



ΤΕΙ Κρήτης
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης

**Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών
&
Σχολή Διοίκησης και Οικονομίας**

Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών:
«Οργάνωση και Διοίκηση για Μηχανικούς»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

**Ανάλυση διαδικασιών αφίξεων και εξυπηρέτησης
πελατών σε υποκατάστημα τράπεζας**

Φοιτητής: Μαυράκης Βασίλειος (Α.Μ. : mt09)

Επιβλέπων: Αν. Καθηγητής Δημήτριος Μιχαηλίδης

ΗΡΑΚΛΕΙΟ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2018

Μαυράκης Βασίλειος

Διπλωματούχος Μηχανικός Ορυκτών Πόρων Πολυτεχνείου
Κρήτης

Copyright © Μαυράκης Βασίλειος, 2017

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η έγκριση της πτυχιακής εργασίας από το πρόγραμμα δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξολοκλήρου ή μέρους αυτής, για εμπορικό ή κερδοσκοπικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για εμπορικό-κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται αποκλειστικά στον συγγραφέα.

Ευχαριστίες

Η εργασία αυτή εκπονήθηκε στα πλαίσια του Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Οργάνωση και διοίκηση για Μηχανικούς» στις σχολές Τεχνολογικών Εφαρμογών και Διοίκησης και Οικονομίας του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Κρήτης.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον αναπληρωτή καθηγητή κ. Δημήτριο Μιχαηλίδη, για την πολύτιμη βοήθειά του στην συγγραφή της παρούσας εργασίας. Ακόμα, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές του μεταπτυχιακού προγράμματος, χωρίς τους οποίους θα ήταν αδύνατη η πραγματοποίησή του.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την ηθική και ψυχολογική υποστήριξη σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Περίληψη

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η σύνθεση μιας μεθόδου για τον προσδιορισμό του κατάλληλου αριθμού τραπεζικών υπαλλήλων (ταμιών) σε οποιοδήποτε υποθετικό τραπεζικό υποκατάστημα, χρησιμοποιώντας την θεωρία ουρών αναμονής.

Παρατίθενται πληροφορίες για την κατανόηση των διαδικασιών αφίξεων και εξυπηρέτησης στα τραπεζικά υποκαταστήματα και για την θεωρία ουρών αναμονής.

Κατόπιν γίνεται η παρουσίαση της μεθόδου, του αρχείου excel που χρησιμοποιεί και ενδεικτικών αποτελεσμάτων για μια υποθετική μελέτη περίπτωσης τραπεζικού υποκαταστήματος.

Τα αποτελέσματα συγκρίνονται με τη βοήθεια μεμονωμένων και συγκεντρωτικών διαγραμμάτων ενώ εξάγονται συμπεράσματα και προτάσεις για την βελτίωση της μεθόδου.

Abstract

The purpose of this assignment is to develop a method to define the most suitable number of bank clerks for any hypothetical bank branch, using the queue theory.

In the beginning there is information regarding the bank client arrivals and service at the bank branches and the queue theory.

Afterwards the method and the excel program it utilizes is presented, along with numerical results for a hypothetical case study of a bank branch. The results are also shown graphically through diagrams so there can be a comparison between variations of the method.

Finally conclusions are deduced about the method along with suggestions to improve it.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	iii
Περίληψη.....	iv
Abstract.....	v
Περιεχόμενα.....	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	2
1.1 Εισαγωγή.....	2
1.2 Υπάρχουσες Έρευνες για τις ουρές Αναμονής Τραπεζών.....	2
1.3 Υπάρχοντα Συστήματα Αναμονής σε Τράπεζες.....	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	5
2.1 Θεωρία Ουρών Αναμονής.....	5
2.2 Το μοντέλο M/M/s.....	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	10
3.1 Δεδομένα Εισόδου – Καθορισμός παραμέτρων.....	10
3.2 Επεξεργασία.....	11
3.3 Δεδομένα Εξόδου.....	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	23
4.1 Σύνοψη και συμπεράσματα.....	23
4.2 Προτάσεις.....	24
Βιβλιογραφία.....	25

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 Εισαγωγή

Οι ουρές αναμονής είναι ένα φαινόμενο με το οποίο ερχόμαστε σχεδόν όλοι μας καθημερινά αντιμέτωποι. Αναφέρεται στο φαινόμενο που δημιουργείται στην περίπτωση που η ζήτηση για εξυπηρέτηση σε μία υπηρεσία είναι μεγαλύτερη από την ικανότητα του συστήματος να εξυπηρετήσει αυτή τη ζήτηση. Στον τραπεζικό τομέα παρόλο που υιοθετήθηκαν εναλλακτικοί τρόποι εξυπηρέτησης (internet banking), ένα μεγάλο ποσοστό των πελατών προτιμά την εξυπηρέτησή του με φυσική παρουσία στα καταστήματα.

Οι μεγάλες ουρές αναμονής έχουν ως αποτέλεσμα σημαντικούς χρόνους αναμονής, γεγονός που οδηγεί με τη σειρά του σε αυξημένη δυσαρέσκεια για τους πελάτες λόγω της παραμονής τους εντός των καταστημάτων για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Αυτό μπορεί να οδηγήσει ακόμα και στην αποχώρησή τους χωρίς να εξυπηρετηθούν, κάτι το οποίο αποτελεί φυσικά μεγάλο κόστος για την τράπεζα και το προφίλ της. Η αιτία δημιουργίας μεγάλων χρόνων αναμονής και δυσαρέσκειας στους πελάτες είναι κυρίως η αδυναμία των καταστημάτων να διαχειριστούν αποτελεσματικά τη συναλλακτική κίνηση που έχουν να αντιμετωπίσουν. Η υποβολή των capital controls προκάλεσε τη δραματική επιδείνωση του εν λόγω προβλήματος, οδηγώντας σε ακόμα μεγαλύτερη προσέλευση πελατών στα καταστήματα και την πραγματοποίηση αυξημένου όγκου συναλλαγών σε αυτά.

1.2 Υπάρχουσες Έρευνες για τις ουρές Αναμονής Τραπεζών

Πολλοί ερευνητές έχουν παρουσιάσει μελέτες για τα συστήματα αναμονής των τραπεζών, καθώς και μεθόδους για τη βελτιστοποίησή τους και τη μέτρηση της αποδοτικότητάς τους:

- Οι Hongna και Zhenwei (2010) συνέλεξαν δεδομένα για τους χρόνους άφιξης των πελατών και τους χρόνους εξυπηρέτησης των υπαλλήλων μιας τράπεζας. Από την επεξεργασία τους καθόρισαν ποιες κατανομές ακολουθούν καθώς και κάποιους παραμέτρους και έκαναν μοντελοποίηση μέσου του λογισμικού WITNESS. Η έρευνα συμπεραίνει πως η μετατροπή της ουράς από μία ουρά διαχωρισμένη σε μικρότερες ουρές και με πολλούς εξυπηρετητές, σε μία ούρα με πολλαπλούς εξυπηρετητές, αποτελεί ένα αποδοτικό μέτρο βελτιστοποίησης της ουράς αυτής.
- Οι Hao και Yifei (2011) για το πρόβλημα των ουρών αναμονής σε κινεζικές τράπεζες, διατύπωσαν μία μεθοδολογία για να καθορίσουν το πλήθος ανοιχτών ταμείων ενός υποκαταστήματος τράπεζας κατά τη διάρκεια της ημέρας, διαιρώντας τη συναλλακτική κίνηση σε τρεις κατηγορίες (εταιρική, λιανική και VIP) και ανέθεσαν διαφορετικές θέσεις εξυπηρέτησης στην κάθε μία.

Η σύγκριση μεταξύ της πραγματικής και της βελτιστοποιημένης εικόνας του χρόνου αναμονής των πελατών απέδειξε πως η μεθοδολογία αυτή βελτίωσε την ποιότητα εξυπηρέτησης. Η μελέτη πραγματοποιήθηκε με την εφαρμογή του BRP (Business Process Reengineering) για ένα υποκατάστημα τράπεζας στην Ναντσίνγκ στην Κίνα, λόγω της πολύ αυξημένης κίνησης και δημιουργίας ουρών αναμονής που παρατηρούνται εκεί παρά το μεγάλο πλήθος (40) τραπεζικών υπαλλήλων.

- Ο Zhang (2011) πρότεινε ένα σύστημα το οποίο ορίζει κάθε εμπλεκόμενη στο πρόβλημα πλευρά (πελάτες, διαφορετικά κανάλια εξυπηρέτησης, διευθυντής καταστήματος) ως ένα «πράκτορα». Στη συνέχεια, μελετάται η συμπεριφορά και η αλληλεπίδραση μεταξύ αυτών των πρακτόρων και η επιρροή της στα χαρακτηριστικά μεγέθη του συστήματος. Η συναλλακτική κίνηση διαχωρίζεται σε κατηγορίες ανάλογα με τον τύπο και τη διάρκειά της, και ο αντίστοιχος πελάτης εξυπηρετείται από το κατάλληλο κανάλι. Μία προσομοίωση βασισμένη στο μοντέλο αυτό αποδεικνύει ότι η εφαρμογή της μεθοδολογίας αυτής θα έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του χρόνου αναμονής των πελατών και τη βελτιστοποίηση της διαχείρισης της ουράς.
- Οι Madadi, Roudsari και Wong (2013) προσομοίωσαν το μοντέλο λειτουργίας μιας τράπεζας στη Μαλαισία ώστε να προτείνουν αλλαγές για τη βελτίωση του μέσου χρόνου εξυπηρέτησης των ταμιών και μέσου χρόνου αναμονής των πελατών.
- Οι Sheikh, Singh και Kashyap (2013) ανέπτυξαν μια μέθοδο εύρεσης του κατάλληλου αριθμού ταμιών στις Punjab National Bank Bilaspur κάνοντας χρήση των εργαλείων της θεωρίας ουρών αναμονής. Ο ρυθμός άφιξης των πελατών θεωρείται ότι ακολουθεί την κατανομή Poisson, ενώ η εξυπηρέτηση τους ακολουθεί την εκθετική κατανομή. Για συγκεκριμένες τιμές ρυθμού άφιξης πελατών και ρυθμό εξυπηρέτησης πραγματοποίησαν μια οριακή ανάλυση αλλάζοντας τον αριθμό ταμιών και υπολόγισαν το κόστος εξυπηρέτησης ταμιών και κόστος αναμονής πελατών. Ελαχιστοποιώντας το συνολικό κόστος κατέληξαν στο βέλτιστο αριθμό ταμιών. Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του λογισμικού Toolkit for Oracle.
- Οι Mohammad Shyfur Rahman chowdhury, Mohammad Toufiqur Rahman και Mohammad Rokibul Kabir (2013) ανέπτυξαν μια παρόμοια με την παραπάνω μέθοδο εύρεσης του κατάλληλου αριθμού ταμιών στην Islami Bank Bangladesh Limited. Η κύρια διαφορά είναι ότι πραγματοποίησαν μια ερευνά πελατών ώστε να τους κατηγοριοποιήσουν ανάλογα με το μισθολόγιό τους. Η κατηγοριοποίηση έπειτα χρησιμοποιήθηκε για να υπολογιστεί το κόστος αναμονής των πελατών με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ανταπόκριση με τη πραγματικότητα.
- Ο Eshetie Berhan (2015) έκανε μοντελοποίηση της εξυπηρέτησης μιας τράπεζας της Αντίς Αμπέμπα ως ένα σύστημα με πολλαπλές ουρές εξυπηρέτησης. Συνέλεξε στοιχεία της τράπεζας σχετικά με χρόνους άφιξης, χρόνους εξυπηρέτησης και κόστους για ένα μήνα και τα εισήγαγε στο μοντέλο. Τα αποτελέσματα της έρευνας ήταν ότι οι αφίξεις των πελατών και ο ρυθμός εξυπηρέτησης των ταμιών ακολουθούν τις κατανομή Poisson και Εκθετική κατανομή αντίστοιχα. Επίσης κατέληξε σε πρόταση για βελτιστοποίηση του αριθμού των ταμιών εξυπηρέτησης της τράπεζας.
- Ο Πετρόπουλος Γεώργιος (2013) προσομοίωσε το σύστημα αναμονής ενός υποκαταστήματος τράπεζας Alpha Bank στα Χανιά με τη βοήθεια του λογισμικού Arena 14 Student Edition, ώστε να προσδιορίσει τα σημεία συνωστισμού (bottlenecks) του και προτάσεις για τη βελτίωσή του.
- Η Αγγελική Μήτσου (2016) μελέτησε την περίπτωση της εφαρμογής DoNotWait.gr, που στόχο έχει τη βελτίωση του χρόνου αναμονής των πελατών μέσα στα καταστήματα τραπεζών, ενώ πραγματοποίησε μελέτη χρηστών με τη βοήθεια πρωτογενούς έρευνας και στατιστικής ανάλυσης.

- Ο Σίμος Νικόλαος (2016) παρουσίασε μία μεθοδολογία εύρεσης του κατάλληλου αριθμού ταμιών για 40 καταστήματα του δικτύου μίας μεγάλης ελληνικής τράπεζας. Ανέπτυξε αλγόριθμο ο οποίος ήλεγχε κάθε χρονική στιγμή εντός του ωραρίου λειτουργίας του καταστήματος το πλήθος των πελατών που βρίσκονταν σε αναμονή και εκτιμώντας τον αναμενόμενο χρόνο αναμονής τους, αποφάσιζε για το αν η τράπεζα πρέπει να στελεχώσει επιπλέον ταμεία, ή αν τα υπάρχοντα είναι επαρκή, ή σε περίπτωση πλεοναζόντων ταμιών, ο αλγόριθμος συμβούλευε το κλείσιμο συγκεκριμένου αριθμού θέσεων ταμείου.

1.3 Υπάρχοντα Συστήματα Αναμονής σε Τράπεζες

Στην πράξη στη πλειονότητα των τραπεζών, η διαδικασία έχει ως εξής:

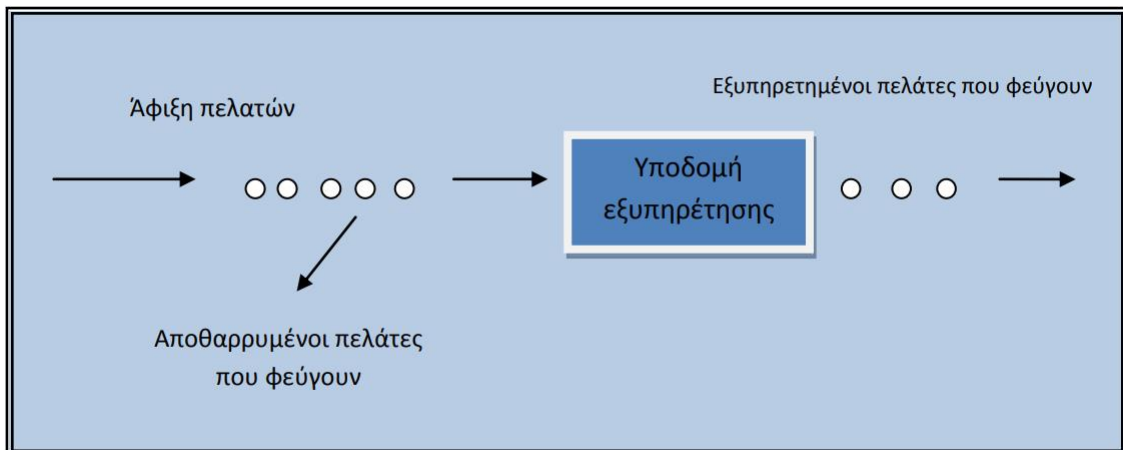
- Η πλειοψηφία των πελατών που εισέρχονται σε τραπεζικό κατάστημα για συναλλαγή, παίρνει ένα αριθμό προτεραιότητας και περιμένει σε μια κύρια ουρά αναμονής η οποία καταλήγει σε πολλαπλές θέσεις εξυπηρέτησης (ταμίες). Ο αριθμός των ταμιών συνήθως δεν είναι συγκεκριμένος και αλλάζει ανάλογα με τον αριθμό των ατόμων στην ουρά και το φόρτο εργασίας.
- Ένα μικρό ποσοστό πελατών οι οποίοι είτε θεωρούνται VIP, είτε έχουν κάποια δουλειά που χρήζει ξεχωριστής εξυπηρέτησης (π.χ. σύναψη δανείου, χρήση τραπεζικής θυρίδας), αναλαμβάνονται από τον διευθυντή ή άλλο υπάλληλο εκτός ταμεία, χωρίς να περιμένουν στην κύρια ουρά. Σε περίπτωση όπου καταφθάσουν περισσότερα άτομα αυτής της κατηγορίας, ενδέχεται να σχηματιστούν μικρότερες ουρές αναμονής για το συγκεκριμένο πόστο αποκλειστικά.
- Επίσης λειτουργούν διαδικτυακά λογισμικά τα οποία πριν επισκεφθεί ο πελάτης το κατάστημα, δίνουν τις εξής δυνατότητες:
 - Πληροφόρηση για τα πλησιέστερα καταστήματα και το χρόνο αναμονής στα ταμεία.
 - έκδοση ηλεκτρονικού αριθμού προτεραιότητας («εισιτήριο») για ταμειακή εξυπηρέτηση στο Κατάστημα που επιθυμεί (δεν εκτυπώνεται αλλά εμφανίζεται στην οθόνη του κινητού ή του tablet).
 - ενημέρωση όταν πλησιάζει η σειρά του, ώστε να προσέλθει έγκαιρα στο κατάστημα για να εξυπηρετηθεί.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 Θεωρία Ουρών Αναμονής

Η θεωρία ουρών αναμονής χρησιμοποιώντας ένα σύνολο μαθηματικών εκφράσεων μπορεί να βοηθήσει στην επίλυση προβλημάτων και φαινομένων συνωστισμού. Ένα σύστημα ουράς μπορεί να περιγραφεί ως εξής: οι πελάτες φτάνουν για εξυπηρέτηση και στην περίπτωση που δεν είναι άμεσα διαθέσιμη περιμένουν για αυτήν στην ουρά αναμονής. Στην συνέχεια μετά την αναμονή τους στην ουρά φτάνουν σε έναν ή περισσότερους σταθμούς εξυπηρέτησης και μετά το πέρας της εξυπηρέτησης αυτής, αποχωρούν από το σύστημα. Ακόμα, πολλοί πελάτες ενδέχεται να αποχωρήσουν από την ουρά δυσαρεστημένοι πριν εξυπηρετηθούν στην περίπτωση της υπερβολικής αναμονής.

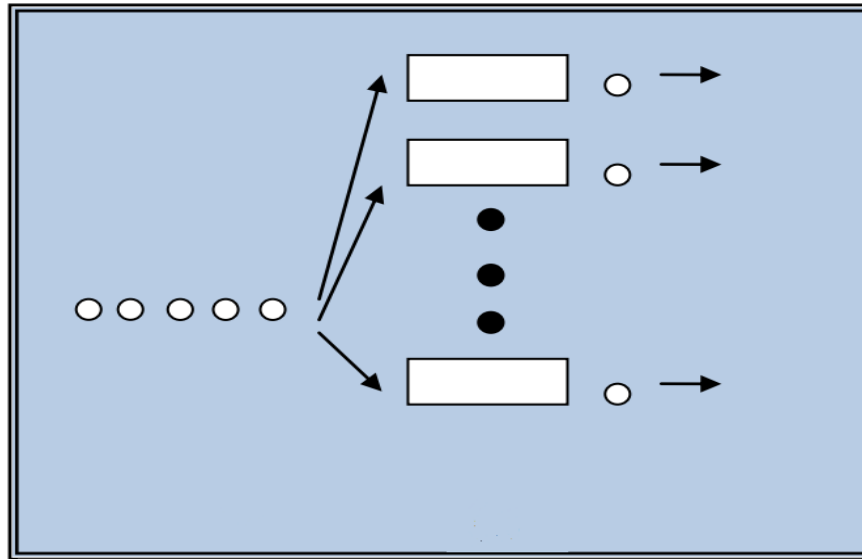
Σε ένα σύστημα ουρών αναμονής οι εξυπηρετητές έχουν περιορισμένη δυνατότητα εξυπηρέτησης των πελατών οι οποίοι εισέρχονται στο σύστημα τυχαία και ο καθένας χρειάζεται τον δικό του χρόνο για να ικανοποιήσει την ανάγκη του. Άρα το πρόβλημα της θεωρίας ουρών είναι να μπορέσουμε να εξασφαλίσουμε έναν λογικό χρόνο αναμονής για τους πελάτες με μικρό κόστος εξυπηρέτησης. Ένα βασικό τέτοιο σύστημα αναπαρίσταται σχηματικά στο ακόλουθο σχήμα 2.1.



Σχήμα 2.1. Σύστημα με μια θέση εξυπηρέτησης

Σύμφωνα με το σχήμα, μία ακολουθία πελατών φτάνει σε μία υποδομή εξυπηρέτησης, όπου αν όλοι οι εξυπηρετητές είναι απασχολημένοι περιμένουν σε μία ουρά αναμονής μέχρι να έρθει η σειρά τους για εξυπηρέτηση. Στο τέλος αυτής της διαδικασίας ο πελάτης αποχωρεί από το σύστημα.

Επίσης μπορούμε να έχουμε πολλαπλά παράλληλα σημεία εξυπηρέτησης πελατών που να τροφοδοτούνται από μια γραμμή. Το σχήμα 2.2 παρακάτω, αναπαριστά δύο παραλλαγές πολυκάναλων συστημάτων.



Σχήμα 2.2. Σύστημα με πολλαπλές θέσεις εξυπηρέτησης

Μία τριπλή κωδικοποίηση της μορφής $A/B/s$ χρησιμοποιείται για να περιγράψει τα διάφορα συστήματα ουρών. Το A προσδιορίζει την κατανομή αφίξεων, το B την κατανομή εξυπηρέτησης και το s τον αριθμό των θέσεων εξυπηρέτησης στο σύστημα. Τα σύμβολα που χρησιμοποιούνται για τις κατανομές αφίξεων και εξυπηρέτησης είναι: M - Markov κατανομές (Poisson/ Exponential), D - Deterministic (καθορισμένο-σταθερό) και G - General (“γενική” κατανομή με γνωστό μέσο και τυπική απόκλιση, συνήθως είναι η κανονική κατανομή).

Υπάρχουν τέσσερις κύριοι τύποι ουρών αναμονής, οι οποίοι διαμορφώνονται ανάλογα με τη δομή της (ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας, Πλατφόρμα Τηλεκπαίδευσης) :

- μία ουρά με ένα σημείο εξυπηρέτησης,
- μία ουρά με πολλά σημεία εξυπηρέτησης,
- πολλές ουρές με πολλά σημεία εξυπηρέτησης
- πολλές ουρές με ένα σημείο εξυπηρέτησης

Η ουρά αναμονής ανάλογα με το πλήθος των πελατών που μπορεί να δεχτεί, διαμορφώνεται η χωρητικότητά της η οποία μπορεί να είναι είτε περιορισμένη ή άπειρη. Οι πελάτες δεν εισέρχονται στο σύστημα και ο πραγματικός ρυθμός αφίξεων μηδενίζεται όταν η ουρά έχει περιορισμένη χωρητικότητα και οι εξυπηρετητές είναι κατειλημμένοι. Στην ουρά αναμονής μας απασχολούν και άλλοι παράγοντες, οι οποίοι είναι πολύ δύσκολο να προβλεφθούν και να μελετηθούν. Η δυσκολία αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι οι παράγοντες εντάσσονται στη συμπεριφορά των πελατών. Ορισμένοι από αυτούς είναι η αλλαγή ουράς αναμονής, η έξοδος από το σύστημα χωρίς να εξυπηρετηθούν ενώ έχουν ενταχθεί σε μια ουρά, και η έξοδος τους από το σύστημα χωρίς να μπουν ποτέ σε μια ουρά αναμονής (Μήτσου Α., 2016).

Στην παρούσα εργασία μελετάται η δομή της μίας ουράς με πολλά σημεία εξυπηρέτησης καθώς εκεί εντοπίζεται το κύριο πρόβλημα συνωστισμού στις τράπεζες. Όταν δηλαδή η πλειοψηφία των πελατών που εισέρχονται σε ένα τραπεζικό υποκατάστημα για εξυπηρέτηση σε κάποιο ταμείο, παίρνει ένα αριθμό προτεραιότητας και περιμένει σε μια κύρια ουρά αναμονής η οποία καταλήγει σε πολλαπλές θέσεις εξυπηρέτησης (ταμείες).

2.2 Το μοντέλο M/M/s

Το μοντέλο M/M/s αναφέρεται σε ένα σύστημα με αφίξεις πελατών που ακολουθούν την κατανομή Poisson, χρόνους εξυπηρέτησης που ακολουθούν εκθετική κατανομή και υπάρχουν s εξυπηρετητές με όμοιους ρυθμούς εξυπηρέτησης.

Κατανομή αφίξεων

Τα πιο συνηθισμένα στοχαστικά μοντέλα ουρών υποθέτουν πως οι ενδιάμεσοι χρόνοι και οι χρόνοι εξυπηρέτησης υπακούουν σε εκθετική κατανομή ή ισοδύναμα πως οι ρυθμοί αφίξεως και εξυπηρέτησεως ακολουθούν κατανομή Poisson. Αν ο αριθμός των συμβάντων σε ένα χρονικό διάστημα είναι μια τυχαία μεταβλητή Poisson αντίστοιχα ο χρόνος μεταξύ των διαδοχικών συμβάντων είναι μια εκθετικά κατανομημένη τυχαία μεταβλητή.

Οι "πελάτες" καταφθάνουν στο σύστημα είτε σύμφωνα με κάποιο γνωστό και σταθερό ρυθμό ή αλλιώς, όπως στις περισσότερες περιπτώσεις, σε «τυχαίες» χρονικές στιγμές. Οι αφίξεις θεωρούνται τυχαίες όταν είναι ανεξάρτητες η μία από την άλλη (δεν επηρεάζεται μία άφιξη από κάποια προηγούμενη) και η χρονική στιγμή πραγματοποίησης τους δεν μπορεί να προβλεφθεί ακριβώς. Στην περίπτωση αυτή ο μέσος ρυθμός των αφίξεων χαρακτηρίζεται από το μέσο αριθμό αφίξεων ανά μονάδα του χρόνου (π.χ. "πελάτες" ανά ώρα). Η τυχαία μεταβλητή «αριθμός των αφίξεων ανά μονάδα χρόνου», μπορεί πολλές φορές να προσεγγισθεί από την κατανομή Poisson. Αν γίνει αυτό, τότε η μέση τιμή της Poisson αντιστοιχεί στη μέση τιμή των αφίξεων ανά μονάδα χρόνου, συμβολίζεται με λ και αποτελεί το μέσο ρυθμό αφίξεων στην μονάδα του χρόνου. Η κατανομή Poisson χαρακτηρίζεται:

- από το ότι κάθε γεγονός συμβαίνει εντελώς τυχαία και ανεξάρτητα από τα άλλα γεγονότα.
- από το ότι η πιθανότητα να συμβούν δύο ή περισσότερα γεγονότα ταυτόχρονα ή σχεδόν ταυτόχρονα είναι αμελητέα.

Όταν στη διαδικασία εισόδου παρατηρείται ότι ισχύει η κατανομή Poisson με μέσο ρυθμό αφίξεων ίσο με λ , τότε ο χρόνος που μεσολαβεί ανάμεσα σε διαδοχικές αφίξεις ακολουθεί εκθετική κατανομή με μέση τιμή ίση με $1/\lambda$. Οι αφίξεις μπορεί να γίνονται είτε μία-μία είτε κατά ομάδες (Κωσταράς Γ., 2012).

Χρόνος εξυπηρέτησης

Ο χρόνος που απαιτείται για την εξυπηρέτηση του πελάτη μπορεί να είναι σταθερός ή όπως συμβαίνει και στα περισσότερα συστήματα ουρών αναμονής, να παρουσιάζει μεταβλητότητα που οφείλεται σε διάφορους παράγοντες. Για πολλές περιπτώσεις συστημάτων ουράς αναμονής, μπορεί να θεωρηθεί ότι ο χρόνος εξυπηρέτησης ακολουθεί την εκθετική κατανομή, με μέση τιμή $1/\mu$. Ομοίως, όταν ο χρόνος εξυπηρέτησης ακολουθεί εκθετική κατανομή με μέση τιμή $1/\mu$, τότε το πλήθος των πελατών που εξυπηρετούνται σε ένα χρονικό διάστημα ακολουθεί κατανομή Poisson με μέση τιμή ίση με μ (Πανεπιστήμιο Πειραιώς, Πλατφόρμα Τηλεκπαίδευσης) .

Κατάσταση ισορροπίας

Ένα σύστημα βρίσκεται σε κατάσταση ισορροπίας, όταν η συμπεριφορά του δεν εξαρτάται από τις αρχικές συνθήκες που υπάρχουν κατά την έναρξη της λειτουργίας του. Δηλαδή, ένα σύστημα εξυπηρέτησης φτάνει σε κατάσταση ισορροπίας, όταν παρέλθει ένα εύλογο χρονικό διάστημα από την αρχική του κατάσταση, στη διάρκεια του οποίου εξαλείφεται η επίδραση των συνθηκών εκκίνησης. Η περίοδος που απαιτείται, ώστε το σύστημα να μην εξαρτάται από τις αρχικές συνθήκες εκκίνησης και να συγκλίνει σε κατάσταση ισορροπίας, ονομάζεται παροδική περίοδος. Το μοντέλο που αναφέρεται παρακάτω και οι τύποι που χρησιμοποιούνται θεωρούν ότι το σύστημα βρίσκεται σε κατάσταση ισορροπίας (Πανεπιστήμιο Πειραιώς, Πλατφόρμα Τηλεκπαίδευσης).

Στο μοντέλο M/M/s ισχύουν οι εξής :

- Υπάρχει μόνο μία ουρά εξυπηρέτησης. Η σειρά εξυπηρέτησης είναι first-in, first-out (FIFO).
- Κάθε πελάτης εξυπηρετείται από την πρώτη διαθέσιμη μονάδα εξυπηρέτησης
- Ο ρυθμός άφιξης των πελατών ακολουθεί κατανομή Poisson με μέσο όρο αφίξεων λ ανά χρονική μονάδα.
- Ο ρυθμός εξυπηρέτησης ακολουθεί εκθετική κατανομή με μέσο πλήθος πελατών που εξυπηρετούνται σε κάθε θέση να είναι μ ανά χρονική μονάδα.
- Υπάρχουν περισσότερες από μία παράλληλες θέσεις εξυπηρέτησης ($s > 1$).
- Οι πελάτες προέρχονται από ένα άπειρο ή πολύ μεγάλο πλήθος.
- Η θεμελιώδης σχέση που πρέπει να ισχύει για να μπορεί να υπάρξει κατάσταση ισορροπίας, είναι $\lambda < s * \mu$. (Μπάτης Ν., Γκανάς Ι., Γεωργίου Α., 2004)

Συμβολισμοί - Τύποι μοντέλου M/M/s

λ : Μέσος ρυθμός αφίξεων ανά μονάδα χρόνου

μ : Μέσος ρυθμός εξυπηρέτησεων ανά μονάδα χρόνου

s : Πλήθος θέσεων εξυπηρέτησης - ταμίες

$1/\lambda$: Μέσος χρόνος μεταξύ διαδοχικών αφίξεων

$1/\mu$: Μέσος χρόνος εξυπηρέτησης

ρ : Μέσος αριθμός κατειλημμένων θέσεων εξυπηρέτησης

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$$

u : Συντελεστής Έντασης Κυκλοφορίας (απασχόλησης) ανά ταμία

$$u = \frac{\lambda}{s * \mu} > 1$$

P_0 : Η πιθανότητα να υπάρχουν ακριβώς 0 πελάτες στο σύστημα

$$P_0 = \left(\sum_{n=0}^{s-1} \frac{\rho^n}{n!} + \frac{\rho^s}{s!} \left(\frac{s*\mu}{s*\mu-\lambda} \right) \right)^{-1}$$

P_n : Η πιθανότητα να υπάρχουν ακριβώς n πελάτες στο σύστημα

$$P_n = P_0 * \frac{\rho^n}{n!} \quad \text{για } n \leq s$$

$$P_n = P_0 * \frac{\rho^n}{s!} * \left(\frac{1}{s^{(n-s)}} \right) \quad \text{για } n > s$$

P_w : Η πιθανότητα να είναι απασχολημένο το σύστημα, δηλαδή να υπάρχουν πελάτες στο σύστημα τουλάχιστον όσοι και οι ταμίες.

$$P_w = P_0 * \frac{s*\mu}{(s*\mu-\lambda)} * \frac{\rho^s}{s!}$$

L_q : Ο μέσος αριθμός πελατών που περιμένουν στην ουρά

$$L_q = P_0 * \frac{\rho^s * u}{s! * (1-u)^2}$$

L : Μέσος αριθμός πελατών στο σύστημα (στην ουρά και στην εξυπηρέτηση)

$$L = L_q + \rho$$

W_q : Μέσος χρόνος παραμονής ενός πελάτη στην ουρά

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda}$$

W : Μέσος χρόνος παραμονής στο σύστημα

$$W = W_q + \frac{1}{\mu}$$

(Μπάτης Ν., Γκανάς Ι., Γεωργίου Α., 2004)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται η παρουσίαση του αρχείου excel που υπολογίζει το βέλτιστο αριθμό τραπεζικών υπαλλήλων (ταμιών) για την εξυπηρέτηση των πελατών ενός τραπεζικού υποκαταστήματος.

Σημαντική σημείωση:

Όπως αναφέρθηκε στη βιβλιογραφία, η θεμελιώδης σχέση που πρέπει να ισχύει για να μπορεί να υπάρξει κατάσταση ισορροπίας, είναι $\lambda < s \cdot \mu$. Δηλαδή ο ρυθμός εξυπηρέτησης των ταμιών να είναι μεγαλύτερος του ρυθμού άφιξης των πελατών.

Στην πραγματικότητα σε περιπτώσεις μεγάλης κοσμοσυρροής στα τραπεζικά υποκαταστήματα δεν ισχύει αυτό. Έτσι στη συγκεκριμένη εργασία επιχειρείται να εξεταστούν και περιπτώσεις όπου δεν ισχύει αυτή η σχέση. Θεωρείται δηλαδή ότι προκύπτει ισορροπία στο σύστημα ακόμα και αν ο ρυθμός άφιξης των πελατών είναι μεγαλύτερος από το ρυθμό εξυπηρέτησης των ταμιών. Οι πελάτες που δεν προλαβαίνουν να εξυπηρετηθούν, θεωρείται ότι φεύγουν δυσαρεστημένοι από το υποκατάστημα.

Σε αυτές τις περιπτώσεις κάποιες από τις σχέσεις της θεωρίας ουρών αναμονής δεν δίδουν λογικά αποτελέσματα και κρίθηκαν απαραίτητες κάποιες παραδοχές.

3.1 Δεδομένα Εισόδου – Καθορισμός παραμέτρων

Στο φύλλο εργασίας "MMS" είναι συγκεντρωμένες οι παράμετροι και εκεί γίνεται ο καθορισμός τους ανάλογα με το σενάριο που είναι προς εξέταση:

- Ως C1 ορίζεται ως το κόστος ενός ταμία για την τράπεζα.
Ο ορισμός γίνεται στο κελί U2 το οποίο μετράται σε euro ανά ημέρα.
- Ως C2 ορίζεται ως το κόστος αναμονής ενός πελάτη στο σύστημα. Η ώρα που περιμένουν οι πελάτες, θεωρείται "χαμένος χρόνος" από τη δουλειά ή κάποια άλλη παραγωγική δραστηριότητά τους.
Το σύστημα θεωρείται ότι βρίσκεται σε κατάσταση ισορροπίας και οι συγκεκριμένοι πελάτες θα εξυπηρετηθούν μόλις τελειώσει ο χρόνος αναμονής τους και έρθει η σειρά τους.
Ο ορισμός γίνεται στο κελί U7 το οποίο μετράται σε euro ανά ημέρα
- Ως C3 ορίζεται ως το κόστος που επιβαρύνεται η τράπεζα για κάθε δυσαρεστημένο πελάτη που προσέρχεται στο κατάστημα, βλέπει ότι δεν προλαβαίνει να εξυπηρετηθεί και αποχωρεί χωρίς να περιμένει στην ουρά αναμονής. Πρόκειται για την περίπτωση όπου ο ρυθμός άφιξης των πελατών, είναι μεγαλύτερος από το ρυθμό εξυπηρέτησης των ταμιών.
Ο ορισμός γίνεται στο κελί U12 το οποίο μετράται σε euro ανά πελάτη που αποχωρεί.
- Ορίζεται ο μέσος ρυθμός άφιξης των πελατών λ στο υποκατάστημα.
Ο ορισμός γίνεται στο κελί C1 το οποίο μετράται σε πελάτες ανά ώρα.
- Ορίζεται ο μέσος ρυθμός εξυπηρέτησης πελατών μ στο υποκατάστημα.
Ο ορισμός γίνεται στο κελί C2 το οποίο μετράται σε πελάτες ανά ώρα.

3.2 Επεξεργασία

Εφόσον οριστούν οι παραπάνω παράμετροι το αρχείο excel υπολογίζει ένα αριθμό τιμών που αντιστοιχούν σε συγκεκριμένο αριθμό ταμιών. Κάθε περίπτωση απαιτεί ξεχωριστό φύλλο εργασίας και ως εκ τούτου, είναι προκαθορισμένες οι περιπτώσεις που εξετάζονται.

Εμπειρικά, τα περισσότερα τραπεζικά υποκαταστήματα χρησιμοποιούν ένα ταμιά όταν δεν υπάρχουν πολλοί πελάτες για εξυπηρέτηση. Τα μεγαλύτερα υποκαταστήματα διαθέτουν τουλάχιστον πέντε θυρίδες εξυπηρέτησης-γκισέ τα οποία στελεχώνονται όταν η συρροή πελατών είναι πολύ μεγάλη. Έτσι, για την παρούσα εργασία επιλέχθηκε το εύρος περιπτώσεων από έναν μόνο ταμιά μέχρι δέκα ταμίες ώστε να καλύπτεται η πλειοψηφία των τραπεζικών υποκαταστημάτων.

ρ : μέσος αριθμός κατειλημμένων θέσεων εξυπηρέτησης

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$$

Όπου:

λ : μέσος ρυθμός αφίξεων πελατών ανά μονάδα χρόνου σε πελάτες/ώρα

μ : μέσος ρυθμός εξυπηρέτησεων πελατών του κάθε ταμιά ανά μονάδα χρόνου σε πελάτες/ώρα

Παρόλο που ορίζεται από αυτή τη σχέση, δεν έχει λογική σημασία όταν $\rho > s$. Δηλαδή δεν γίνεται ο μέσος αριθμός κατειλημμένων θέσεων εξυπηρέτησης να είναι μεγαλύτερος από τις θέσεις εξυπηρέτησης που έχουμε ορίσει.

u : Συντελεστής Έντασης Κυκλοφορίας (απασχόλησης) ανά ταμιά

$$u = \frac{\lambda}{s * \mu} > 1$$

Όπου:

λ : μέσος ρυθμός αφίξεων πελατών ανά μονάδα χρόνου σε πελάτες/ώρα

μ : μέσος ρυθμός εξυπηρέτησεων πελατών του κάθε ταμιά ανά μονάδα χρόνου σε πελάτες/ώρα

s : αριθμός ταμιών εξυπηρέτησης

Ουσιαστικά δείχνει το ποσοστό του χρόνου που είναι απασχολημένος ο υπάλληλος στο ταμείο ώστε να μπορεί να εξυπηρετήσει τα ρυθμό άφιξης των πελατών που έχουμε ορίσει.

Όταν είναι ίσος με 1, σημαίνει ότι αξιοποιείται το 100% του χρόνου του ταμιά, άρα με το που εξυπηρετεί έναν πελάτη, αμέσως έρχεται ο επόμενος από την ουρά αναμονής.

Ο συντελεστής πρέπει να μην είναι μεγαλύτερος της μονάδας εφόσον κάθε ταμίας εξυπηρετεί το πολύ έναν πελάτη. Αυτό μεταφράζεται ως τη θεμελιώδη αρχή που πρέπει να ισχύει για να μπορεί να υπάρξει κατάσταση ισορροπίας, $\lambda < s * \mu$.

δ: διαφυγόντες πελάτες

$$\delta = \lambda - \mu * s$$

Όπου:

λ: μέσος ρυθμός αφίξεων πελατών ανά μονάδα χρόνου σε πελάτες/ώρα

μ: μέσος ρυθμός εξυπηρέτησεων πελατών του κάθε ταμιά ανά μονάδα χρόνου σε πελάτες/ώρα

s: αριθμός ταμιών εξυπηρέτησης

Στις περιπτώσεις όπου ο συντελεστής έντασης κυκλοφορίας ρ είναι μεγαλύτερος του 1, υποδηλώνεται ότι οι ταμίες δεν επαρκούν να καλύψουν το ρυθμό άφιξης των πελατών. Έτσι θεωρείται ότι το σύστημα βρίσκεται σε μια κατάσταση ισορροπίας όπου οι ταμίες δουλεύουν ασταμάτητα, εξυπηρετείται ο μέγιστος δυνατός αριθμός πελατών $s * \mu$ που το σύστημα μπορεί να εξυπηρετήσει και οι υπόλοιποι πελάτες δ αποχωρούν δυσαρεστημένοι από το υποκατάστημα.

P₀: πιθανότητα ακριβώς μηδέν πελάτες στο σύστημα

Στα φύλλα εργασίας “s=1” έως “s=10” υπολογίζεται η πιθανότητα P₀ να υπάρχουν ακριβώς μηδέν πελάτες στο σύστημα, για κάθε περίπτωση από ένα ταμιά εξυπηρέτησης έως δέκα ταμίες αντίστοιχα. Υπολογίζεται από τη σχέση :

$$P_0 = \left(\sum_{n=0}^{s-1} \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}{n!} + \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^s}{s!} \left(\frac{s * \mu}{s * \mu - \lambda}\right) \right)^{-1}$$

Όπου:

λ: μέσος ρυθμός αφίξεων πελατών ανά μονάδα χρόνου σε πελάτες/ώρα

μ: μέσος ρυθμός εξυπηρέτησεων πελατών του κάθε ταμιά ανά μονάδα χρόνου σε πελάτες/ώρα

s: αριθμός ταμιών εξυπηρέτησης

Κανένα γεγονός δεν έχει αρνητική πιθανότητα. Έτσι στις περιπτώσεις όπου λόγο υπερφόρτωσης του συστήματος, η σχέση δίνει αρνητικές τιμές, στην επεξεργασία των δεδομένων η τιμή του P₀ ορίζεται ως 0. Επίσης υποδηλώνεται οι ταμίες δεν επαρκούν να καλύψουν το ρυθμό άφιξης των πελατών και θα υπάρχουν πελάτες που αποχωρούν από το κατάστημα χωρίς να εξυπηρευθούν.

L_q : αναμενόμενος αριθμός πελατών στην ουρά αναμονής

$$L_q = P_0 * \frac{\rho^s * u}{s! * (1-u)^2}$$

Όπου:

P_0 : πιθανότητα να υπάρχουν ακριβώς μηδέν πελάτες στο σύστημα

ρ : μέσος αριθμός κατειλημμένων θέσεων εξυπηρέτησης

s : αριθμός ταμιών εξυπηρέτησης

u : Συντελεστής Έντασης Κυκλοφορίας (απασχόλησης) ανά ταμία

Όταν η ένταση κυκλοφορίας u είναι μικρότερη της μονάδας, οι ταμίες προλαβαίνουν να εξυπηρετήσουν όλους τους πελάτες που εισέρχονται στο υποκατάστημα.

Όταν η ένταση κυκλοφορίας u είναι ίση η μεγαλύτερη του 100%, τότε ανά πάσα στιγμή όλοι οι ταμίες είναι απασχολημένοι και άρα οι επόμενοι πελάτες που εισέρχονται $\lambda - s * u$ είναι αναγκασμένοι να αποχωρήσουν διότι δεν θα εξυπηρετηθούν. Έτσι θεωρούμε ότι ο στην ουρά αναμονής υπάρχει πάντα ένας πελάτης.

W_q : Μέσος χρόνος παραμονής ενός πελάτη στην ουρά

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda}$$

Όπου:

W_q : μέσος χρόνος παραμονής ενός πελάτη στην ουρά σε ώρες

L_q : αναμενόμενος αριθμός πελατών στην ουρά αναμονής

λ : μέσος ρυθμός αφίξεων πελατών ανά μονάδα χρόνου σε πελάτες/ώρα

C_t : κόστος εξυπηρέτησης ταμιών

$$C_t = C_1 * s$$

Όπου:

C_t : κόστος εξυπηρέτησης ταμιών σε euro/ημέρα και euro/ώρα

C_1 : κόστος ενός ταμιά σε euro/ημέρα

s : αριθμός ταμιών εξυπηρέτησης

C_{ti} : κόστος αδράνειας ταμιών

Πρόκειται για τις περιπτώσεις όπου ο ρυθμός εξυπηρέτησης των ταμιών υπερκαλύπτει το ρυθμό άφιξης των πελατών με αποτέλεσμα οι ταμίες για μέρος του χρόνου τους να αδρανούν.

Σε κάποια υποκαταστήματα, όταν ο ταμίας δεν έχει πελάτες για εξυπηρέτηση, ενδέχεται να αναλαμβάνει κάποιο άλλο πόστο. Στην παρούσα εργασία θεωρούμε ότι οι υπάλληλοι στα ταμεία ασχολούνται αποκλειστικά με την εξυπηρέτηση συναλλαγών των πελατών. Όταν δεν έχουν πελάτες να εξυπηρετήσουν, αυτό μεταφράζεται ως "χαμένος χρόνος" και άρα κόστος για την τράπεζα.

$$C_{ti} = C_1 * s * (1 - \rho)$$

Όπου:

C_{ti} : κόστος αδράνειας ταμιών σε euro/ημέρα και σε euro/ώρα

C_1 : κόστος ενός ταμιά σε euro/ημέρα

s: αριθμός ταμιών εξυπηρέτησης

ρ : μέσος αριθμός κατειλημμένων θέσεων εξυπηρέτησης

C_{wq} : κόστος αναμονής και διαφυγόντων πελατών στην ουρά

Όταν η ένταση κυκλοφορίας μ είναι έως και 100%, δηλαδή το σύστημα εξυπηρετεί όλους τους πελάτες που καταφθάνουν, το παραπάνω κόστος υπολογίζεται μόνο από την χρόνο που περιμένουν οι πλάτες στην ουρά αναμονής.

$$C_{wq} = \lambda * W_q * C_2$$

Όπου:

C_{wq} : κόστος αναμονής και διαφυγόντων πελατών στην ουρά σε euro/ημέρα και σε euro/ώρα

λ : μέσος ρυθμός αφίξεων πελατών ανά μονάδα χρόνου σε πελάτες/ώρα

W_q : μέσος χρόνος παραμονής ενός πελάτη στην ουρά σε ώρες

C_2 : κόστος αναμονής ενός πελάτη στο σύστημα σε euro/ώρα

Εάν η ένταση κυκλοφορίας μ είναι πάνω από 100%, δηλαδή το σύστημα δεν προλαβαίνει να εξυπηρετήσει όλους τους πελάτες, τότε το παραπάνω κόστος υπολογίζεται από το χρόνο που περιμένουν οι πλάτες που εξυπηρετούνται στην ουρά αναμονής συν το κόστος των δυσαρεστημένων πελατών που δεν περιμένουν στην ουρά αναμονής αλλά φεύγουν.

$$C_{wq} = \lambda * W_q * C_2 + (\lambda - \mu * s) * C_3$$

Όπου:

C_{wq} : κόστος αναμονής και διαφυγόντων πελατών στην ουρά σε euro/ημέρα και σε euro/ώρα

λ : μέσος ρυθμός αφίξεων πελατών ανά μονάδα χρόνου σε πελάτες/ώρα

W_q : μέσος χρόνος παραμονής ενός πελάτη στην ουρά σε ώρες

C_2 : κόστος αναμονής ενός πελάτη στο σύστημα σε euro/ώρα

μ : μέσος ρυθμός εξυπηρετήσεων πελατών του κάθε ταμιά ανά μονάδα χρόνου σε πελάτες/ώρα

s : αριθμός ταμιών εξυπηρέτησης

C_3 : κόστος δυσαρεστημένου πελάτη που φεύγει χωρίς να εξυπηρευθεί σε ευρο/πελάτη

Για το κόστος αναμονής και διαφυγόντων πελατών στην ουρά και στις δύο παραπάνω περιπτώσεις δεν συνυπολογίζεται ο χρόνος εξυπηρέτησης από τους ταμίες.

C_q : συνολικό κόστος (ουράς)

Πρόκειται για το συνολικό κόστος για κάθε περίπτωση αριθμού ταμιών, όταν ο χρόνος εξυπηρέτησης στο ταμείο δε θεωρείται "χαμένος χρόνος" και δεν συνυπολογίζεται στο κόστος αναμονής του πελάτη.

$$C_q = C_t + C_{ti} + C_{wq}$$

Όπου:

C_q : συνολικό κόστος (ουράς) σε ευρο/ημέρα και ευρο/ώρα

C_t : κόστος εξυπηρέτησης ταμιών σε ευρο/ημέρα και ευρο/ώρα

C_{ti} : κόστος αδράνειας ταμιών σε ευρο/ημέρα και σε ευρο/ώρα

C_{wq} : κόστος αναμονής και διαφυγόντων πελατών στην ουρά σε ευρο/ημέρα και σε ευρο/ώρα

C_{ws} : κόστος αναμονής και διαφυγόντων πελατών στο σύστημα

Όταν η ένταση κυκλοφορίας μ είναι έως και 100%, δηλαδή το σύστημα εξυπηρετεί όλους τους πελάτες που καταφθάνουν, το παραπάνω κόστος υπολογίζεται από την χρόνο που περιμένουν οι πλάτες στην ουρά αναμονής και το χρόνο εξυπηρέτησης.

$$C_{ws} = \lambda * W * C_2$$

Όπου:

C_{ws} : κόστος αναμονής και διαφυγόντων πελατών στο σύστημα σε ευρο/ημέρα και σε ευρο/ώρα

λ : μέσος ρυθμός αφίξεων πελατών ανά μονάδα χρόνου σε πελάτες/ώρα

W : μέσος χρόνος παραμονής ενός πελάτη στο σύστημα

C_2 : κόστος αναμονής ενός πελάτη στο σύστημα σε ευρο/ώρα

Εάν η ένταση κυκλοφορίας μ είναι πάνω από 100%, δηλαδή το σύστημα δεν προλαβαίνει να εξυπηρετήσει όλους τους πελάτες, τότε το παραπάνω κόστος υπολογίζεται από το χρόνο που περιμένουν οι πλάτες που εξυπηρετούνται στο σύστημα συν το κόστος των δυσαρεστημένων πελατών που δεν περιμένουν στην ουρά αναμονής αλλά φεύγουν.

$$C_{ws} = \lambda * W * C_2 + (\lambda - \mu * s) * C_3$$

Όπου:

C_{ws} : κόστος αναμονής και διαφυγόντων πελατών στο σύστημα σε ευρο/ημέρα και σε ευρο/ώρα

λ : μέσος ρυθμός αφίξεων πελατών ανά μονάδα χρόνου σε πελάτες/ώρα

W : μέσος χρόνος παραμονής ενός πελάτη στο σύστημα σε ώρες

C_2 : κόστος αναμονής ενός πελάτη στο σύστημα σε ευρο/ώρα

μ : μέσος ρυθμός εξυπηρέτησεων πελατών του κάθε ταμιά ανά μονάδα χρόνου σε πελάτες/ώρα

s : αριθμός ταμιών εξυπηρέτησης

C_3 : κόστος δυσαρεστημένου πελάτη που φεύγει χωρίς να εξυπηρευθεί σε ευρο/πελάτη

Για το κόστος αναμονής και διαφυγόντων πελατών στο σύστημα και στις δύο παραπάνω περιπτώσεις συνυπολογίζεται ο χρόνος εξυπηρέτησης από τους ταμίες.

C_s : συνολικό κόστος (συστήματος)

Πρόκειται για το συνολικό κόστος για κάθε περίπτωση αριθμού ταμιών, όταν ο χρόνος εξυπηρέτησης στο ταμείο θεωρείται "χαμένος χρόνος" και συνυπολογίζεται στο κόστος αναμονής του πελάτη.

$$C_s = C_t + C_{ti} + C_{ws}$$

Όπου:

C_s : συνολικό κόστος (συστήματος) σε ευρο/ημέρα και ευρο/ώρα

C_t : κόστος εξυπηρέτησης ταμιών σε ευρο/ημέρα και ευρο/ώρα

C_{ti} : κόστος αδράνειας ταμιών σε ευρο/ημέρα και σε ευρο/ώρα

C_{ws} : κόστος αναμονής και διαφυγόντων πελατών στο σύστημα σε ευρο/ημέρα και σε ευρο/ώρα

3.3 Δεδομένα Εξόδου

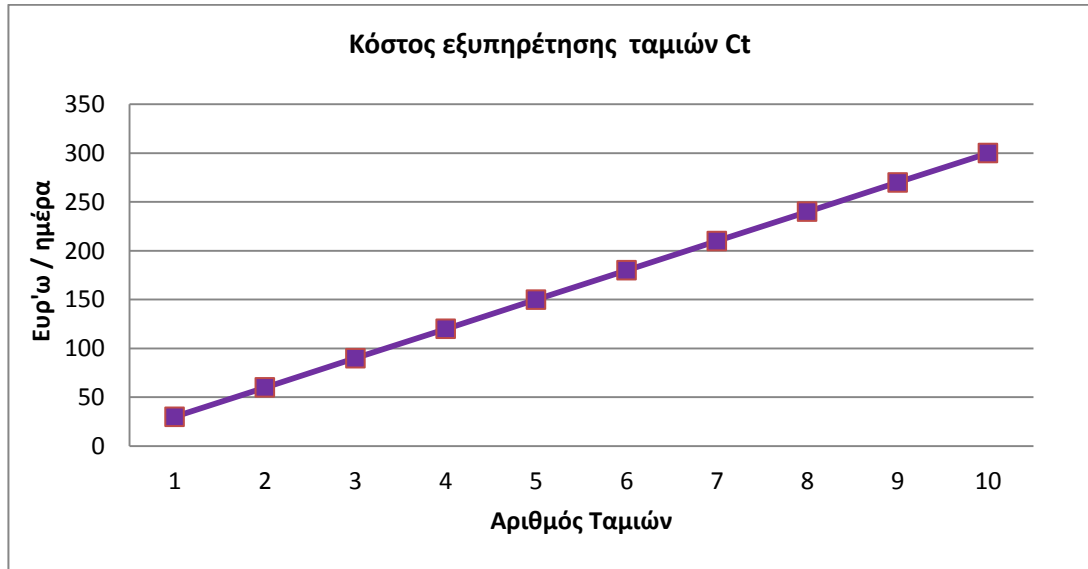
Εφόσον υπολογιστούν οι παραπάνω τιμές για κάθε περίπτωση από ένα ως δέκα ταμίες, γίνεται ο προσδιορισμός του βέλτιστου αριθμού ταμιών από την εύρεση της περίπτωσης με το ελάχιστο συνολικό κόστος στο σύστημα C_s . Ο βέλτιστος αριθμός ταμιών (συστήματος) ss παρουσιάζεται στο κελί C6 και το ελάχιστο συνολικό κόστος από το οποίο προκύπτει σε ευρώ ανά ημέρα και σε ευρώ ανά ώρα στα κελία C5 και E5 αντίστοιχα.

Επίσης γίνεται ο προσδιορισμός του βέλτιστου αριθμού ταμιών από την εύρεση της περίπτωσης με το ελάχιστο συνολικό κόστος στην ουρά C_q . Ο βέλτιστος αριθμός ταμιών (ουράς) sq παρουσιάζεται στο κελί C10 και το ελάχιστο συνολικό κόστος από το

οποίο προκύπτει σε ευρώ ανά ημέρα και σε ευρώ ανά ώρα στα κελιά C9 και E9 αντίστοιχα.

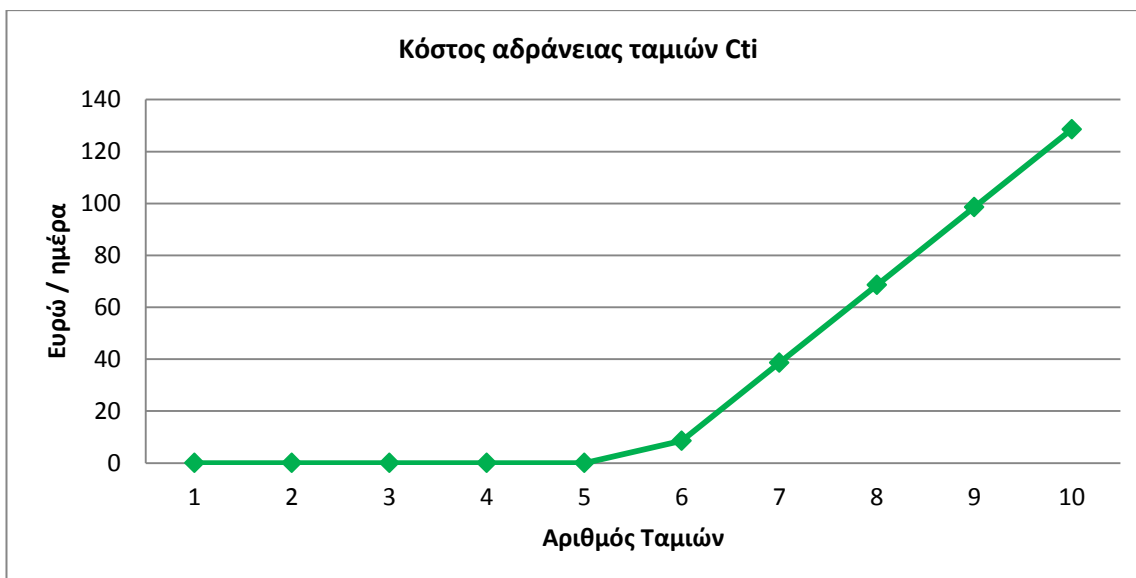
Ο βέλτιστος αριθμός ταμιών που προκύπτει από το ελάχιστο συνολικό κόστος στο σύστημα C_s , δεν αντιστοιχεί πάντα σε αυτόν που προκύπτει από το συνολικό κόστος στην ουρά C_q .

Το αρχείο excel παρουσιάζει διαγραμματικά τις τιμές κάθε κόστους σε συνάρτηση με τον αριθμό ταμιών επιμέρους και συγκεντρωτικά.



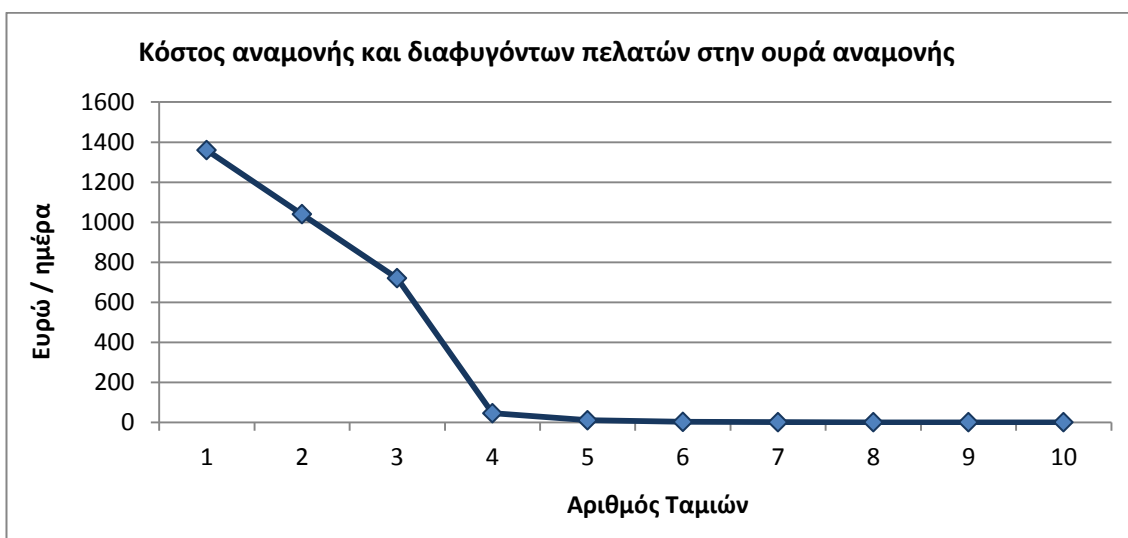
Διάγραμμα 3.1. Υπολογισμός κόστους εξυπηρέτησης ταμιών.

Στο διάγραμμα 3.1 παρουσιάζεται το κόστος εξυπηρέτησης ταμιών για μέσο ρυθμό αφίξεων 40 αφίξεις/ώρα, μέσο ρυθμός εξυπηρέτησεων ενός ταμιά 7 πελάτες/ώρα, κόστος ενός ταμιά 30 ευρώ/ημέρα, κόστος αναμονής ενός πελάτη 30 ευρώ/ημέρα και κόστος διαφυγόντος πελάτη 10 ευρώ/πελάτη. Αναπαριστάται από μια ευθεία γραμμή ανάλογη του αριθμού των ταμιών που χρησιμοποιεί το σύστημα.



Διάγραμμα 3.2. Υπολογισμός κόστους αδράνειας ταμιών.

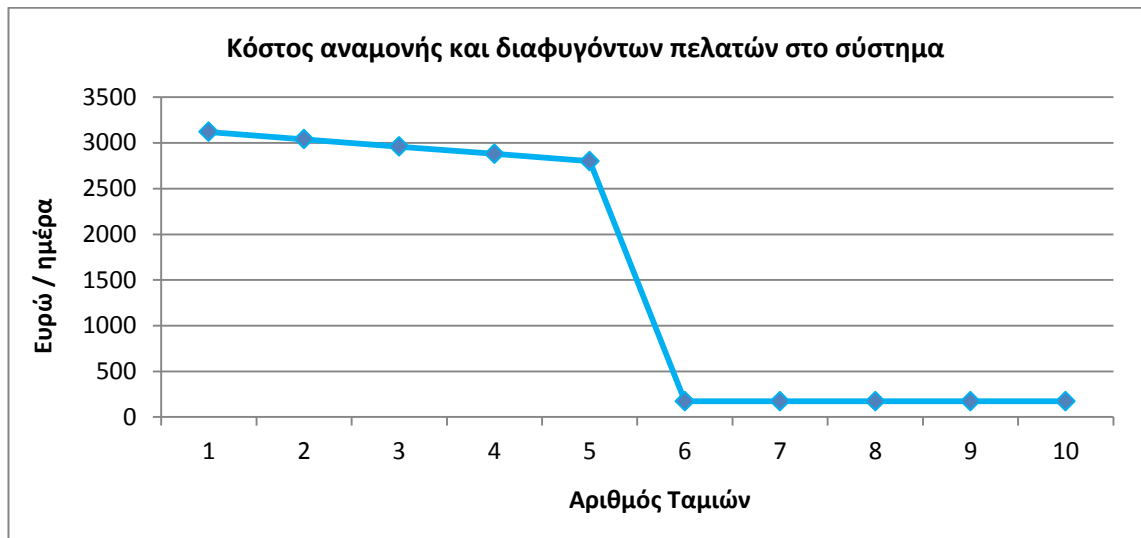
Στο διάγραμμα 3.2 παρουσιάζεται το κόστους αδράνειας ταμιών για μέσο ρυθμό αφίξεων 40 αφίξεις/ώρα, μέσο ρυθμός εξυπηρητήσεων ενός ταμιά 7 πελάτες/ώρα, κόστος ενός ταμιά 30 euro/ημέρα, κόστος αναμονής ενός πελάτη 30 euro/ημέρα και κόστος διαφυγόντος πελάτη 10 euro/πελάτη. Είναι μηδενικό για ένα έως πέντε ταμίες καθώς ο φόρτος των πελατών απασχολεί όλο το χρόνο τους και δεν αδρανούν καθόλου. Για όσους παραπάνω ταμίες απασχολήσει το σύστημα, τόσο περισσότερο χρόνο θα αδρανούν αφού ο ίδιος φόρτος θα μοιράζεται σε περισσότερα άτομα.



Διάγραμμα 3.3. Υπολογισμός κόστους αναμονής και διαφυγόντων πελατών στην ουρά αναμονής.

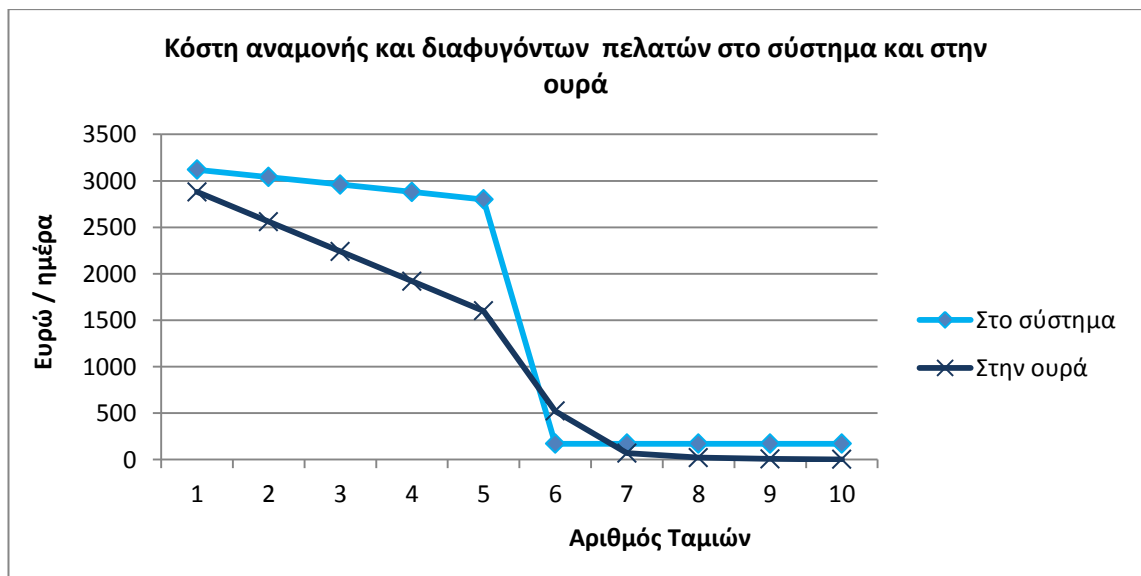
Στο διάγραμμα 3.3 παρουσιάζεται το κόστος αναμονής & και διαφυγόντων πελατών στην ουρά αναμονής για μέσο ρυθμό αφίξεων 40 αφίξεις/ώρα, μέσο ρυθμός εξυπηρητήσεων ενός ταμιά 7 πελάτες/ώρα, κόστος ενός ταμιά 30 euro/ημέρα, κόστος αναμονής ενός πελάτη 30 euro/ημέρα και κόστος διαφυγόντος πελάτη 10 euro/πελάτη. Το κόστος ξεκινάει από υψηλές τιμές για λίγους ταμίες και μειώνεται καθώς ο αριθμός ταμιών αυξάνεται. Από πέντε ταμίες και πάνω το κόστος τείνει να μηδενιστεί καθώς δεν

προκύπτουν διαφυγόντες πελάτες και ο χρόνος παραμονής στην ουρά αναμονής τείνει να μηδενιστεί.



Διάγραμμα 3.4. Υπολογισμός κόστους αναμονής και διαφυγόντων πελατών στο σύστημα.

Στο διάγραμμα 3.4 παρουσιάζεται το κόστος αναμονής & και διαφυγόντων πελατών στο σύστημα για μέσο ρυθμό αφίξεων 21 αφίξεις/ώρα, μέσο ρυθμός εξυπηρέτησεων ενός ταμιά 7 πελάτες/ώρα, κόστος ενός ταμιά 30 ευρο/ημέρα, κόστος αναμονής ενός πελάτη 30 ευρο/ημέρα και κόστος διαφυγόντος πελάτη 10 ευρο/πελάτη. Το κόστος αναμονής και διαφυγόντων πελατών στο σύστημα ξεκινάει από υψηλές τιμές για λίγους ταμίες και μειώνεται καθώς ο αριθμός ταμιών αυξάνεται. Παρόλο που από έξι ταμίες και πάνω δεν προκύπτουν διαφυγόντες πελάτες και ο χρόνος παραμονής στην ουρά αναμονής τείνει να μηδενιστεί, υπάρχει σε κάθε περίπτωση ο σταθερός χρόνος εξυπηρέτησης που συνυπολογίζεται.



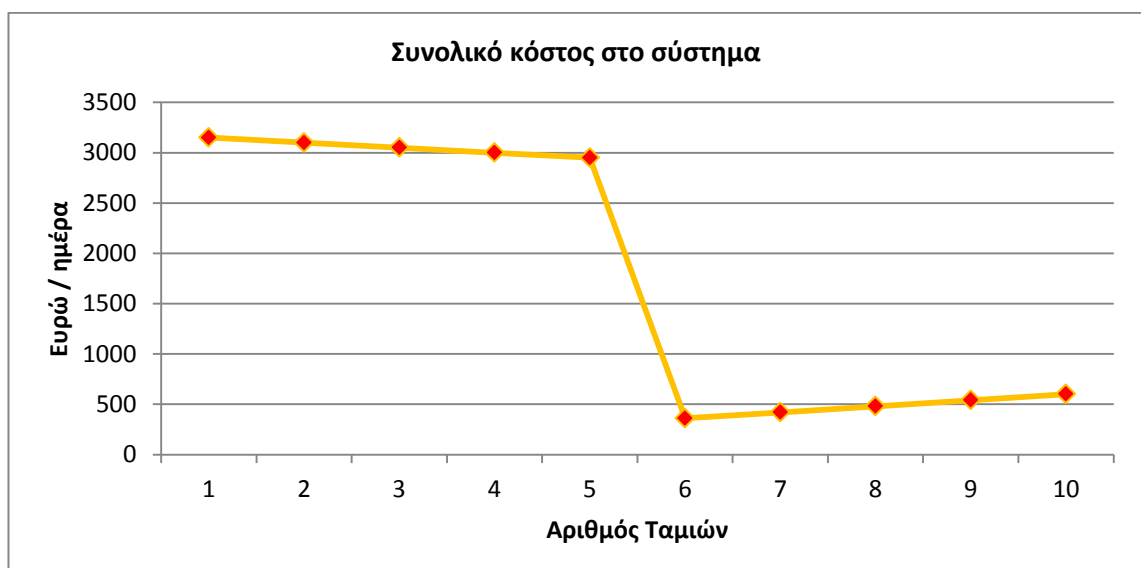
Σχήμα 3.5. Σύγκριση κοστών αναμονής και διαφυγόντων πελατών στην ουρά αναμονής και στο σύστημα.

Στο διάγραμμα 3.5 παρουσιάζεται η σύγκριση κοστών αναμονής και διαφυγόντων πελατών στην ουρά αναμονής και στο σύστημα για μέσο ρυθμό αφίξεων 40 αφίξεις/ώρα, μέσο ρυθμός εξυπηρητήσεων ενός ταμιά 7 πελάτες/ώρα, κόστος ενός ταμιά 30 ευρο/ημέρα, κόστος αναμονής ενός πελάτη 30 ευρο/ημέρα και κόστος διαφυγόντος πελάτη 10 ευρο/πελάτη.



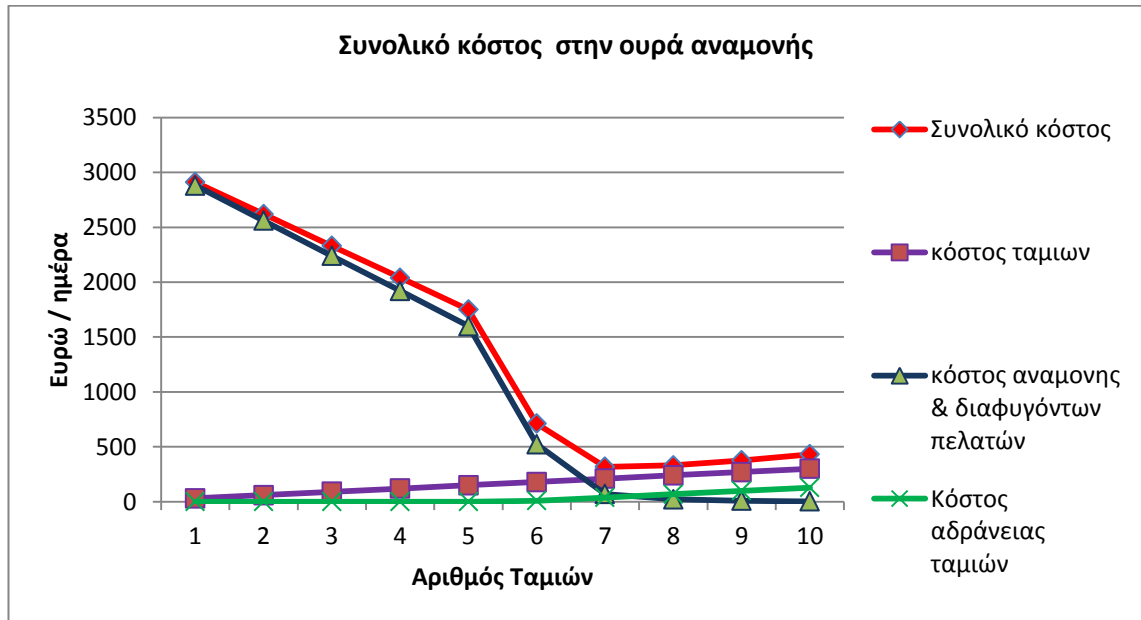
Διάγραμμα 3.6. Υπολογισμός συνολικού κόστους στην ουρά αναμονής.

Στο διάγραμμα 3.6 παρουσιάζεται το συνολικό κόστος στην ουρά αναμονής για μέσο ρυθμό αφίξεων 40 αφίξεις/ώρα, μέσο ρυθμός εξυπηρητήσεων ενός ταμιά 7 πελάτες/ώρα, κόστος ενός ταμιά 30 ευρο/ημέρα, κόστος αναμονής ενός πελάτη 30 ευρο/ημέρα και κόστος διαφυγόντος πελάτη 10 ευρο/πελάτη. Το ελάχιστο εντοπίζεται στην περίπτωση των 7 ταμιών άρα αυτός είναι ο βέλτιστος αριθμός θέσεων εξυπηρέτησης.



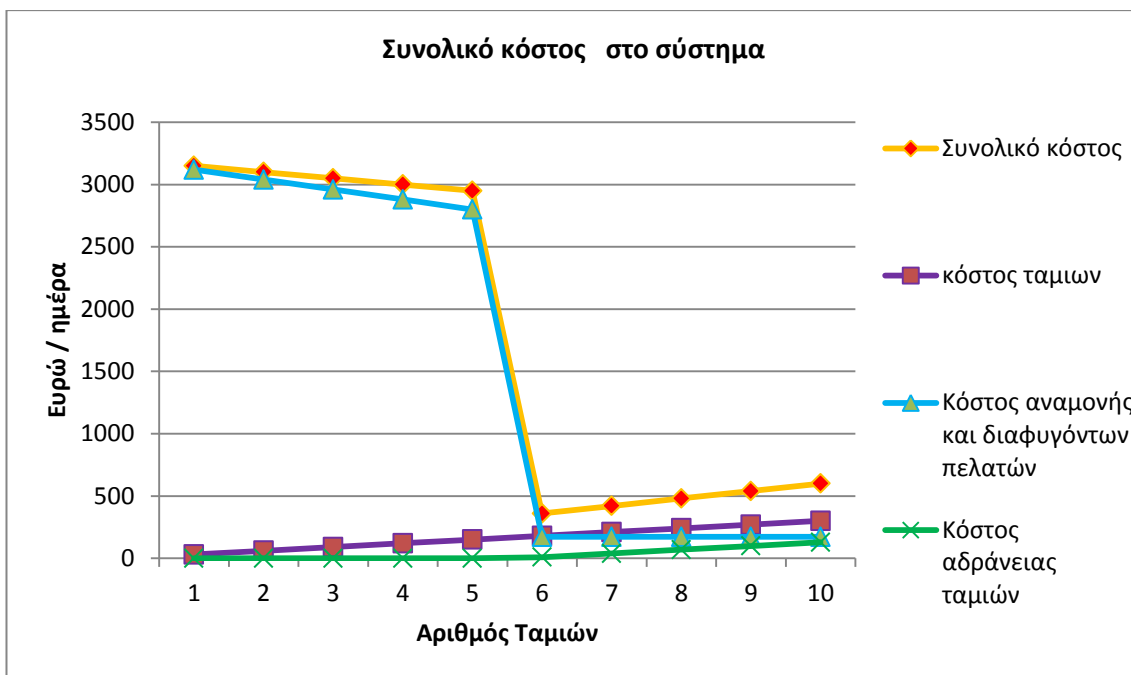
Διάγραμμα 3.7. Υπολογισμός συνολικού κόστους στο σύστημα.

Στο διάγραμμα 3.7 παρουσιάζεται το συνολικό κόστος στην ουρά αναμονής για μέσο ρυθμό αφίξεων 40 αφίξεις/ώρα, μέσο ρυθμός εξυπηρέτησεων ενός ταμιά 7 πελάτες/ώρα, κόστος ενός ταμιά 30 ευρο/ημέρα, κόστος αναμονής ενός πελάτη 30 ευρο/ημέρα και κόστος διαφυγόντος πελάτη 10 ευρο/πελάτη. Το ελάχιστο εντοπίζεται στην περίπτωση των 6 ταμιών άρα αυτός είναι ο βέλτιστος αριθμός θέσεων εξυπηρέτησης.



Διάγραμμα 3.8. Συγκριτικό διάγραμμα κοστών για την ουρά αναμονής.

Στο διάγραμμα 3.8 παρουσιάζεται η σύγκριση όλων των κοστών στην ουρά αναμονής για μέσο ρυθμό αφίξεων 40 αφίξεις/ώρα, μέσο ρυθμός εξυπηρέτησεων ενός ταμιά 7 πελάτες/ώρα, κόστος ενός ταμιά 30 ευρο/ημέρα, κόστος αναμονής ενός πελάτη 30 ευρο/ημέρα και κόστος διαφυγόντος πελάτη 10 ευρο/πελάτη.



Διάγραμμα 3.9. Συγκριτικό διάγραμμα κοστών για το σύστημα.

Στο διάγραμμα 3.9 παρουσιάζεται η σύγκριση όλων των κοστών στην ουρά αναμονής για μέσο ρυθμό αφίξεων 40 αφίξεις/ώρα, μέσο ρυθμός εξυπηρέτησεων ενός ταμιά 7 πελάτες/ώρα, κόστος ενός ταμιά 30 euro/ημέρα, κόστος αναμονής ενός πελάτη 30 euro/ημέρα και κόστος διαφυγόντος πελάτη 10 euro/πελάτη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1 Σύνοψη και συμπεράσματα

Ο υπολογισμός του βέλτιστου αριθμού θέσεων εξυπηρέτησης σε ένα τραπεζικό υποκατάστημα είναι μια πολύπλοκη διαδικασία. Αυτό συμβαίνει γιατί σε κάθε περίπτωση υπάρχει μεγάλος αριθμός παραμέτρων που πρέπει να ληφθούν υπόψη, καθώς και διαφορετικοί τρόποι υπολογισμού του αριθμού αυτού.

Αρχικά λοιπόν πρέπει να γίνει επί τόπου εκτίμηση της προσέλευσης των πελατών στο εν λόγω υποκατάστημα, καθώς και ο μέσος ρυθμός εξυπηρέτησης των ταμιών που το στελεχώνουν. Ο ασφαλέστερος τρόπος να γίνει αυτή η εκτίμηση είναι με στατιστική επεξεργασία των χρόνων αφίξεων και εξυπηρέτησης των πελατών στο υπό εξέταση υποκατάστημα.

Επίσης πρέπει να προσδιοριστεί μια άλλη ομάδα παραμέτρων οι οποίες προκύπτουν από το πώς αξιολογείται ο χρόνος αναμονής ενός πελάτη στην ουρά εξυπηρέτησης, ο χρόνος που απαιτείται για την εξυπηρέτηση και η "ζημία" στην εικόνα της τράπεζας που προκύπτει από κάθε δυσαρεστημένο πελάτη που φεύγει από το υποκατάστημα καθώς δεν επαρκούν οι ταμίες να εξυπηρετήσουν το φόρτο εργασίας.

Βιβλιογραφικά δεν βρέθηκαν προγενέστερες εργασίες όπου εξετάζεται η περίπτωση όπου το σύστημα να έχει μεγαλύτερο ρυθμό άφιξης των πελατών από το ρυθμό εξυπηρέτησης των ταμιών, όπως ενδέχεται να συμβεί στην πραγματικότητα. Ως αποτέλεσμα, οι περισσότερες σχέσεις της θεωρίας ουρών αναμονής δεν δίδουν λογικά αποτελέσματα και ήταν απαραίτητο να ληφθούν κάποιες παραδοχές.

Ο υπολογισμός γίνεται αφού ορίζουμε τις εξής παραμέτρους:

1. μέσο ρυθμό άφιξης των πελατών στο υποκατάστημα
2. μέσος ρυθμός εξυπηρετήσεων ανά μονάδα χρόνου
3. εργατικό κόστος ενός ταμία
4. κόστος αναμονής ενός πελάτη, δηλαδή το κόστος χαμένης ευκαιρίας
5. κόστος ενός πελάτη που προσέρχεται στην τράπεζα και αποχωρεί χωρίς να εξυπηρετηθεί, διότι ο αριθμός των ταμιών δεν καλύπτει το φόρτο. Το κόστος αυτό προκύπτει από τη δυσαρέσκεια που προκαλείται στον πελάτη

Αφού καταχωρηθούν οι παράμετροι, το αρχείο excel παρουσιάζει το ελάχιστο δυνατό συνολικό κόστος και τον βέλτιστο αριθμό ταμιών-θέσεων εξυπηρέτησης. Επίσης παρουσιάζονται τα διαγράμματα για κάθε κόστος σε συνάρτηση με διαφορετικούς δυνατούς αριθμούς ταμιών.

4.2 Προτάσεις

Προκειμένου να επιτευχθεί υπολογισμός του βέλτιστου αριθμού θέσεων εξυπηρέτησης σε ένα τραπεζικό υποκατάστημα που να ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα, προτείνονται τα ακόλουθα:

- Καταγραφή των χρόνων άφιξης των πελατών.
Τα τραπεζικά υποκαταστήματα διαθέτουν συσκευές που δίνουν χαρτί με αριθμό για την ταξινόμηση των πελατών στην ουρά αναμονής. Αν αυτή η συσκευή είχε μνήμη να αποθηκεύει τους χρόνους στους οποίους δίνει κάθε νούμερο, θα υπήρχε η ακριβής εικόνα του ρυθμού άφιξης των πελατών.
- Καταγραφή των χρόνων εξυπηρέτησης των ταμιών.
Εφόσον οι ταμίες χρησιμοποιούν υπολογιστή για την εξυπηρέτηση των πελατών είναι εύκολο να καταγράφονται οι χρόνοι συνδιαλλαγής ώστε να υπάρχει ακριβής εικόνα του ρυθμού εξυπηρέτησης.
- Συνεργασία με τραπεζικό υποκατάστημα για την παροχή στατιστικών στοιχείων.
Δεν είναι εύκολο να αποκτήσει κάποιος πρόσβαση σε δεδομένα τραπεζικού υποκαταστήματος. Προτείνεται μια συνεργασία για την εφαρμογή της συγκεκριμένης μεθόδου υπολογισμού του βέλτιστου αριθμού θέσεων εξυπηρέτησης σε πραγματικά στοιχεία χρόνων πελατών και ταμιών. Έτσι θα δοκιμαστεί η αποτελεσματικότητα της μεθόδου στην πράξη και ενδεχομένως να προκύψουν και βελτιώσεις της μεθόδου.

Βιβλιογραφία

Διεθνής

1. Hongna S., Zhenwei D., 2010, Simulation of banks queuing system based on WITNESS, *2010 International Conference on Computer Application and System Modeling (ICCASM 2010)*, Taiyuan, China, 22-24 Oct. 2010
2. Hao T., Yifei T., 2011, Study on Queuing System Optimization of Bank Based on BRP, *2011 3rd International Conference on Environmental Science and Information Application Technology (ESIAT 2011)*, Nanjing, China
3. Madadi N., Roudsaru H. A., Wong Y. K., Modeling and Simulation of a Bank Queuing System, *2013 Fifth International Conference on Computational Intelligence, Modelling and Simulation*, Seoul, South Korea, 24-25 Sept. 2013
4. Rahman S. M., Rahman T. M., Kabir R. M., 2013, Solving Of Waiting Lines Models in the Bank Using Queuing Theory Model the Practice Case: Islami Bank Bangladesh Limited, Chawkbazar Branch, Chittagong, *IOSR Journal of Business and Management*, Volume 10, Issue 1 (May. - Jun. 2013), PP 22-29
5. Berhan E., 2015, Bank Service Performance Improvements using Multi-Sever Queue System, *Journal of Business and Management*, Volume 17, Issue 6.Ver. I (June. 2015), PP 65-69
6. Dr. Kardi Teknomo, <http://people.revoledu.com/kardi/tutorial/Queuing/MMS-Queuing-System.html>
7. International Journal of Finance and Banking Research, Volume 2, Issue 6, December 2016, Waiting Lines, Banks' Effective Delivery Systems and Technology Driven Services in Nigeria: A Case Study, Nigeria, Obafemi Awolowo University

Ελληνική

8. Ουρές Αναμονής, Πλατφόρμα Τηλεκπαίδευσης – ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας, <https://eclass.pat.teiwest.gr/>
9. Συστήματα Αναμονής, Πανεπιστήμιο Πειραιώς, <http://www.tex.unipi.gr/>
10. Επιχειρησιακή Έρευνα, Μπάτης Ν., Γκανάς Ι., Γεωργίου Α., 2004, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
11. Πετρόπουλος Γ., 2013, Ανάλυση Ενός Τραπεζικού Συστήματος Εξυπηρέτησης, Χανιά, Πολυτεχνείο Κρήτης
12. Μήτσου Α., 2016, Αποτελεσματική διαχείριση ουρών αναμονής στον τραπεζικό τομέα- Μελέτη περίπτωσης DoNotWait.gr, Θεσσαλονίκη, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο
13. Νικολαος Σ., 2016, Ανάπτυξη Μεθοδολογίας Για Τον Περιορισμό Των Ουρών Αναμονής Στα Καταστήματα Τραπεζής, Αθήνα, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
14. Κωσταράς Γ., 2012, Θεωρία Ουρών, Μελέτη και Σύγκριση μοντέλων μιας Υπηρεσίας, Πανεπιστήμιο Πατρών