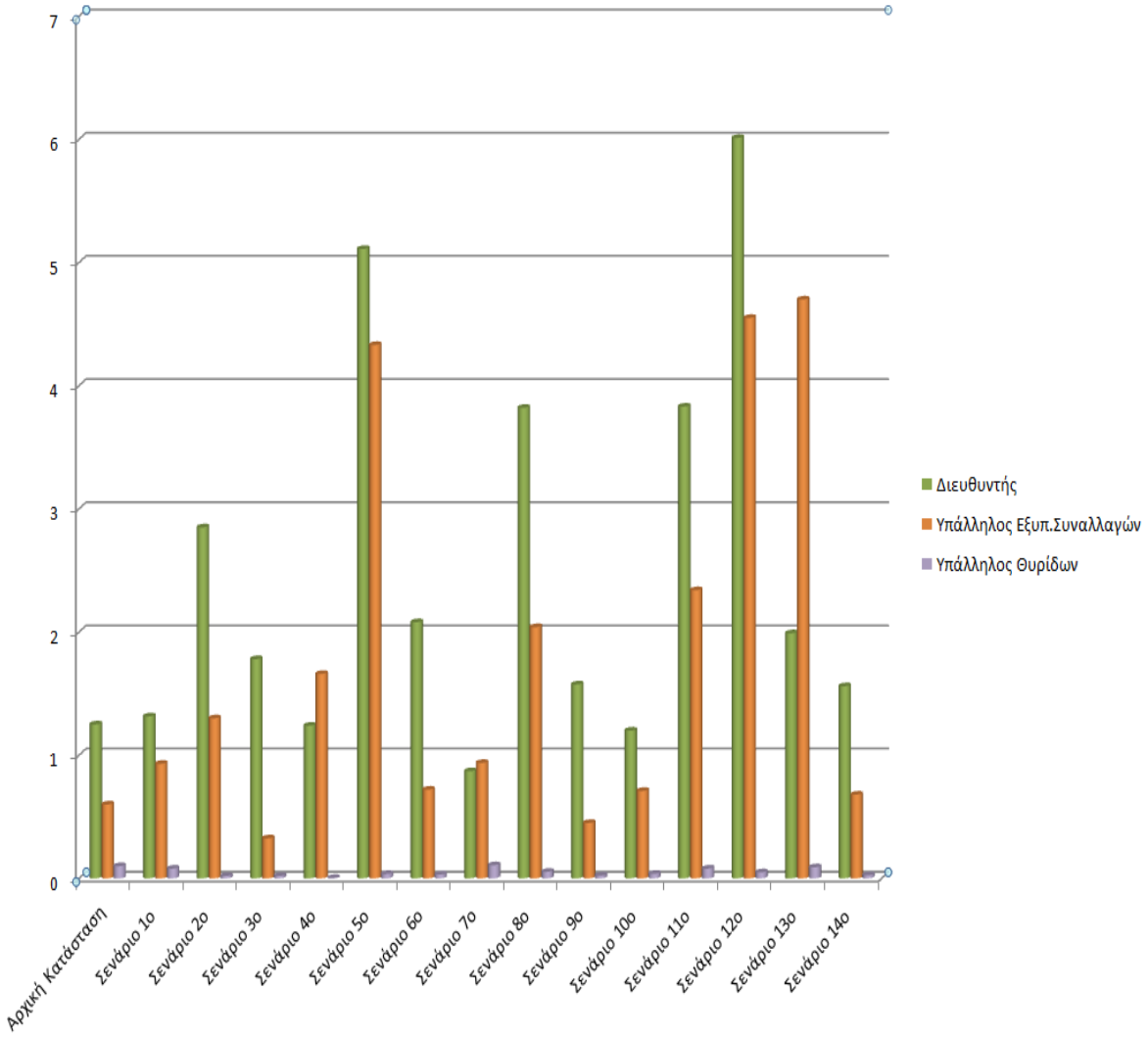
- Σενάριο 1^{ο}: Μεταφορά ενός υπαλλήλου από το τμήμα του Υπαλλήλου Εξ.Επιχ. στα ταμεία και από το τμήμα του Υποδιευθυντή στο τμήμα του Υπεύθυνου Ταμ.Συν.
- Σενάριο 2^{ο}: Μεταφορά ενός υπαλλήλου από το τμήμα του Υπεύθυνου Ιδιωτών στα ταμεία και από το τμήμα του Υποδιευθυντή στο τμήμα του Υπεύθυνου Ταμ.Συν.

- Σενάριο 3^{ο}: Μεταφορά ενός υπαλλήλου από το τμήμα του Alpha Prime στα ταμεία και από το τμήμα του Υποδιευθυντή στο τμήμα του Υπεύθυνου Ταμ.Συν.
- Σενάριο 4^{ο}: Μεταφορά δυο υπαλλήλων από το τμήμα του Υπ.Εξυπ.Επιχ στα ταμεία και από το τμήμα του Υποδιευθυντή στο τμήμα του Υπεύθυνου Ταμ.Συν.
- Σενάριο 5^{ο}: Μεταφορά ενός υπαλλήλου από το τμήμα του Υπ.Εξυπ.Επιχ και ενός υπαλλήλου από το τμήμα του Υπ.Ιδιωτών στα ταμεία και από το τμήμα του Υποδιευθυντή στο τμήμα του Υπεύθυνου Ταμ.Συν.
- Σενάριο 6^{ο}: Μεταφορά ενός υπαλλήλου από το τμήμα του Υπ.Εξυπ.Επιχ και ενός υπαλλήλου από το τμήμα του Alpha Prime στα ταμεία και από το τμήμα του Υποδιευθυντή στο τμήμα του Υπεύθυνου Ταμ.Συν.
- Σενάριο 7^{ο}: Μεταφορά ενός υπαλλήλου από το τμήμα του Υπ.Ιδιωτών και ενός υπαλλήλου από το τμήμα του Alpha Prime στα ταμεία και από το τμήμα του Υποδιευθυντή στο τμήμα του Υπεύθυνου Ταμ.Συν.
- Σενάριο 8^{ο}: Μεταφορά ενός υπαλλήλου από το τμήμα του Υπαλλήλου Εξ.Επιχ. στα ταμεία και από το τμήμα του Υπ.Επιχ.Καθ. στο τμήμα του Υπεύθυνου Ταμ.Συν.
- Σενάριο 9^{ο}: Μεταφορά ενός υπαλλήλου από το τμήμα του Υπεύθυνου Ιδιωτών στα ταμεία και από το τμήμα του Υπ.Επιχ.Καθ. στο τμήμα του Υπεύθυνου Ταμ.Συν.
- Σενάριο 10^{ο}: Μεταφορά ενός υπαλλήλου από το τμήμα του Alpha Prime στα ταμεία και από το τμήμα του Υπ.Επιχ.Καθ. στο τμήμα του Υπεύθυνου Ταμ.Συν.
- Σενάριο 11^{ο}: Μεταφορά δυο υπαλλήλων από το τμήμα του Υπ.Εξυπ.Επιχ στα ταμεία και από το τμήμα του Υπ.Επιχ.Καθ στο τμήμα του Υπεύθυνου Ταμ.Συν.
- Σενάριο 12^{ο}: Μεταφορά ενός υπαλλήλου από το τμήμα του Υπ.Εξυπ.Επιχ. και ενός υπαλλήλου από το τμήμα του Υπ.Ιδιωτών στα ταμεία και από το τμήμα του Υπ.Επιχ.Καθ. στο τμήμα του Υπεύθυνου Ταμ.Συν.
- Σενάριο 13^{ο}: Μεταφορά ενός υπαλλήλου από το τμήμα του Υπ.Εξυπ.Επιχ και ενός υπαλλήλου από το τμήμα του Alpha Prime στα ταμεία και από το τμήμα του Υπ.Επιχ.Καθ. στο τμήμα του Υπεύθυνου Ταμ.Συν.
- Σενάριο 14ο: Μεταφορά ενός υπαλλήλου από το τμήμα του Υπ.Ιδιωτών και ενός υπαλλήλου από το τμήμα του Alpha Prime στα

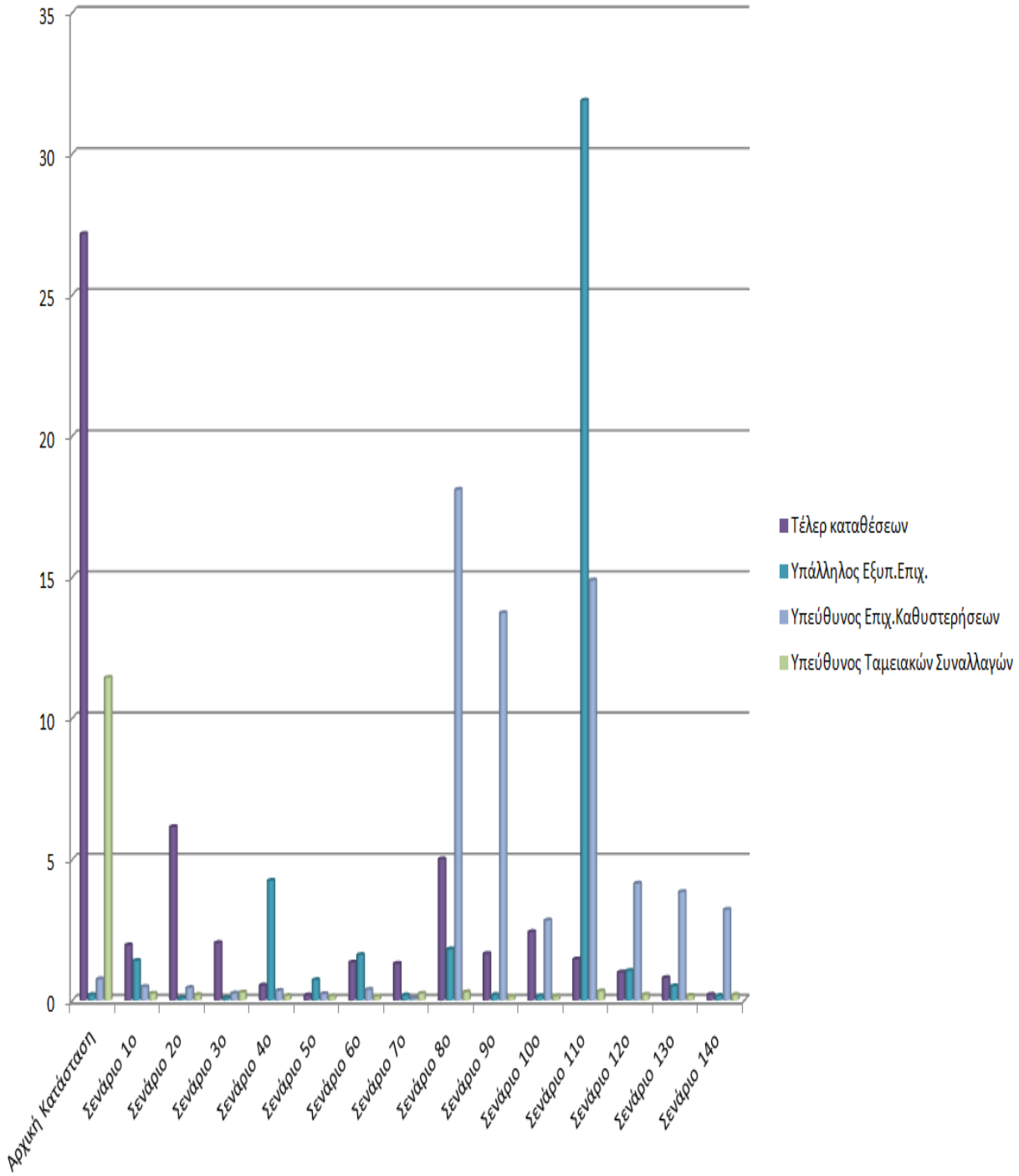
ταμεία και από το τμήμα του Υποδιευθυντή στο τμήμα του Υπεύθυνου Ταμ.Συν.

- Σενάριο 15°: Η μεταφορά υπαλλήλων ή υπαλλήλου από το τμήμα Υπ.Εξ.Συν δεν είναι δυνατή γιατί το τμήμα αποτελείται μόνο από ένα υπαλλήλο.Επιπλεόν δεν είναι δυνατή(για τον ίδιο λόγο) η μετακίνηση δυο υπαλλήλων από το τμήμα Υπ.Ιδιωτών αλλά και από το τμήμα του Alpha Prime.

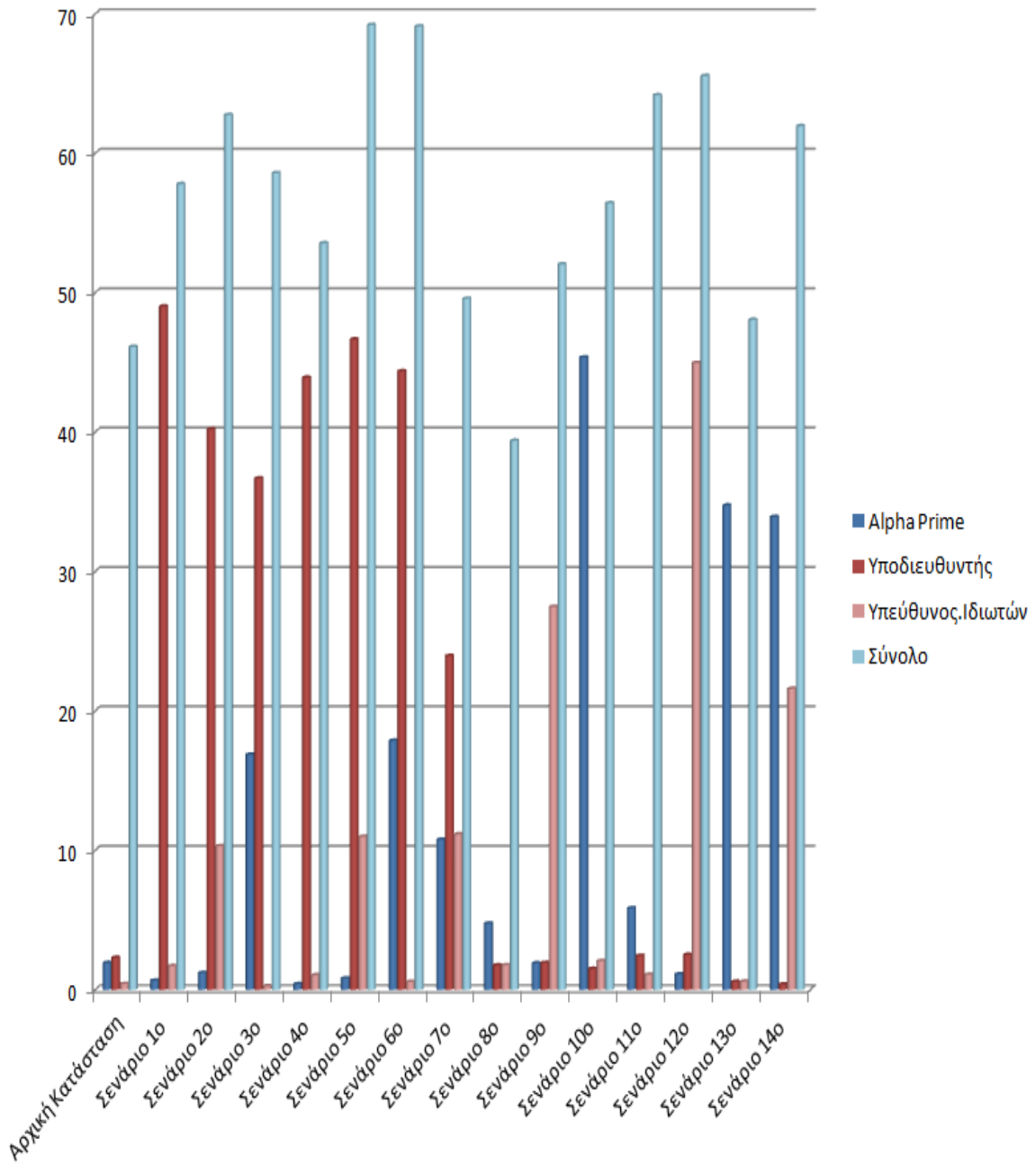
Από όλα τα παραπάνω πιθανά σενάρια φτιάχνουμε τρία διαγράμματα όπου εκεί φαίνεται ο μέσος αριθμός των πελατών στην ουρά σε κάθε τμήμα ξεχωριστά.



Διάγραμμα 6.3.1 Όλα τα πιθανά σενάρια για τα τμήματα του Διευθυντή, Υπάλληλο Εξυπ. Συναλλαγών, Υπάλληλο θυρίδων καθώς και οι πελάτες στην ουρά στο τμήμα του Διευθυντή, Υπάλληλο Εξυπ.Συναλλαγών, Υπάλληλο θυρίδων



Διάγραμμα 6.3.2 Όλα τα πιθανά σενάρια για τα τμήματα του Τέλερ Καταθέσεων, Υπάλληλο Εξυπ. Επιχ., Υπεύθυνο Επιχ. Καθυστερήσεων καθώς και οι πελάτες στην ουρά στο τμήμα του Τέλερ Καταθέσεων, Υπάλληλο Εξυπ. Επιχ., Υπεύθυνο Επιχ. Καθυστερήσεων



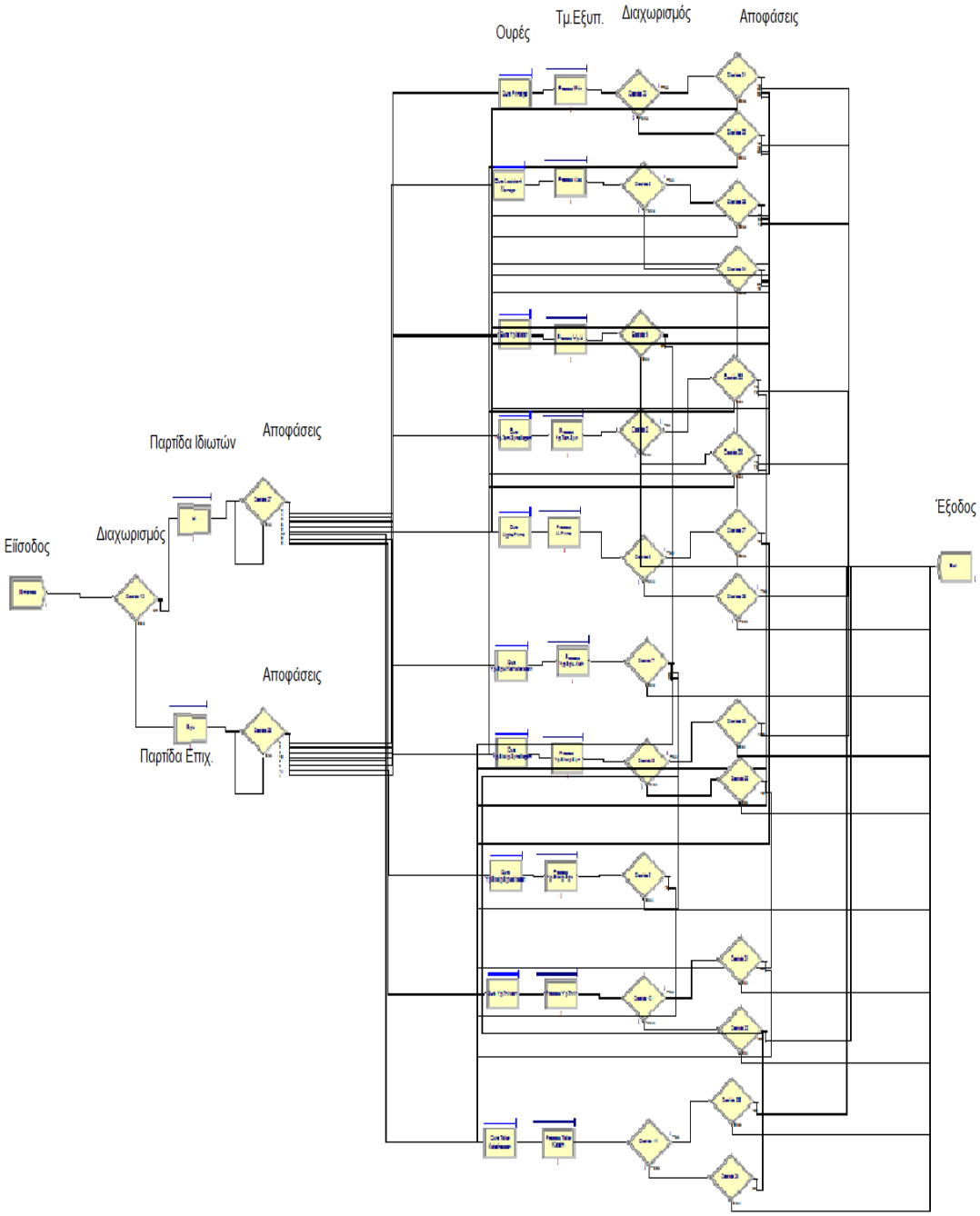
Διάγραμμα 6.3.3 Όλα τα πιθανά σενάρια για τα τμήματα του Alpha Prime, Υποδιευθυντή , Υπεύθυνο Ιδιωτών καθώς και οι πελάτες στην ουρά στο τμήμα του Alpha Prime, Υποδιευθυντή, Υπεύθυνο Ιδιωτών καθώς και οι συνολικοί πελάτες αναμονής στην ουρά

Από όλα αυτά τα σενάρια που εξετάσαμε, το καλύτερο φαίνεται να είναι το σενάριο **8** γιατί μας δίνει τον μικρότερο αριθμό πελατών που περιμένουν στην ουρά. Δηλαδή ενώ στην αρχική κατάσταση έχουμε 46,12 πελάτες που

περιμένουν στην ουρά συνολικά, με την βοήθεια του σεναρίου **8**(δηλαδή με την μετακίνηση ενός υπαλλήλου από το τμήμα του Υπ.Επιχ.Καθ. στο τμήμα του Υπ.Ταμ.Συν αλλά και την μετακίνηση από το τμήμα του Υπ.Εξυπ.Επιχ στο τμήμα του Teller καταθέσεων) πετυχαίνουμε το καλύτερο δυνατό αποτελέσματα που είναι η μείωση του αριθμού πελατών στην ουρά από 46,12 σε 39,39 συνολικά.

7.Προσομοίωση του τραπεζικού συστήματος με διαφορετικούς τύπους πελατών

Εδώ δημιουργούμε ένα νέο μοντέλο στο περιβάλλον της Arena, το οποίο διαχωρίζει τους πελάτες ανάλογα με την επαγγελματική τους δραστηριότητα. Το μοντέλο αυτό θα μοιάζει με το αρχικό μας μοντέλο με κάποιες αλλαγές. Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται το τελικό μοντέλο της προσομοίωσης. Η εικόνα έχει παρθεί από το περιβάλλον του λογισμικού και έχουν προστεθεί επεξηγηματικά σχόλια για κάθε τμήμα της.



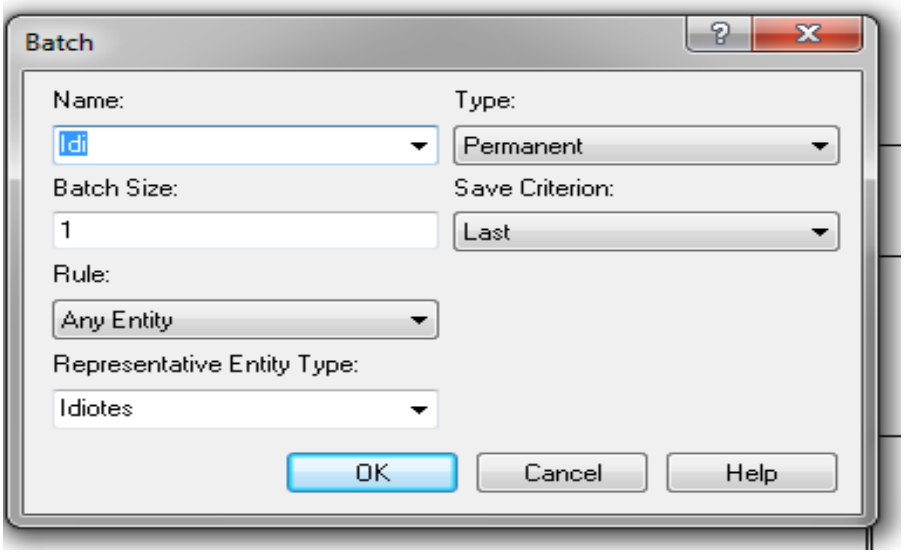
Εικόνα 7.1 Τελικό μοντέλο προσομοίωσης

Ξεκινώντας από τα αριστερά έχουμε την είσοδο των πελατών. Έπειτα οι πελάτες διαχωρίζονται σε 2 κατηγορίες ανάλογα με την επαγγελματική τους δραστηριότητα σε ιδιώτες και επιχειρήσεις. Στην συνέχεια οι πελάτες αποφασίζουν(ανάλογα με την πιθανότητα μετάβασης) σε ποιο τμήμα θα κατευθυνθούν. Έπειτα μπαίνουν στην ουρά ή όχι ανάλογα αν το τμήμα που θέλουνε να κατευθυνθούν μπορεί να τους δεχτεί, δηλαδή αν είναι γεμάτο ή όχι. Ύστερα εισέρχονται στο τμήμα της εξυπηρέτησης και εξυπηρετούνται από το ανάλογο τμήμα. Έπειτα αναγνωρίζονται από το σύστημα αν είναι ιδιώτες ή επιχειρήσεις και με την ανάλογη πιθανότητα κατευθύνονται στην έξοδο ή πηγαίνουν σε κάποιο άλλο τμήμα προκειμένου να τελειώσουν κάποια δουλεία τους. Τέλος είναι η έξοδος όπου οι πελάτες φεύγουν από το σύστημα.

Όπως βλέπουμε παραπάνω το συγκεκριμένο μοντέλο μοιάζει πολύ με το αρχικό μας μοντέλο με κάποιες μικρές παραλλαγές.Οι αλλαγές αυτές είναι:

- Α) Διαχωρισμός των πελατών ανάλογα με την επαγγελματική τους δραστηριότητα(ιδιώτες-επιχειρήσεις). Αυτό μοντελοποιείται με την εντολή Decide, όπου εκεί γίνεται ο διαχωρισμός των πελατών.
- Β) Χρησιμοποίηση της εντολής Batch όπου εκεί γίνεται ομαδοποίηση των πελατών και κάθε πελάτης ανάλογα με την επαγγελματική του δραστηριότητα διέρχεται από το κατάλληλο Batch.
- Γ) Μετά την εξυπηρέτηση των πελατών από τα αντίστοιχα τμήματα γίνεται αναγνώριση του τύπου των πελατών και κατεύθυνση του στο αντίστοιχο τμήμα (ανάλογα πάντα με την κάθε πιθανότητα).

Παρακάτω θα παρουσιάσουμε μια νέα εντολή έτσι όπως χρησιμοποιήθηκε σην προσομοίωση του συστήματος .Η νέα αυτή εντολή είναι το Batch



Εικόνα 7.2 Πλαίσιο διαμόρφωσης Idi(Ιδιωτών)

Όπως βλέπουμε στην εικόνα 7.2 πάνω αριστερά δίδεται το όνομα που έχει η εντολή(εδω πρόκειται για ιδιώτες οπότε θα δώσω το όνομα Idi). Στην συνέχεια δίδεται ο τύπος της εντολής που εμείς θέλουμε να είναι μόνιμος(και όχι προσωρινός) και κάτω αριστερά δηλώνουμε τους πελάτες που έχουν την δυνατότητα να εισέλθουν σε αυτήν την εντολή(εδώ μπορούν να εισέλθουν μόνο οι ιδιώτες). Ακριβώς η ίδια εντολή χρησιμοποιείται για τις επιχειρήσεις με την μόνο διαφορά ότι εκεί αλλάζουν οι πελάτες που μπορούν να μπουν από ιδιώτες σε επιχειρήσεις και προφανώς το όνομα της εντολής από Idi σε Epix.

Παρά τις μικρές αλλαγές του συστήματος έχουμε σε ορισμένα τμήματα κάποιες διαφορετικές τιμές στις ουρές και διαφορετικούς χρόνους αναμονής στην ουρά. Μικρές διαφορές στα τμήματα εμφανίζουν το τμήμα του Alpha Prime, το τμήμα του Διευθυντή, το τμήμα του Υποδιευθυντή, το τμήμα του Υπ.Εξυπ.Συναλλαγών, το τμήμα του Υπ.Θυρίδων, το τμήμα του Υπ.Επιχ.Καθ., το τμήμα του Teller Καταθέσεων, το τμήμα του Υπ.Εξυπ.Επιχ. Μεσαίες διαφορές εμφανίζει το τμήμα του Υπ.Ιδιωτών και το τμήμα του Υπ.Ταμ.Συναλλαγών. Όλα αυτά φαίνονται και από την εικόνα 7.3.

Number Waiting	Average
Oura Alpha.Prime.Queue	0.8492
Oura Assistant Manager.Queue	0.4342
Oura Principal.Queue	1.5213
Oura Teller Katatheseon.Queue	5.4426
Oura Yp.Eksip.Epixeiriseon.Queue	0.077
Oura Yp.Eksip.Synallagon.Queue	0.8662
Oura Yp.Epix.Kathisteriseon.Queue	0.4408
Oura Yp.Idioton.Queue	0.4284
Oura Yp.Tam.Synallagon.Queue	2.6305
Oura Yp.Thiridon.Queue	0.01005473
Process Al.Prime.Queue	0.3875
Process Ass.Queue	0.2891
Process Prin.Queue	0.5385
Process Teller Katath.Queue	0.5844
Process Yp.Eksip.Epix.Queue	0.3214
Process Yp.Eksip.Syn.Queue	0.4382
Process Yp.Epix.Kath.Queue	0.2459
Process Yp.id.Queue	0.2880
Process Yp.Tam.Syn.Queue	0.6778
Process Yp.Thiri.Queue	0.03527073

Number Waiting	Average
Oura Alpha.Prime.Queue	0.9975
Oura Assistant Manager.Queue	0.4188
Oura Principal.Queue	1.7970
Oura Teller Katatheseon.Queue	5.3209
Oura Yp.Eksip.Epixeiriseon.Queue	0.08221848
Oura Yp.Eksip.Synallagon.Queue	0.9907
Oura Yp.Epix.Kathisteriseon.Queue	0.4050
Oura Yp.Idioton.Queue	0.2924
Oura Yp.Tam.Synallagon.Queue	3.0334
Oura Yp.Thiridon.Queue	0.00999944
Process Al.Prime.Queue	0.3850
Process Ass.Queue	0.2874
Process Prin.Queue	0.5640
Process Teller Katath.Queue	0.6571
Process Yp.Eksip.Epix.Queue	0.07684378
Process Yp.Eksip.Syn.Queue	0.4354
Process Yp.Epix.Kath.Queue	0.2118
Process Yp.id.Queue	0.2502
Process Yp.Tam.Syn.Queue	0.6715
Process Yp.Thiri.Queue	0.03608799

Εικόνα 7.3 Μέσος αριθμός πελατών που περιμένουν στην ουρά σε κάθε τμήμα της τράπεζας για το σύστημα με διακριτοποίηση και για το κανονικοποιημένο σύστημα

Οι διαφορές εμφανίζονται διότι στο μοντέλο του κανονικοποιημένου συστήματος Jackson όλοι οι πελάτες πήγαιναν σε όλα τα τμήματα ανεξάρτητα της επαγγελματικής τους δραστηριότητας, ενώ τώρα που έχουμε διάκριση πελατών οι επιχειρήσεις πηγαίνουν σε ορισμένα τμήματα. Το ίδιο και οι ιδιώτες. Μεγάλο ενδιαφέρον επίσης παρουσιάζει ο χρόνος αναμονής στην ουρά, ο χρόνος εξυπηρέτησης και οι τρέχουσες εργασίες. Από το πρόγραμμα παίρνουμε τα εξής αποτελέσματα.

Time

VA Time

	Average
Epixeiriseis	0.4688
Idiotes	0.2216

NVA Time

	Average
Epixeiriseis	0.00
Idiotes	0.00

Wait Time

	Average
Epixeiriseis	0.3583
Idiotes	0.2528

Transfer Time

	Average
Epixeiriseis	0.00
Idiotes	0.00

Other Time

	Average
Epixeiriseis	0.00
Idiotes	0.00

Total Time

	Average
Epixeiriseis	0.8271
Idiotes	0.4744

Other

Εικόνα 7.4,Χρόνος εξυπηρέτησης, χρόνος αναμονής στην ουρά, συνολικός χρόνος για τους Ιδιώτες και τις επιχειρήσεις

Number Out

	Value
Customers	50000.00
Epixeiriseis	24008.00
Idiotes	25992.00

WIP

	Average
Customers	32.1723
Epixeiriseis	19.8474
Idiotes	12.3249

Εικόνα 7.5 Πελάτες που εισήλθαν-εξήλθαν από το σύστημα και πελάτες που εξυπηρετούνται τώρα

Από τα αποτελέσματα διακρίνουμε ότι οι επιχειρήσεις έχουνε μεγαλύτερο συνολικό χρόνο στο σύστημα(Total time), το οποίο είναι το άθροισμα χρόνου εξυπηρέτησης(Va time) με το χρόνο αναμονής στην ουρά(Wait time) από ότι οι ιδιώτες, ο οποίος είναι σχεδόν ο διπλάσιος.

Τέλος διακρίνουμε ότι οι ιδιώτες είναι ελάχιστα περισσότεροι από τις επιχειρήσεις που εισέρχονται στο σύστημα αλλά παρόλα αυτά οι επιχειρήσεις έχουν περισσότερα άτομα μέσα στο σύστημα που τακτοποιούν τις τραπεζικές τους εργασίες.

8.Σύνοψη

Στην εργασία αυτή παρουσιάστηκε το σύστημα εξυπηρέτησης ενός υποκαταστήματος της τράπεζας Alpha Bank. Το σύστημα μοντελοποιήθηκε ως ένα ανοικτό δίκτυο Jackson, ενώ αναπτύχθηκε και ένας προσομοιωτής του με την βοήθεια του προγράμματος Arena 14 Students Edition. Με τη βοήθεια του προσομοιωτή έγινε εφικτή η ανάλυση του συστήματος και η εκτίμηση των διαφόρων μέτρων απόδοσης όπως οι μέσοι χρόνοι αναμονής στην ουρά, οι μέσοι χρόνοι εξυπηρέτησης, ο μέσος αριθμός πελατών στην ουρά, η συνολική αξιοποίηση των υπαλλήλων της τράπεζας κλπ. Στη συνέχεια παρουσιάστηκαν προτάσεις για την βελτίωση της εξυπηρέτησης του τραπεζικού συστήματος σε συνθήκες αυξημένης κίνησης. Ακόμη αναπτύχθηκε ένα μοντέλο του συστήματος που επιτρέπει την ύπαρξη διαφορετικών κατηγοριών πελατών. Είναι βασικό να ειπωθεί, ότι η λειτουργία του τραπεζικού συστήματος προσομοιώνει σε πολύ καλό βαθμό την πραγματική λειτουργία της τράπεζας Alpha Bank. Μετά από πληθώρα προσομοιώσεων, καταγράφηκαν και αναλύθηκαν τα αποτελέσματα που ενδιαφέρουν για την βελτίωση λειτουργίας του τραπεζικού συστήματος της τράπεζας Alpha Bank. Η παρούσα εργασία θα μπορούσε να αξιοποιηθεί πλήρως από την τράπεζα Alpha Bank, προς την βελτίωση του τραπεζικού συστήματος εξυπηρέτησης.

Βιβλιογραφία

[1] A. Bradley, Arena *Users Guide-Getting Started With Arena*, Online Book, Rockwell Software, 2012.

[2] T. Altiok and B. Melamed, *Simulation Modeling and Analysis with Arena*, Online Book, Rutgers University, Piscataway, New Jersey, 2007.

[3] Β. Σ. Κουικόγλου, *Προσομοίωση. Σημειώσεις Μαθήματος*, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά, 2006.

[4] Π. Σούμπακας, *Προσομοίωση και Βελτιστοποίηση Γραμμής Παραγωγής Κεραμοποιείου με Χρήση Λογισμικού Arena*, *Διπλωματική Εργασία*, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά, 2012.

[5] Γ. Α. Φίλης, *Δίκτυα Παραγωγής-C.A.M*. *Σημειώσεις Μαθήματος*, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά, 2003.

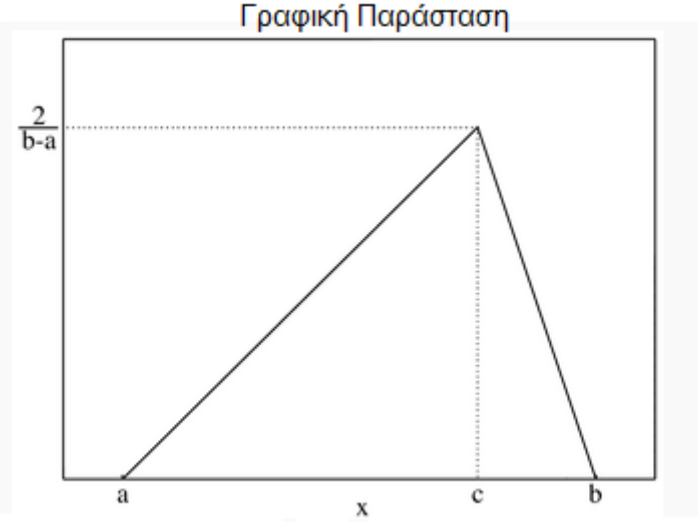
Παράρτημα 1(Κατανομές)

A) Η Τριγωνική Κατανομή (Triangular Distribution)

Στη θεωρία πιθανοτήτων και της στατιστικής, η τριγωνική κατανομή είναι μια συνεχή κατανομή πιθανότητας με ένα κατώτερο όριο a, ανώτατο όριο b και c την πιο επιθυμητή τιμή, όπου a<b και a<=c<=b.Η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας δίδεται ως εξής:

$$f(x|a,b,c) = \begin{cases} 0 & \text{for } x < a, \\ \frac{2(x-a)}{(b-a)(c-a)} & \text{for } a \leq x \leq c, \\ \frac{2(b-x)}{(b-a)(b-c)} & \text{for } c < x \leq b, \\ 0 & \text{for } b < x, \end{cases}$$

Γραφική Παράσταση

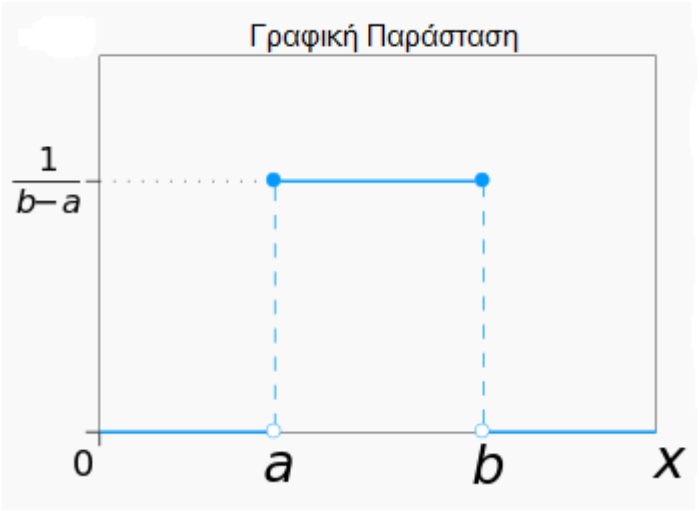


Γενικά η Τριγωνική κατανομή χρησιμοποιείται όταν δηλώνονται τα όρια a,b χωρίς να δηλώνεται το επίπεδο εμπιστοσύνης και όταν δεν υπάρχει γνώση της κατανομής αλλά οι πιθανότερες τιμές βρίσκονται στην τιμή c παρά στα όρια a,b.

Β) Η Ομοιόμορφη Κατανομή (Uniform Distribution)

Στη θεωρία πιθανοτήτων και της στατιστικής, η ομοιόμορφη κατανομή ή ορθογωνική κατανομή είναι μια οικογένεια των συμμετρικών κατανομών πιθανοτήτων, έτσι ώστε για κάθε μέλος της οικογένειας, όλα τα διαστήματα του ίδιου μήκους να είναι εξίσου πιθανά. Η κατανομή αυτή ορίζεται από τις δύο παραμέτρους, α και b, οι οποίες παίρνουν ελάχιστες και μέγιστες τιμές. Η κατανομή είναι συχνά συντομογραφία U (α, b). Η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας δίδεται ως εξής:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{b-a} & \text{for } a \le x \le b, \\ 0 & \text{for } x < a \text{ or } x > b \end{cases}$$



Γενικά χρησιμοποιείται όταν δεν γνωρίζουμε που ακριβώς κυμαινόμαστε γι αυτό ορίζουμε δυο ακραίες τιμές (μια μέγιστη και μια ελάχιστη) που είναι τα όρια μας.

Γ)Η Σταθερή Κατανομή(Constant Distribution)

Η σταθερή κατανομή χρησιμοποιείται όταν γνωρίζουμε ακριβώς την τιμή που εμείς θέλουμε να ορίσουμε στην μεταβλητή μας.

Δ)Η Κανονική Κατανομή(Normal Distribution)

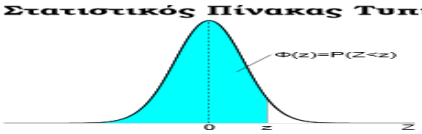
Η κανονική κατανομή (γνωστή και ως Γκαουσιανη *κατανομή*) αναφέρεται σε συνεχείς μεταβλητές αποτελώντας μία συνεχή συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας. Χρησιμοποιείται ως μία πρώτη προσέγγιση για να περιγραφούν τυχαίες μεταβλητές πραγματικών τιμών, οι οποίες τείνουν να συγκεντρώνονται γύρω από μια μέση τιμή. Η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας δίδεται ως εξής:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

όπου e=η βάση των νεπέρειων λογαρίθμων (≡2,71828), π=η γνωστή μαθηματική σταθερά (≡3,14159), μ=η μέση τιμή, σ=η τυπική απόκλιση και Χ=μια τιμή της συνεχούς τυχαίας μεταβλητής στο διάστημα -∞ έως +∞.

Z=(X-μ)/σ,Το 99,7% των τιμών βρίσκεται στο διαστημα[μ-3σ,μ+3σ]. $X \sim \mathcal{N}(\mu, \sigma^2)$

Στατιστικός Πίνακας Τυπικής Κανονική Κατανομής



Παράδειγμα :
$z = 1.28 \iff \Phi(z) = 0.90$
$z = 1.65 \iff \Phi(z) = 0.95$
$z = 2.33 \iff \Phi(z) = 0.99$
$z = 3.08 \iff \Phi(z) = 0.999$

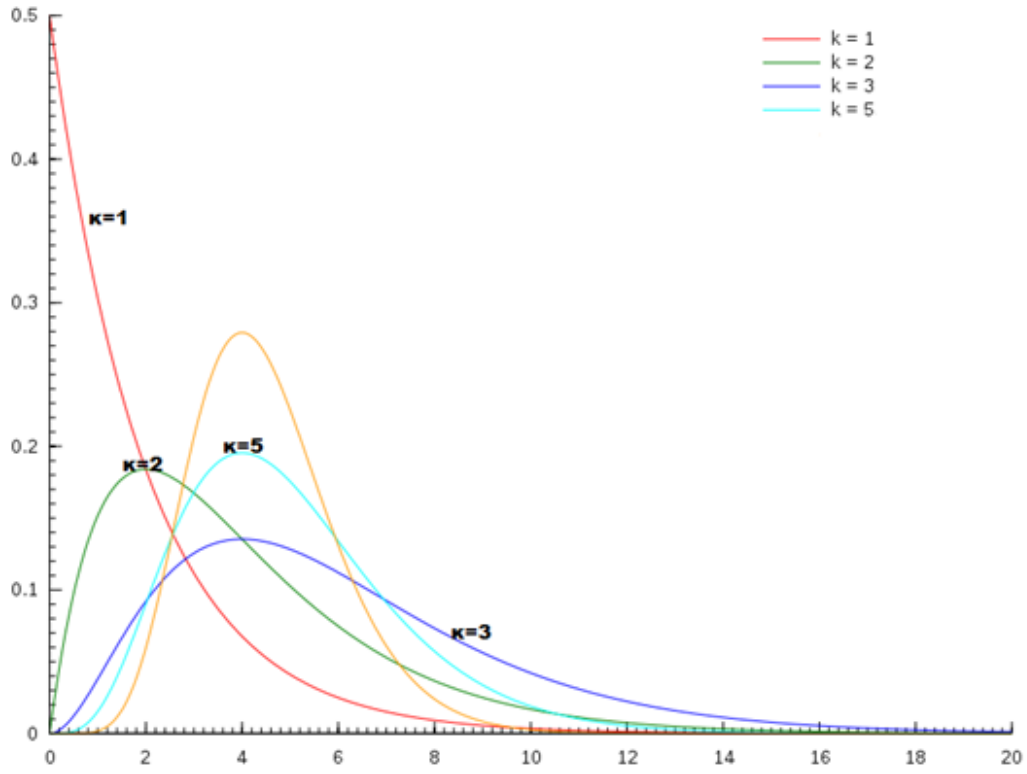
z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.0	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990
3.1	0.9990	0.9991	0.9991	0.9991	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993	0.9993
3.2	0.9993	0.9993	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9995	0.9995	0.9995
3.3	0.9995	0.9995	0.9995	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9997
3.4	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9998

Ε)Η Κατανομή Erlang(Erlang Distribution)

Η κατανομή Erlang είναι μια συνεχής κατανομή πιθανότητας με ευρεία εφαρμογή κυρίως λόγω της σχέσης της με την Εκθετική και την Gamma. Η κατανομή αυτή είναι μια συνεχής κατανομή, η οποία έχει μια θετική τιμή για όλους τους πραγματικούς αριθμούς μεγαλύτερους από το μηδέν, και δίνεται από δύο παραμέτρους: το k, το οποίο είναι ένας θετικός ακέραιος, και το ποσοστό λ λάμδα, η οποία είναι ένας θετικός πραγματικός αριθμός. Η κατανομή μερικές φορές χρησιμοποιεί το αντίστροφο της παραμέτρου

ρυθμού, μ=1/λ δηλαδή χρησιμοποιεί την μέση τιμή μ. Όταν η παράμετρος k ισούται με 1, η κατανομή απλοποιείται σε εκθετική κατανομή. Η κατανομή Erlang είναι μια ειδική περίπτωση της κατανομής Gamma, όπου η παράμετρος σχήματος k είναι ένας ακέραιος. Η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας δίδεται ως εξής:

$$f(x|k,\lambda) = \frac{\lambda^k x^{k-1} e^{-\lambda x}}{\Gamma(k)} \quad \text{for } x, \lambda \geq 0$$



Παράρτημα2(Πίνακες Αποτελεσμάτων Προσομοίωσης)

A)Πίνακας αποτελεσμάτων προσομοίωσης για το αρχικό μοντέλο με την Τριγωνική κατανομή

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Oura Alpha.Prime.Queue	0.05988240	0.010924896	0.00	0.9118
Oura Assistant Manager.Queue	0.03114559	0.008989176	0.00	0.8664
Oura Principal.Queue	0.2476	0.076008021	0.00	2.9511
Oura Teller Katatheseon.Queue	0.1005	0.031337074	0.00	1.0385
Oura Yp.Eksip.Epixeiriseon.Queue	0.00380178	0.001232725	0.00	0.3301
Oura Yp.Eksip.Synallagon.Queue	0.1182	0.032978230	0.00	1.8685
Oura Yp.Epix.Kathisteriseon.Queue	0.01975945	0.005224775	0.00	0.5338
Oura Yp.Idioton.Queue	0.03515401	0.008602548	0.00	0.8667
Oura Yp.Tam.Synallagon.Queue	0.5037	0.140719713	0.00	3.4020
Oura Yp.Thiridon.Queue	0.00198767	(Correlated)	0.00	0.2143
Process Al.Prime.Queue	0.07581404	0.004516285	0.00	0.4234
Process Ass.Queue	0.04592716	0.004048354	0.00	0.3155
Process Prin.Queue	0.1625	0.009949116	0.00	0.3719
Process Teller Katath.Queue	0.01793220	0.000754879	0.00	0.1256
Process Yp.Eksip.Epix.Queue	0.00597384	0.000899476	0.00	0.2355
Process Yp.Eksip.Syn.Queue	0.1295	(Correlated)	0.00	0.3683
Process Yp.Epix.Kath.Queue	0.02291419	0.002007858	0.00	0.2969
Process Yp.id.Queue	0.05942581	0.005578234	0.00	0.3931
Process Yp.Tam.Syn.Queue	0.1895	0.010051049	0.00	0.3738
Process Yp.Thiri.Queue	0.02388866	0.004048701	0.00	0.2739

Other

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Oura Alpha.Prime.Queue	0.2513	0.055274546	0.00	5.0000
Oura Assistant Manager.Queue	0.1543	(Correlated)	0.00	8.0000
Oura Principal.Queue	0.7557	0.235740832	0.00	13.0000
Oura Teller Katatheseon.Queue	3.6172	1.06772	0.00	42.0000
Oura Yp.Eksip.Epixeiriseon.Queue	0.04074556	0.011034902	0.00	6.0000
Oura Yp.Eksip.Synallagon.Queue	0.3139	0.091703858	0.00	7.0000
Oura Yp.Epix.Kathisteriseon.Queue	0.1561	0.040171612	0.00	8.0000
Oura Yp.Idioton.Queue	0.1269	0.036059261	0.00	6.0000
Oura Yp.Tam.Synallagon.Queue	1.6985	0.582722954	0.00	15.0000
Oura Yp.Thiridon.Queue	0.00201844	(Insufficient)	0.00	2.0000
Process Al.Prime.Queue	0.3181	0.030146249	0.00	1.0000
Process Ass.Queue	0.2275	0.024321726	0.00	1.0000
Process Prin.Queue	0.4959	0.039689496	0.00	1.0000
Process Teller Katath.Queue	0.6452	0.033763207	0.00	1.0000
Process Yp.Eksip.Epix.Queue	0.06402453	0.008155108	0.00	1.0000
Process Yp.Eksip.Syn.Queue	0.3438	0.035581366	0.00	1.0000
Process Yp.Epix.Kath.Queue	0.1810	0.017114955	0.00	1.0000
Process Yp.id.Queue	0.2146	0.027464394	0.00	1.0000
Process Yp.Tam.Syn.Queue	0.6389	0.056499054	0.00	1.0000
Process Yp.Thiri.Queue	0.02425839	0.005678081	0.00	1.0000

B)<u>Πίνακας αποτελεσμάτων προσομοίωσης για το αρχικό μοντέλο με την Ομοιόμορφη κατανομή</u>

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Oura Alpha.Prime.Queue	0.0977	0.041558547	0.00	1.9085
Oura Assistant Manager.Queue	0.04017190	0.009985473	0.00	0.9715
Oura Principal.Queue	0.2694	0.081472089	0.00	3.0539
Oura Teller Katatheseon.Queue	0.07910114	0.022162456	0.00	0.9098
Oura Yp.Eksip.Epixeiriseon.Queue	0.00428257	0.001532994	0.00	0.3361
Oura Yp.Eksip.Synallagon.Queue	0.1186	0.039260600	0.00	1.6678
Oura Yp.Epix.Kathisteriseon.Queue	0.02189703	0.005268007	0.00	0.9351
Oura Yp.Idioton.Queue	0.02912882	0.004547482	0.00	0.6934
Oura Yp.Tam.Synallagon.Queue	0.5419	0.179972222	0.00	4.4490
Oura Yp.Thiridon.Queue	0.00268325	0.004046052	0.00	0.7114
Process Al.Prime.Queue	0.07984175	0.007776709	0.00	0.4449
Process Ass.Queue	0.04589822	0.003658612	0.00	0.3333
Process Prin.Queue	0.1633	0.010825882	0.00	0.3749
Process Teller Katath.Queue	0.01734386	0.000830769	0.00	0.1263
Process Yp.Eksip.Epix.Queue	0.00618043	0.000745678	0.00	0.2336
Process Yp.Eksip.Syn.Queue	0.1293	(Correlated)	0.00	0.3749
Process Yp.Epix.Kath.Queue	0.02418955	0.001815881	0.00	0.3946
Process Yp.id.Queue	0.05569245	0.003232112	0.00	0.4517
Process Yp.Tam.Syn.Queue	0.1903	0.009221833	0.00	0.3750
Process Yp.Thiri.Queue	0.02363573	0.004118037	0.00	0.2854

Other

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Oura Alpha.Prime.Queue	0.4175	0.190845586	0.00	12.0000
Oura Assistant Manager.Queue	0.2006	0.048977612	0.00	8.0000
Oura Principal.Queue	0.8090	0.242323746	0.00	12.0000
Oura Teller Katatheseon.Queue	2.8347	(Correlated)	0.00	36.0000
Oura Yp.Eksip.Epixeiriseon.Queue	0.04643677	0.017168233	0.00	7.0000
Oura Yp.Eksip.Synallagon.Queue	0.3137	0.098270681	0.00	7.0000
Oura Yp.Epix.Kathisteriseon.Queue	0.1731	0.042692213	0.00	11.0000
Oura Yp.Idioton.Queue	0.1034	0.019165599	0.00	4.0000
Oura Yp.Tam.Synallagon.Queue	1.8226	0.658106933	0.00	18.0000
Oura Yp.Thiridon.Queue	0.00267928	(Insufficient)	0.00	3.0000
Process Al.Prime.Queue	0.3411	0.039638261	0.00	1.0000
Process Ass.Queue	0.2292	0.021911766	0.00	1.0000
Process Prin.Queue	0.4903	0.043863585	0.00	1.0000
Process Teller Katath.Queue	0.6215	(Correlated)	0.00	1.0000
Process Yp.Eksip.Epix.Queue	0.06701567	0.007491761	0.00	1.0000
Process Yp.Eksip.Syn.Queue	0.3417	(Correlated)	0.00	1.0000
Process Yp.Epix.Kath.Queue	0.1912	0.018060764	0.00	1.0000
Process Yp.id.Queue	0.1977	0.015404903	0.00	1.0000
Process Yp.Tam.Syn.Queue	0.6399	0.050248527	0.00	1.0000
Process Yp.Thiri.Queue	0.02360073	0.005270024	0.00	1.0000

Γ)Πίνακας αποτελεσμάτων προσομοίωσης για το αρχικό μοντέλο με την Σταθερή κατανομή

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Oura Alpha.Prime.Queue	0.07208751	0.019746282	0.00	1.2141
Oura Assistant Manager.Queue	0.02841820	0.007097528	0.00	0.7847
Oura Principal.Queue	0.2158	0.080456791	0.00	2.4947
Oura Teller Katatheseon.Queue	0.07744045	0.014073127	0.00	0.5791
Oura Yp.Eksip.Epixeiriseon.Queue	0.00370323	0.000966472	0.00	0.2840
Oura Yp.Eksip.Synallagon.Queue	0.1133	0.031000169	0.00	1.8726
Oura Yp.Epix.Kathisteriseon.Queue	0.02201192	0.006161931	0.00	0.6272
Oura Yp.Idioton.Queue	0.04664079	0.016267916	0.00	1.3605
Oura Yp.Tam.Synallagon.Queue	0.6420	0.249556704	0.00	5.4484
Oura Yp.Thiridon.Queue	0.00324560	0.002038565	0.00	0.3531
Process Al.Prime.Queue	0.07510003	0.006527664	0.00	0.3311
Process Ass.Queue	0.04539230	0.003511039	0.00	0.2493
Process Prin.Queue	0.1545	0.011814067	0.00	0.2500
Process Teller Katath.Queue	0.01762437	0.000795536	0.00	0.0978
Process Yp.Eksip.Epix.Queue	0.00587997	0.000669839	0.00	0.1910
Process Yp.Eksip.Syn.Queue	0.1248	0.009957153	0.00	0.2500
Process Yp.Epix.Kath.Queue	0.02372870	0.002292046	0.00	0.2945
Process Yp.id.Queue	0.05576197	0.004705744	0.00	0.3312
Process Yp.Tam.Syn.Queue	0.1948	0.011405178	0.00	0.2500
Process Yp.Thiri.Queue	0.02365084	0.004503309	0.00	0.2000

Other

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Oura Alpha.Prime.Queue	0.3047	0.079322979	0.00	7.0000
Oura Assistant Manager.Queue	0.1403	0.037443766	0.00	7.0000
Oura Principal.Queue	0.6522	0.245245561	0.00	10.0000
Oura Teller Katatheseon.Queue	2.7918	0.539306570	0.00	23.0000
Oura Yp.Eksip.Epixeiriseon.Queue	0.03939148	0.012174349	0.00	6.0000
Oura Yp.Eksip.Synallagon.Queue	0.3015	0.073048290	0.00	8.0000
Oura Yp.Epix.Kathisteriseon.Queue	0.1740	0.050478698	0.00	8.0000
Oura Yp.Idioton.Queue	0.1672	0.064967935	0.00	9.0000
Oura Yp.Tam.Synallagon.Queue	2.2148	0.971060529	0.00	22.0000
Oura Yp.Thiridon.Queue	0.00310849	(Insufficient)	0.00	2.0000
Process Al.Prime.Queue	0.3175	0.031069535	0.00	1.0000
Process Ass.Queue	0.2242	0.021974949	0.00	1.0000
Process Prin.Queue	0.4668	0.045288193	0.00	1.0000
Process Teller Katath.Queue	0.6354	0.034335363	0.00	1.0000
Process Yp.Eksip.Epix.Queue	0.06254557	0.008581865	0.00	1.0000
Process Yp.Eksip.Syn.Queue	0.3320	0.035550651	0.00	1.0000
Process Yp.Epix.Kath.Queue	0.1876	0.021177279	0.00	1.0000
Process Yp.id.Queue	0.1999	0.023040934	0.00	1.0000
Process Yp.Tam.Syn.Queue	0.6719	0.061013561	0.00	1.0000
Process Yp.Thiri.Queue	0.02265168	0.004755317	0.00	1.0000

Δ)Πίνακας αποτελεσμάτων προσομοίωσης για το αρχικό μοντέλο με την Κανονική κατανομή

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Oura Alpha.Prime.Queue	0.0946	0.029365878	0.00	1.6021
Oura Assistant Manager.Queue	0.03372014	0.007294089	0.00	0.7765
Oura Principal.Queue	0.2551	0.059812466	0.00	2.7399
Oura Teller Katatheseon.Queue	0.08473553	0.013931432	0.00	0.8488
Oura Yp.Eksip.Epixeiriseon.Queue	0.00494301	0.001173487	0.00	0.4456
Oura Yp.Eksip.Synallagon.Queue	0.1218	0.039093473	0.00	2.2627
Oura Yp.Epix.Kathisteriseon.Queue	0.02801478	0.006245630	0.00	0.7312
Oura Yp.Idioton.Queue	0.05467847	0.014849688	0.00	1.0931
Oura Yp.Tam.Synallagon.Queue	0.5984	0.217555837	0.00	4.1095
Oura Yp.Thiridon.Queue	0.00178954	0.001528783	0.00	0.2877
Process Al.Prime.Queue	0.07589341	0.006201122	0.00	0.5107
Process Ass.Queue	0.04702379	0.003662093	0.00	0.3741
Process Prin.Queue	0.1679	0.008692399	0.00	0.5461
Process Teller Katath.Queue	0.01745002	0.000672908	0.00	0.1389
Process Yp.Eksip.Epix.Queue	0.00680552	0.000814150	0.00	0.1994
Process Yp.Eksip.Syn.Queue	0.1317	0.010478843	0.00	0.5265
Process Yp.Epix.Kath.Queue	0.02582767	0.002039724	0.00	0.4133
Process Yp.id.Queue	0.06075132	0.005115614	0.00	0.4828
Process Yp.Tam.Syn.Queue	0.1918	0.011723272	0.00	0.5428
Process Yp.Thiri.Queue	0.02221842	0.004851368	0.00	0.3426

Other

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Oura Alpha.Prime.Queue	0.3935	0.124500886	0.00	10.0000
Oura Assistant Manager.Queue	0.1676	0.042165337	0.00	6.0000
Oura Principal.Queue	0.7639	0.245183994	0.00	10.0000
Oura Teller Katatheseon.Queue	3.0283	0.655708376	0.00	33.0000
Oura Yp.Eksip.Epixeiriseon.Queue	0.05273786	0.014354047	0.00	9.0000
Oura Yp.Eksip.Synallagon.Queue	0.3168	0.121460609	0.00	8.0000
Oura Yp.Epix.Kathisteriseon.Queue	0.2219	0.054699126	0.00	9.0000
Oura Yp.Idioton.Queue	0.1966	0.057651711	0.00	7.0000
Oura Yp.Tam.Synallagon.Queue	2.0249	(Correlated)	0.00	18.0000
Oura Yp.Thiridon.Queue	0.00175267	(Insufficient)	0.00	1.0000
Process Al.Prime.Queue	0.3155	0.037940133	0.00	1.0000
Process Ass.Queue	0.2338	0.022882913	0.00	1.0000
Process Prin.Queue	0.5027	0.041031718	0.00	1.0000
Process Teller Katath.Queue	0.6236	0.033363882	0.00	1.0000
Process Yp.Eksip.Epix.Queue	0.07260935	0.009442520	0.00	1.0000
Process Yp.Eksip.Syn.Queue	0.3427	0.039536730	0.00	1.0000
Process Yp.Epix.Kath.Queue	0.2046	0.017039180	0.00	1.0000
Process Yp.id.Queue	0.2185	0.025161715	0.00	1.0000
Process Yp.Tam.Syn.Queue	0.6489	0.056425716	0.00	1.0000
Process Yp.Thiri.Queue	0.02176068	0.005768919	0.00	1.0000

Ε)Πίνακας αποτελεσμάτων προσομοίωσης για το αρχικό μοντέλο με την Κατανομή Erlang(για κ=2,3,4,5)

Erlang(k=2)

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Oura Alpha.Prime.Queue	0.6259	0.210567320	0.00	12.0000
Oura Assistant Manager.Queue	0.3399	0.148405687	0.00	14.0000
Oura Principal.Queue	1.0645	0.410073371	0.00	17.0000
Oura Teller Katatheseon.Queue	3.9483	0.890653014	0.00	42.0000
Oura Yp.Eksip.Epixeiriseon.Queue	0.07842201	0.033235539	0.00	10.0000
Oura Yp.Eksip.Synallagon.Queue	0.6115	(Correlated)	0.00	12.0000
Oura Yp.Epix.Kathisteriseon.Queue	0.3571	0.125807856	0.00	15.0000
Oura Yp.Idioton.Queue	0.2114	0.066124187	0.00	8.0000
Oura Yp.Tam.Synallagon.Queue	3.4838	1.31664	0.00	26.0000
Oura Yp.Thiridon.Queue	0.00438130	(Insufficient)	0.00	2.0000
Process Al.Prime.Queue	0.3780	0.038843212	0.00	1.0000
Process Ass.Queue	0.2605	0.029871871	0.00	1.0000
Process Prin.Queue	0.4837	0.053499417	0.00	1.0000
Process Teller Katath.Queue	0.6385	0.038131192	0.00	1.0000
Process Yp.Eksip.Epix.Queue	0.08190715	0.016507185	0.00	1.0000
Process Yp.Eksip.Syn.Queue	0.4072	0.039788917	0.00	1.0000
Process Yp.Epix.Kath.Queue	0.2188	(Correlated)	0.00	1.0000
Process Yp.id.Queue	0.2277	0.032759038	0.00	1.0000
Process Yp.Tam.Syn.Queue	0.7014	0.071209617	0.00	1.0000
Process Yp.Thiri.Queue	0.02937140	(Insufficient)	0.00	1.0000

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Oura Alpha.Prime.Queue	0.1492	0.037207776	0.00	2.3747
Oura Assistant Manager.Queue	0.06947520	0.029283468	0.00	2.1022
Oura Principal.Queue	0.3573	0.135507284	0.00	3.9369
Oura Teller Katatheseon.Queue	0.1111	0.026364312	0.00	1.0313
Oura Yp.Eksip.Epixeiriseon.Queue	0.00733403	0.002567792	0.00	0.4854
Oura Yp.Eksip.Synallagon.Queue	0.2331	0.105317756	0.00	4.5900
Oura Yp.Epix.Kathisteriseon.Queue	0.04488890	0.015626875	0.00	1.2173
Oura Yp.Idioton.Queue	0.05979492	0.016939834	0.00	1.4325
Oura Yp.Tam.Synallagon.Queue	1.0188	0.365811903	0.00	6.9901
Oura Yp.Thiridon.Queue	0.00466310	0.002305626	0.00	0.4612
Process Al.Prime.Queue	0.0901	0.007264988	0.00	0.8846
Process Ass.Queue	0.05324508	0.005049804	0.00	0.7516
Process Prin.Queue	0.1624	0.014084672	0.00	1.1264
Process Teller Katath.Queue	0.01796506	0.000865356	0.00	0.1996
Process Yp.Eksip.Epix.Queue	0.00765996	0.000990464	0.00	0.3122
Process Yp.Eksip.Syn.Queue	0.1552	0.012565774	0.00	1.4456
Process Yp.Epix.Kath.Queue	0.02750657	(Correlated)	0.00	0.6785
Process Yp.id.Queue	0.06438821	0.006761633	0.00	1.0625
Process Yp.Tam.Syn.Queue	0.2051	0.017508267	0.00	1.3568
Process Yp.Thiri.Queue	0.03126052	0.008200932	0.00	1.0862

Other

Erlang(k=3)

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Oura Alpha.Prime.Queue	0.1077	0.028951283	0.00	1.5813
Oura Assistant Manager.Queue	0.05817888	0.015224588	0.00	1.8161
Oura Principal.Queue	0.3535	0.133663173	0.00	4.2161
Oura Teller Katatheseon.Queue	0.1095	0.025981213	0.00	1.2687
Oura Yp.Eksip.Epixeiriseon.Queue	0.00504984	0.001616514	0.00	0.4563
Oura Yp.Eksip.Synallagon.Queue	0.1660	0.053455615	0.00	2.9059
Oura Yp.Epix.Kathisteriseon.Queue	0.03441479	0.009414025	0.00	0.8538
Oura Yp.Idioton.Queue	0.04748222	0.013717904	0.00	1.3702
Oura Yp.Tam.Synallagon.Queue	0.8026	0.287163660	0.00	7.1278
Oura Yp.Thiridon.Queue	0.00180897	0.000892143	0.00	0.1783
Process Al.Prime.Queue	0.08232520	0.006391149	0.00	0.7276
Process Ass.Queue	0.05333621	0.004116379	0.00	0.6366
Process Prin.Queue	0.1709	0.012052479	0.00	0.8833
Process Teller Katath.Queue	0.01831860	0.000773407	0.00	0.1734
Process Yp.Eksip.Epix.Queue	0.00680915	0.000811439	0.00	0.2663
Process Yp.Eksip.Syn.Queue	0.1418	0.014894261	0.00	1.0507
Process Yp.Epix.Kath.Queue	0.02772638	0.002492232	0.00	0.4571
Process Yp.id.Queue	0.06030847	0.006510761	0.00	0.6928
Process Yp.Tam.Syn.Queue	0.2041	0.013655729	0.00	1.0427
Process Yp.Thiri.Queue	0.02785888	0.004757253	0.00	0.6372

Other

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Oura Alpha.Prime.Queue	0.4503	0.140841650	0.00	10.0000
Oura Assistant Manager.Queue	0.2862	0.079009995	0.00	10.0000
Oura Principal.Queue	1.0708	0.380915867	0.00	18.0000
Oura Teller Katatheseon.Queue	3.9388	1.03086	0.00	47.0000
Oura Yp.Eksip.Epixeiriseon.Queue	0.05382776	0.018907837	0.00	7.0000
Oura Yp.Eksip.Synallagon.Queue	0.4420	0.134373494	0.00	9.0000
Oura Yp.Epix.Kathisteriseon.Queue	0.2705	0.062649667	0.00	10.0000
Oura Yp.Idioton.Queue	0.1678	0.052137869	0.00	7.0000
Oura Yp.Tam.Synallagon.Queue	2.7988	1.01565	0.00	24.0000
Oura Yp.Thiridon.Queue	0.00184388	(Insufficient)	0.00	2.0000
Process Al.Prime.Queue	0.3442	0.034142183	0.00	1.0000
Process Ass.Queue	0.2624	0.026496339	0.00	1.0000
Process Prin.Queue	0.5176	0.054394326	0.00	1.0000
Process Teller Katath.Queue	0.6591	0.035418354	0.00	1.0000
Process Yp.Eksip.Epix.Queue	0.07258073	0.011223106	0.00	1.0000
Process Yp.Eksip.Syn.Queue	0.3776	0.045468551	0.00	1.0000
Process Yp.Epix.Kath.Queue	0.2179	0.021493272	0.00	1.0000
Process Yp.id.Queue	0.2131	0.028598061	0.00	1.0000
Process Yp.Tam.Syn.Queue	0.7119	0.063239890	0.00	1.0000
Process Yp.Thiri.Queue	0.02839651	(Correlated)	0.00	1.0000

Erlang (k=5)

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Oura Alpha.Prime.Queue	0.1186	0.033475677	0.00	1.4470
Oura Assistant Manager.Queue	0.05372578	0.013831326	0.00	1.2014
Oura Principal.Queue	0.2761	(Correlated)	0.00	2.5321
Oura Teller Katatheseon.Queue	0.08018562	0.014855686	0.00	0.6902
Oura Yp.Eksip.Epixeiriseon.Queue	0.00577915	0.002949688	0.00	0.5540
Oura Yp.Eksip.Synallagon.Queue	0.1185	0.021371847	0.00	1.9526
Oura Yp.Epix.Kathisteriseon.Queue	0.02696981	0.007268363	0.00	0.7928
Oura Yp.Idioton.Queue	0.04926955	0.011224745	0.00	1.1928
Oura Yp.Tam.Synallagon.Queue	0.5079	0.177505037	0.00	3.8668
Oura Yp.Thiridon.Queue	0.00278283	0.001966859	0.00	0.4711
Process Al.Prime.Queue	0.08249377	0.007126665	0.00	0.7360
Process Ass.Queue	0.05118560	0.004354743	0.00	0.5128
Process Prin.Queue	0.1702	(Correlated)	0.00	0.8085
Process Teller Katath.Queue	0.01741065	0.000714747	0.00	0.1490
Process Yp.Eksip.Epix.Queue	0.00744462	0.001084947	0.00	0.2061
Process Yp.Eksip.Syn.Queue	0.1362	0.009442477	0.00	0.7320
Process Yp.Epix.Kath.Queue	0.02572379	0.002624658	0.00	0.4405
Process Yp.id.Queue	0.05906033	0.004818784	0.00	0.6237
Process Yp.Tam.Syn.Queue	0.1905	0.012986914	0.00	0.9017
Process Yp.Thiri.Queue	0.02358947	0.005096965	0.00	0.4130

Other

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Oura Alpha.Prime.Queue	0.5012	0.152356931	0.00	10.0000
Oura Assistant Manager.Queue	0.2696	0.079999453	0.00	8.0000
Oura Principal.Queue	0.8250	0.191593650	0.00	9.0000
Oura Teller Katatheseon.Queue	2.8587	0.594717661	0.00	27.0000
Oura Yp.Eksip.Epixeiriseon.Queue	0.06227495	0.025004136	0.00	11.0000
Oura Yp.Eksip.Synallagon.Queue	0.3121	0.082884421	0.00	7.0000
Oura Yp.Epix.Kathisteriseon.Queue	0.2143	0.058231650	0.00	9.0000
Oura Yp.Idioton.Queue	0.1705	0.046184251	0.00	7.0000
Oura Yp.Tam.Synallagon.Queue	1.7230	0.559308308	0.00	15.0000
Oura Yp.Thiridon.Queue	0.00272762	(Insufficient)	0.00	2.0000
Process Al.Prime.Queue	0.3486	0.036552839	0.00	1.0000
Process Ass.Queue	0.2568	0.028353377	0.00	1.0000
Process Prin.Queue	0.5087	0.044689691	0.00	1.0000
Process Teller Katath.Queue	0.6207	0.034173950	0.00	1.0000
Process Yp.Eksip.Epix.Queue	0.08022169	0.012088918	0.00	1.0000
Process Yp.Eksip.Syn.Queue	0.3587	0.042892158	0.00	1.0000
Process Yp.Epix.Kath.Queue	0.2044	0.026632505	0.00	1.0000
Process Yp.id.Queue	0.2044	0.023823465	0.00	1.0000
Process Yp.Tam.Syn.Queue	0.6462	0.059943740	0.00	1.0000
Process Yp.Thiri.Queue	0.02312143	0.005727543	0.00	1.0000

Για τις παραπάνω κατανομές έχουμε να κάνουμε δύο παρατηρήσεις:

Α) Παρατηρούμε ότι όσο αυξάνει το κ στην Erlang τόσο μειώνεται η μέση τιμή. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι αυξάνοντας το κ μειώνεται η διασπορά των τιμών.

Β) Παρατηρούμε οτι από όλες τις κατανομές τον μικρότερο χρόνο αναμονής στην ουρά αλλά και τους λιγότερους πελάτες στην ουρά τον έχει η σταθερή κατανομή. Αυτο οφείλεται στο γεγονός ότι ο ρυθμός εξυπηρέτησης είναι σταθερός και δεν έχει καθόλου αποκλίσεις(δηλαδή είναι σαν να έχουμε έναν υπάλληλο ο οποιός κινείται σαν προγραμματισμένο ρομπότ.)