



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ
ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Ανάπτυξη μεθοδολογίας για τον Περιορισμό των Ουρών Αναμονής στα Καταστήματα Τραπεζής

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Σίμος Νικόλαος

Επιβλέπων: Βασίλειος Ασημακόπουλος,
Καθηγητής Ε. Μ. Π.
Υπεύθυνος: Ευάγγελος Σπηλιώτης,
Υποψήφιος Διδάκτωρ Ε. Μ. Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2016



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ
ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Ανάπτυξη μεθοδολογίας για τον Περιορισμό των Ουρών Αναμονής στα Καταστήματα Τραπεζής

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Σίμος Νικόλαος

Επιβλέπων: Βασίλειος Ασημακόπουλος,
Καθηγητής Ε. Μ. Π.

Υπεύθυνος: Ευάγγελος Σπηλιώτης,
Υποψήφιος Διδάκτωρ Ε. Μ. Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την Οκτωβρίου 2016

.....

Βασίλειος Ασημακόπουλος
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....

Ιωάννης Ψαρράς
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....

Δημήτριος Ασκούνης
Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2016

.....

Σίμος Νικόλαος

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Simos Nikolaos, 2016

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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 και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για εμπορικό-κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται αποκλειστικά στον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτή την εργασία εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου συμπεριλαμβανόμενων Σχολών, Τομέων και Μονάδων αυτού.

Περίληψη

Η μοντελοποίηση των ουρών αναμονής σε καταστήματα τραπεζών έχει μελετηθεί ενδελεχώς στο παρελθόν από πληθώρα ερευνητών ώστε να περιορίσουν τους υψηλούς χρόνους αναμονής σε αυτά. Στην Ελλάδα το εν λόγω πρόβλημα έχει ενταθεί τα τελευταία χρόνια, ιδιαίτερα μετά την επιβολή των capital controls, τα οποία οδήγησαν στην αύξηση της κοσμοσυρροής στα υποκαταστήματα των τραπεζών και την πραγματοποίηση μεγαλύτερου όγκου συναλλαγών σε αυτά. Τίθεται λοιπόν περισσότερο από ποτέ το ζήτημα της ανάπτυξης μίας μεθοδολογίας με σκοπό τη βέλτιστη διαχείριση των αυξημένων ουρών αναμονής, την επίτευξη όσο το δυνατόν μικρότερων χρόνων αναμονής και την καλύτερη εξυπηρέτηση των πελατών.

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται μία ολοκληρωμένη μεθοδολογία μείωσης ουρών αναμονής μέσω της βέλτιστης κατανομής των θέσεων εργασίας των διαθέσιμων ταμιών κάθε καταστήματος της τράπεζας. Ο αλγόριθμος ελέγχει κάθε χρονική στιγμή εντός του ωραρίου λειτουργίας του καταστήματος το πλήθος των πελατών που βρίσκονται σε αναμονή και εκτιμώντας τον αναμενόμενο χρόνο αναμονής τους αποφασίζει για το αν η τράπεζα πρέπει να στελεχώσει επιπλέον ταμεία ή αν τα υπάρχοντα είναι επαρκή. Επιπλέον, σε περίπτωση πλεοναζόντων teller ο αλγόριθμος συμβουλεύει το κλείσιμο αντίστοιχου αριθμού θέσεων ταμείου. Αποτέλεσμα είναι η αύξηση της ποιότητας εξυπηρέτησης των πελατών της τράπεζας χωρίς να αυξάνεται σημαντικά ο απαιτούμενος χρόνος εργασίας στα ταμεία.

Πιο συγκεκριμένα για την υλοποίηση της μεθοδολογίας σε κάθε κατάσταση του δικτύου της τράπεζας δημιουργήθηκαν δύο εργαλεία: Το ημερολόγιο καταστήματος και ο πίνακας καταστήματος. Η διαδικασία της δημιουργίας των εργαλείων έγκειται στη διάκριση των καταστημάτων σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με τη δυσαρέσκεια που προκαλούν στους πελάτες λόγω της παραμονής τους στην ουρά. Οι κατηγορίες αυτές είναι τα Πράσινα (χαμηλή παραγόμενη δυσαρέσκεια), τα Πορτοκαλί (μέτρια παραγόμενη δυσαρέσκεια) και τα Κόκκινα καταστήματα (υψηλή παραγόμενη δυσαρέσκεια). Με τον ίδιο τρόπο χαρακτηρίζονται οι εργάσιμες ημέρες σε κάθε κατηγορία καταστημάτων, ως Πράσινες, Πορτοκαλί, ή Κόκκινες. Έπειτα, κατασκευάζεται ένα ημερολόγιο για κάθε κατηγορία καταστημάτων, το οποίο περιέχει το χαρακτηρισμό κάθε εργάσιμης ημέρας σύμφωνα με την παραπάνω μεθοδολογία. Η πρόβλεψη της συναλλακτικής κίνησης για κάθε ημέρα προκύπτει από την αντιστοίχιση των εργάσιμων ημερών του προηγούμενου έτους σε αυτές του τρέχοντος έτους, λαμβάνοντας υπόψη και την επίδραση εξωγενών παραγόντων.

Με βάση την κατηγοριοποίηση, το ημερολόγιο και τον υπολογισμένο χρόνο εξυπηρέτησης κάθε καταστήματος, αναπτύσσεται στη συνέχεια ο πίνακας καταστήματος, ο οποίος συγκεντρώνει δύο πληροφορίες: Τον προτεινόμενο αριθμό teller στο ξεκίνημα κάθε ημέρας ανάλογα με το χαρακτηρισμό της, καθώς και τον προτεινόμενο αριθμό teller σε κάθε χρονική στιγμή εντός του ωραρίου λειτουργίας του καταστήματος, ανάλογα με το πλήθος πελατών που βρίσκονται εκείνη τη στιγμή σε αναμονή. Η απόφαση για το βέλτιστο αριθμό teller σε κάθε χρονική στιγμή λαμβάνεται με βάση κάποιο στόχο για τον επιθυμητό χρόνο αναμονής των πελατών. Έτσι, σε περίπτωση που ο στόχος αυτός δεν επιτυγχάνεται με το υπάρχον πλήθος ενεργών ταμείων, ο πίνακας προτείνει τη στελέχωση των απαραίτητων επιπλέον ταμείων. Σε αντίθετη περίπτωση, ο πίνακας συστήνει το κλείσιμο των πλεοναζόντων ανοιχτών ταμείων.

Η μεθοδολογία εφαρμόστηκε σε 40 καταστήματα του δικτύου μίας μεγάλης ελληνικής τράπεζας, σε στοιχεία για τις ουρές αναμονής για το έτος 2014. Για την αξιοποίηση των διαθέσιμων στοιχείων και την εφαρμογή των παραπάνω εργαλείων ώστε να βελτιστοποιηθεί η διαχείρισή τους, απαιτήθηκε η ανάπτυξη κατάλληλου συστήματος. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης έδειξαν πως η εφαρμογή της μεθοδολογίας στα 40 αυτά καταστήματα προκάλεσε μία μέση μείωση του χρόνου αναμονής των πελατών ίση με 20%, μειώνοντας τη παραγόμενη δυσαρέσκεια και τον αριθμό πελατών που αποχωρούν από το κατάστημα χωρίς να εξυπηρετηθούν κατά 24% και 7% αντίστοιχα.

Λέξεις – κλειδιά: Ουρές αναμονής, Προσομοίωση, Καταστήματα τραπεζών, Βελτιστοποίηση

Abstract

Queues at bank branches and their modelling have been studied extensively in the past by a plethora of researchers, in order to reduce the high waiting times they cause. In Greece, the said problem has been intensified during recent years especially following the imposition of capital controls on Greek banks, which led to a dramatic increase in the number of transactions carried out at the banks' branches. Thus, the matter of developing a methodology with the purpose of managing the queues at bank branches optimally, achieving waiting times as low as possible and improving the customers' service quality is now more relevant than ever.

The aim of this thesis is to present a complete methodology to reduce the queues at bank branches, through the optimal allocation of the number of available tellers serving customers at any given time during a working day, for all the bank's branches. The algorithm checks the number of customers waiting at any given time during the branch's working hours and, estimating the expected waiting time, decides on whether the branch has to staff additional working places or the existing ones are sufficient. Furthermore, in case there are excessive active tellers, the algorithm suggests the deactivation of the corresponding number of working places. As a result, the customer service quality is improved without a significant increase in the tellers' requisite working period.

More specifically, to implement the methodology, the creation of two tools was necessary: The branch's calendar and its Optimal Staffing Table. The process of creating these tools consists of distributing the branches in three separate categories, depending on the dissatisfaction they cause to their customers because of their stay in the branch's queue. These categories are: The Green branches (generating low dissatisfaction), the Orange branches (generating average dissatisfaction) and the Red branches (generating high dissatisfaction). In the same manner, each branch category's working days are characterized as Green, Orange or Red. Afterwards, we construct a calendar for each branch category, which contains the characterization of each working day according to the above mentioned methodology. The forecasting of each day's transactional traffic comprises of matching last year's working days to the current year's corresponding ones, taking into account the effect of exogenous factors.

Based on the branches' categorization, the calendar and the calculated service time for each branch, we develop each branch's Optimal Staffing Table, which brings together two separate pieces of intelligence to support the management's decision process: On the one hand, the suggested number of active tellers at the start of each working day depending on its characterization, and on the other hand the suggested number of active tellers at any given time during the branch's working hours, depending on the number of customers waiting at that time. The decision on the optimal number of tellers is made based on a target for the desired maximum waiting time. Thereafter, in case this target is not achieved with the current number of active tellers, the Table suggests the staffing of the necessary additional ones, while otherwise, it suggests the deactivation of the excessive tellers.

The methodology was implemented on 40 bank branches of a large Greek bank, using statistical data on their queues for the year 2014. In order to utilize the available data, simulate the branch's operations and the queue's service and implement the above mentioned tools for the optimization of the queues' management, the development of a software system was deemed necessary. The results of the simulation proved that the implementation of the proposed methodology at these 40 branches resulted in an average 20% decrease in their waiting time, while decreasing the generated dissatisfaction by 24% and the clients abandoning the branches without carrying out their transactions by 7%.

Key words: Queues, Simulation, Bank branches, Optimization

Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια των ερευνητικών δραστηριοτήτων της Μονάδας Προβλέψεων και Στρατηγικής κατά το ακαδημαϊκό έτος 2015 – 2016. Η Μονάδα υπάγεται στον Τομέα Βιομηχανικών Διατάξεων και Συστημάτων Αποφάσεων της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Η/Υ, του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. Βασίλειο Ασημακόπουλο για την ευκαιρία που μου έδωσε να συμμετάσχω στην ερευνητική δραστηριότητα της Μονάδας και να ασχοληθώ με το πρόβλημα των ουρών αναμονής σε υποκαταστήματα τραπεζών, καθώς και για τις πολύτιμες συμβουλές και την καθοδήγησή του καθόλη τη διάρκεια της πορείας μου στη Μονάδα. Θα ήθελα ακόμα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. Ιωάννη Ψαρρά και τον Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Δημήτριο Ασκούνη για τη συμμετοχή τους στην επιτροπή εξέτασης της εργασίας.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω θερμά τον Υποψήφιο Διδάκτορα της Μονάδας Βαγγέλη Σπηλιώτη, για τη βοήθεια, τις συμβουλές και την καθοδήγησή του στη διάρκεια των προηγούμενων χρόνων, τόσο σε τεχνικό όσο και σε ηθικό επίπεδο. Η συμβολή του στην εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν καθοριστική.

Για τη συνεισφορά τους σε πρακτικό επίπεδο αλλά και για την υποστήριξή τους σε όλη τη διάρκεια αυτής της πορείας, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τα υπόλοιπα μέλη της Μονάδας Προβλέψεων και Στρατηγικής, Ζαμπέτα, Βαγγέλη, Νίκη, Αρτέμη, Ηλέκτρα, Αχιλλέα, Κατερίνα, Φώτη και Φωτεινή, καθώς και την οικογένειά μου και τους φίλους μου.

Νικόλαος Σίμος

Αθήνα, Οκτώβριος 2016

Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη	5
Abstract	7
Πρόλογος	9
Πίνακας Σχημάτων	13
1. Εκτενής περίληψη	17
1.1 Εισαγωγή	17
1.1.1 Το πρόβλημα	17
1.1.2 Η προσέγγισή μας	17
1.2 Η μεθοδολογία	18
1.2.1 Προσομοίωση των ουρών αναμονής	18
1.2.2 Η ιδέα	18
1.2.3 Κατηγοριοποίηση καταστημάτων	19
1.2.4 Ημερολόγιο καταστήματος	19
1.2.5 Πίνακας καταστήματος	19
1.3 Σύστημα προσομοίωσης και βελτιστοποίησης των ουρών αναμονής	20
1.4 Εφαρμογή της μεθοδολογίας στα καταστήματα μεγάλης ελληνικής τράπεζας	21
1.4.1 Αποτελέσματα και συμπεράσματα από την εφαρμογή της μεθοδολογίας	21
2. Βιβλιογραφική επισκόπηση	23
2.1 Σχετική παρελθούσα έρευνα	23
2.2 Εισαγωγή στους Δείκτες Αξιολόγησης Απόδοσης (Key Performance Indicators)	25
2.3 Δείκτες Αξιολόγησης της Απόδοσης (Key Performance Indicators)	27
2.3.1 Δείκτης δυσαρέσκειας	27
2.3.2 Δείκτης απόδοσης καταστήματος	28
3. Μεθοδολογία προσομοίωσης των ουρών αναμονής	31
3.1 Επισκόπηση του αλγορίθμου προσομοίωσης	31
3.1.1 Βασική ιδέα	31
3.1.2 Ανάλυση αλγορίθμου προσομοίωσης	34
3.1.3 Υπολογισμός χρόνου εξυπηρέτησης	35
3.2 Επεξεργασία δεδομένων εισόδου και υπολογισμός σφαλμάτων	37
3.2.1 Επεξεργασία του χρόνου αναμονής	37
3.2.2 Επεξεργασία των ενεργών teller	39
3.2.3 Υπολογισμός στατιστικών μεγεθών ουράς αναμονής	40

3.3 Διάγραμμα ροής διαδικασίας προσομοίωσης	44
4. Μεθοδολογία βελτιστοποίησης της διαχείρισης των ουρών αναμονής (optimize)	47
4.1 Εισαγωγή	47
4.2 Χαρακτηρισμός καταστημάτων και εργάσιμων ημερών	49
4.2.1 Χαρακτηρισμός εργάσιμων ημερών καταστημάτων	49
4.2.2 Κατηγοριοποίηση καταστημάτων	50
4.2.3 Ημερολόγιο καταστήματος	55
4.3 Πίνακας καταστήματος	59
4.3.1 Δημιουργία πίνακα καταστήματος	59
4.3.2 Περιορισμός μίας ώρας και επεξεργασία βελτιστοποιημένων teller	63
4.4 Αλγόριθμος βελτιστοποίησης (optimize) ουρών αναμονής	64
5. Παρουσίαση συστήματος προσομοίωσης - βελτιστοποίησης των ουρών αναμονής	67
5.1 Απαιτήσεις Εφαρμογής	67
5.1.1 Τεχνικές απαιτήσεις εφαρμογής	67
5.1.2 Επιχειρηματικές απαιτήσεις εφαρμογής (Business requirements)	68
5.2 Αρχιτεκτονική Συστήματος	69
5.2.1 Visual Basic .NET και Visual Studio	70
5.2.2 Microsoft SQL Server	70
5.2.3 DevExpress WFP	71
5.3 Κατασκευή βάσης δεδομένων	72
5.3.1 Εισαγωγή	72
5.3.2 Πίνακας κωδικού, ονομασίας και κατηγορίας καταστήματος	72
5.3.3 Πίνακας στατιστικών ανά λεπτό	72
5.3.4 Πίνακας ημερολογίου	73
5.3.5 Πίνακες με πίνακες καταστημάτων	73
5.3.6 Πίνακας ημερήσιων αποτελεσμάτων προσομοίωσης	75
5.3.7 Πίνακας ημερήσιων αποτελεσμάτων βελτιστοποίησης	75
5.3.8 Πίνακας βέλτιστης τοποθέτησης teller ανά λεπτό	76
5.3.9 Διάγραμμα βάσης δεδομένων με το σύνολο των πινάκων	76
5.4 Παρουσίαση εφαρμογής προσομοίωσης και βελτιστοποίησης	77
5.4.1 Εισαγωγή	77
5.4.2 Εισαγωγή Δεδομένων	77
5.4.3 Συνοπτική εικόνα καταστημάτων (Monitoring)	82
5.4.4 Αναλυτική εικόνα καταστήματος	86
5.4.5 Εβδομαδιαία αναφορά	94
6. Εφαρμογή της μεθοδολογίας στα καταστήματα μεγάλης ελληνικής τράπεζας	101

6.1 Εισαγωγή.....	101
6.2 Εφαρμοζόμενη μεθοδολογία	102
6.3 Αποτελέσματα μεθοδολογίας και σχολιασμός.....	102
6.3.1 Μέσοι όροι αποτελεσμάτων ανά κατάσταση και ανά τύπο ημέρας.....	102
7. Συμπεράσματα και μελλοντικές προεκτάσεις.....	111
7.1 Το πρόβλημα.....	111
7.2 Προτεινόμενη λύση	111
7.3 Μελλοντικές προεκτάσεις	113
8. Βιβλιογραφία	115

Πίνακας Σχημάτων

Σχήμα 1 - Είσοδος πελατών σε κάποιο κατάστημα κάποια εργάσιμη ημέρα	18
Σχήμα 2 - Πίνακας καταστήματος.....	20
Σχήμα 3 - Οθόνη συστήματος προσομοίωσης και βελτιστοποίησης των ουρών αναμονής της τράπεζας.....	21
Σχήμα 4 – Συγκεντρωτικά αποτελέσματα εφαρμογής μεθοδολογίας	21
Σχήμα 5 – Παράδειγμα εξυπηρέτησης πελατείας με ένα ενεργό ταμείο.....	32
Σχήμα 6 – Παράδειγμα εξυπηρέτησης πελατείας με ένα ενεργό ταμείο.....	32
Σχήμα 7 – Παράδειγμα εξυπηρέτησης πελατείας με δύο ενεργά ταμεία	33
Σχήμα 8 – Παράδειγμα εξυπηρέτησης πελατείας με δύο ενεργά ταμεία	33
Σχήμα 9 - Δεδομένα χρόνου αναμονής πριν και μετά την επεξεργασία	39
Σχήμα 10 – Χρονοσειρά πραγματικών teller πριν και μετά την επεξεργασία	40
Σχήμα 11 – Παράμετροι για τον υπολογισμό των ημερήσιων μη εξυπηρετηθέντων πελατών ανά κατηγορία καταστήματος.....	42
Σχήμα 12 - Διάγραμμα ροής διαδικασίας προσομοίωσης.....	45
Σχήμα 13 - Είσοδος πελατών σε κάποιο κατάστημα κάποια εργάσιμη ημέρα.....	47
Σχήμα 14 - Πραγματική και βέλτιστη χρονοσειρά teller κατά τη διάρκεια της ημέρας.....	48
Σχήμα 15 - Χαρακτηρισμός εργάσιμων ημερών βάσει τεταρτημορίων κατανομής δείκτης δυσαρέσκειας στο δείγμα	49
Σχήμα 16 - Χαρακτηρισμός εργάσιμων ημερών βάσει τιμών δείκτη δυσαρέσκειας.....	50
Σχήμα 17 - Πίνακας δυσαρέσκειας για το σύνολο των καταστημάτων της ΕΤΕ (~184) διάρκειας ενός έτους. Εντός των κελιών η επί τοις εκατό αντιπροσώπηση του χαρακτηρισμού κάθε ημέρας στο δείγμα των καταστημάτων	51
Σχήμα 18 - Ποσοστά αντιπροσώπησης ανά τύπο ημέρας	51
Σχήμα 19 - Ομαδοποίηση 184 καταστημάτων της τράπεζας.....	52
Σχήμα 20 - Πίνακας δυσαρέσκειας για τα "πράσινα" καταστήματα της ΕΤΕ (104) διάρκειας ενός έτους. Εντός των κελιών η επί τοις εκατό αντιπροσώπηση του χαρακτηρισμού κάθε ημέρας στο δείγμα των καταστημάτων	53
Σχήμα 21 - Πίνακας αντιπροσώπησης πράσινων καταστημάτων ανά κατηγορία ημέρας... 53	53
Σχήμα 22 - Πίνακας δυσαρέσκειας για τα "πορτοκαλί" καταστήματα της ΕΤΕ (71) διάρκειας ενός έτους. Εντός των κελιών η επί τοις εκατό αντιπροσώπηση του χαρακτηρισμού κάθε ημέρας στο δείγμα των καταστημάτων	54
Σχήμα 23 - Πίνακας αντιπροσώπησης πορτοκαλί καταστημάτων ανά κατηγορία ημέρας.. 54	54
Σχήμα 24 - Πίνακας δυσαρέσκειας για τα "κόκκινα" καταστήματα της ΕΤΕ (9) διάρκειας ενός έτους. Εντός των κελιών η επί τοις εκατό αντιπροσώπηση του χαρακτηρισμού κάθε ημέρας στο δείγμα των καταστημάτων	54
Σχήμα 25 - Πίνακας αντιπροσώπησης κόκκινων καταστημάτων ανά κατηγορία ημέρας.... 55	55
Σχήμα 26 - Ημερολόγιο πράσινων καταστημάτων	56
Σχήμα 27 - Ημερολόγιο πορτοκαλί καταστημάτων	57
Σχήμα 28 - Ημερολόγιο κόκκινων καταστημάτων	58
Σχήμα 29 - Παράδειγμα πίνακα καταστήματος	60
Σχήμα 30 - Αλληλεπίδραση εφαρμογής - βάσης δεδομένων	69
Σχήμα 31 - Πίνακας κωδικού, ονόματος, κατηγορίας καταστημάτων	72
Σχήμα 32 - Πίνακας ανά λεπτό στοιχείων ουρών αναμονής	73
Σχήμα 33 - Πίνακας ημερολογίου	73

Σχήμα 34 - Πίνακας με πίνακες πράσινων ημερών	74
Σχήμα 35 - Πίνακας με πίνακες κόκκινων ημερών	74
Σχήμα 36 - Πίνακας με πίνακες κόκκινων ημερών	75
Σχήμα 37 - Πίνακας ημερήσιων αποτελεσμάτων προσομοίωσης.....	75
Σχήμα 38 - Πίνακας ημερήσιων αποτελεσμάτων βελτιστοποίησης.....	76
Σχήμα 39 - Πίνακας βέλτιστης τοποθέτησης teller ανά λεπτό.....	76
Σχήμα 40 - Διάγραμμα βάσης δεδομένων	77
Σχήμα 41 - Αρχική οθόνη καρτέλας εισαγωγής.....	78
Σχήμα 42 - Πλήκτρο Open A File	78
Σχήμα 43 - Οθόνη επιλογής εισαγόμενου αρχείου	79
Σχήμα 44 - Πίνακας εισαγωγής δεδομένων και μπάρα προόδου	79
Σχήμα 45 - Μήνυμα ενημέρωσης χρήστη για την αποθήκευση των στοιχείων στη βάση δεδομένων.....	80
Σχήμα 46 - Ενημέρωση χρήστη για την πρόοδο αποθήκευσης των στοιχείων στη βάση δεδομένων.....	80
Σχήμα 47 - Ενημερωτικό μήνυμα επιτυχούς εισαγωγής δεδομένων στη βάση και ενεργοποίησης δυνατότητας προσομοίωσης	81
Σχήμα 48 - Πλήκτρο Simulate/Optimize και μπάρα προόδου διαδικασίας.....	81
Σχήμα 49 - Ενημερωτικό μήνυμα επιτυχούς ολοκλήρωσης διαδικασίας προσομοίωσης/βελτιστοποίησης.....	82
Σχήμα 50 - Αρχική οθόνη monitoring.....	82
Σχήμα 51 - Επιλογείς ημερομηνιών διαστήματος	83
Σχήμα 52 - Επιλογέας ημερομηνιών	83
Σχήμα 53 - Ανακτηθέντα στατιστικά στοιχεία	84
Σχήμα 54 - Πλήκτρο Refresh.....	85
Σχήμα 55 - Πλήκτρο Clear.....	85
Σχήμα 56 - Επαναφορά στην αρχική οθόνη	86
Σχήμα 57 - Αρχική οθόνη αναλυτικής εικόνας καταστήματος	86
Σχήμα 58 - Πεδίο συμπλήρωσης κωδικού καταστήματος	87
Σχήμα 59 - Κατηγορία καταστήματος, επιλογείς ημερομηνιών.....	87
Σχήμα 60 - Αναλυτικά στατιστικά στοιχεία καταστήματος.....	88
Σχήμα 61 - Απεικόνιση χρονοσειρών σε διάγραμμα	89
Σχήμα 62 - Πλήκτρο αλλαγής διαστήματος εμφάνισης στοιχείων.....	89
Σχήμα 63 - Επιλογή διαστήματος αναπαράστασης.....	90
Σχήμα 64 - Απεικόνιση στοιχείων ανά εβδομάδα	90
Σχήμα 65 - Απεικόνιση στοιχείων ανά μήνα	91
Σχήμα 66 - Απεικόνιση δεύτερης χρονοσειράς	91
Σχήμα 67 - Απεικόνιση δύο χρονοσειρών/εβδομάδα	92
Σχήμα 68 - Απεικόνιση δύο χρονοσειρών ανά μήνα	92
Σχήμα 69 - Πλήκτρο Clear Chart	93
Σχήμα 70 - Δείκτης δυσaréσκειας ανά μήνα	93
Σχήμα 71 - Πεδίο κωδικού καταστήματος	94
Σχήμα 72 - Αρχική οθόνη εβδομαδιαίας αναφοράς.....	94
Σχήμα 73 - Συμπλήρωση εβδομάδας και έτους	95
Σχήμα 74 - Πεδίο εβδομάδας	95
Σχήμα 75 - Πεδίο έτους και ανάκτηση στοιχείων.....	96
Σχήμα 76 - Διαγράμματα εβδομάδας.....	97
Σχήμα 77 - Διαγράμματα εβδομάδας.....	97

Σχήμα 78 - Διαγράμματα εβδομάδας	98
Σχήμα 79 - Διαγράμματα εβδομάδας	98
Σχήμα 80 - Στατιστικά 2014 ανά κατάσταση.....	103
Σχήμα 81 - Στατιστικά ανά κατάσταση – ποσοστιαίες μεταβολές πριν και μετά την εφαρμογή της μεθοδολογίας	104
Σχήμα 82 – Μέσος δείκτης δυσαρέσκειας ανά κατάσταση – προσομοίωση και βελτιστοποίηση	104
Σχήμα 83 - Στατιστικά πράσινων ημερών	106
Σχήμα 84 - Στατιστικά πορτοκαλί ημερών	107
Σχήμα 85 - Στατιστικά κόκκινων ημερών	108
Σχήμα 86 - Στατιστικά πράσινων ημερών – ποσοστιαίες μεταβολές πριν και μετά την εφαρμογή των μέτρων βελτιστοποίησης.....	109
Σχήμα 87 - Στατιστικά πορτοκαλί ημερών – ποσοστιαίες μεταβολές πριν και μετά την εφαρμογή των μέτρων βελτιστοποίησης.....	109
Σχήμα 88 - Στατιστικά κόκκινων ημερών – ποσοστιαίες μεταβολές πριν και μετά την εφαρμογή των μέτρων βελτιστοποίησης.....	109
Σχήμα 89 - Ποσοστιαίες μεταβολές στατιστικών στοιχείων ουρών αναμονής με την εφαρμογή των μέτρων βελτιστοποίησης σε 40 καταστήματα το έτος 2014.....	113

1. Εκτενής περίληψη

1.1 Εισαγωγή

1.1.1 Το πρόβλημα

Το υπό μελέτη πρόβλημα της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι οι ουρές αναμονής στα υποκαταστήματα των τραπεζών. 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. Έχοντας ως γνώμονα τα παραπάνω η παρούσα μελέτη επικεντρώνεται στην ανάπτυξη ενός αλγορίθμου βέλτιστης στελέχωσης ταμείων ο οποίος θα συμβάλλει στην αντιμετώπιση του προβλήματος.

1.1.2 Η προσέγγισή μας

Η μεθοδολογία που θα αναπτυχθεί έχει ως στόχο τη βελτίωση της ποιότητας εξυπηρέτησης των πελατών (μείωση παραγόμενης δυσαρέσκειας), θέτοντας ως περιορισμό τη μη χρησιμοποίηση επιπλέον πόρων εκ μέρους της τράπεζας, δηλαδή επιπλέον χρόνου εργασίας από τους υπαλλήλους της. Ο στόχος αυτός θα επιτευχθεί με την αποτελεσματική αναδιανομή των ανθρωπίνων πόρων της τράπεζας, δηλαδή τη στελέχωση των ταμείων κάθε χρονική στιγμή με τον ελάχιστο απαιτούμενο αριθμό εργαζομένων (teller). Η εν λόγω απόφαση πάρθηκε δεδομένου ότι, σύμφωνα με τα αποτελέσματα προηγούμενης μελέτης, η μετακίνηση εργαζομένων μεταξύ των καταστημάτων είναι αφενός δύσκολα πραγματοποιήσιμη και αφετέρου δεν συνεπάγεται κάποιο ουσιαστικό κέρδος για την τράπεζα στο σύνολό της.

Κάποια πρώτα βασικά συμπεράσματα που σχετίζονται με την ανάπτυξη της απαιτούμενης μεθοδολογίας μπορούν να εξαχθούν από μία τυπική καμπύλη προσέλευσης πελατών σε κάποιο κατάστημα τραπεζής κατά τη διάρκεια μίας εργάσιμης ημέρας, χαρακτηριστικό παράδειγμα της οποίας παρουσιάζεται στο *Σχήμα 1*. Στην καμπύλη αυτή γίνεται φανερό πως τα πρώτα λεπτά της ημέρας η προσέλευση των πελατών είναι ιδιαίτερα αυξημένη, πράγμα που σημαίνει πως λογικά εκείνη τη στιγμή το κατάστημα θα πρέπει να χρησιμοποιήσει μεγαλύτερο τμήμα του δυναμικού του σε teller, ενώ αντίθετα, και σε περίπτωση που τις τελευταίες ώρες της ημέρας η συναλλακτική κίνηση έχει αντιμετωπιστεί αποτελεσματικά, τότε το κατάστημα μπορεί να κλείσει στελεχωμένα ταμεία ούτως ώστε να μην σπαταλώνται πόροι. Τέλος, καθόλη τη διάρκεια της ημέρας πρέπει να υπάρχει μέριμνα ώστε τα στελεχωμένα ταμεία να είναι πάντα επαρκή για την έγκαιρη αντιμετώπιση της τρέχουσας συναλλακτικής κίνησης.



Σχήμα 1 - Είσοδος πελατών σε κάποιο κατάστημα κάποια εργάσιμη ημέρα

1.2 Η μεθοδολογία

1.2.1 Προσομοίωση των ουρών αναμονής

Για την εφαρμογή της μεθοδολογίας μείωσης των ουρών αναμονής, πρέπει αρχικά να αναπτυχθεί ένα μοντέλο προσομοίωσης της φυσικής διαδικασίας εξυπηρέτησης μίας ουράς αναμονής. Έτσι, αναπτύσσεται ένας αλγόριθμος που υπολογίζει το χρόνο αναμονής κάθε εισερχόμενου πελάτη, με δεδομένα τη στιγμή άφιξης και το χρόνο εξυπηρέτησής του. Στη συνέχεια, και λόγω του γεγονότος πως δεν λαμβάνονται υπόψη από τον αλγόριθμο οι πελάτες που αποχωρούν χωρίς να εξυπηρετηθούν, υπολογίζεται ένας, διαφοροποιημένος από τον πραγματικό, χρόνος εξυπηρέτησης, ώστε να μπορεί να προσεγγιστεί από τον αλγόριθμο ο πραγματικός χρόνος αναμονής των πελατών. Αποτελέσματα του αλγορίθμου είναι μία σειρά από στατιστικά στοιχεία για τις ουρές αναμονής.

1.2.2 Η ιδέα

Η βασική ιδέα της μεθοδολογίας είναι η βέλτιστη κατανομή των θέσεων εργασίας των teller κατά τη διάρκεια του ωραρίου λειτουργίας κάθε καταστήματος. Ο αλγόριθμος ελέγχει κάθε χρονική στιγμή εντός του ωραρίου λειτουργίας του καταστήματος το πλήθος των πελατών που βρίσκονται σε αναμονή, εκτιμά τον αναμενόμενο χρόνο αναμονής τους, και, λαμβάνοντας υπόψη τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του, αποφασίζει για το αν η τράπεζα πρέπει να στελεχωσει επιπλέον ταμεία ή αν τα υπάρχοντα είναι επαρκή. Επιπλέον, σε περίπτωση πλεοναζόντων teller ο αλγόριθμος συμβουλεύει το κλείσιμο αντίστοιχου αριθμού θέσεων ταμείου. Αποτέλεσμα είναι η αύξηση της ποιότητας εξυπηρέτησης των πελατών της τράπεζας χωρίς να αυξάνεται σημαντικά ο απαιτούμενος χρόνος εργασίας στα ταμεία. Πιο συγκεκριμένα, για την υλοποίηση της μεθοδολογίας σε κάθε κατάστημα του δικτύου της τράπεζας δημιουργήθηκαν δύο εργαλεία: Το ημερολόγιο καταστήματος και ο πίνακας καταστήματος.

1.2.3 Κατηγοριοποίηση καταστημάτων

Η διαδικασία της δημιουργίας των εργαλείων έγκειται στη διάκριση των καταστημάτων σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με τη δυσαρέσκεια που προκαλούν στους πελάτες λόγω της παραμονής τους στην ουρά. Οι κατηγορίες αυτές είναι τα Πράσινα (χαμηλή παραγόμενη δυσαρέσκεια), τα Πορτοκαλί (μέτρια παραγόμενη δυσαρέσκεια) και τα Κόκκινα καταστήματα (υψηλή παραγόμενη δυσαρέσκεια). Για τη μέτρηση της παραγόμενης δυσαρέσκειας κάθε καταστήματος και κάθε εργάσιμης ημέρας, δημιουργήθηκε ο δείκτης δυσαρέσκειας, ο οποίος ορίζεται ως εξής:

$$\text{Δείκτης δυσαρέσκειας} = (\text{Μέσος χρόνος αναμονής (ώρες)}) \cdot (\text{Μη εξυπηρετηθέντες πελάτες})$$

Ο δείκτης αυτός αντιπροσωπεύει τις ώρες που δαπάνησαν οι πελάτες κάποιου καταστήματος στην αναμονή, δίνοντας επιπλέον έμφαση σε όσους δεν εξυπηρετήθηκαν, δηλαδή αποφάσισαν να αποχωρήσουν από το κατάστημα πριν φτάσει η σειρά τους. Αντιπροσωπεύει δηλαδή τις χαμένες «εργατώρες» που παράχθηκαν μία εργάσιμη ημέρα σε κάποιο κατάστημα.

Από την κατηγοριοποίηση αυτή είναι εύκολα κατανοητό πως κάθε κατηγορία καταστημάτων θα παρουσιάζει διαφορετικά μοτίβα προσέλευσης και εξυπηρέτησης πελατών, γεγονός που δημιουργεί την ανάγκη για διαφοροποιημένες λύσεις για την κάθε κατηγορία.

1.2.4 Ημερολόγιο καταστήματος

Πέρα από το χαρακτηρισμό κάθε καταστήματος, ένας αντίστοιχος χαρακτηρισμός γίνεται και για κάθε εργάσιμη ημέρα, με τον ίδιο τρόπο που κατηγοριοποιούνται και τα καταστήματα. Υπάρχουν λοιπόν Πράσινες, Πορτοκαλί και Κόκκινες ημέρες ανάλογα με την αναμενόμενη δυσαρέσκεια που θα παραχθεί κάθε ημέρα. Έπειτα, κατασκευάζεται ένα ημερολόγιο, το οποίο περιέχει το χαρακτηρισμό κάθε εργάσιμης ημέρας σύμφωνα με την παραπάνω μεθοδολογία. Όπως προαναφέρθηκε, κάθε κατηγορία καταστημάτων έχει διαφορετικής έντασης προβλήματα, οπότε κατασκευάζεται ένα ημερολόγιο για κάθε κατηγορία καταστημάτων. Η πρόβλεψη της συναλλακτικής κίνησης για κάθε ημέρα προκύπτει από την αντιστοίχιση των εργάσιμων ημερών του προηγούμενου έτους σε αυτές του τρέχοντος έτους, λαμβάνοντας υπόψη και την επίδραση εξωγενών παραγόντων.

1.2.5 Πίνακας καταστήματος

Με βάση την κατηγοριοποίηση, το ημερολόγιο και τον υπολογισμένο χρόνο εξυπηρέτησης κάθε καταστήματος, αναπτύσσεται στη συνέχεια ο πίνακας καταστήματος, ο οποίος συγκεντρώνει δύο πληροφορίες: Τον προτεινόμενο αριθμό teller στο ξεκίνημα κάθε ημέρας ανάλογα με το χαρακτηρισμό της, καθώς και τον προτεινόμενο αριθμό teller σε κάθε χρονική στιγμή εντός του ωραρίου λειτουργίας του καταστήματος, ανάλογα με το πλήθος πελατών που βρίσκονται εκείνη τη στιγμή σε αναμονή. Η απόφαση για το βέλτιστο αριθμό teller σε κάθε χρονική στιγμή λαμβάνεται με βάση κάποιο στόχο για τον επιθυμητό μέγιστο χρόνο αναμονής των πελατών. Έτσι, σε περίπτωση που ο στόχος αυτός δεν επιτυγχάνεται με το υπάρχον πλήθος ενεργών ταμείων, ο πίνακας προτείνει τη στελέχωση των απαραίτητων επιπλέον ταμείων. Σε αντίθετη περίπτωση, ο πίνακας συστήνει το κλείσιμο των πλεοναζόντων ανοιχτών ταμείων.

Στο επόμενο σχήμα φαίνεται ο πίνακας για ενδεικτικό κατάστημα της τράπεζας. Στα αριστερά φαίνεται ο αριθμός των χρησιμοποιούμενων teller, ενώ πάνω από τον πίνακα φαίνονται οι εκάστοτε στόχοι για το μέγιστο χρόνο αναμονής των πελατών. Εντός του πίνακα, οι αριθμοί στην κορυφή της γκρίζας περιοχής κάθε πλαισίου αποτελούν το μέγιστο αριθμό πελατών που μπορεί να εξυπηρετηθεί από τον αντίστοιχο αριθμό teller στα αριστερά, χωρίς να ξεπεραστεί ο στόχος για το μέγιστο χρόνο αναμονής που φαίνεται στην κορυφή της αντίστοιχης στήλης. Οι αριθμοί στη βάση της γκρίζας περιοχής κάθε πλαισίου αποτελούν το πλήθος πελατών πάνω από το οποίο θα πρέπει να ξεκινήσει ένας επιπλέον teller να προετοιμάζεται να στελεχώσει ένα ταμείο, χωρίς όμως να παραβιάζεται ο αντίστοιχος στόχος για το μέγιστο χρόνο αναμονής όσο ο teller αυτός δεν εργάζεται.

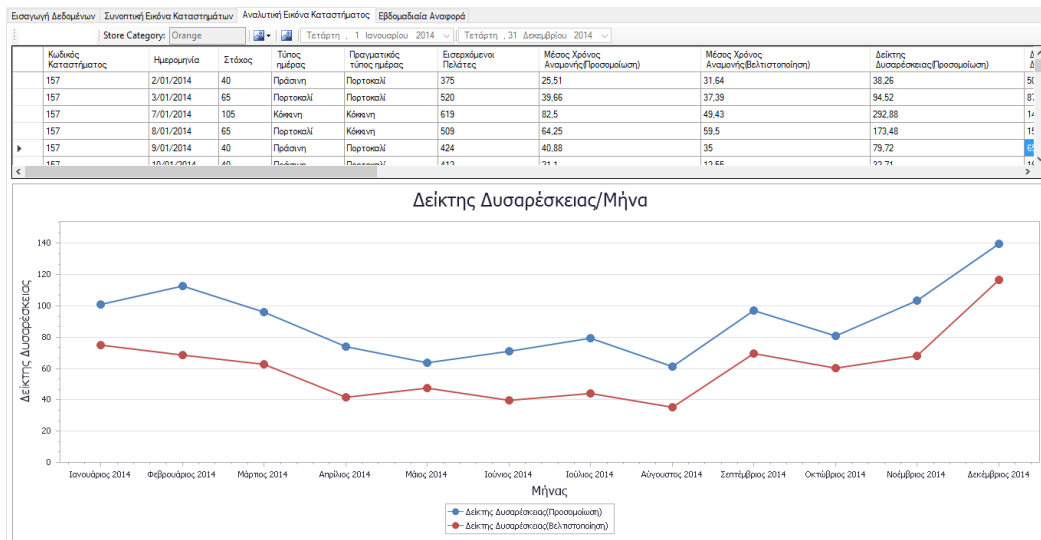
		Μέγιστος Προσδοκώμενος Χρόνος Αναμονής (λεπτά)					
		20'	40'	55'	65'	85'	105'
Tellers		32	59	90	117	130	143
	±1	30	54	84	108	120	132
6		27	50	76	99	110	121
	±1	25	45	70	90	100	110
5		22	41	62	81	90	99
	±1	20	36	56	72	80	88
4		17	32	48	63	70	77
	±1	15	27	42	54	60	66
3		12	23	34	45	50	55
	±1	10	18	28	36	40	44
2		7	14	20	27	30	33
	±1	5	9	14	18	20	22
1		0	0	0	0	0	0

Πελάτες σε αναμονή

Σχήμα 2 - Πίνακας καταστήματος

1.3 Σύστημα προσομοίωσης και βελτιστοποίησης των ουρών αναμονής

Για την αξιοποίηση των διαθέσιμων στοιχείων για τις ουρές αναμονής κατά το παρελθόν, την προσομοίωσή τους και την εφαρμογή των παραπάνω εργαλείων ώστε να βελτιστοποιηθεί η διαχείρισή τους, απαιτήθηκε η ανάπτυξη κατάλληλου συστήματος. Μία από τις οθόνες του συστήματος αυτού φαίνεται στην επόμενη εικόνα. Εκεί παρουσιάζεται ενδεικτικά το διάγραμμα του δείκτη δυσαρέσκειας που παράγεται για κάθε μήνα του έτους 2014 τόσο από την προσομοίωση της πραγματικότητας, όσο και μετά την εφαρμογή της μεθοδολογίας. Επίσης, φαίνονται κάποια στατιστικά στοιχεία της προσομοίωσης και της βελτιστοποίησης.



Σχήμα 3 - Οθόνη συστήματος προσομοίωσης και βελτιστοποίησης των ουρών αναμονής της τράπεζας

1.4 Εφαρμογή της μεθοδολογίας στα καταστήματα μεγάλης ελληνικής τράπεζας

1.4.1 Αποτελέσματα και συμπεράσματα από την εφαρμογή της μεθοδολογίας

Η μεθοδολογία που περιγράφηκε στα προηγούμενα βήματα εφαρμόστηκε σε 40 καταστήματα του δικτύου μίας μεγάλης ελληνικής τράπεζας χρησιμοποιώντας αναλυτικά στοιχεία για τις ουρές αναμονής τους για το έτος 2014. Τα στοιχεία αυτά είναι ημερήσια και ανά λεπτό, υπάρχει δηλαδή για κάθε λεπτό κάθε εργάσιμης ημέρας κάθε καταστήματος η πληροφορία για τους εισερχόμενους πελάτες (κομμένα χαρτάκια), μία εκτίμηση του χρόνου αναμονής καθώς και το πλήθος των ενεργών teller. Αρχικά πραγματοποιήθηκε μία προσομοίωση της πραγματικής ουράς αναμονής με βάση τα διαθέσιμα στοιχεία και στη συνέχεια εκτελέστηκε η ίδια διαδικασία, χρησιμοποιώντας όμως τώρα την κατανομή teller που προκύπτει με τη χρήση των εργαλείων της μεθοδολογίας που αναπτύχθηκε. Τα αποτελέσματα της εφαρμογής φαίνονται στον επόμενο πίνακα. Σε αυτόν φαίνεται πως ο μέσος χρόνος αναμονής των 40 αυτών καταστημάτων μειώθηκε από τα 27 στα 22 λεπτά, ο μέσος δείκτης δυσαρέσκειας από τις 51 στις 39 ώρες, ενώ οι μέσοι ενεργοί teller έμειναν αμετάβλητοι. Έτσι αποδεικνύεται επί της ουσίας ότι το όφελος, το οποίο υπολογίζεται ίσο με 20% και 24% αντίστοιχα, επιτεύχθηκε χωρίς τη χρήση επιπλέον πόρων.

Μέγεθος	Πραγματική εικόνα	Βελτιστοποιημένη εικόνα
Χρόνος αναμονής	27,37	22,02
Δείκτης δυσαρέσκειας	51,77	39,18
Ενεργοί teller	2,92	2,99

Σχήμα 4 – Συγκεντρωτικά αποτελέσματα εφαρμογής μεθοδολογίας

2. Βιβλιογραφική επισκόπηση

2.1 Σχετική παρελθούσα έρευνα

Το πρόβλημα του ελέγχου και της βελτιστοποίησης των ουρών αναμονής έχει μελετηθεί εκτενώς στη βιβλιογραφία, λόγω της σύνδεσής του με πολλές τεχνολογίες και εφαρμογές της καθημερινότητας, όπως τα δίκτυα υπολογιστών, οι ουρές σε τράπεζες, τα τηλεφωνικά κέντρα, κ.λπ. Πολλοί ερευνητές έχουν παρουσιάσει διαφορετικά μοντέλα και προσεγγίσεις στο πρόβλημα.

Τα πιο συνηθισμένα από αυτά είναι τα αναμονητικά μοντέλα που συμβολίζονται με τη σημειογραφία $X/Y/z$, όπου το X αντιπροσωπεύει την κατανομή αφίξεων των «πελατών» (π.χ., M για Μαρκοβιανή ή εκθετικά κατανεμημένη κατανομή αφίξεων), το Y αντιπροσωπεύει την κατανομή του χρόνου εξυπηρέτησης των «πελατών» (π.χ., D για ντετερμινιστικό ή σταθερό χρόνο αναμονής) και το z αντιπροσωπεύει το πλήθος εξυπηρετητών του συστήματος. Τα μοντέλα αυτά μπορεί να αναπαριστούν οποιοδήποτε φυσικό αναμονητικό σύστημα, από την ουρά στα ταμεία μίας τράπεζας, έως και την αναμονή εργασιών ή διαδικασιών για την εκτέλεσή τους από κάποιο εξυπηρετητή. Πρωτεργάτης στην ανάπτυξη των μοντέλων αυτών υπήρξε ο A. K. Erlang (1917), ο οποίος σε μία επιδραστική εργασία, επινόησε και παρουσίασε το μοντέλο $M/D/s$, το οποίο αποτελεί ένα σχετικά απλό μοντέλο ουρών αναμονής, με εκθετικά κατανεμημένες αφίξεις, σταθερό χρόνο εξυπηρέτησης και s εξυπηρετητές. Η εργασία του Erlang συμπληρώθηκε αργότερα με περισσότερο φορμαλιστικές εργασίες από τους Pollaczek (1930) και Crommelin (1932, 1934). Ο Erlang παράγαγε εκφράσεις για την κατανομή του χρόνου αναμονής για έως και 3 εξυπηρετητές. Αργότερα, ο Crommelin κατάφερε να παράγει την πιθανοτική γεννήτρια συνάρτηση για το μήκος της ουράς αναμονής για οποιοδήποτε πλήθος εξυπηρετητών, και τη χρησιμοποίησε για να παράγει την αντίστοιχη κατανομή του χρόνου αναμονής. Πρόσφατες συμβολές στην έκφραση μίας αναλυτικής επίλυσης για την κατανομή του χρόνου αναμονής για οποιοδήποτε πλήθος εξυπηρετητών έχουν γίνει από τον Franx (1998), ο οποίος κατάφερε να παράγει μία απλή και σαφή έκφραση για την κατανομή του χρόνου αναμονής χρησιμοποιώντας πιθανοτική ανάλυση.

Τις επόμενες δεκαετίες, τα πρωτόλεια μαθηματικά αυτά μοντέλα έτυχαν εφαρμογής από πολλούς ερευνητές, στην προσπάθειά τους να επιλύσουν πρακτικά αναμονητικά προβλήματα. Ο πρώτος που παρουσίασε ένα τέτοιου είδους μοντέλο ήταν ο Naor (1969), ο οποίος μελέτησε ένα $M/M/1$ σύστημα, όπου η άφιξη «πελατών» στην ουρά ελεγχόταν μέσω της επιβολής ενός «κόστους» εισόδου σε αυτήν, με σκοπό την επίτευξη της βελτιστοποίησης της κατάστασης του συστήματος συνολικά. Τα επόμενα χρόνια, η εργασία αυτή επηρέασε και αποτέλεσε σημείο αναφοράς για πολλούς ερευνητές. Οι P. H. Brill και M. Hlynka (2000) ασχολήθηκαν με ένα $M/M/c$ σύστημα το οποίο βρισκόταν σε κατάσταση ισορροπίας. Στη συνέχεια, εισήγαγαν στο σύστημα ένα πελάτη, ο οποίος ανταγωνίζεται για την εξυπηρέτησή του με άλλους πελάτες, οπότε μελετάται η επίδραση της άφιξής του στο χρόνο αναμονής των υπολοίπων πελατών. Πρόσφατη έρευνα από τους Fajardo και Drekic (2014) ασχολείται με ένα σύστημα ουρών αναμονής με αφίξεις με κατανομή Poisson, χρόνους εξυπηρέτησης με

Γενική κατανομή και ένα εξυπηρετητή, όπου ο όγκος πελατών προς εξυπηρέτηση ελέγχεται συστηματικά μέσω μιας διαδικασίας, που επιτρέπει στο διαχειριστή του συστήματος να ανοίξει και να κλείσει το σύστημα σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές κατά τη διάρκεια των διαστημάτων που ο εξυπηρετητής είναι απασχολημένος, με σκοπό την ελαχιστοποίηση των διαστημάτων αυτών.

Μία ακόμα κατηγορία μοντέλων ουρών αναμονής είναι τα fluid models, τα οποία έχουν στόχο να εκφράσουν μία λύση σε ένα πρόβλημα ουρών αναμονής, η οποία εν τέλει συγκλίνει σε μία σταθερή κατάσταση, και να μετρήσουν την αποδοτικότητά τους. Τα μοντέλα αυτά επικεντρώνονται σε ουρές πολλών εξυπηρετητών με αποχώρηση πελατών, ενώ οι κατανομές αφίξεων και χρόνου εξυπηρέτησης ποικίλουν (Μαρκοβιανές, Γενικές κ.λπ.). Ο Whitt (2006) πρωτοπόρησε στην εφαρμογή χρόνων εξυπηρέτησης με Γενική κατανομή, που θεωρούνται ρεαλιστικότεροι, και περιέγραψε μία ντετερμινιστική προσέγγιση με Γενική κατανομή αποχωρήσεων, για μία ουρά $G/GI/N+GI$. Έπειτα, οι Kang και Ramanan (2010) πρότειναν ένα αναμονητικό σύστημα με πολλούς εξυπηρετητές, και Γενική κατανομή για τους χρόνους εξυπηρέτησης, άφιξης και αποχώρησης. Για την ποσοτικοποίηση της δυναμικής του συστήματος, χρησιμοποιήθηκαν δύο διαδικασίες: Η πρώτη μετρά τους χρόνους αναμονής των πελατών, ενώ η δεύτερη το χρόνο που κάθε εξυπηρετούμενος πελάτης βρίσκεται σε εξυπηρέτηση. Χρησιμοποιώντας αυτούς τους δείκτες απόδοσης, υπολογίζεται ένα όριο στατικότητας.

Τα ασαφή μοντέλα έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί στη βιβλιογραφία για την ακριβέστερη περιγραφή αναμονητικών συστημάτων. Οι Li και Lee (1989), βασισμένοι στην αρχή επέκτασης του Zadeh (1978), παρουσίασαν αναλυτικές λύσεις για τα μοντέλα $M/F/1$ και $FM/FM/1$ (όπου με F συμβολίζεται το ασαφές (fuzzy)), επιχειρηματολογώντας πως η χρήση ασαφών μεταβλητών για παραμέτρους όπως η κατανομή αφίξεων και εξυπηρέτησης είναι περισσότερο ρεαλιστική. Ωστόσο, το μοντέλο τους θεωρήθηκε πολύπλοκο και ακατάλληλο για υπολογισμούς, όπως σχολίασαν οι Negi και Lee (1992). Αυτοί πρότειναν δύο εναλλακτικές προσεγγίσεις για την ανάλυση ασαφών ουρών αναμονής, εκ των οποίων η πρώτη μετατρέπει μία $M/F/1$ ουρά σε μία οικογένεια $M/G/1$ ουρών, για τις οποίες μπορεί να περιγραφεί μία κλειστή λύση, και την προσέγγιση δύο μεταβλητών. Αργότερα, ο Kao (1999) χρησιμοποίησε την πρώτη προσέγγιση για να αποσυνθέσει την ασαφή ουρά σε μία οικογένεια απλών ουρών. Κάθε ουρά αναλύθηκε εν συνεχεία χρησιμοποιώντας μία παραμετρική τεχνική, μεταβάλλοντας δηλαδή την τιμή μίας παραμέτρου. Οι λύσεις χρησιμοποιήθηκαν στη συνέχεια για την παραγωγή των συναρτήσεων συμμετοχής των δεικτών αποδοτικότητας.

Πολλοί ερευνητές έχουν παρουσιάσει μελέτες για αναμονητικά συστήματα τραπεζών, καθώς και μεθόδους για τη βελτιστοποίησή τους και τη μέτρηση της αποδοτικότητάς τους. Το 2010, οι Hongna και Zhenwei επεξεργάστηκαν διαθέσιμα δεδομένα για τις ουρές αναμονής μίας τράπεζας και παρήγαγαν κατανομές για τις αφίξεις και την εξυπηρέτηση των πελατών. Έπειτα, η ουρά προσομοιώθηκε με τη χρήση κατάλληλου συστήματος και εφαρμόστηκαν κατάλληλες μέθοδοι βελτιστοποίησης. Οι μέθοδοι αυτές περιελάμβαναν δύο μεθόδους: Η πρώτη χρησιμοποιεί το μήκος της ουράς αναμονής ως δείκτη για τη βελτιστοποίηση, ενώ η δεύτερη το μέσο χρόνο αναμονής. Η έρευνα συμπεραίνει πως η μετατροπή της ουράς από μία ουρά διαχωρισμένη σε μικρότερες ουρές και με πολλούς εξυπηρετητές, σε μία ουρά με

πολλαπλούς εξυπηρετητές, αποτελεί ένα αποδοτικό μέτρο βελτιστοποίησης της ουράς αυτής. Οι Hao και Yifei (2011) δήλωσαν πως το πρόβλημα των ουρών αναμονής σε κινεζικές τράπεζες δεν μπορεί να λυθεί μέσω της διοχέτευσης συναλλαγών σε εναλλακτικά δίκτυα εξυπηρέτησης (π.χ. ATM, internet banking), γιατί η διαδικασία αυτή απαιτεί πολύ χρόνο. Έτσι, 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. Ο Zhang (2011) πρότεινε ένα αναμονητικό τραπεζικό 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.

2.2 Εισαγωγή στους Δείκτες Αξιολόγησης Απόδοσης (Key Performance Indicators)

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω παραδείγματα, την ανταγωνιστική φύση του τραπεζικού τομέα, και τις συνέπειες της παγκόσμιας οικονομικής κρίσης του 2008, μπορούμε εύκολα να συμπεράνουμε ότι είναι ζωτικό ζήτημα για τα τραπεζικά ιδρύματα να έχουν τη δυνατότητα να καταγράφουν και να βελτιώνουν την επιχειρησιακή αποδοτικότητα των υποκαταστημάτων τους. Έτσι, η χρήση στατιστικών εργαλείων για την ανάλυση της απόδοσης των υποκαταστημάτων είναι ευρέως διαδεδομένη στους σύγχρονους χρηματοοικονομικούς οργανισμούς, και τους δίνει τη δυνατότητα να κατανοήσουν επιχειρησιακές μεταβλητές από αναλυτική άποψη. Στο παρελθόν, η σχετική έρευνα επικεντρωνόταν στη μέτρηση οικονομικών μεγεθών, όπως τα κόστη και τα οικονομικά αποτελέσματα, και χρησιμοποιούσε μεθόδους για τη βελτιστοποίησή τους με σκόπο τη βελτίωση της απόδοσης της τράπεζας. Τα τελευταία χρόνια, η ανάγκη των τραπεζών για προσαρμογή στις συνεχώς μεταβαλλόμενες απαιτήσεις των πελατών και η ανάπτυξη εναλλακτικών δικτύων εξυπηρέτησης έχουν οδηγήσει τα τραπεζικά ιδρύματα να υιοθετήσουν δείκτες απόδοσης στενά συνδεδεμένους με την ικανοποίηση των πελατών και την ποιότητα εξυπηρέτησής τους.

Μία σημαντική παράμετρος στη μελέτη αναμονητικών συστημάτων γενικά, και στα αντίστοιχα συστήματα των τραπεζών ειδικότερα, είναι η χρήση KPIs (Key Performance Indicators) για τη μέτρηση και την κατανόηση της απόδοσης τους, την απόκτηση γνώσης για τα χαρακτηριστικά τους, και την εκμετάλλευση των συμπερασμάτων που προκύπτουν από αυτούς για την καλύτερη οργάνωση μελλοντικών ενεργειών βελτιστοποίησης της διαχείρισής

τους. Πολλοί διαφορετικοί KPIs έχουν χρησιμοποιηθεί στην πράξη, καθένας εκ των οποίων παρέχει στη διοίκηση διαφοροποιημένες πληροφορίες.

Ένας απλός αλλά ταυτόχρονα αποδοτικός δείκτης μέτρησης αποδοτικότητας είναι η εκμετάλλευση των εξυπηρετητών ενός αναμονητικού συστήματος, όπως αυτή περιγράφεται από τον Williams. Η εκμετάλλευση ορίζεται ως το κλάσμα μίας περιόδου εξυπηρέτησης, κατά το οποίο ένας εξυπηρετητής είναι απασχολημένος. Για παράδειγμα, αν ένας ταμίας μίας τράπεζας εξυπηρετεί το συναλλακτικό κοινό για 4 από τις 6 εργάσιμες ώρες μίας ημέρας, τότε λέμε ότι ο βαθμός εκμετάλλευσής του είναι $4/6 = 0,67$. Η εκμετάλλευση είναι χρήσιμη σε απλά αναμονητικά συστήματα, αφού μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό χαρακτηριστικών τιμών, όπως ο μέσος χρόνος αναμονής και το πλήθος πελάτων που περιμένουν να εξυπηρετηθούν. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί σε πραγματικά συστήματα, όπως ένας δικτυωμένος εξυπηρετητής που εξυπηρετεί αιτήματα σε μία ιστοσελίδα, για να μετρήσει την απόδοση του εξυπηρετητή.

Οι Wu, Tzeng και Chen (2009) πρότειναν μία σειρά δεικτών μέτρησης αποδοτικότητας που θεώρησαν κατάλληλους για τη μέτρηση της επιχειρησιακής αποδοτικότητας των υποκαταστημάτων των τραπεζών. Αυτοί οι δείκτες περιελάμβαναν την συναλλακτική αποδοτικότητα, η οποία μετρά το χρόνο που χρειάζεται ένας ταμίας ενός υποκαταστήματος για να επιλύσει ένα θέμα που παρουσιάζεται κατά την εξυπηρέτηση ενός πελάτη. Οι πληροφορίες που προκύπτουν από τη μέτρηση αυτού του δείκτη μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αναγνώριση συστηματικής ανεπαρκούς εξυπηρέτησης από συγκεκριμένους ταμίες, και την εφαρμογή κατάλληλων μεθόδων, όπως η περαιτέρω εκπαίδευσή τους για τη βελτίωση της παραγωγικότητάς τους, η μετακίνηση προσωπικού σε πόστα κρίσιμα για την ικανοποίηση των πελατών ή ακόμα και η πρόσληψη επιπλέον προσωπικού για την υποστήριξη της λειτουργίας κάποιου καταστήματος.

Ένας ακόμα δείκτης που εισάχθηκε από τη συγκεκριμένη εργασία είναι ο βαθμός ορθολογικής ανάπτυξης των λειτουργιών της τράπεζας, που ορίζεται ως το πλήθος εργασιών που εκτελούνται από υποκαταστήματα, οι οποίες είναι συστηματοποιημένες είτε μέσω κάποιου εγγράφου, είτε μέσω λογισμικού κ.λπ. Οι νέες τεχνολογίες έχουν επιτρέψει στα τραπεζικά ιδρύματα να αντιμετωπίσουν προβλήματα που θεωρούνταν πολύπλοκα κατά το παρελθόν, όπως η αυτοματοποιημένη διαχείριση της ουράς αναμονής κάθε υποκαταστήματος, ή η έκδοση εισιτηρίων για πελάτες μέσω εφαρμογών για έξυπνα κινητά τηλέφωνα. Έτσι, ο δείκτης αυτός μπορεί να βοηθήσει στο σχηματισμό μίας εικόνας για την εύρυθμη λειτουργία μίας τράπεζας, να περιγράψει το βαθμό εξέλιξής της και να δώσει κατευθυντήριες γραμμές για μελλοντικές ενέργειες οι οποίες θα συμβάλλουν στη σύμπτωση με τις τεχνολογικές εξελίξεις.

2.3 Δείκτες Αξιολόγησης της Απόδοσης (Key Performance Indicators)

Από την παραπάνω ανάλυση έγινε σαφές πως στη βιβλιογραφία υπάρχει κενό στον ορισμό κατάλληλων δεικτών αξιολόγησης της απόδοσης της εξυπηρέτησης των ουρών αναμονής στα υποκαταστήματα τραπεζών. Το κενό αυτό καλούμαστε να αντιμετωπίσουμε τώρα ώστε να μπορούμε με ακρίβεια και συνέπεια να αξιολογήσουμε την αποτελεσματικότητα των εφαρμοζόμενων μέτρων βελτιστοποίησης.

2.3.1 Δείκτης δυσαρέσκειας

Μία πρώτη πρόκληση που έπρεπε να αντιμετωπιστεί κατά την ανάπτυξη του μοντέλου μας, ήταν ο σχεδιασμός του κατάλληλου δείκτη ο οποίος θα μετρά την ικανοποίηση των πελατών από την ποιότητα εξυπηρέτησής τους. Ως ένας απλός τέτοιος δείκτης θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ο μέσος χρόνος αναμονής σε κάθε κατάσταση και εργάσιμη ημέρα. Εύκολα καταλαβαίνει κανείς όμως, πως ο μέσος χρόνος αναμονής ενός καταστήματος εξαρτάται από πληθώρα παραγόντων στους οποίους εμφανίζει σημαντική ευαισθησία (πλήθος ενεργών teller, κατανομή εισόδου, χρόνος εξυπηρέτησης κ.α.). Μάλιστα, κάθε ένας από αυτούς τους παράγοντες είναι συνάρτηση άλλων σημαντικών μεταβλητών όπως η τοποθεσία του καταστήματος, η αποδοτικότητα των εργαζομένων, οι ημερολογιακές συγκυρίες (Αρχές ή τέλος του μήνα-Ημέρα εβδομάδας) και τα ειδικά γεγονότα (π.χ. πληρωμές από το δημόσιο).

Γίνεται λοιπόν κατανοητό ότι δεν μπορούμε να συγκρίνουμε αντικειμενικά την αποδοτικότητα των καταστημάτων χρησιμοποιώντας μεταβλητές που επηρεάζονται από τους παράγοντες που προαναφέρθηκαν. Πρέπει να εισάγουμε ένα δείκτη ο οποίος θα λειτουργεί ως κριτήριο αξιολόγησης αυτού ακριβώς του μεγέθους που μας απασχολεί κατά τη δημιουργία μεγάλων ουρών: του βαθμού δυσαρέσκειας των πελατών.

Στόχος της τράπεζας είναι όλοι οι πελάτες που επιθυμούν να πραγματοποιήσουν συναλλαγή σε ένα κατάστημα να εξυπηρετηθούν. Κάθε ένας πελάτης που δεν εξυπηρετείται, είτε επειδή δεν πρόλαβε να εξυπηρετηθεί, είτε επειδή δεν θέλησε να περιμένει λόγω του μεγάλου αναμενόμενου χρόνου αναμονής, θεωρείται δυσαρεστημένος. Στο τέλος της ημέρας η δυσφορία που προκάλεσε η ουρά μπορεί να εκφραστεί ως το γινόμενο του μέσου χρόνου αναμονής με το σύνολο των μη εξυπηρετηθέντων πελατών, δηλαδή

$$\text{Δείκτης δυσαρέσκειας} = (\text{Μέσος χρόνος αναμονής (ώρες)}) \cdot (\text{Μη εξυπηρετηθέντες πελάτες})$$

Ο δείκτης εκφράζει επί της ουσίας το σύνολο των ωρών που θα έπρεπε να δαπανηθούν από τους πελάτες που αποφάσισαν να μην περιμένουν στην ουρά προκειμένου να εξυπηρετηθούν.

2.3.2 Δείκτης απόδοσης καταστήματος

Πέρα όμως από την ανάγκη μέτρησης της ικανοποίησης των πελατών από την εξυπηρέτησή τους, είναι απαραίτητο να μπορούμε να αξιολογήσουμε ποσοτικά και την απόδοση εξυπηρέτησης κάθε καταστήματος. Εύκολα μπορούμε να παρατηρήσουμε πως ο δείκτης δυσαρέσκειας που αναπτύχθηκε στην προηγούμενη ενότητα εξαρτάται από το μέγεθος κάθε καταστήματος. Για παράδειγμα, ένα μεγάλο κατάστημα σε κεντρικό σημείο κάποιου αστικού κέντρου, είναι λογικό να παράγει μεγαλύτερη δυσαρέσκεια για τους πελάτες του σε σχέση με ένα μικρότερο και περισσότερο απομονωμένο κατάστημα. Το γεγονός αυτό οφείλεται στη σημαντικά μεγαλύτερη συναλλακτική κίνηση που καλείται να αντιμετωπίσει το μεγάλο και κεντρικό κατάστημα σε σχέση με το μικρό. Παρατηρούμε λοιπόν πως η χρήση του δείκτη δυσαρέσκειας ως δείκτη για την απόδοση εξυπηρέτησης των καταστημάτων θα οδηγούσε σε λανθασμένα συμπεράσματα, αφού αυτός δε διαμορφώνεται αποκλειστικά από το δυναμικό του καταστήματος, αλλά επηρεάζεται και από εξωγενείς παράγοντες όπως το μέγεθος του καταστήματος.

Συμπεραίνουμε λοιπόν πως είναι πιθανό ένα κατάστημα να παρουσιάζει μεγάλους χρόνους αναμονής και να παράγει μεγάλη δυσαρέσκεια για τους πελάτες του, χωρίς όμως τα φαινόμενα αυτά να οφείλονται στην ανεπαρκή εκ μέρους του προσωπικού του εξυπηρέτηση του συναλλακτικού κοινού. Κρίνεται λοιπόν απαραίτητη η κατασκευή ενός δείκτη μέτρησης της απόδοσης του προσωπικού του καταστήματος, ώστε, συνδυάζοντας τα συμπεράσματα που θα προκύψουν από τη μέτρηση των δύο δεικτών, να είναι σαφές στη διοίκηση της τράπεζας πού οφείλεται η ανεπαρκής εξυπηρέτηση της συναλλακτικής κίνησης κάθε καταστήματος, ώστε στη συνέχεια να εφαρμοστούν τα κατάλληλα μέτρα βελτίωσής της.

Ορίζουμε το δείκτη απόδοσης καταστήματος για κάποια εργάσιμη ημέρα ως εξής:

$$\text{Δείκτης Απόδοσης} = \frac{\text{Εισερχόμενοι πελάτες}}{(\text{Μέσος Χρόνος Αναμονής}) \cdot \text{Tellers}}$$

Η παραπάνω σχέση λαμβάνει υπόψη της τον παραγόμενο μέσο χρόνο αναμονής και τον κανονικοποιεί βάσει των teller που χρησιμοποιήθηκαν για την επίτευξή του και της καταπόνησης που δέχτηκε το κατάστημα την εν λόγω ημέρα (είσοδος πελατών). Επί της ουσίας, ο δείκτης δείχνει πόσα λεπτά αναμονής παράγει ο κάθε teller στο κατάστημα με τον ρυθμό τον οποίο εργάζεται και μην έχοντας λάβει υπόψη το μίγμα συναλλαγών (πώς δηλαδή επηρεάζεται ο επιπλέον χρόνος αναμονής που παράγει ο κάθε teller από το είδος των πραγματοποιούμενων συναλλαγών).

3. Μεθοδολογία προσομοίωσης των ουρών αναμονής

Για να αναλύσουμε τις ουρές αναμονής μίας τράπεζας, μία φυσική δηλαδή διαδικασία, χρησιμοποιώντας μαθηματικές τεχνικές, πρέπει πρώτα να δημιουργήσουμε ένα μαθηματικό μοντέλο, που να προσομοιώνει τη διαδικασία αυτή. Η προσομοίωση της διαδικασίας είναι απαραίτητη, αφού δεν είναι ορθό να συγκρίνουμε τα αποτελέσματα των θεωρούμενων μέτρων βελτιστοποίησης του μοντέλου με όσα συνέβησαν στην πραγματικότητα στα καταστήματα της τράπεζας. Το μοντέλο προσομοίωσης των ουρών αναμονής που κατασκευάστηκε παρουσιάζεται στις επόμενες παραγράφους.

3.1 Επισκόπηση του αλγορίθμου προσομοίωσης

3.1.1 Βασική ιδέα

Το βασικό ζήτημα προς επίλυση του μοντέλου προσομοίωσης που κατασκευάζουμε, είναι πώς θα υπολογιστεί με τυποποιημένο και μηχανιστικό τρόπο (δηλαδή από ένα πρόγραμμα υπολογιστή), ο χρόνος αναμονής καθενός εκ των πελατών που εισέρχονται στο κατάστημα. Για να θεωρηθεί το μοντέλο μας ορθό, θα πρέπει οι πραγματικοί χρόνοι που περίμεναν οι πελάτες να προσεγγίζονται με αποδεκτή ακρίβεια από αυτό.

Η μεθοδολογία υπολογισμού βασίζεται στον υπολογισμό κάποιων πληροφοριών για τον πελάτη, μεταξύ των οποίων και ο χρόνος αναμονής, με δεδομένη τη χρονική στιγμή που εισήλθε στο κατάστημα (δηλαδή έκοψε «χαρτάκι») και το χρόνο εξυπηρέτησής του. Για τον υπολογισμό του χρόνου αναμονής των πελατών βέβαια, είναι απαραίτητος ο υπολογισμός κάποιων επιπλέον πληροφοριών για την παραμονή κάθε πελάτη στο κατάστημα, οι οποίες είναι η χρονική στιγμή που ξεκίνησε η εξυπηρέτησή του (δηλαδή η στιγμή που «χτύπησε» ο αριθμός του εισιτηρίου του από κάποιο ελεύθερο ταμείο) και η χρονική στιγμή που τελείωσε η εξυπηρέτησή του.

Είναι εύκολα κατανοητό πως για να ξεκινήσει η εξυπηρέτηση κάποιου πελάτη, θα πρέπει να βρεθεί κάποιο ελεύθερο ταμείο, ενώ ο πελάτης αυτός είναι πρώτος στην ουρά, οπότε από το ταμείο αυτό θα «χτυπήσει» ο αριθμός εισιτηρίου του. Η χρονική στιγμή (μετρούμενη σε λεπτά από την αρχή της ημέρας) κατά την οποία θα συμβεί αυτό ταυτίζεται με τη στιγμή κατά την οποία η εξυπηρέτηση κάποιου άλλου πελάτη ολοκληρώνεται, οπότε και ελευθερώνεται το ταμείο και ο υπάλληλος που τον εξυπηρέτούσε. Σε περίπτωση που υπάρχει ταμείο ελεύθερο τη στιγμή που ο πελάτης εισέρχεται στο κατάστημα, τότε ο χρόνος που ξεκινά η εξυπηρέτησή του ταυτίζεται με το χρόνο εισόδου του στο κατάστημα.

Έχοντας υπολογίσει το χρόνο έναρξης εξυπηρέτησης ενός πελάτη και έχοντας ως δεδομένο το χρόνο εξυπηρέτησης, μπορούμε εύκολα να υπολογίσουμε το χρόνο που θα ολοκληρωθεί η εξυπηρέτηση του πελάτη (μετρούμενος σε λεπτά από την αρχή της ημέρας) ως εξής:

$$\text{Χρόνος περάτωσης εξυπηρέτησης} = (\text{Χρόνος έναρξης εξυπηρέτησης}) + (\text{Χρόνος εξυπηρέτησης})$$

Τέλος, με δεδομένα και υπολογισμένα τα παραπάνω στοιχεία, μπορούμε τώρα να υπολογίσουμε το χρόνο αναμονής του πελάτη, ως εξής:

$$\text{Χρόνος αναμονής πελάτη} = (\text{Χρόνος έναρξης εξυπηρέτησης}) - (\text{Χρόνος άφιξης στο κατάστημα})$$

Ο υπολογισμός των παραπάνω πληροφοριών φαίνεται παραστατικά, για τις περιπτώσεις του ενός και των δύο ανοιχτών ταμείων, στα επόμενα σχήματα. Σε κάθε μία από τις δύο περιπτώσεις θεωρούμε ότι ο πρώτος πελάτης εισέρχεται στο κατάστημα στο πρώτο λεπτό λειτουργίας του, ενώ με ΧΕ συμβολίζεται ο Χρόνος Εξυπηρέτησης.

1 ταμείο:

A/A πελάτη	Χρόνος άφιξης πελάτη (λεπτά από την έναρξη)	Χρόνος αρχής εξυπηρέτησης πελάτη (λεπτά από την έναρξη)	Χρόνος περάτωσης εξυπηρέτησης πελάτη (λεπτά από την έναρξη)	Χρόνος αναμονής πελάτη (λεπτά)
1	0	0	$0 + ΧΕ = ΧΕ$	$0 - 0 = 0$
2	$X (X < ΧΕ)$	ΧΕ	$ΧΕ + ΧΕ = 2 * ΧΕ$	$ΧΕ - X$
3	$Y (Y \geq 2 * ΧΕ)$	Y	$Y + ΧΕ$	$Y - Y = 0$
4	...	...	...	...

Σχήμα 5 – Παράδειγμα εξυπηρέτησης πελατείας με ένα ενεργό ταμείο

Στον παραπάνω πίνακα, με X και Y συμβολίζονται οι χρόνοι άφιξης του δεύτερου και του τρίτου πελάτη που εισέρχονται στο κατάστημα. Παρακάτω παρουσιάζεται ο ίδιος πίνακας, όπου ο χρόνος εξυπηρέτησης και οι χρόνοι άφιξης αντικαθίστανται με αριθμούς, ώστε να γίνει το παράδειγμα πιο παραστατικό. Έστω λοιπόν πως ο χρόνος εξυπηρέτησης του καταστήματος ήταν ίσος με 2 λεπτά και πως ο δεύτερος και ο τρίτος πελάτης εισήλθαν στο κατάστημα 1 και 5 λεπτά μετά το άνοιγμά του αντίστοιχα:

A/A πελάτη	Χρόνος άφιξης πελάτη (λεπτά από την έναρξη)	Χρόνος αρχής εξυπηρέτησης πελάτη (λεπτά από την έναρξη)	Χρόνος περάτωσης εξυπηρέτησης πελάτη (λεπτά από την έναρξη)	Χρόνος αναμονής πελάτη (λεπτά)
1	0	0	$0 + 2 = 2$	$0 - 0 = 0$
2	1 (1 < 2)	2	$2 + 2 = 4$	$2 - 1 = 1$
3	5 (5 > 4)	5	$5 + 2 = 7$	$5 - 5 = 0$
4	...	...	...	...

Σχήμα 6 – Παράδειγμα εξυπηρέτησης πελατείας με ένα ενεργό ταμείο

Παρατηρούμε λοιπόν πως ο πρώτος πελάτης που εισέρχεται στο κατάστημα δεν περιμένει για να ξεκινήσει η εξυπηρέτησή του, αφού το διαθέσιμο ταμείο είναι ελεύθερο. Έτσι, ο χρόνος αναμονής ισούται με 0, όσο και η διαφορά μεταξύ του χρόνου έναρξης εξυπηρέτησής του (0) και του χρόνου άφιξής του στο κατάστημα (0). Ο δεύτερος πελάτης εισέρχεται στο κατάστημα 1 λεπτό μετά την έναρξη λειτουργίας του. Εκείνη τη στιγμή το ταμείο απασχολείται με την εξυπηρέτηση του πρώτου πελάτη, οπότε ο δεύτερος πελάτης πρέπει να περιμένει για να εξυπηρετηθεί. Το ταμείο θα ελευθερωθεί όταν ολοκληρωθεί η εξυπηρέτηση του πρώτου πελάτη, κάτι που θα συμβεί 2 λεπτά μετά την έναρξη λειτουργίας του καταστήματος, αφού έχουμε θεωρήσει ότι ο χρόνος εξυπηρέτησης ισούται με 2 λεπτά, οπότε θα ξεκινήσει και η εξυπηρέτηση του δεύτερου πελάτη. Έτσι, ο χρόνος αναμονής του δεύτερου

πελάτη θα ισούται με ένα λεπτό, τη διαφορά δηλαδή μεταξύ του χρόνου έναρξης εξυπηρέτησής του (2 λεπτά από την έναρξη λειτουργίας του καταστήματος) και του χρόνου άφιξής του στο κατάστημα (1 λεπτό από την έναρξη λειτουργίας του). Τέλος, ο τρίτος πελάτης εισέρχεται στο κατάστημα 5 λεπτά μετά την έναρξη λειτουργίας του, οπότε η εξυπηρέτηση του δεύτερου πελάτη έχει ολοκληρωθεί, οπότε ο χρόνος αναμονής του θα είναι μηδενικός, όμοια με τον πρώτο πελάτη.

2 ταμεία:

A/A πελάτη	Χρόνος άφιξης πελάτη (λεπτά από την έναρξη)	Χρόνος αρχής εξυπηρέτησης πελάτη (λεπτά από την έναρξη)	Χρόνος περάτωσης εξυπηρέτησης πελάτη (λεπτά από την έναρξη)	Χρόνος αναμονής πελάτη (λεπτά)
1	0	0	$0 + XE = XE$	$0 - 0 = 0$
2	0	0	$0 + XE = XE$	$0 - 0 = 0$
3	$X (X < XE)$	XE	$XE + XE = 2 * XE$	$XE - X$
4	$Y (Y \geq XE)$	Y	$Y + XE$	$Y - Y = 0$
5	$Z (Z < 2 * XE)$	$2 * XE$	$2 * XE + XE = 3 * XE$	$2 * XE - Z$
6	...	...	...	...

Σχήμα 7 – Παράδειγμα εξυπηρέτησης πελατείας με δύο ενεργά ταμεία

Στον πίνακα αυτό, όμοια με παραπάνω, με X, Y, Z συμβολίζονται οι χρόνοι άφιξης του τρίτου, τέταρτου και πέμπτου πελάτη που εισέρχονται στο κατάστημα. Οι δύο πρώτοι πελάτες εισέρχονται στο κατάστημα στο πρώτο λεπτό λειτουργίας του. Παρακάτω παρουσιάζεται ο ίδιος πίνακας, όπου ο χρόνος εξυπηρέτησης και οι χρόνοι άφιξης αντικαθίστανται με αριθμούς, ώστε να γίνει το παράδειγμα πιο παραστατικό. Έστω λοιπόν πως ο χρόνος εξυπηρέτησης του καταστήματος ήταν και πάλι ίσος με 2 λεπτά και πως ο τρίτος, ο τέταρτος και ο πέμπτος πελάτης εισήλθαν στο κατάστημα 1, 2 και 3 λεπτά μετά το άνοιγμά του αντίστοιχα:

A/A πελάτη	Χρόνος άφιξης πελάτη (λεπτά από την έναρξη)	Χρόνος αρχής εξυπηρέτησης πελάτη (λεπτά από την έναρξη)	Χρόνος περάτωσης εξυπηρέτησης πελάτη (λεπτά από την έναρξη)	Χρόνος αναμονής πελάτη (λεπτά)
1	0	0	$0 + 2 = 2$	$0 - 0 = 0$
2	0	0	$0 + 2 = 2$	$0 - 0 = 0$
3	1	2	$2 + 2 = 4$	$2 - 1 = 1$
4	2	2	$2 + 2 = 4$	$2 - 2 = 0$
5	3	4	$4 + 2 = 6$	$4 - 3 = 1$

Σχήμα 8 – Παράδειγμα εξυπηρέτησης πελατείας με δύο ενεργά ταμεία

Στην περίπτωση αυτή βλέπουμε πως οι δύο πρώτοι πελάτες που εισέρχονται στο κατάστημα στο πρώτο λεπτό λειτουργίας του εξυπηρετούνται αμέσως χωρίς να περιμένουν, αφού εδώ υπάρχουν δύο ταμεία ελεύθερα. Στη συνέχεια, ο τρίτος πελάτης εισέρχεται στο κατάστημα 1 λεπτό μετά την έναρξη λειτουργίας του, οπότε και δεν υπάρχει κανένα ελεύθερο ταμείο. Θεωρώντας και πάλι πως ο χρόνος εξυπηρέτησης ισούται με 2 λεπτά, το ένα ταμείο θα ελευθερωθεί 2 λεπτά μετά την έναρξη λειτουργίας του καταστήματος, οπότε ο τρίτος πελάτης θα περιμένει να εξυπηρετηθεί 1 λεπτό (2 (χρόνος έναρξης εξυπηρέτησής του) – 1 (χρόνος άφιξης του στο κατάστημα)). Ο τέταρτος πελάτης εισέρχεται στο κατάστημα 2 λεπτά μετά την έναρξη λειτουργίας του, τη στιγμή που ελευθερώνεται το δεύτερο ταμείο. Έτσι, δε χρειάζεται να περιμένει για να εξυπηρετηθεί. Ο πέμπτος πελάτης τέλος εισέρχεται στο κατάστημα 3 λεπτά μετά την έναρξη λειτουργίας του, οπότε τα ταμεία εξυπηρετούν τον τρίτο και τον τέταρτο πελάτη αντίστοιχα. Έτσι, θα πρέπει να περιμένει να ολοκληρωθεί η εξυπηρέτηση του τρίτου πελάτη, κάτι που συμβαίνει 4 λεπτά μετά την έναρξη λειτουργίας του καταστήματος. Ο χρόνος αναμονής του πέμπτου πελάτη θα ισούται λοιπόν με 1 λεπτό (4 (χρόνος έναρξης εξυπηρέτησης) – 3 (χρόνος άφιξης στο κατάστημα)).

Βάσει των περιπτώσεων αυτών, είναι εύκολο να γενικευθεί ο αλγόριθμος και για τις περιπτώσεις περισσότερων ενεργών ταμείων.

Από τα προηγούμενα παραδείγματα συμπεραίνουμε πως η πληροφορία – κλειδί για τον υπολογισμό του χρόνου αναμονής κάθε πελάτη είναι ο χρόνος έναρξης εξυπηρέτησής του, αφού οι υπόλοιπες πληροφορίες είναι είτε δεδομένες, είτε υπολογίζονται με απλές πράξεις. Σύμφωνα λοιπόν και με τα παραπάνω παραδείγματα, μία αναδρομική συνάρτηση υπολογισμού του χρόνου έναρξης εξυπηρέτησης του n -οστού πελάτη θα ήταν η παρακάτω:

$$f(n) = \begin{cases} g(n), & \text{αν τη στιγμή είσοδου υπάρχει ελεύθερο ταμείο} \\ h(n - (\text{πλήθος ενεργών ταμείων})), & \text{αν δεν υπάρχει} \end{cases}$$

Όπου

$f(n)$: Χρόνος έναρξης εξυπηρέτησης n -οστού πελάτη

$g(n)$: Χρόνος άφιξης n -οστού πελάτη στο κατάστημα

$h(n)$: Χρόνος περάτωση εξυπηρέτησης n -οστού πελάτη

3.1.2 Ανάλυση αλγορίθμου προσομοίωσης

Με βάση τη μέθοδο που περιγράψαμε στην προηγούμενη παράγραφο, παρουσιάζεται εδώ μία συνοπτική περιγραφή του αλγορίθμου που πραγματοποιεί την προσομοίωση της πραγματικής χρονοσειράς του χρόνου αναμονής στη διάρκεια της ημέρας.

Ο αλγόριθμος αυτός δέχεται ως είσοδο το διάστημα της ημέρας στο οποίο θα εκτελεστεί, έτσι ώστε να υπάρχει η δυνατότητα να εκτελεστεί η προσομοίωση για κάποιο συγκεκριμένο κομμάτι της ημέρας, με την προϋπόθεση βέβαια ότι έχει προσομοιωθεί νωρίτερα και το τμήμα της ημέρας που προηγείται του ζητούμενου, ώστε να υπάρχουν διαθέσιμες οι χρονοσειρές του χρόνου αναμονής και των πελατών σε αναμονή, όπως έχουν εξελιχθεί μέσα στην ημέρα και πριν το ζητούμενο διάστημα.

Ο αλγόριθμος δέχεται ως είσοδο επίσης το πλήθος των εισερχόμενων πελατών σε κάθε λεπτό του ζητούμενου διαστήματος, καθώς και τις αντίστοιχες πληροφορίες για το χρόνο εξυπηρέτησης και τους ενεργούς tellers. Οι πληροφορίες αυτές είναι απαραίτητες για την εφαρμογή της ιδέας που περιγράφηκε στην προηγούμενη παράγραφο και τον υπολογισμό του χρόνου αναμονής κάθε πελάτη που εισέρχεται στο κατάστημα κάποια συγκεκριμένη χρονική στιγμή.

Για κάθε διάστημα (λεπτό) του ζητούμενου διαστήματος, ο αλγόριθμος εκτελεί την παρακάτω διαδικασία:

- Εισαγωγή των νεοεισελθέντων πελατών στην ουρά αναμονής
- Υπολογισμός του χρόνου αναμονής καθενός εκ των νεοεισελθέντων πελατών με τη μέθοδο που περιγράφηκε στην προηγούμενη παράγραφο
- Εξαγωγή από την ουρά αναμονής των πελατών οι οποίοι έχουν εξυπηρετηθεί (ως εξυπηρετηθέντες πελάτες θεωρούνται αυτοί που των οποίων ο χρόνος περάτωσης εξυπηρέτησης έχει παρέλθει και βρίσκονται στην ουρά)
- Υπολογισμός μέσου χρόνου αναμονής για το τρέχον διάστημα (λεπτό). Ο μέσος χρόνος αναμονής του τρέχοντος διαστήματος υπολογίζεται ως ο μέσος όρος των χρόνων αναμονής των πελατών που εξυπηρετήθηκαν στο τρέχον διάστημα

Σημειώνεται εδώ ότι κατά τον υπολογισμό του χρόνου αναμονής κάθε πελάτη, πρέπει να ελεγχθεί αν έχει υπάρξει μεταβολή των ενεργών teller από το προηγούμενο λεπτό στο τρέχον. Εφόσον συμβαίνει αυτό, τότε πρέπει να ξαναυπολογιστεί ο χρόνος αναμονής για όλους τους πελάτες που βρίσκονται σε αναμονή, και όχι μόνο για τους νεοεισελθέντες. Η απαίτηση αυτή εξηγείται εύκολα, αφού σε περίπτωση που μεταβληθούν οι ενεργοί tellers, η εξυπηρέτηση της ουράς αναμονής θα επιταχυνθεί ή θα επιβραδυνθεί (σε περίπτωση προσθήκης ή απόχωρησης κάποιου/ων teller αντίστοιχα). Στην περίπτωση αυτή, δεν πρέπει να ξαναυπολογιστεί ο χρόνος αναμονής των πελατών που βρίσκονται στην ουρά αναμονής αλλά έχει αρχίσει η εξυπηρέτησή τους (έχει παρέλθει ο χρόνος έναρξης εξυπηρέτησής τους), αφού η μεταβολή στους ενεργούς teller δε θα επηρεάσει το χρόνο αναμονής τους, όπως εξηγείται εύκολα από την εξίσωση υπολογισμού του χρόνου αναμονής πελάτη της προηγούμενης παραγράφου. Σημειώνεται επίσης, πως σε περίπτωση που σε κάποιο διάστημα (λεπτό) οι ενεργοί teller μηδενιστούν, τότε θα πρέπει ο χρόνος αναμονής όλων των πελατών σε αναμονή (και όχι μόνο των νεοεισελθέντων) να αυξηθεί κατά ένα λεπτό, αφού ουσιαστικά η διαδικασία εξυπηρέτησης «παγώνει».

Σημειώνεται τέλος πως κατά τον υπολογισμό του μέσου χρόνου αναμονής, σε περίπτωση που σε κάποιο διάστημα (λεπτό) δεν εξυπηρετηθεί κανένας πελάτης, τότε ο μέσος χρόνος αναμονής για το διάστημα αυτό τίθεται ίδιος με αυτόν του προηγούμενου λεπτού.

3.1.3 Υπολογισμός χρόνου εξυπηρέτησης

3.1.3.1 Μεθοδολογία υπολογισμού χρόνου εξυπηρέτησης

Ένα βασικό ζήτημα που χρειάστηκε να αντιμετωπιστεί κατά την ανάπτυξη του μοντέλου προσομοίωσης ήταν το γεγονός πως η αποχώρηση πελατών από το κατάστημα (δηλαδή το πλήθος των πελατών που κόβουν χαρτάκι αλλά αποχωρούν από το κατάστημα χωρίς να εξυπηρετηθούν, καθώς και η χρονική στιγμή που συμβαίνει αυτό) δεν είναι δυνατό να ληφθεί υπόψη από το μοντέλο, αφού αποτελεί τυχαία διαδικασία η οποία δεν είναι δυνατό να

αναπαραχθεί κατά την εφαρμογή των μέτρων βελτιστοποίησης της διαχείρισης των ουρών αναμονής που θα δούμε σε επόμενα κεφάλαια. Σκοπός όμως της μελέτης μας είναι η σύγκριση μεταξύ της επίδοσης της προσομοίωσης και εκείνης των εφαρμοζόμενων μέτρων βελτιστοποίησης. Η σύγκριση αυτή μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο στην περίπτωση όπου οι δύο μέθοδοι είναι πανομοιότυπες, με μόνη διαφορά την εφαρμογή των προτεινόμενων μέτρων κατά τη διαδικασία βελτιστοποίησης. Η λύση στο εν λόγω πρόβλημα είναι η μη χρησιμοποίηση κατά την προσομοίωση των ουρών αναμονής των μη εξυπηρετηθέντων πελατών, αλλά η θεώρηση πως κάθε πελάτης που εισέρχεται σε κάποιο κατάστημα θα περιμένει μέχρις ότου έρθει η σειρά του να εξυπηρετηθεί. Το ζήτημα του υπολογισμού των μη εξυπηρετηθέντων πελατών αντιμετωπίζεται σε επόμενη παράγραφο. Αυτό το γεγονός έχει ως αποτέλεσμα να μην μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την προσομοίωση ο χρόνος εξυπηρέτησης με τον οποίο εξυπηρετήθηκαν πρακτικά οι πελάτες ενός καταστήματος μέσα σε μια εργάσιμη μέρα, αφού με το χρόνο αυτό εξυπηρετήθηκαν εν τέλει μόνο οι πελάτες εκείνοι που παρέμειναν στο κατάστημα μέχρι να έρθει η σειρά τους για εξυπηρέτηση. Αντίθετα, το μοντέλο θεωρεί πως όποιος πελάτης εισέρχεται στο κατάστημα θα περιμένει να έρθει η σειρά του για εξυπηρέτηση και δε θα αποχωρήσει. Έτσι, η χρήση από το πρόγραμμα προσομοίωσης του πραγματικού χρόνου εξυπηρέτησης πελατών μέσα στη μέρα θα είχε ως αποτέλεσμα την παραγωγή μίας διαφορετικής χρονοσειράς του χρόνου αναμονής, αφού σε κάθε μία από τις δύο περιπτώσεις εξυπηρετείται διαφορετικό πλήθος πελατών.

Για να αντιμετωπισθεί το πρόβλημα αυτό, θα πρέπει να υπολογιστεί ένας διαφοροποιημένος χρόνος εξυπηρέτησης, ο οποίος θα έχει ως αποτέλεσμα την κατά το δυνατόν ακριβέστερη προσέγγιση από το πρόγραμμα της πραγματικής χρονοσειράς του χρόνου αναμονής μέσα στην ημέρα, χωρίς όμως να λαμβάνεται υπόψη η αποχώρηση πελατών κατά τη διάρκεια αυτής. Για να γίνει αυτό, χωρίζουμε αρχικά τη μέρα σε 10 διαστήματα, το καθένα διάρκειας περίπου 40 λεπτών. Στη συνέχεια, εκτελούμε την προσομοίωση για ακέραιους χρόνους εξυπηρέτησης μεταξύ του 1 και των 8 λεπτών, και υπολογίζουμε το σφάλμα μεταξύ της παραγόμενης από την προσομοίωση χρονοσειράς του χρόνου αναμονής και της αντίστοιχης πραγματικής χρονοσειράς. Τέλος, εκτελούμε και πάλι την προσομοίωση για χρόνους εξυπηρέτησης στο διάστημα

$$[(Min\ Error\ Serving\ Time - 1) , (Min\ Error\ Serving\ Time + 1)] ,$$

Όπου,

Min Error Serving Time: Ο ακέραιος χρόνος εξυπηρέτησης στο διάστημα [1,8] που παρουσίασε το μικρότερο σφάλμα

με βήμα 0.01, και θεωρούμε ως χρόνο εξυπηρέτησης του αντίστοιχου διαστήματος το χρόνο εκείνο που παρουσιάζει το μικρότερο σφάλμα.

Τέλος, αφού βρεθεί ο βέλτιστος χρόνος εξυπηρέτησης για το τρέχον διάστημα, εκτελείται και πάλι η προσομοίωση από την αρχή της ημέρας έως το τρέχον διάστημα, ώστε τα επόμενα διαστήματα να έχουν διαθέσιμες τις χρονοσειρές του χρόνου αναμονής και των πελατών σε αναμονή μέχρι εκείνο το σημείο της ημέρας. Είναι εύκολα κατανοητό ότι στο τελευταίο διάστημα της ημέρας, ο αλγόριθμος θα εκτελέσει την προσομοίωση για ολόκληρη την ημέρα.

Ο χωρισμός της ημέρας σε 10 διαστήματα κρίνεται αντιπροσωπευτικός της πραγματικότητας, αφού και στην πραγματικότητα φαίνεται λογικό να περνούν σχετικά μεγάλα διαστήματα, μέχρι να εμφανιστεί κάποια σημαντική μεταβολή στο χρόνο εξυπηρέτησης.

3.1.3.2 Υπολογισμός σφάλματος μεταξύ πραγματικού χρόνου αναμονής και προσομοίωσης

Απαραίτητο στοιχείο κάθε μοντέλου προσομοίωσης μίας φυσικής διαδικασίας, είναι ο υπολογισμός του σφάλματος ακρίβειας του εφαρμοζόμενου μοντέλου σε σχέση με τα πραγματικά δεδομένα. Στην παρούσα περίπτωση, το μέγεθος που προσπαθούμε να αναπαράγουμε, είναι η χρονοσειρά του παραγόμενου από την ουρά χρόνου αναμονής. Έτσι, για να μετρήσουμε την ακρίβεια του μοντέλου μας, υπολογίζουμε το sMAPE (symmetric Mean Absolute Percentage Error) μεταξύ του πραγματικού χρόνου αναμονής και του παραγόμενου από το μοντέλο χρόνου αναμονής. Το sMAPE υπολογίζεται από τον τύπο

$$sMAPE = \sum_{t=0}^{\text{Τέλος ημέρας}} 200 \cdot \frac{|\text{Πραγματικός Χρόνος Αναμονής}(t) - \text{Χρόνος Αναμονής Προσομοίωσης}(t)|}{|\text{Πραγματικός Χρόνος Αναμονής}(t) + \text{Χρόνος Αναμονής Προσομοίωσης}(t)|}$$

Το sMAPE παίρνει τιμές από 0 ως και 200, και προφανώς όσο μικρότερο τιμή έχει, τόσο μεγαλύτερη είναι η ακρίβεια του μοντέλου μας. Κάθε φορά που εκτελείται ο αλγόριθμος προσομοίωσης για κάποιο διάστημα της ημέρας και κάποιο χρόνο εξυπηρέτησης, υπολογίζεται και το αντίστοιχο sMAPE, ώστε να μπορεί να γίνει σύγκριση μεταξύ των σφαλμάτων που παράγουν διαφορετικοί χρόνοι εξυπηρέτησης και να επιλεγεί αυτός που εμφανίζει το μικρότερο.

3.2 Επεξεργασία δεδομένων εισόδου και υπολογισμός σφαλμάτων

Για την εκτέλεση της προσομοίωσης, είναι απαραίτητη η γνώση των εξής πληροφοριών ανά λεπτό λειτουργίας κάθε καταστήματος: Το πλήθος εισερχομένων πελατών, μία εκτίμηση του χρόνου αναμονής των πελατών που βρίσκονται εκείνη τη στιγμή σε αναμονή, καθώς και τα στελεχωμένα (από teller) ταμεία. Τα στοιχεία αυτά προέρχονται από σύστημα καταγραφής για τις ουρές αναμονής, το οποίο χρησιμοποιείται από μεγάλη ελληνική τράπεζα που μας τα παρέιχε. Για να εκμεταλλευτούμε όμως τα στοιχεία αυτά, πρέπει να υπάρξει μία στατιστική επεξεργασία τους, ώστε να εξαλειφθούν τα χαρακτηριστικά του συστήματος καταγραφής τα οποία αλλοιώνουν την πραγματική εικόνα των ουρών αναμονής.

3.2.1 Επεξεργασία του χρόνου αναμονής

Μεταξύ των απαραίτητων παρεχόμενων στοιχείων των ουρών αναμονής για την εκτέλεση της προσομοίωσης, είναι μία ανά λεπτό εκτίμηση του χρόνου αναμονής των πελατών που βρίσκονταν εκείνο το λεπτό σε αναμονή. Τα στοιχεία αυτά, βέβαια, δίνονται σε ψηφιακή ωρολογιακή μορφή (Για παράδειγμα, αν κάποια στιγμή μέσα σε μία εργάσιμη μέρα ο χρόνος αναμονής ανήλθε στη 1 ώρα, τότε η αντίστοιχη εγγραφή θα έχει τη μορφή «01:00:00» (μία ώρα, 0 λεπτά, 0 δευτερόλεπτα). Για τις ανάγκες της προσομοίωσης, η εγγραφή αυτή θα πρέπει να μετατραπεί σε δεκαδική μορφή, όπου ο χρόνος αναμονής θα μετράται σε λεπτά. Επίσης, ένα χαρακτηριστικό του συστήματος καταγραφής είναι το γεγονός πως, αν σε κάποιο λεπτό εντός της εργάσιμης ημέρας δεν εξυπηρετηθεί κανένας πελάτης, τότε αυτό καταγράφει μηδενικό χρόνο αναμονής. Το γεγονός αυτό προφανώς δε συνάδει με την πραγματικότητα, αφού ο χρόνος αναμονής δε μηδενίζεται όσο υπάρχουν πελάτες σε

αναμονή εντός τους καταστήματος. Για να απαλειφθούν οι μηδενικοί χρόνοι αναμονής στα δεδομένα εισόδου μεταξύ δύο μη μηδενικών εγγραφών για το χρόνο αναμονής, «χαράσσεται» η ευθεία που συνδέει τα δύο μη μηδενικά σημεία της χρονοσειράς του χρόνου αναμονής. Στη συνέχεια, η τιμή του χρόνου αναμονής (σε λεπτά) κάθε μηδενικού σημείου αντικαθίσταται μέσω της εξίσωσης,

$$\text{Χρόνος αναμονής(χρονική στιγμή } t) = \text{Χρόνος αναμονής(χρονική στιγμή } t_0) + (\text{Κλίση ευθείας} \cdot (t - t_0)),$$

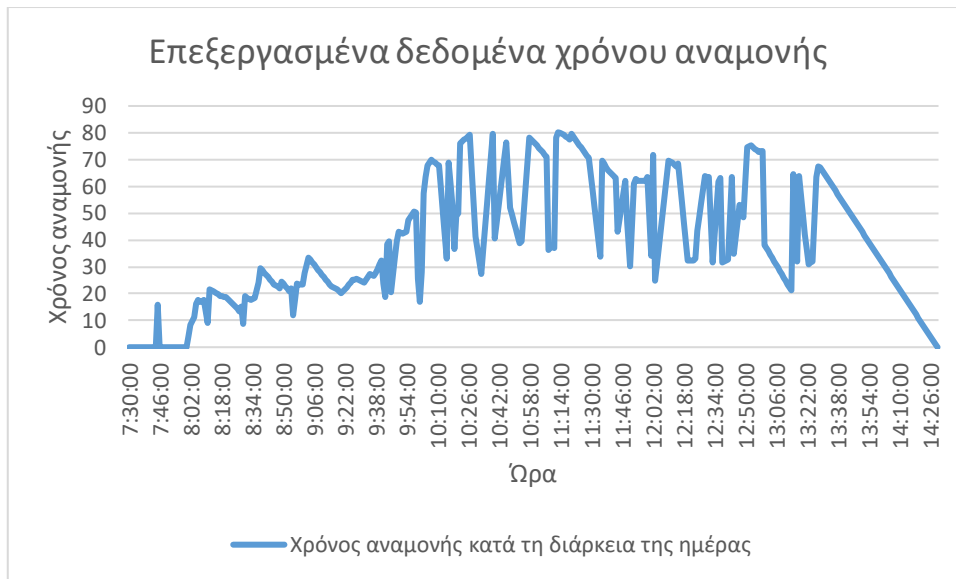
Όπου η κλίση της ευθείας μεταξύ δύο μη μηδενικών εγγραφών για το χρόνο αναμονής ορίζεται από τη σχέση ,

$$\frac{(\text{Χρόνος αναμονής(χρονική στιγμή } t_1) - \text{Χρόνος αναμονής(χρονική στιγμή } t_0))}{t_1 - t_0}$$

(t_0, t_1 οι χρονικές στιγμές ακριβώς πριν και ακριβώς μετά από ένα διάστημα μηδενικών εγγραφών)

Στα επόμενα σχήματα φαίνεται η χρονοσειρά του χρόνου αναμονής πριν και μετά την επεξεργασία του σύμφωνα με την παραπάνω περιγραφείσα μεθοδολογία.



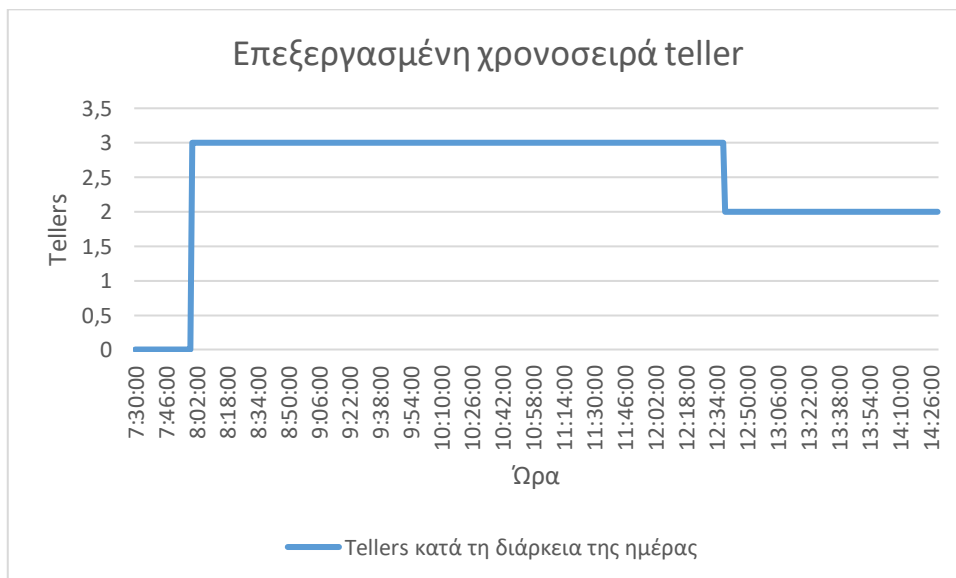
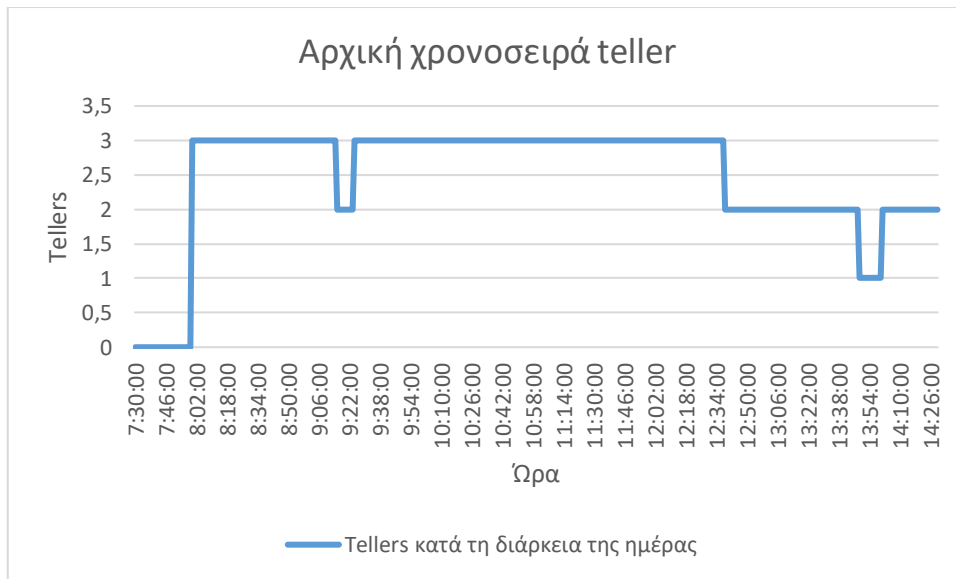


Σχήμα 9 - Δεδομένα χρόνου αναμονής πριν και μετά την επεξεργασία

3.2.2 Επεξεργασία των ενεργών teller

Για την εκτέλεση της προσομοίωσης είναι επίσης απαραίτητη η γνώση της κατανομής των ενεργών teller κατά τη διάρκεια κάθε εργάσιμης ημέρας. Η πληροφορία αυτή παρέχεται από το σύστημα καταγραφής της τράπεζας, πρέπει όμως να υποστεί κάποιες τροποποιήσεις, ώστε να διευκολύνει την εν συνεχεία εφαρμογή των προτεινόμενων μέτρων βελτιστοποίησης της διαχείρισης των ουρών αναμονής. Έτσι, αν κάποια μείωση στο πλήθος των στελεχωμένων από teller ταμείων κατά τη διάρκεια της ημέρας διαρκεί λιγότερο από ένα τέταρτο, τότε αυτή απαλείφεται από τα δεδομένα εισόδου. Αυτή η απαλειφή είναι απαραίτητη, αφού διαφορετικά, κατά τον υπολογισμό του κέρδους που προκύπτει από την εφαρμογή των μέτρων βελτιστοποίησης της διαχείρισης των ουρών αναμονής που θα δούμε στο επόμενο κεφάλαιο, θα λαμβάνονταν υπόψη και διαλείμματα ή σύντομες απουσίες κάποιου εργαζομένου από το ταμείο του. Τα διαστήματα αυτά αναπόφευκτα θα υπάρχουν όμως και μετά την εφαρμογή των μέτρων βελτιστοποίησης, οπότε δεν θα ήταν ορθό να προσμετρηθούν στο κέρδος μεταξύ προσομοίωσης και βελτιστοποίησης.

Έστω για παράδειγμα, ότι στις 09.15 κάποιας εργάσιμης μέρας σε κάποιο κατάστημα οι ενεργοί teller μειώνονται από 3 σε 2. Αν το πλήθος ενεργών teller γίνει και πάλι 3 πριν τις 09.30, τότε αυτή η μεταβολή απαλείφεται και θεωρείται πως σε όλο το διάστημα το πλήθος στελεχωμένων ταμείων ήταν 3. Στα επόμενα σχήματα φαίνεται η χρονοσειρά των ενεργών teller πριν και μετά την επεξεργασία του σύμφωνα με την παραπάνω περιγραφείσα μεθοδολογία, για κάποια εργάσιμη ημέρα κάποιου καταστήματος.



Σχήμα 10 – Χρονοσειρά πραγματικών teller πριν και μετά την επεξεργασία

3.2.3 Υπολογισμός στατιστικών μεγεθών ουράς αναμονής

Στις επόμενες παραγράφους περιγράφονται τα μεγέθη που υπολογίζονται από το πρόγραμμα προσομοίωσης των ουρών αναμονής σε επίπεδο ημέρας και χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της απόδοσης των καταστημάτων τόσο πριν, όσο και μετά την εφαρμογή των προτεινόμενων μέτρων βελτιστοποίησης, και παρουσιάζονται οι αντίστοιχες μαθηματικές σχέσεις υπολογισμού.

3.2.3.1 Μέσος χρόνος αναμονής

Ο μέσος χρόνος αναμονής μίας εργάσιμης ημέρας υπολογίζεται ως η μέση τιμή των χρόνων αναμονής που υπολογίζονται για κάθε λεπτό της ημέρας αυτής, από τις 8.00 ως και τις 14.30, δηλαδή

$$\text{Μέσος Χρόνος Αναμονής} = \frac{\text{Χρόνος αναμονής}(8.00) + \text{Χρόνος αναμονής}(8.01) + \dots + \text{Χρόνος αναμονής}(14.30)}{420}$$

Όπου ο αριθμός 420 στον παρονομαστή ισούται με το πλήθος διαστημάτων (λεπτών) από τα οποία αποτελείται μία εργάσιμη μέρα.

3.2.3.2 Μη εξυπηρετηθέντες πελάτες

Η αποχώρηση πελατών (που έκοψαν «χαρτάκι») πριν εξυπηρετηθούν είναι μία τυχαία διαδικασία. Τα διαθέσιμα στοιχεία για την αποχώρηση πελατών θα πρέπει επίσης με κάποιο τρόπο να προσομοιωθούν και να αναπαραχθούν τυπικά από το πρόγραμμα προσομοίωσης, ώστε στη συνέχεια να γίνει ο αντίστοιχος υπολογισμός μετά την εφαρμογή των μέτρων βελτιστοποίησης και να συγκριθούν τα προκύπτοντα αποτελέσματα. Διαφαίνεται λοιπόν η ανάγκη για ανάπτυξη μίας συνάρτησης υπολογισμού των ημερήσιων μη εξυπηρετηθέντων πελατών στα καταστήματα της τράπεζας.

Μία πρώτη σκέψη προς τον ορισμό της συνάρτησης αυτής, είναι το γεγονός πως το ποσοστό των μη εξυπηρετηθέντων πελατών προς τους εισερχόμενους πελάτες θα είναι συνάρτηση του χρόνου αναμονής στην ουρά του καταστήματος. Η συνάρτηση αυτή θα πρέπει να αντικατοπτρίζει επίσης το γεγονός πως όσο μεγαλύτερος είναι ο χρόνος αναμονής τόσο αυξάνεται η πιθανότητα να αποχωρήσει κάποιος πελάτης από το κατάστημα. Αυτός ο στόχος επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας μία γραμμική συνάρτηση της μορφής $y = a + bx$, όπου y ο λόγος μη εξυπηρετηθέντων προς εισερχόμενους πελάτες και x ο μέσος χρόνος αναμονής για κάποια εργάσιμη ημέρα κάποιου καταστήματος, αφού με την αύξηση του χρόνου αναμονής αυξάνεται και το ποσοστό μη εξυπηρετηθέντων προς εισερχόμενους πελάτες. Είναι επίσης λογικό όμως, η πιθανότητα να αποχωρήσει κάποιος πελάτης να αυξάνεται με υψηλότερο ρυθμό όσο υψηλότερος είναι αντίστοιχα ο χρόνος αναμονής. Για παράδειγμα, εύκολα καταλαβαίνουμε πως η πιθανότητα να αποχωρήσει κάποιος πελάτης πρέπει να αυξάνεται περισσότερο όταν ο χρόνος αναμονής αυξάνεται από τα 50 στα 51 λεπτά, σε σχέση με την αύξηση που θα παρατηρούσαμε αν ο χρόνος αναμονής αυξανόταν από τα 4 στα 5 λεπτά. Η μεταβολή αυτή δεν μπορεί να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας μία γραμμική συνάρτηση υπολογισμού των μη εξυπηρετηθέντων πελατών, αφού σε αυτή την περίπτωση για κάθε ισόποση αύξηση του χρόνου αναμονής προκαλείται μία ισοπόση αύξηση του αριθμού μη εξυπηρετηθέντων πελατών (η γραμμική συνάρτηση έχει κλίση σταθερή και ίση με b). Καταλαβαίνουμε λοιπόν πως θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε μια εκθετική συνάρτηση της μορφής

$$\frac{\text{Μη εξυπηρετηθέντες πελάτες}}{\text{Εισερχόμενοι πελάτες}} = a \cdot (\text{Μέσος χρόνος αναμονής})^b$$

Τα μεγέθη που περιλαμβάνονται στην εξίσωση αυτή όμως παρουσιάζουν μεγάλες διακυμάνσεις στις τιμές τους, αφού οι πελάτες εισέρχονται σε κάθε κατάσταση με διαφορετικό μοτιβό ανάλογα με το κατάστημα και την ημέρα, ενώ και τα μοτίβα εξυπηρέτησής τους διαφέρουν ανά ημέρα και κατάστημα, προκαλώντας αντίστοιχα μεγάλη μεταβλητότητα στο χρόνο αναμονής και τους μη εξυπηρετηθέντες πελάτες. Για να περιορίσουμε τις διακυμάνσεις αυτές, εξισώνουμε τους λογαρίθμους των ποσοτήτων στο αριστερό και το δεξί μέλος της παραπάνω εξίσωσης, οπότε καταλήγουμε στην παρακάτω εξίσωση:

$$\log\left(\frac{\text{Μη εξυπηρετηθέντες πελάτες}}{\text{Εισερχόμενοι πελάτες}}\right) = \log[a \cdot (\text{Μέσος χρόνος αναμονής})^b] \leftrightarrow$$

$$\log\left(\frac{\text{Μη εξυπηρετηθέντες πελάτες}}{\text{Εισερχόμενοι πελάτες}}\right) = \log(a) + b \cdot \log(\text{Μέσος χρόνος αναμονής})$$

Η εξίσωση αυτή είναι πλέον γραμμική, δηλαδή της μορφής $y = a + bx$, όπου

$$y = \log\left(\frac{\text{Μη εξυπηρετηθέντες πελάτες}}{\text{Εισερχόμενοι πελάτες}}\right)$$

$$a = \log(a)$$

$$x = \log(\text{Μέσος χρόνος αναμονής})$$

Στη συνέχεια, θα πρέπει να υπολογίσουμε τις παραμέτρους a και b της παραπάνω εξίσωσης. Όπως θα δούμε παρακάτω, τα καταστήματα της τράπεζας κατανέμονται σε τρεις κατηγορίες (Πράσινα, Πορτοκαλί και Κόκκινα καταστήματα) ανάλογα με το βαθμό δυσαρέσκειας που παράγουν για τους πελάτες τους. Τα μοτίβα εισόδου και εξυπηρέτησης πελατών διαφέρουν σε κάθε κατηγορία καταστημάτων, οπότε αντίστοιχα διαφοροποιημένες θα πρέπει να είναι και οι παράμετροι a και b της εξίσωσης υπολογισμού των μη εξυπηρετηθέντων πελατών, ώστε να προσεγγίζουν με τη μέγιστη δυνατή ακρίβεια τους πραγματικούς μη εξυπηρετηθέντες πελάτες κάθε εργάσιμης ημέρας. Υπολογίζουμε λοιπόν αυτές τις παραμέτρους τρεις φορές, μία για κάθε κατηγορία καταστημάτων, με γνώμονα τον κατά το δυνατόν ακριβέστερο υπολογισμό των ημερήσιων μη εξυπηρετηθέντων πελατών. Οι παράμετροι a και b λοιπόν προκύπτουν για κάθε κατηγορία καταστημάτων ως εξής:

Κατηγορία καταστήματος	Παράμετρος b	Παράμετρος a
Πράσινο	0,3342	7,60671
Πορτοκαλί	0,31172	8,70819
Κόκκινο	0,26713	12,3543

Σχήμα 11 – Παράμετροι για τον υπολογισμό των ημερήσιων μη εξυπηρετηθέντων πελατών ανά κατηγορία καταστήματος

Χρησιμοποιώντας τις παραμέτρους αυτές, ο αριθμός μη εξυπηρετηθέντων πελατών υπολογίζεται ως εξής για κάθε κατηγορία καταστημάτων:

$$\text{Μη εξυπηρετηθέντες πελάτες} = \text{Round}\left(a \cdot (\text{Μέσος Χρόνος Αναμονής})^b \cdot \frac{\text{Πλήθος εισερχόμενων πελατών ημέρας}}{100}\right)$$

3.2.3.3 Δείκτης δυσαρέσκειας

Ο δείκτης δυσαρέσκειας για κάποια εργάσιμη ημέρα κάποιου καταστήματος, όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, υπολογίζεται από τη σχέση

$$\text{Δείκτης Δυσαρέσκειας(ώρες)} = (\text{Μέσος Χρόνος Αναμονής(ώρες)}) \cdot (\text{Μη εξυπηρετηθέντες πελάτες})$$

Ο δείκτης δυσαρέσκειας εκφράζει τις ώρες που «χάθηκαν» στην ουρά αναμονής, δηλαδή τις ώρες που περίμεναν πελάτες, οι οποίοι τελικά αποχώρησαν από το κατάστημα χωρίς να εξυπηρετηθούν.

3.2.3.4 Μέσοι tellers

Ο μέσος αριθμός teller μίας εργάσιμης ημέρας υπολογίζεται ως η μέση τιμή των teller που εργάστηκαν σε κάθε λεπτό της ημέρας αυτής, από τις 8.00 ως και τις 14.30, δηλαδή

$$\text{Μέσοι tellers} = \frac{\text{Tellers}(8.00) + \text{Tellers}(8.01) + \dots + \text{Tellers}(14.30)}{420}$$

Όπου ο αριθμός 420 στον παρονομαστή ισούται με το πλήθος διαστημάτων (λεπτών) από τα οποία αποτελείται μία εργάσιμη μέρα.

3.2.3.5 Μέγιστος χρόνος αναμονής

Ο μέγιστος χρόνος αναμονής κάποιας εργάσιμης ημέρας ορίζεται ως η μέγιστη τιμή που έλαβε η χρονοσειρά του μέσου χρόνου αναμονής μέσα στην ημέρα:

$$\text{Μέγιστος Χρόνος Αναμονής} = \text{Max}(\text{Χρόνος Αναμονής}(8.00), \text{Χρόνος Αναμονής}(8.01), \dots, \text{Χρόνος Αναμονής}(14.30))$$

Υπενθυμίζεται ότι η εργάσιμη ημέρα ξεκινά στις 8.00 και τελειώνει στις 14.30, οπότε αποτελείται από 420 διαστήματα (λεπτά).

3.2.3.6 Δείκτης απόδοσης

Ο δείκτης απόδοσης για κάποια εργάσιμη ημέρα κάποιου καταστήματος υπολογίζεται από τη σχέση

$$\text{Δείκτης απόδοσης} = \frac{\text{Πλήθος Εισερχόμενων Πελατών Ημέρας}}{(\text{Μέσος Χρόνος Αναμονής}) \cdot (\text{Μέσοι Tellers})}$$

Επί της ουσίας, ο δείκτης δείχνει πόσα λεπτά αναμονής παράγει ο κάθε teller στο κατάστημα με τον ρυθμό τον οποίο εργάζεται και μην έχοντας λάβει υπόψη το μίγμα συναλλαγών (πώς δηλαδή επηρεάζεται ο επιπλέον χρόνος αναμονής που παράγει ο κάθε teller από το είδος των πραγματοποιούμενων συναλλαγών).

3.2.3.7 Ποσοστό εξυπηρετηθέντων πελατών

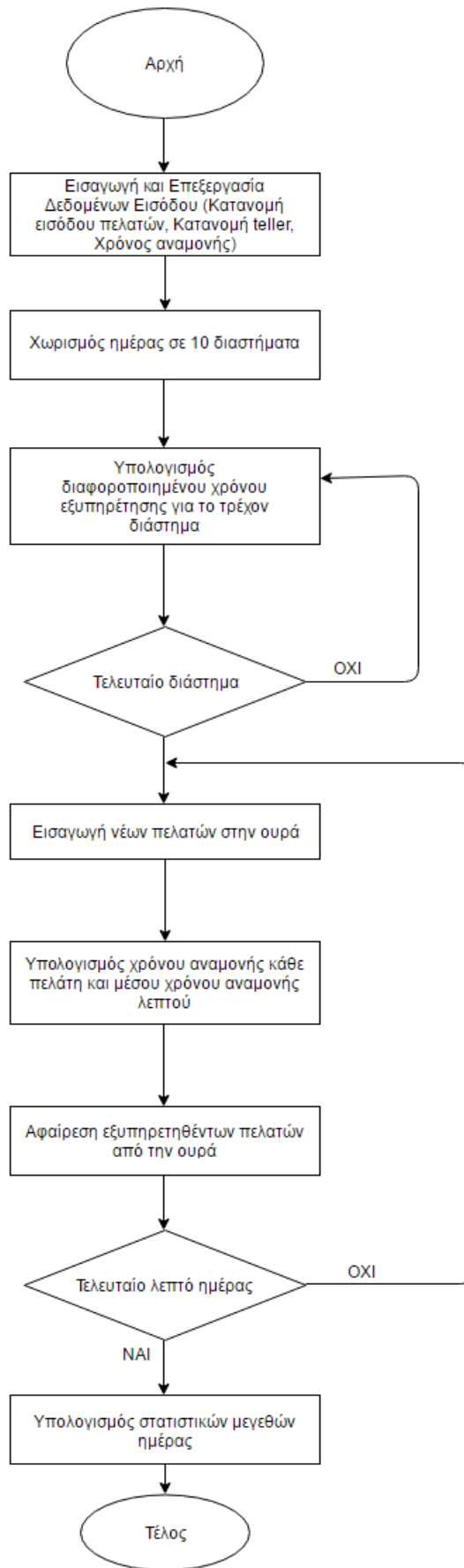
Το ποσοστό εξυπηρετηθέντων πελατών κάποιας εργάσιμης ημέρας υπολογίζεται από τη σχέση

$$\text{Ποσοστό εξυπηρετηθέντων πελατών} = \frac{\text{Πλήθος εισερχόμενων πελατών ημέρας} - \text{Μη εξυπηρετηθέντες πελάτες}}{\text{Πλήθος εισερχόμενων πελατών ημέρας}} \cdot 100$$

Και εκφράζει το πλήθος πελατών που εξυπηρετήθηκαν από το κατάστημα ως ποσοστό αυτών που εισήλθαν σ' αυτό.

3.3 Διάγραμμα ροής διαδικασίας προσομοίωσης

Παρακάτω παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής της μεθοδολογίας που περιγράφηκε στις προηγούμενες παραγράφους, ώστε αυτή να γίνει κατανοητή και παραστατικά:



Σχήμα 12 - Διάγραμμα ροής διαδικασίας προσομοίωσης

4. Μεθοδολογία βελτιστοποίησης της διαχείρισης των ουρών αναμονής (optimize)

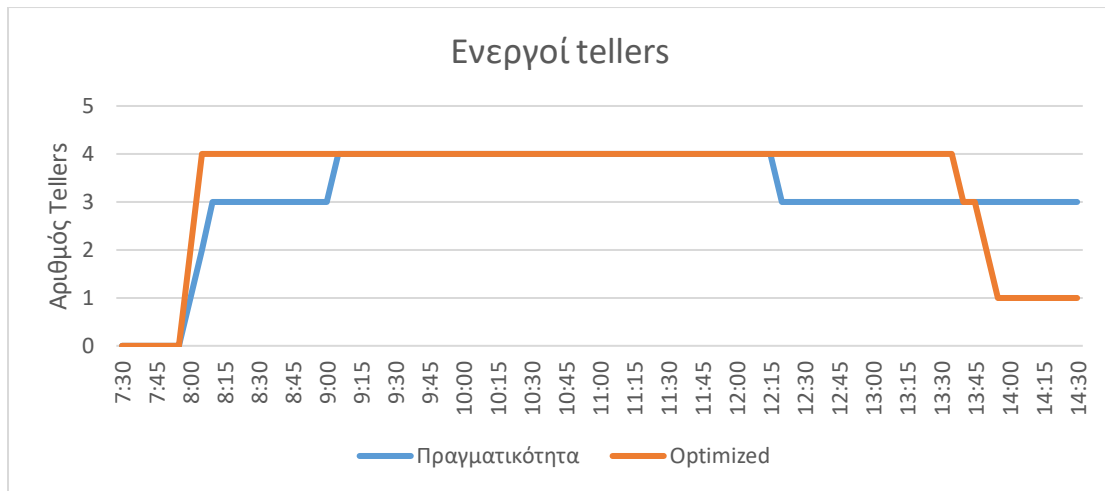
4.1 Εισαγωγή

Το πρόβλημα των ουρών αναμονής στα υποκαταστήματα τραπεζών έχει ενταθεί τα τελευταία χρόνια στην Ελλάδα, ιδιαίτερα μετά και την επιβολή των capital controls, τα οποία οδήγησαν στην αύξηση της κοσμοσυρροής στα καταστήματα και την πραγματοποίηση μεγαλύτερου όγκου συναλλαγών σε αυτά. Έτσι, έχει γίνει σαφές ότι είναι απαραίτητη η ανάπτυξη μίας εναλλακτικής μεθοδολογίας αντιμετώπισης και βελτιστοποίησης της διαχείρισης των ουρών αναμονής. Στόχος της μεθοδολογίας αυτής θα είναι η βελτίωση της ποιότητας εξυπηρέτησης των πελατών της τράπεζας, χωρίς όμως να χρησιμοποιούνται επιπλέον πόροι από αυτή. Δεδομένου του περιορισμού αυτού, και με βάση παλαιότερη έρευνα, συμπεράναμε ότι η μετακίνηση εργαζομένων μεταξύ καταστημάτων της τράπεζας δεν θα είχε ως αποτέλεσμα κάποια ουσιαστική βελτίωση στην αντιμετώπιση των ουρών αναμονής της τράπεζας, αφού επί της ουσίας η όποια βελτίωση προκύπτει στο κατάστημα το οποίο δέχεται τον/τους επιπλέον tellers έχει ως αποτέλεσμα χειροτέρευση της κατάστασης στο κατάστημα από το οποίο αντίστοιχα αφαιρούνται οι tellers.

Έτσι, η λύση στην οποία καταλήγουμε, είναι η κατάλληλη ανακατανομή των θέσεων εργασίας των tellers κάθε καταστήματος εντός του ωραρίου λειτουργίας του, ώστε η εργασία τους να κατανέμεται βέλτιστα ανάλογα με την υπάρχουσα κάθε στιγμή συναλλακτική κίνηση, γεγονός που θα έχει ως αποτέλεσμα τη βέλτιστη διαχείριση των δημιουργούμενων ουρών αναμονής. Ένα πιο παραστατικό παράδειγμα μπορεί να δοθεί από τα δύο επόμενα σχήματα:



Σχήμα 13 - Είσοδος πελατών σε κάποιο κατάστημα κάποια εργάσιμη ημέρα



Σχήμα 14 - Πραγματική και βέλτιστη χρονοσειρά teller κατά τη διάρκεια της ημέρας

Στο πρώτο διάγραμμα παρουσιάζεται η είσοδος πελατών κατά τη διάρκεια μίας εργάσιμης ημέρας κάποιου καταστήματος της τράπεζας. Παρατηρούμε ότι τα πρώτα λεπτά λειτουργίας του καταστήματος παρουσιάζεται είσοδος πελατών με υψηλούς ρυθμούς, πράγμα που οφείλεται στο γεγονός πως συνήθως, και ειδικά τις ημέρες όπου πληρώνονται μισθοί και συντάξεις, οι πελάτες συσσωρεύονται έξω από το κατάστημα περιμένοντας να ανοίξει. Στη συνέχεια, ο ρυθμός εισόδου πελατών σταθεροποιείται μέχρι και τα τελευταία λεπτά λειτουργίας του καταστήματος, οπότε και ελαττώνεται.

Στο δεύτερο διάγραμμα παρουσιάζεται (με μπλε χρώμα) η κατανομή teller που εφήρμοσε το κατάστημα την ημέρα που παρουσιάστηκε η κατανομή εισόδου πελατών του πρώτου σχήματος. Παρατηρούμε ότι το κατάστημα δεν χρησιμοποίησε το πλήρες δυναμικό του σε teller (4 teller) μέχρι και περίπου μία ώρα μετά την έναρξη λειτουργίας του, παρότι εκείνα τα λεπτά παρουσιάστηκε η ανάγκη εξυπηρέτησης μεγάλου όγκου συναλλαγών, όπως προέκυψε από την κατανομή εισόδου. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα το κατάστημα να παρουσιάσει αυξημένο χρόνο αναμονής και να παράγει μεγαλύτερη δυσαρέσκεια για τους πελάτες του. Επίσης παρατηρούμε πως αυτή η ενέργεια έχει ως αποτέλεσμα να αδυνατεί το κατάστημα να αποδεσμεύσει τους tellers του αργότερα μέσα στην ημέρα, οπότε και η είσοδος πελατών μειώνεται, αφού η αναποτελεσματική αντιμετώπιση του μεγάλου κύματος εισερχομένων πελατών στην αρχή της ημέρας προκαλεί τη μετακίνηση αυτού του φόρτου εργασίας αργότερα μέσα στο ωράριο λειτουργίας.

Αντίθετα, με πορτοκαλί χρώμα παρουσιάζεται μία κατανομή teller η οποία φαίνεται περισσότερο λογική και θα μπορούσε να έχει ως αποτέλεσμα την αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση της συναλλακτικής κίνησης. Σύμφωνα με την κατανομή αυτή, το κατάστημα χρησιμοποιεί από την αρχή της ημέρας το πλήρες δυναμικό του, μέχρις ότου να μειωθεί δραστικά η είσοδος πελατών, οπότε και θα έχει αντιμετωπιστεί πλήρως ο μεγάλος όγκος παραγματοποιούμενων συναλλαγών. Τότε, το κατάστημα θα έχει τη δυνατότητα να αποδεσμεύσει το προσωπικό του και να χρησιμοποιήσει μόνο ένα μικρό μέρος του για την εξυπηρέτηση της νεοεισερχόμενης πελατείας, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα, όπου σταδιακά αφαιρούνται teller μέχρι που το κατάστημα λειτουργεί στο τέλος της ημέρας με έναν μόνο teller. Αντίθετα, στην πραγματικότητα, το κατάστημα αναγκάστηκε να χρησιμοποιήσει 3 teller μέχρι το τέλος της εργάσιμης ημέρας.

4.2 Χαρακτηρισμός καταστημάτων και εργασιμων ημερών

Για την εφαρμογή της μεθοδολογίας, κρίνεται απαραίτητο αρχικά να γίνει μία μελέτη σχετικά με τα μοτίβα συμπεριφοράς διαφορετικών καταστημάτων και διαφορετικών εργασιμων ημερών. Από τη μελέτη αυτή θα προκύψει μία κατηγοριοποίηση τόσο για τα καταστήματα της τράπεζας, όσο και για τις εργασιμες ημέρες τους, ώστε στη συνέχεια να εφαρμοστούν και οι απαραίτητες διαφοροποιημένες λύσεις για κάθε κατηγορία καταστήματος και ημέρας. Από τη μελέτη αυτή προκύπτει επίσης και το πρώτο εργαλείο καταστήματος, το ημερολόγιο καταστήματος, το οποίο θα παρουσιαστεί παρακάτω. Για τη μελέτη χρησιμοποιήθηκαν ημερήσια στατιστικά στοιχεία για τα 184 καταστήματα της τράπεζας τα οποία διαθέτουν σύστημα καταγραφής των ουρών αναμονής τους. Τα στοιχεία αυτά αναφέρονταν στο έτος 2014 για το πρώτο εξάμηνο του έτους (Ιανουάριος – Ιούνιος) και στο έτος 2013 για το δεύτερο εξάμηνο του έτους (Ιούλιος – Δεκέμβριος).

4.2.1 Χαρακτηρισμός εργασιμων ημερών καταστημάτων

Αρχικά, πρέπει να γίνει μία κατηγοριοποίηση των εργασιμων ημερών των καταστημάτων της τράπεζας, ανάλογα με τη δυσαρέσκεια που παράγουν για τους πελάτες τους. Οι ημέρες κατηγοριοποιούνται σε πράσινες (χαμηλή παραγόμενη δυσαρέσκεια), πορτοκαλί (μέση παραγόμενη δυσαρέσκεια) και κόκκινες (υψηλή παραγόμενη δυσαρέσκεια). Ο χαρακτηρισμός των ημερών σε πράσινες, πορτοκαλί και κόκκινες είναι καθοριστικής σημασίας για την εκ των προτέρων ενημέρωση των υπευθύνων σχετικά με την αναμενόμενη προσέλευση του κοινού και τη λειτουργία του καταστήματος. Με μία και μόνο πληροφορία για την εκάστοτε ημέρα ο διευθυντής του καταστήματος όχι μόνο θα ξέρει πόσο δραστήριος οφείλει να είναι ώστε να μειώσει όσο κατά το δυνατό περισσότερο το βαθμό δυσαρέσκειας στο κατάστημά του, αλλά θα γνωρίζει επιπλέον και τον αριθμό των teller με τους οποίους θα πρέπει να ξεκινήσει το κατάστημα ώστε να επιτευχθεί ο στόχος του, όπως θα δούμε παρακάτω. Έχοντας πάντα λοιπόν ως ζητούμενο την ελαχιστοποίηση του δείκτη δυσαρέσκειας του κοινού, μπορούμε να κατηγοριοποιήσουμε τις μέρες λειτουργίας χρησιμοποιώντας ως κατώφλια τα τεταρτημόρια κατανομής του δείκτη δυσαρέσκειας στο δείγμα. Ύστερα από μελέτη που έγινε στα 184 καταστήματα της τράπεζας για διάστημα ενός έτους, όπως αναφέρεται παραπάνω, επιλέχθηκαν τα παρακάτω κατώφλια:

Κατώφλι	Περιγραφή
Δείκτης < Διάμεσος (Median)	Χαμηλή ένταση (Πράσινη μέρα)
Διάμεσος < Δείκτης < Μέγιστος	Μεσαία ένταση (Πορτοκαλί μέρα)
Δείκτης > Μέγιστος	Υψηλή ένταση (Κόκκινη μέρα)

Σχήμα 15 - Χαρακτηρισμός εργασιμων ημερών βάσει τεταρτημορίων κατανομής δείκτης δυσαρέσκειας στο δείγμα

Συγκεκριμένα, για κάθε εργασιμη ημέρα του έτους υπολογίστηκε για το σύνολο των διαθέσιμων καταστημάτων στο δείγμα ο αθροιστικός βαθμός δυσαρέσκειας σε ώρες. Στη συνέχεια μελετήθηκε η κατανομή του δείκτη και χαρακτηρίστηκαν οι ημέρες σύμφωνα με

τον πίνακα 1. Η διάμεσος του δείκτη δυσαρέσκειας για το μελετούμενο δείγμα που φαίνεται στον πίνακα 1 προέκυψε ίση με 18,25 ώρες, ενώ η μέγιστη τιμή προέκυψε ίση με 94,56 ώρες. Έτσι, η κατηγοριοποίηση των ημερών σε πράσινες, πορτοκαλί και κόκκινες φαίνεται πιο παραστατικά στον επόμενο πίνακα:

Τύπος ημέρας	Δείκτης δυσαρέσκειας (ώρες)
Κόκκινη	>94.56
Πορτοκαλί	<94.56 και >18.25
Πράσινη	<18.25

Σχήμα 16 - Χαρακτηρισμός εργασιμων ημερών βάσει τιμών δείκτη δυσαρέσκειας

Σημειώνεται σε αυτό το σημείο ότι η μελέτη του βαθμού δυσαρέσκειας σε επίπεδο μήνα δίνει ελαφρώς διαφοροποιημένα αποτελέσματα από αυτά που θα παρουσιαστούν στη συνέχεια. Η επιλογή μας βασίστηκε στο γεγονός ότι η μελέτη της κατανομής ενός μεγαλύτερου δείγματος παράγει πιο αντιπροσωπευτικά αποτελέσματα, γεγονός που επαληθεύτηκε και στην ανάλυση που πραγματοποιήσαμε για αυτό το σκοπό.

4.2.2 Κατηγοριοποίηση καταστημάτων

Ένα άλλο στοιχείο το οποίο αξίζει ωστόσο να εξακριβωθεί είναι κατά πόσο ο χαρακτηρισμός μίας ημέρας σε χαμηλή, μεσαία ή υψηλή είναι εν τέλει αντιπροσωπευτικός. Αν δηλαδή για κάθε ημέρα ο αριθμός των καταστημάτων που βρίσκεται μεταξύ των διαστημάτων χαρακτηρισμού της (βλ. πίνακα) είναι και η πλειοψηφία. Πάνω σε αυτήν την κατεύθυνση υπολογίστηκε το επί τις εκατό ποσοστό των καταστημάτων που αντιστοιχεί σε κάθε διάστημα, το οποίο και παρουσιάζεται εντός των κελιών του παρακάτω πίνακα. Για παράδειγμα, την 1^η εργάσιμη του Φεβρουαρίου το 67.39% των καταστημάτων βρισκόταν σε ημέρα υψηλής έντασης, δηλαδή εμφάνιζε δείκτη δυσαρέσκειας μεγαλύτερο από 94,56 ώρες.

A/A	Ιαν	Φε	Μρ	Απ	Μ	Ιν	Ιλ	Α	Σεπ	Οκ	Νο	Δεκ
1	8.70	67.39	57.30	20.88	44.69	50.28	58.38	24.06	65.59	27.27	44.86	63.44
2	20.54	28.65	28.49	15.30	36.11	16.57	20.11	20.32	24.60	27.57	40.76	26.09
3	41.08	20.00	14.67	6.59	10.99	6.08	12.37	27.27	11.83	9.68	22.58	18.03
4	24.73	8.65	6.59	5.49	93.41	90.06	95.72	93.48	89.25	6.45	94.38	21.08
5	14.13	91.89	7.78	14.84	97.25	95.03	94.62	95.72	95.19	16.67	17.84	12.02
6	10.38	13.44	96.15	7.65	7.22	22.65	8.74	98.40	11.23	7.49	9.14	25.00
7	13.19	96.77	98.35	93.41	8.33	92.22	97.86	97.33	95.72	94.62	12.97	22.70
8	9.24	98.92	97.80	16.94	94.44	97.25	100.00	7.53	98.92	3.76	95.63	9.73
9	5.98	98.92	97.80	8.99	98.31	95.03	100.00	97.33	98.93	5.91	97.25	12.14
10	94.48	98.38	92.78	10.99	97.77	7.18	98.40	100.00	97.33	14.05	95.65	15.76
11	10.00	94.05	98.34	95.03	96.13	97.79	8.06	100.00	90.37	8.06	92.97	30.98
12	28.80	97.85	98.89	93.99	99.45	98.90	97.00	94.65	97.33	95.68	9.73	20.22

13	96.22	98.92	98.90	98.90	98.90	100.00	8.06	98.39	99.46	94.12	1.08	14.21
14	97.85	99.46	98.91	97.79	99.43	97.22	96.26	100.00	98.37	13.59	1.08	16.94
15	97.30	98.92	93.99	99.45	99.45	96.69	93.05	99.47	96.26	28.80	1.08	34.05
16	96.77	98.92	97.27	98.90	99.45	98.88	10.70	99.46	90.22	7.03	1.08	97.84
17	8.06	97.85	93.44	98.31	98.90	97.79	98.40	91.44	94.62	91.40	6.52	70.65
18	97.85	96.24	65.03	2.73	95.58	97.22	98.40	10.70	95.72	11.83	94.62	88.52
19	92.93	62.70	43.17	54.64	95.03	56.42	98.40	12.30	95.70	17.30	91.94	97.28
20	83.24	53.51		42.86	42.78	47.51	97.31	67.57	70.05	27.57	48.39	45.11
21	68.11				36.46		93.01	76.88	87.63	94.09	66.13	
22							40.86			55.38		
23							20.32					

Σχήμα 17 - Πίνακας δυσαρέσκειας για το σύνολο των καταστημάτων της ΕΤΕ (~184) διάρκειας ενός έτους. Εντός των κελιών η επί τοις εκατό αντιπροσώπευση του χαρακτηρισμού κάθε ημέρας στο δείγμα των καταστημάτων

Τα αντίστοιχα ποσοστά αντιπροσώπευσης ανά τύπο ημέρας φαίνονται στον επόμενο πίνακα:

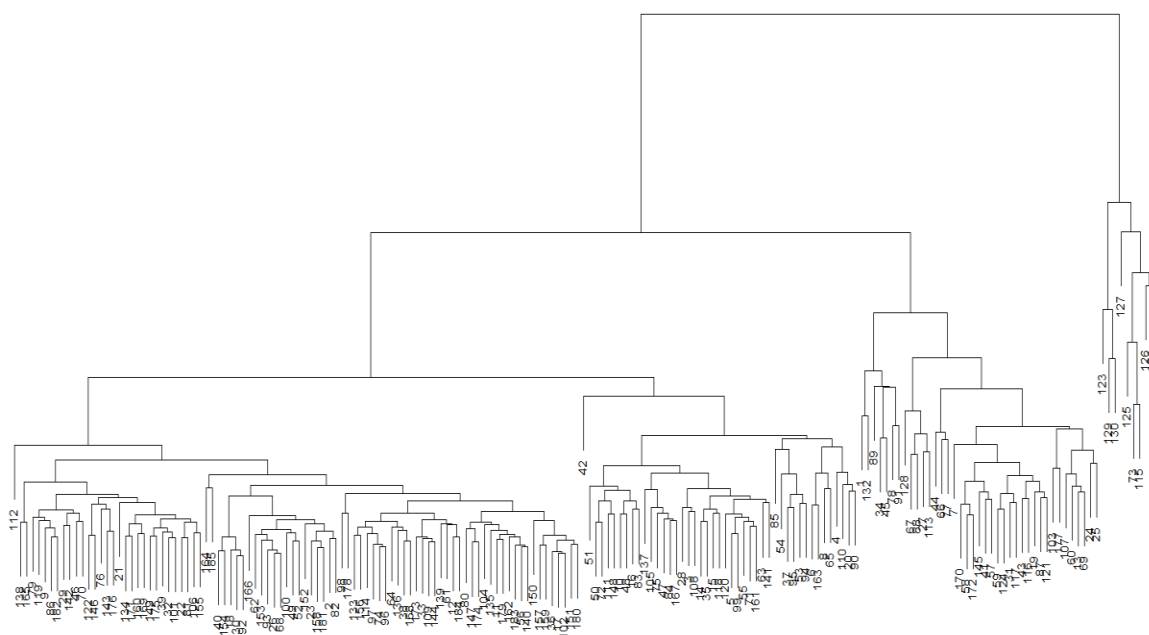
Τύπος	% αντιπροσώπευση
Κόκκινη	60.10
Πορτοκαλί	14.88
Πράσινη	93.52

Σχήμα 18 - Ποσοστά αντιπροσώπευσης ανά τύπο ημέρας

Παρατηρούμε λοιπόν πως ο τύπος ημέρας που προτείνεται στον προηγούμενο πίνακα για κάθε ημέρα, αντιπροσωπεύεται από το 60.10%, 14.88% και 93.52% των καταστημάτων του δείγματος για κόκκινες, πορτοκαλί και πράσινες μέρες αντίστοιχα. Αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι ενώ οι κόκκινες και πράσινες μέρες είναι σαφώς ορισμένες, δεν ισχύει το ίδιο και για τις πορτοκαλί ημέρες, οι οποίες εμφανίζουν πολύ μικρό ποσοστό αντιπροσώπευσης στο δείγμα. Επί της ουσίας το 15% δηλώνει ότι το 40% των καταστημάτων θα παρουσιάζει υψηλό και το υπόλοιπο 40% χαμηλό δείκτη δυσαρέσκειας, ή καλύτερα ότι εκείνη την ημέρα το μέσο κατάστημα υπάρχει σημαντικό ενδεχόμενο να εμφανίσει υψηλό βαθμό δυσαρέσκειας. Δημιουργείται λοιπόν μία σύνδεση των πορτοκαλί ημερών με ένα τύπο «προειδοποίησης» για το σύνολο των καταστημάτων, μίας πληροφορίας ότι οποιοδήποτε κατάστημα της τράπεζας εκείνη την ημέρα υπάρχει σοβαρό ενδεχόμενο να βρεθεί σε υψηλή δυσαρέσκεια.

Το μικρό ποσοστό των πορτοκαλί ημερών μας προβληματίζει σχετικά με το αν ο χαρακτηρισμός οφείλεται εν τέλει στην ύπαρξη πραγματικού κινδύνου σε σημαντικό πλήθος καταστημάτων της τράπεζας εκείνη την ημέρα ή στις μόνιμα υψηλές τιμές δυσαρέσκειας κάποιων συγκεκριμένων καταστημάτων. Επιπλέον, οι διάσπαρτες και χωρίς συνοχή «πορτοκαλί» ημέρες μέσα στον πίνακα μας δυσκολεύουν να καθορίσουμε κάποιο μοτίβο συμπεριφοράς των καταστημάτων ανά ημέρα και μήνα ούτως ώστε να υπάρξει η δυνατότητα μελλοντικού προγραμματισμού τους. Γίνεται επί της ουσίας κατανοητό ότι ενδέχεται να υπάρχουν περισσότερες από μία «οικογένειες» καταστημάτων, κάθε μία από τις οποίες περιλαμβάνει καταστήματα με συγκεκριμένα όρια βαθμού δυσαρέσκειας μέσα στο έτος. Αν μπορούσαμε να καθορίσουμε αυτές τις οικογένειες τότε είναι πολύ πιθανό να παραχθεί ένας σαφώς πιο αντιπροσωπευτικός και καθαρός πίνακας χαρακτηρισμού ημερών. Θέλοντας να

τις παρουσιάσουμε πραγματοποιήσαμε μία ομαδοποίηση (clustering) στα 185 καταστήματα του δείγματος. Το αποτέλεσμα φαίνεται παρακάτω.



Σχήμα 19 - Ομαδοποίηση 184 καταστημάτων της τράπεζας

Στην παραπάνω εικόνα, παρουσιάζεται μία κατανομή των καταστημάτων σε δενδρική μορφή, όπου όσο πλησιέστερα βρίσκεται ένα κατάστημα στη ρίζα του δέντρου, τόσο μεγαλύτερη δυσaréσκεια παράγει για τους πελάτες του (κατά μέσο όρο). Επίσης, όσο πλησιέστερα βρίσκονται δύο καταστήματα μεταξύ τους κατά μήκος του δέντρου, τόσο περισσότερο προσομοιάζει το ένα στο άλλο.

Από την εικόνα αυτή μπορεί κανείς εύκολα να συμπεράνει ότι η ομαδοποίηση των καταστημάτων είχε ως αποτέλεσμα τη διανομή των καταστημάτων σε τρεις μεγάλες κατηγορίες (κλάδους του δέντρου): Τα πράσινα καταστήματα (αριστερός κλάδος), τα οποία βρίσκονται χαμηλότερα στο δέντρο, οπότε και παράγουν χαμηλό βαθμό δυσaréσκειας για τους πελάτες τους, τα πορτοκαλί καταστήματα (μεσαίος κλάδος), τα οποία παράγουν μέσο βαθμό δυσaréσκειας για τους πελάτες τους και τα κόκκινα καταστήματα (δεξιός κλάδος), τα οποία παράγουν υψηλό βαθμό δυσaréσκειας για τους πελάτες τους. Τα πράσινα καταστήματα που φαίνονται στο προηγούμενο σχήμα είναι 104, τα πορτοκαλί 71 και τα κόκκινα 9.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι νέοι πίνακες αντιπροσώπευσης, για κάθε μία από τις κατηγορίες καταστημάτων. Για τα πράσινα καταστήματα έχουμε λοιπόν:

A/A	Ιαν	Φεβ	Μρτ	Απ	Μάι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
1	98.91	34.41	35.48	85.56	48.31	36.67	45.16	76.6	33.33	67.02	43.48	38.71
2	88.04	69.89	70.97	97.8	42.05	93.33	82.8	91.49	76.6	83.7	35.16	68.82
3	41.3	89.13	93.41	100	94.44	97.78	97.87	74.47	96.77	96.77	77.42	89.25
4	80.65	100	100	98.89	100	97.78	100	100	98.94	96.77	97.56	88.17

5	94.51	100	100	100	100	98.89	100	98.94	100	89.25	84.78	95.7
6	98.91	94.62	100	100	98.89	78.89	98.92	100	97.87	98.94	97.85	69.89
7	91.11	98.92	100	97.5	94.44	98.89	98.94	98.94	100	100	97.83	84.95
8	97.8	100	100	92.31	100	100	100	97.87	100	98.94	100	98.91
9	98.9	100	100	98.86	100	100	100	100	100	100	100	97.67
10	100	100	100	95.6	100	98.89	100	100	100	95.74	100	95.6
11	97.73	97.85	100	100	100	100	97.87	100	98.94	100	100	58.7
12	72.53	100	98.88	100	100	100	100	100	100	100	98.91	85.71
13	100	100	100	100	100	100	94.62	100	100	100	100	96.7
14	98.92	100	100	100	100	100	100	100	100	97.83	100	92.31
15	100	100	100	100	98.89	100	100	100	100	75	100	56.99
16	100	100	100	100	100	100	96.81	100	100	97.83	100	97.85
17	96.77	100	100	100	100	100	100	98.94	100	96.77	98.91	50.54
18	100	100	43.96	97.8	100	100	100	95.74	100	98.92	100	76.92
19	100	31.52	48.35	41.76	100	44.44	100	96.81	100	95.7	98.92	95.65
20	68.82	39.13		31.11	32.58	43.33	100	43.62	41.49	76.34	34.41	27.17
21	36.56				36.67		98.94	60.22	76.6	88.17	40.86	
22							36.17			52.69		
23							81.91					

Σχήμα 20 - Πίνακας δυσαρέσκειας για τα "πράσινα" καταστήματα της ΕΤΕ (104) διάρκειας ενός έτους. Εντός των κελιών η επί τοις εκατό αντιπροσώπηση του χαρακτηρισμού κάθε ημέρας στο δείγμα των καταστημάτων

Και ο αντίστοιχος πίνακας ανά κατηγορία ημέρας:

Τύπος ημέρας	% αντιπροσώπηση
Κόκκινη	69.93
Πορτοκαλί	39.09
Πράσινη	96.17

Σχήμα 21 - Πίνακας αντιπροσώπησης πράσινων καταστημάτων ανά κατηγορία ημέρας

Για τα πορτοκαλί καταστήματα:

A/A	Ιαν	Φεβ	Μρτ	Απ	Μάι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
1	86.36	88.89	82.22	42.22	69.77	66.67	71.74	27.66	76.6	46.81	52.17	73.91
2	40	35.56	39.13	66.67	48.89	62.22	17.02	63.83	29.79	46.81	50	32.61
3	60	67.39	71.74	88.89	71.11	93.33	80.85	38.3	82.98	91.49	39.13	34.78
4	32.61	80.43	97.83	88.89	97.78	97.78	95.74	91.3	91.3	100	100	63.04
5	76.09	95.65	89.13	80	100	97.78	95.74	93.62	97.87	78.72	34.78	81.82
6	86.67	80.43	97.83	93.33	82.22	33.33	89.13	97.87	89.36	93.62	86.96	35.56
7	75.56	95.65	100	94.74	84.44	93.33	97.87	95.74	95.74	95.65	82.61	31.11
8	89.13	100	100	66.67	100	97.78	100	87.23	100	93.48	97.78	84.78
9	91.3	97.83	100	88.37	100	100	100	97.87	100	91.3	97.83	86.05
10	97.83	100	95.56	86.36	100	95.56	97.87	100	100	82.61	97.83	82.61
11	91.3	97.78	100	97.67	97.78	100	93.62	100	87.23	93.62	97.83	37.78
12	43.48	97.83	100	95.56	100	100	100	97.87	97.87	100	91.3	66.67
13	97.78	100	100	100	100	100	87.23	100	100	95.74	95.65	80
14	100	100	100	97.78	100	100	97.87	100	100	89.13	100	68.89
15	97.83	100	97.78	100	100	95.56	97.87	100	100	52.17	100	44.44
16	97.83	100	100	100	100	100	85.11	100	93.62	95.65	100	95.56

17	89.13	97.83	100	97.73	97.78	100	100	93.62	97.87	95.65	97.78	88.64
18	100	97.83	95.56	95.56	97.78	97.73	95.74	85.11	97.87	91.3	97.83	100
19	91.3	91.3	66.67	88.89	95.56	88.37	97.87	80.85	95.74	82.61	97.83	97.78
20	95.56	71.74		60	71.11	66.67	97.87	85.11	89.36	36.96	69.57	60
21	86.67				48.89		95.74	85.11	97.87	100	84.78	
22							59.57			65.22		
23							27.66					

Σχήμα 22 - Πίνακας δυσαρέσκειας για τα "πορτοκαλί" καταστήματα της ΕΤΕ (71) διάρκειας ενός έτους. Εντός των κελιών η επί τοις εκατό αντιπροσώπηση του χαρακτηρισμού κάθε ημέρας στο δείγμα των καταστημάτων

Και ο αντίστοιχος πίνακας ανά κατηγορία ημέρας:

Τύπος ημέρας	% αντιπροσωπευτικό
Κόκκινες	77.05
Πορτοκαλί	36.65
Πράσινη	93.43

Σχήμα 23 - Πίνακας αντιπροσώπησης πορτοκαλί καταστημάτων ανά κατηγορία ημέρας

Για τα κόκκινα καταστήματα:

A/A	Ιαν	Φεβ	Μρτ	Απ	Μάι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
1	82.05	89.74	77.5	52.5	70	84.62	95.12	46.34	97.56	51.22	75	87.5
2	28.21	37.5	42.5	27.5	55	25.64	41.46	36.59	43.9	43.9	72.5	52.63
3	71.79	27.5	20	82.5	5	79.49	65.85	31.71	24.39	70.73	50	26.32
4	35	85	76.92	95	85	74.36	95.12	90	80.49	82.93	96	38.46
5	30	87.5	73.68	55	100	89.74	92.5	97.56	90.24	34.15	20	69.23
6	23.08	70	95	77.5	82.05	41.03	77.5	100	70.73	85.37	82.5	53.85
7	17.5	97.5	100	88.89	76.32	84.21	100	100	100	97.56	70	40
8	77.5	100	95	25	89.47	94.87	100	80	100	97.56	97.44	80
9	87.5	100	100	80	97.37	87.18	100	100	100	85.37	92.11	60.53
10	92.5	100	87.5	75	100	74.36	97.56	100	100	35	89.74	42.5
11	71.79	97.5	100	92.5	97.44	97.44	82.5	100	90.24	65	82.5	57.5
12	30	97.5	100	87.5	97.44	97.44	92.31	87.8	95.12	94.87	67.5	35
13	92.31	100	100	100	100	100	78.05	100	100	90.24	92.5	35
14	97.5	100	100	100	100	94.87	95.12	100	100	64.1	100	35
15	97.5	100	92.5	100	100	94.87	85.37	100	97.56	51.28	97.5	62.5
16	97.5	97.5	97.5	100	100	97.3	73.17	100	78.05	75	97.5	100
17	77.5	97.5	87.5	100	100	97.44	97.56	85.37	90.24	85	75	87.5
18	95	95	77.5	90	94.87	97.44	100	65.85	92.68	67.5	87.5	100
19	92.5	80	75	80	92.31	79.49	100	21.95	92.68	45	80	100
20	100	85		67.5	69.23	74.36	95.12	90	90.24	32.5	72.5	62.5
21	95				69.23		87.5	97.56	100	100	92.5	
22							70			92.5		
23							53.66					

Σχήμα 24 - Πίνακας δυσαρέσκειας για τα "κόκκινα" καταστήματα της ΕΤΕ (9) διάρκειας ενός έτους. Εντός των κελιών η επί τοις εκατό αντιπροσώπηση του χαρακτηρισμού κάθε ημέρας στο δείγμα των καταστημάτων

Και ο αντίστοιχος πίνακας ανά κατηγορία ημέρας:

Τύπος ημέρας	% αντιπροσώπευση
Κόκκινες	72.77
Πορτοκαλί	29.89
Πράσινες	90.28

Σχήμα 25 - Πίνακας αντιπροσώπευσης κόκκινων καταστημάτων ανά κατηγορία ημέρας

Πλέον, και οι τρεις πίνακες παρουσιάζουν ξεκάθαρα τα μοτίβα συμπεριφοράς των καταστημάτων τα οποία μπορούν να αναπαραχθούν και να χρησιμοποιηθούν στον μελλοντικό προγραμματισμό της τράπεζας. Συμπερασματικά αναφέρουμε:

- Τα πράσινα καταστήματα ενδέχεται να διατρέξουν κίνδυνο εμφάνισης υψηλού βαθμού δυσαρέσκειας την πρώτη και ιδιαίτερα τις δύο τελευταίες ημέρες του μήνα. Από εκεί και πέρα οι μήνες Φεβρουάριος έως Ιούλιος εμφανίζουν μικρότερο βαθμό δυσαρέσκειας σε σχέση με το διάστημα Αύγουστος-Ιανουάριος, με αποκορύφωμα τις πέντε τελευταίες ημέρες του έτους.
- Τα πορτοκαλί καταστήματα εμφανίζουν υψηλό βαθμό δυσαρέσκειας την πρώτη και τις δύο τελευταίες ημέρες του μήνα. Επίσης, τους μήνες με υψηλά επίπεδα δυσφορίας, κάποιες πορτοκαλί ημέρες φαίνεται να ακολουθούν την πρώτη εργάσιμη κάθε μήνα.
- Τα κόκκινα καταστήματα εμφανίζουν υψηλό βαθμό δυσαρέσκειας τις δύο πρώτες και τις δύο τελευταίες ημέρες κάθε μήνα. Τους μήνες με υψηλά επίπεδα δυσφορίας, κάποιες πορτοκαλί ημέρες φαίνεται να ακολουθούν την πρώτη εργάσιμη κάθε μήνα για διάστημα μίας έως τεσσάρων εργάσιμων ημερών. Ο Ιανουάριος είναι καθ' όλη τη διάρκειά του μήνας υψηλής επικινδυνότητας.

4.2.3 Ημερολόγιο καταστήματος

Έχοντας διανείμει πλέον τα καταστήματα σε κατηγορίες, μπορούμε για κάθε κατηγορία καταστήματος να δημιουργήσουμε ένα ημερολόγιο, το οποίο θα περιέχει το χαρακτηρισμό κάθε εργάσιμης ημέρας του καταστήματος ως πράσινης, πορτοκαλί ή κόκκινης. Το ημερολόγιο αυτό θα είναι πλέον αντιπροσωπευτικό για κάθε κατηγορία, αφού όπως είδαμε στην προηγούμενη ενότητα οι κατηγορίες παρουσιάζουν πλέον υψηλά ποσοστά αντιπροσώπευσης. Οι πίνακες αντιπροσώπευσης της προηγούμενης ενότητας χρησιμοποιούνται για να σχηματίσουμε μία πρώτη εικόνα του ημερολογίου κάθε κατηγορίας καταστήματος, ενώ στη συνέχεια λαμβάνονται υπόψη παράγοντες όπως η διαφορά στο πλήθος εργάσιμων ημερών κάθε μήνα μεταξύ δύο ετών (αφού η μελέτη της προηγούμενης ενότητας έγινε για το δεύτερο εξάμηνο με στοιχεία του έτους 2013), καθώς και εξωγενών παραγόντων που επηρεάζουν τη συναλλακτική κίνηση στα καταστήματα της τράπεζας.

Παρακάτω παρουσιάζονται λοιπόν τα ημερολόγια για κάθε κατηγορία καταστημάτων, όπως αυτά προέκυψαν για το έτος 2014:

Για τα πράσινα καταστήματα:

Ιανουάριος 2014						
Δε	Τρ	Τε	Πε	Πα	Σα	Κυ
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		

Φεβρουάριος 2014						
Δε	Τρ	Τε	Πε	Πα	Σα	Κυ
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28		

Μάρτιος 2014						
Δε	Τρ	Τε	Πε	Πα	Σα	Κυ
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31						

Απρίλιος 2014						
Δε	Τρ	Τε	Πε	Πα	Σα	Κυ
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30				

Μάιος 2014						
Δε	Τρ	Τε	Πε	Πα	Σα	Κυ
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	

Ιούνιος 2014						
Δε	Τρ	Τε	Πε	Πα	Σα	Κυ
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30						

Ιούλιος 2014						
Δε	Τρ	Τε	Πε	Πα	Σα	Κυ
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31			

Αύγουστος 2014						
Δε	Τρ	Τε	Πε	Πα	Σα	Κυ
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

Σεπτέμβριος 2014						
Δε	Τρ	Τε	Πε	Πα	Σα	Κυ
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30					

Οκτώβριος 2014						
Δε	Τρ	Τε	Πε	Πα	Σα	Κυ
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		

Νοέμβριος 2014						
Δε	Τρ	Τε	Πε	Πα	Σα	Κυ
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30

Δεκέμβριος 2014						
Δε	Τρ	Τε	Πε	Πα	Σα	Κυ
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

Σχήμα 26 - Ημερολόγιο πράσινων καταστημάτων

Για τα πορτοκαλί καταστήματα:

Ιανουάριος 2014						
Δε	Τρ	Τε	Πε	Πα	Σα	Κυ
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		

Φεβρουάριος 2014						
Δε	Τρ	Τε	Πε	Πα	Σα	Κυ
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28		

Μάρτιος 2014						
Δε	Τρ	Τε	Πε	Πα	Σα	Κυ
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31						

Απρίλιος 2014						
Δε	Τρ	Τε	Πε	Πα	Σα	Κυ
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30				

Μάιος 2014						
Δε	Τρ	Τε	Πε	Πα	Σα	Κυ
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	

Ιούνιος 2014						
Δε	Τρ	Τε	Πε	Πα	Σα	Κυ
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30						

Ιούλιος 2014						
Δε	Τρ	Τε	Πε	Πα	Σα	Κυ
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31			

Αύγουστος 2014						
Δε	Τρ	Τε	Πε	Πα	Σα	Κυ
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

Σεπτέμβριος 2014						
Δε	Τρ	Τε	Πε	Πα	Σα	Κυ
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30					

Οκτώβριος 2014						
Δε	Τρ	Τε	Πε	Πα	Σα	Κυ
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		

Νοέμβριος 2014						
Δε	Τρ	Τε	Πε	Πα	Σα	Κυ
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30

Δεκέμβριος 2014						
Δε	Τρ	Τε	Πε	Πα	Σα	Κυ
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

Σχήμα 27 - Ημερολόγιο πορτοκαλί καταστημάτων

Για τα κόκκινα καταστήματα:

Ιανουάριος 2014						
Δε	Τρ	Τε	Πε	Πα	Σα	Κυ
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		

Φεβρουάριος 2014						
Δε	Τρ	Τε	Πε	Πα	Σα	Κυ
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28		

Μάρτιος 2014						
Δε	Τρ	Τε	Πε	Πα	Σα	Κυ
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31						

Απρίλιος 2014						
Δε	Τρ	Τε	Πε	Πα	Σα	Κυ
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30				

Μάιος 2014						
Δε	Τρ	Τε	Πε	Πα	Σα	Κυ
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	

Ιούνιος 2014						
Δε	Τρ	Τε	Πε	Πα	Σα	Κυ
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30						

Ιούλιος 2014						
Δε	Τρ	Τε	Πε	Πα	Σα	Κυ
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31			

Αύγουστος 2014						
Δε	Τρ	Τε	Πε	Πα	Σα	Κυ
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

Σεπτέμβριος 2014						
Δε	Τρ	Τε	Πε	Πα	Σα	Κυ
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30					

Οκτώβριος 2014						
Δε	Τρ	Τε	Πε	Πα	Σα	Κυ
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		

Νοέμβριος 2014						
Δε	Τρ	Τε	Πε	Πα	Σα	Κυ
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30

Δεκέμβριος 2014						
Δε	Τρ	Τε	Πε	Πα	Σα	Κυ
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

Σχήμα 28 - Ημερολόγιο κόκκινων καταστημάτων

4.3 Πίνακας καταστήματος

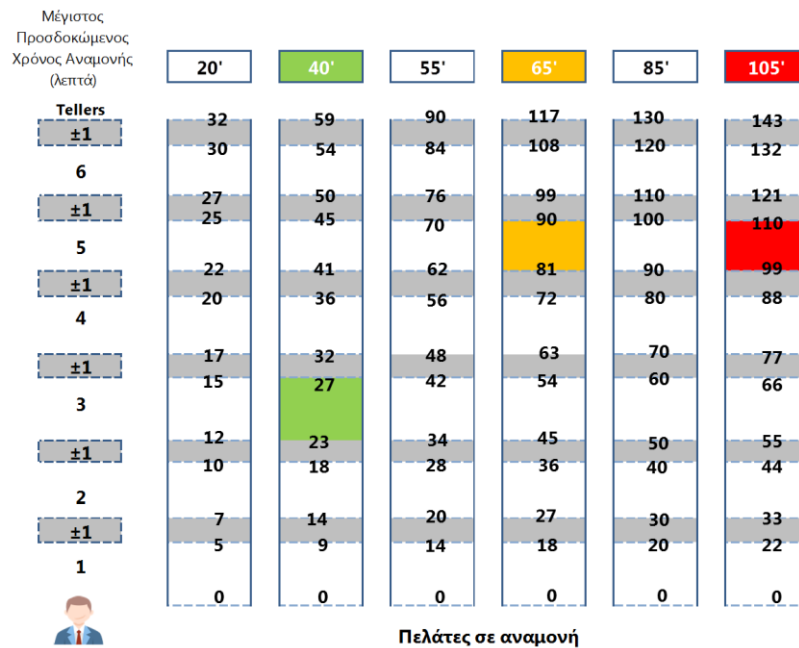
Η κατηγοριοποίηση των καταστημάτων και των ημερών και το προκύπτον από αυτές ημερολόγιο κάθε κατηγορίας καταστημάτων δίνουν τη δυνατότητα στη διεύθυνση κάθε καταστήματος να γνωρίζει τον ογκό της συναλλακτικής κίνησης που αναμένεται να αντιμετωπίσει κάθε ημέρα, ώστε να προετοιμαστεί κατάλληλα για αυτή. Ταυτόχρονα όμως, πρέπει να υπάρχει και κάποιο εργαλείο το οποίο θα καθοδηγεί τη διεύθυνση για τις απαραίτητες ενέργειες καθόλη τη διάρκεια κάθε εργάσιμης ημέρας, ώστε να διασφαλιστεί η βέλτιστη διαχείριση των δημιουργούμενων ουρών αναμονής. Ο στόχος αυτός θα επιτευχθεί, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, μέσω της κατάλληλης κατανομής των θέσεων εργασίας των διαθέσιμων teller εντός του ωραρίου λειτουργίας του καταστήματος. Έτσι, κρίνεται απαραίτητο να αναπτυχθεί ένα εργαλείο το οποίο θα ορίζει το βέλτιστο πλήθος ενεργών teller για κάθε χρονική στιγμή κάθε εργάσιμης ημέρας, ανάλογα με το πλήθος πελατών που βρίσκονται εκείνη τη στιγμή σε αναμονή. Το εργαλείο αυτό θα χρησιμοποιείται στη συνέχεια από μία εφαρμογή που θα εγκατασταθεί σε κάθε κατάστημα της τράπεζας, ώστε να ενημερώνει τη διεύθυνση για το απαραίτητο πλήθος ενεργών teller κάθε στιγμή μίας εργάσιμης ημέρας. Ο αλγόριθμος θα δέχεται ως είσοδο το πλήθος των πελατών σε αναμονή, και, με βάση μία εκτίμηση για το χρόνο αναμονής, θα αποφασίζει για το αν οι υπάρχοντες teller είναι αρκετοί για την εξυπηρέτηση της τρέχουσας συναλλακτικής κίνησης. Σε περίπτωση που αυτό δε συμβαίνει, η εφαρμογή θα ενημερώνει τη διεύθυνση του καταστήματος ότι πρέπει να προσθέσει teller, αφού οι υπάρχοντες δεν είναι επαρκείς για την εξυπηρέτηση των τρέχοντων πελατών σε αναμονή, ενώ αντίθετα θα προτείνει το κλείσιμο κάποιου ταμείου σε περίπτωση που η συναλλακτική κίνηση μπορεί να εξυπηρετηθεί και με λιγότερα ταμεία. Το εργαλείο αυτό είναι ο πίνακας καταστήματος, η κατασκευή και η λειτουργία του οποίου παρουσιάζεται στις επόμενες παραγράφους.

4.3.1 Δημιουργία πίνακα καταστήματος

Ο πίνακας κάθε καταστήματος περιλαμβάνει δύο πληροφορίες: Το απαιτούμενο πλήθος teller κατά την έναρξη λειτουργίας του καταστήματος, καθώς και το απαιτούμενο πλήθος teller κάθε στιγμή κατά τη διάρκεια του ωραρίου λειτουργίας του καταστήματος, ανάλογα με το πλήθος πελατών σε αναμονή. Στα επόμενα θα μελετήσουμε τη δόμη του πίνακα καταστήματος καθώς και τη μεθοδολογία σχηματισμού του.

4.3.1.1 Δομή πίνακα καταστήματος

Στην επόμενη εικόνα, παρουσιάζεται ένα παράδειγμα πίνακα καταστήματος, για ένα κατάστημα με 6 teller, ενώ αμέσως παρακάτω περιγράφεται αναλυτικά κάθε στοιχείο του πίνακα αυτού.



Σχήμα 29 - Παράδειγμα πίνακα καταστήματος

Κάθε γραμμή του πίνακα καταστήματος αντιστοιχεί σε ένα πλήθος χρησιμοποιούμενων teller. Ο πίνακας περιλαμβάνει τόσες γραμμές, όσες και το δυναμικό του καταστήματος σε teller. Το πλήθος teller αυξάνεται από κάτω προς τα επάνω, ξεκινώντας από το 1 και καταλήγοντας στο πλήθος teller που διαθέτει το κατάστημα. Δηλαδή, η κατώτερη γραμμή του πίνακα αντιστοιχεί στη χρήση ενός teller, ενώ η ανώτερη στη χρήση του συνόλου του δυναμικού του καταστήματος σε teller.

Κάθε στήλη του πίνακα καταστήματος αντιστοιχεί σε ένα τύπο ημέρας. Γνωρίζοντας από τα προηγούμενα πως οι εργάσιμες ημέρες κατανέμονται σε τρεις κατηγορίες (πράσινες, πορτοκαλί, κόκκινες), συμπεραίνουμε εύκολα πως ο πίνακας θα περιλαμβάνει σίγουρα τρεις στήλες, μία για κάθε τύπο ημέρας. Στην εικόνα παραπάνω, βλέπουμε πως ο πίνακας μπορεί να περιλαμβάνει και κάποιες επιπλέον στήλες, οι οποίες σχεδιάστηκαν ώστε να διευκολύνουν την εκτέλεση της μεθοδολογίας χειροκίνητα από τη διεύθυνση κάθε καταστήματος.

Κάθε καταχώρηση του πίνακα καταστήματος (τομή μίας γραμμής με μία στήλη) αποτελείται από δύο πληροφορίες: Το πλήθος πελατών σε αναμονή πάνω από το οποίο θα πρέπει η διεύθυνση να αρχίσει να προετοιμάζει κάποιο επιπλέον teller για να στελεχώσει ταμείο (**Lower**), παρότι ακόμα η τρέχουσα συναλλακτική κίνηση εξυπηρετείται αποδοτικά, καθώς και το πλήθος πελατών σε αναμονή πάνω από το οποίο θα πρέπει ο εν λόγω teller να στελεχώσει το επιπλέον ταμείο, και, σε περίπτωση που δε συμβεί αυτό, η τρέχουσα συναλλακτική κίνηση δε θα εξυπηρετείται πλέον αποδοτικά (**Upper**). Εύκολα καταλαβαίνουμε πως το κατώφλι Upper θα είναι πάντα μεγαλύτερο του αντίστοιχου Lower. Αντίστοιχα, όταν οι πελάτες σε αναμονή μειώνονται, η διεύθυνση μπορεί να επιλέξει να κλείσει ένα στελεχωμένο ταμείο όταν το πλήθος πελατών σε αναμονή μειωθεί κάτω είτε από το Upper είτε από το Lower της αντίστοιχης καταχώρησης του πίνακα. Τα μεγέθη Lower και Upper κάθε καταχώρησης αναφέρονται στη χρήση του πλήθους teller της γραμμής στην οποία αντιστοιχούν, καθώς και στον τύπο ημέρας της στήλης στην οποία αντιστοιχούν. Στην

πραγματικότητα, το κατώφλι Upper αποτελεί ένα επιπλέον περιθώριο πάνω από το κατώφλι Lower, κατά το οποίο το κατάστημα δεν αποτυγχάνει να εξυπηρετήσει αποδοτικά το συναλλακτικό κοινό, αλλά πρέπει άμεσα να προετοιμάσει τη στελέχωση ενός επιπλέον ταμείου, για να διατηρήσει υψηλή ποιότητα εξυπηρέτησης. Επίσης, σε κάθε στήλη που αντιστοιχεί σε κάποιο τύπο ημέρας σημειώνεται με χρώμα το βέλτιστο πλήθος teller κατά την έναρξη της λειτουργίας του καταστήματος. Τέλος, στην κορυφή κάθε στήλης αναγράφεται ο στόχος για το μέγιστο χρόνο αναμονής, τον οποίο μπορεί να επιτύχει το κατάστημα χρησιμοποιώντας τη στήλη αυτή για να καθορίσει το χρησιμοποιούμενο πλήθος teller.

Σημειώνεται εδώ πως, σε περίπτωση που χρησιμοποιείται ήδη το πλήρες δυναμικό του καταστήματος σε tellers, ακόμα και να αυξηθούν οι πελάτες σε αναμονή πάνω από τα Lower και Upper κατώφλια του μέγιστου πλήθους teller που φαίνονται στον πίνακα, το κατάστημα δεν μπορεί να προβεί σε κάποια επιπλέον δράση. Τα Lower και Upper κατώφλια της περίπτωσης αυτής λειτουργούν λοιπόν στην πραγματικότητα ως μία ενημέρωση προς τη διεύθυνση του καταστήματος πως ο στόχος για το μέγιστο χρόνο αναμονής δεν επιτυγχάνεται. Επίσης, ακόμα και να μηδενιστούν οι πελάτες σε αναμονή, ο πίνακας καταστήματος δεν προτείνει το κλείσιμο όλων των ταμείων, δηλαδή πάντα υπάρχει τουλάχιστον ένα στελεχωμένο ταμείο.

Τα παραπάνω μπορούν να γίνουν ευκολότερα κατανοητά μέσα από ένα παράδειγμα χρήσης του πίνακα καταστήματος. Έστω λοιπόν ότι σε κάποια στιγμή εντός του ωραρίου λειτουργίας του καταστήματος στο οποίο ανήκει ο πίνακας της προηγούμενης εικόνας, σε μία πράσινη ημέρα, βρίσκονται σε αναμονή 16 πελάτες. Ανατρέχουμε λοιπόν στη στήλη του πίνακα που αναφέρεται στις πράσινες ημέρες (σημειώνεται με πράσινο χρώμα στην κορυφή) και αναζητούμε το πλήθος teller το οποίο μπορεί να εξυπηρετήσει αποδοτικά αυτό το πλήθος πελατών. Παρατηρούμε πως ένας teller μπορεί να εξυπηρετήσει αποδοτικά έως και 14 πελάτες, ενώ σε περίπτωση που χρησιμοποιούμε δύο tellers και οι πελάτες σε αναμονή ξεπεράσουν τους 18 πρέπει να ξεκινήσει η προετοιμασία και τρίτου teller. Συμπεραίνουμε λοιπόν πως το βέλτιστο πλήθος teller για την εξυπηρέτηση των 16 πελατών είναι οι 2 tellers. Έστω τώρα πως εισέρχονται νέοι πελάτες στο κατάστημα, οπότε οι πελάτες σε αναμονή αυξάνονται στους 19. Τότε, όπως σημειώθηκε και παραπάνω, θα πρέπει να ξεκινήσει η προετοιμασία και τρίτου teller για να στελεχώσει ταμείο. Αν η αύξηση των πελατών σε αναμονή συνεχίσει και αυτοί ξεπεράσουν τους 23, δηλαδή το Upper κατώφλι του επιπέδου των 2 tellers, τότε θα πρέπει ο τρίτος teller που βρισκόταν σε προετοιμασία στελέχωσης ταμείου να ανοίξει το ταμείο του για εξυπηρέτηση συναλλακτικού κοινού. Στη συνέχεια, αν οι πελάτες σε αναμονή μειωθούν και πάλι κάτω από τους 23 αλλά όχι κάτω από τους 18, τότε είναι στη διακριτική ευχέρεια της διεύθυνσης του καταστήματος να διατηρήσει τους 3 tellers ή να αφαιρέσει τον τρίτο και να λειτουργήσει το κατάστημα και πάλι με 2 ενεργά ταμεία. Σε περίπτωση όμως, που οι πελάτες σε αναμονή μειωθούν κάτω από τους 18, θα πρέπει η διεύθυνση να κλείσει ένα στελεχωμένο ταμείο, αφού η τρέχουσα συναλλακτική κίνηση μπορεί να εξυπηρετηθεί αποδοτικά και χωρίς αυτό, και η απασχόληση του τρίτου teller αποτελεί σπατάλη πόρων. Στη στήλη των πράσινων ημερών σημειώνεται με πράσινο χρώμα και το πλήθος teller (εδώ 3) που θα πρέπει να στελεχώνουν ταμεία στο ξεκίνημα κάθε πράσινης ημέρας. Με τον ίδιο τρόπο χρησιμοποιείται ο πίνακας καταστήματος για κάθε τύπο ημέρας.

4.3.1.2 Υπολογισμός στοιχείων πίνακα καταστήματος

Όπως γίνεται εύκολα κατανοητό από όσα αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο, βασικό στοιχείο του πίνακα καταστήματος προς υπολογισμό είναι τα μεγέθη Lower και Upper, για κάθε τύπο ημέρας και για κάθε πλήθος χρησιμοποιούμενων teller. Θεωρώντας λοιπόν πως οι πίνακες καταστήματος υπολογίζονται χρησιμοποιώντας ετήσια στοιχεία (εδώ για το έτος 2014), ο υπολογισμός των μεγεθών Lower και Upper ακολουθεί τα παρακάτω βήματα:

1. Για κάθε κατάσταση της τράπεζας υπολογίζουμε το μέσο χρόνο εξυπηρέτησης πελατών ως το μέσο όρο των επιμέρους χρόνων εξυπηρέτησης που κατέγραψε το σύστημα καταγραφής ουρών αναμονής της τράπεζας για **κάθε ημέρα** του προηγούμενου έτους.
2. Αντίστοιχα υπολογίζουμε τον **μέσο χρόνο αναμονής** του εκάστοτε καταστήματος **ανά τύπο ημέρας**, όπως αυτός έχει καθοριστεί νωρίτερα.
3. Ως Lower κατώφλι τίθεται το **πηλίκο** του μέσου χρόνου αναμονής με τον μέσο χρόνο εξυπηρέτησης στρογγυλοποιημένο στον επόμενο μεγαλύτερο ακέραιο αριθμό.
4. Ως Upper κατώφλι τίθεται η τιμή **(1,4 · Lower)** στρογγυλοποιημένη στον επόμενο μεγαλύτερο ακέραιο αριθμό, όπου Lower η τιμή που υπολογίστηκε στο βήμα 3.
5. Η διαδικασία των βημάτων 3 και 4 επαναλαμβάνεται και για τους τρεις τύπους ημερών ούτως ώστε να συμπληρωθούν όλες οι στήλες του πίνακα.
6. Ανάλογα με το πλήθος των teller που διαθέτει το κατάστημα κάθε στιγμή, η τιμή Lower στον πίνακα καταστήματος μεταβάλλεται πολλαπλασιαστικά ως [(Πλήθος Teller) · Lower]. Αντίθετα, η νέα τιμή Upper μεταβάλλεται αθροιστικά. Δηλαδή για χρήση n Teller οι αντίστοιχες τιμές θα είναι:

$$Lower_n = n \cdot Lower$$

$$Upper_n = n \cdot Lower + (Upper - Lower)$$

Όπου

$Lower_n$: Μέγεθος Lower για χρήση n teller

$Upper_n$: Μέγεθος Upper για χρήση n teller

Οι εξισώσεις του βήματος 6 μπορούν να εξηγηθούν εύκολα ως εξής: Κάθε φορά που προστίθεται ένας teller, δηλαδή στελεχώνεται ένα επιπλέον ταμείο, μπορούν να εξυπηρετούνται ταυτόχρονα περισσότεροι πελάτες. Για παράδειγμα, έστω ότι σε κάποιο κατάστημα, τη στιγμή που το κοινό εξυπηρετείται από ένα ταμείο, προστίθεται ένα επιπλέον ταμείο. Τότε, εξυπηρετούνται ταυτόχρονα οι διπλάσιοι πελάτες σε σχέση με την περίπτωση του ενός ταμείου, άρα η ουρά κινείται με τη διπλάσια ταχύτητα. Παρόμοια, αν προστεθεί και τρίτο ενεργό ταμείο, η ουρά θα εξυπηρετείται με την τριπλάσια ταχύτητα σε σχέση με την περίπτωση του ενός ενεργού ταμείου. Έτσι, το πλήθος πελατών που μπορούν να εξυπηρετηθούν σε ένα προκαθορισμένο διάστημα διπλασιάζεται και τριπλασιάζεται αντίστοιχα, γεγονός που εξηγεί και την πολλαπλασιαστική μεταβολή του Lower κατωφλίου, το οποίο εκφράζει ακριβώς αυτό το μέγεθος. Αντίθετα, το κατώφλι Upper μεταβάλλεται προσθετικά με την αύξηση του πλήθους χρησιμοποιούμενων teller, αφού όπως αναφέρθηκε και παραπάνω αποτελεί ένα επιπλέον περιθώριο υπεράνω του κατωφλίου Lower, το οποίο δεν αντικατοπτρίζει κάποιο φυσικό μέγεθος. Στην πράξη, η χρήση του περιθωρίου Upper εξασφαλίζει ότι η χρήση του πίνακα καταστήματος δε θα λειτουργεί αρνητικά για τη

διαχείριση των ουρών αναμονής. Αυτό συμβαίνει γιατί, σε περίπτωση που χρησιμοποιούσαμε μόνο το Lower κατώφλι, τότε θα έπρεπε η διεύθυνση κάθε καταστήματος να είναι έτοιμη ανά πάσα στιγμή να προσθέσει αμέσως ένα επιπλέον ταμείο, χωρίς καμία προειδοποίηση, πράγμα που κρίνεται ως πρακτικά αδύνατον, και θα είχε ως αποτέλεσμα τόσο τη δυσφορία του προσωπικού όσο και την αποτυχία της προτεινόμενης λύσης.

Για τον υπολογισμό των απαραίτητων tellers στην έναρξη λειτουργίας του καταστήματος για κάθε τύπο ημέρας, απαιτείται πρώτα ο υπολογισμός των κατωφλίων Lower και Upper για κάθε πλήθος teller και για κάθε τύπο ημέρας. Εφόσον έχουν υπολογιστεί τα κατώφλια αυτά, στη συνέχεια υπολογίζεται η μέση είσοδος πελατών στο κατάστημα στο πρώτο μισάωρο λειτουργίας του (από τις 8.00 έως και τις 8.30), για κάθε τύπο ημέρας (έστω σε ετήσια βάση, εδώ το έτος 2014). Στη συνέχεια, ανατρέχουμε στον πίνακα καταστήματος και βρίσκουμε ποιο πλήθος teller είναι το βέλτιστο για την εξυπηρέτηση της υπολογισμένης μέσης εισόδου για κάθε τύπο ημέρας, με τον τρόπο που περιγράφηκε παραπάνω. Το πλήθος teller αυτό είναι και το προτεινόμενο πλήθος teller στην έναρξη λειτουργίας κάθε τύπου ημέρας.

Για τον υπολογισμό του στόχου για το μέγιστο χρόνο αναμονής κάθε τύπου ημέρας, εκτελείται η μεθοδολογία βέλτιστης στελέχωσης ταμείων και ο μέσος μέγιστος χρόνος αναμονής κάθε τύπου ημέρας που προκύπτει από την εκτέλεση (έστω σε ετήσια βάση, εδώ το έτος 2014) τίθεται ως ο στόχος για το μέγιστο χρόνο αναμονής του καταστήματος για τον τύπο αυτό.

Οι στήλες που δεν αναφέρονται σε κάποιο από τους γνωστούς τύπους ημέρας και χρησιμοποιούν διαφορετικούς στόχους υπολογίζονται εφαρμόζοντας γραμμική παρεμβολή μεταξύ των δύο στηλών που αναφέρονται σε γνωστό τύπο ημέρας και γειτνιάζουν με τη στήλη που θέλουμε να υπολογίσουμε. Για παράδειγμα, στον πίνακα της προηγούμενης εικόνας, η στήλη με στόχο τα 55 λεπτά παράχθηκε με παρεμβολή μεταξύ της στήλης των πράσινων ημερών (στόχος 40 λεπτά) και της στήλης των πορτοκαλί ημερών (στόχος 65 λεπτά).

4.3.2 Περιορισμός μίας ώρας και επεξεργασία βελτιστοποιημένων teller

Η χρήση του πίνακα καταστήματος για τον καθορισμό των βέλτιστων ενεργών teller κάθε στιγμή του ωραρίου λειτουργίας ενός καταστήματος δημιουργεί το ερώτημα, εφόσον και το πλήθος πελατών σε αναμονή μεταβάλλεται με γρήγορους ρυθμούς, κατά πόσο οι μεταβολές των ενεργών teller τις οποίες θα προτείνει η μεθοδολογία θα είναι πολύ συχνές, κάτι που προφανώς θα προκαλούσε δυσφορία στους υπαλλήλους της τράπεζας. Κρίθηκε λοιπόν απαραίτητο να τεθούν μία σειρά από περιορισμοί, στόχος των οποίων είναι η εξομάλυνση της προκύπτουσας χρονοσειράς ενεργών teller στη διάρκεια μίας εργάσιμης ημέρας, ώστε η μεθοδολογία να εξυπηρετεί καλύτερα και το προσωπικό της τράπεζας και να μην προκαλεί σύγχυση.

Ο πρώτος περιορισμός που τέθηκε λοιπόν, ήταν η απαίτηση κάθε teller που ανοίγει ταμείο και ξεκινά να εργάζεται, να μην κλείνει το ταμείο του για τουλάχιστον μία ώρα από τη στιγμή που το άνοιξε. Ο περιορισμός αυτός τέθηκε ώστε η εφαρμοζόμενη μεθοδολογία να προσομοιάζει κατά το δυνατόν περισσότερο στην πραγματικότητα, αφού η διαδικασία ανοίγματος και κλεισίματος ενός ταμείου είναι χρονοβόρα, οπότε κανένας υπάλληλος της τράπεζας δεν θα άνοιγε ένα ταμείο για να εργαστεί για ένα αμελητέο διάστημα.

Ο δεύτερος περιορισμός που τέθηκε ήταν αυτός της εξομάλυνσης των μεταβολών στην προκύπτουσα χρονοσειρά των βελτιστοποιημένων teller, με τον ίδιο τρόπο που αυτή εφαρμόστηκε στη χρονοσειρά των πραγματικών teller στην παράγραφο 4.2.2, με ορίζοντα εξομάλυνσης αυτή τη φορά όμως τα 40 λεπτά. Σκοπός του περιορισμού αυτού είναι, πέρα από την απαλειφή μικρών διαστημάτων εργασίας για κάθε teller μεμονωμένα, η εξομάλυνση συχνών μεταβολών στο πλήθος των εργαζόμενων teller εν συνόλω, γεγονός που θα οδηγούσε επίσης στη δημιουργία δυσφορίας στο προσωπικό της τράπεζας.

4.4 Αλγόριθμος βελτιστοποίησης (optimize) ουρών αναμονής

Ο αλγόριθμος βελτιστοποίησης των ουρών αναμονής αποτελεί ουσιαστικά μία επέκταση του αλγορίθμου προσομοίωσης των ουρών αναμονής που παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 4. Ο αλγόριθμος αυτός έγκειται στην εκτέλεση του αλγορίθμου της ενότητας 4.1.2, με μόνη τροποποίηση τη χρήση της κατανομής teller κατά τη διάρκεια της ημέρας που προκύπτει με τη χρήση του πίνακα καταστάματος.

Πιο συγκεκριμένα, ο αλγόριθμος χρησιμοποιεί την ίδια κατανομή εισόδου και τον ίδιο χρόνο εξυπηρέτησης που χρησιμοποιούνται και από τον αλγόριθμο προσομοίωσης της παραγράφου 4.1.2 (ο υπολογισμός και η προέλευση των οποίων περιγράφονται στην ενότητα εκείνη). Στη συνέχεια, ο αλγόριθμος προσομοίωσης εκτελείται δεχόμενος ως επιπλέον δεδομένα τον τύπο ημέρας από το ημερολόγιο καταστάματος και τον πίνακα του καταστάματος. Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα αυτά, ο αλγόριθμος εκτελεί την ίδια διαδικασία με αυτή της προσομοίωσης (είσοδος νέων πελατών στην ουρά, υπολογισμός χρόνου αναμονής, έξοδος εξυπηρετηθέντων πελατών από την ουρά για κάθε λεπτό της εργασιμής ημέρας), μόνο που στην περίπτωση αυτή, η κατανομή των teller σε κάθε λεπτό προκύπτει από τον πίνακα καταστάματος με τη μέθοδο που περιγράφηκε στις προηγούμενες παραγράφους.

Μετά τον καθορισμό των βέλτιστων ενεργών teller για κάθε λεπτό του ωραρίου λειτουργίας του καταστάματος, πρέπει να ελεγχθεί κατά πόσο ικανοποιείται ο περιορισμός της μίας ώρας που ορίστηκε στην προηγούμενη παράγραφο. Ο περιορισμός αυτός όμως δεν μπορούσε εύκολα να επιβληθεί στην εφαρμοζόμενη μεθοδολογία, αφού αυτή δεν ξεχωρίζει τους teller μεταξύ τους, οπότε δεν είναι εύκολο να γνωρίζουμε πότε ο κάθενας ξεκίνησε να εργάζεται. Για να εφαρμοστεί λοιπόν ο περιορισμός γίνεται μία καταγραφή των εισόδων και των αποχωρήσεων teller κατά τη διάρκεια της ημέρας. Όποτε η μεθοδολογία προτείνει την αποχώρηση κάποιου teller, γίνεται ένας έλεγχος ώστε να εξακριβωθεί αν στο διάστημα από την άρχη της ημέρας έως και μία ώρα πριν από την τρέχουσα στιγμή η διαφορά εισόδων και αποχωρήσεων teller είναι θετική, δηλαδή υπάρχει κάποιος teller που έχει εργαστεί τουλάχιστον μία ώρα, οπότε είναι λογικό να αποχωρεί.

Υπενθυμίζουμε τέλος πως, όπως αναφέρθηκε και στην προηγούμενη παράγραφο, είναι απαραίτητο να υπάρξει μία εξομάλυνση της παραγόμενης χρονοσειράς ενεργών teller κατά τη διάρκεια της ημέρας, όμοιας με αυτή της παραγράφου 4.2.2, με ορίζοντα εξομάλυνσης αυτή τη φορά τα 40 λεπτά. Έτσι, για την εκτέλεση της βελτιστοποίησης από το πρόγραμμα απαιτείται αρχικά να εκτελεστεί ο αλγόριθμος προσομοίωσης υπολογίζοντας τους απαραίτητους ενεργούς teller ανά λεπτό με χρήση του πίνακα καταστάματος, στη συνέχεια να γίνει απαλειφή των ανεπιθύμητων διακυμάνσεων μέσω της εξομάλυνσης, και τέλος να

εκτελεστεί και πάλι ο αλγόριθμος προσομοίωσης αυτή τη φορά χρησιμοποιώντας την κατανομή teller που προέκυψε μετά την εξομάλυνση.

Μετά την εκτέλεση της βελτιστοποίησης από το πρόγραμμα, υπολογίζονται εκ νέου τα στατιστικά στοιχεία των ουρών αναμονής που απαριθμήθηκαν στην ενότητα 4.2.4.

5. Παρουσίαση συστήματος προσομοίωσης - βελτιστοποίησης των ουρών αναμονής

Για την εκτέλεση της περιγραφείσας στα προηγούμενα κεφάλαια μεθοδολογίας, απαιτήθηκε η ανάπτυξη κατάλληλου συστήματος προσομοίωσης και βελτιστοποίησης των ουρών αναμονής. Η λειτουργία του συστήματος αυτού περιγράφεται στις επόμενες παραγράφους, μαζί με αντίστοιχα screenshot που παρουσιάζουν τις διάφορες λειτουργίες του.

5.1 Απαιτήσεις Εφαρμογής

Η διαδικασία ανάπτυξης μίας εφαρμογής πρέπει να ακολουθεί κάποιους τυπικούς κανόνες σχεδίασης και ανάπτυξης εφαρμογών, ώστε να επιτυγχάνεται αφενός η απρόσκοπτη λειτουργία της και αφετέρου η ικανοποίηση των χρηστών από την επαφή τους μαζί της. Οι κανόνες αυτοί περιλαμβάνουν τόσο τις τεχνικές απαιτήσεις που μπορεί να υπάρχουν από μία εφαρμογή, όπως λόγου χάρη η φιλικότητα της διεπαφής προς το χρήστη και η αποδοτικότητα εκτέλεσης των εκάστοτε εργασιών, όσο και τις απαιτήσεις που καθορίζονται από τους τελικούς χρήστες της εφαρμογής, ανάλογα και με την εργασία που εκείνοι σκοπεύουν να πραγματοποιήσουν. Στις επόμενες παραγράφους λοιπόν γίνεται καταγραφή και των δύο ειδών απαιτήσεων, οι οποίες στη συνέχεια ακολουθούνται κατά τη διαδικασία ανάπτυξη της εφαρμογής.

5.1.1 Τεχνικές απαιτήσεις εφαρμογής

Το πρώτο σκέλος των απαιτήσεων της εφαρμογής είναι οι τεχνικές απαιτήσεις που πρέπει αυτή να ικανοποιεί, και έχουν να κάνουν με ζητήματα που άπτονται της εμφάνισης και της επαφής της εφαρμογής με το χρήστη, καθώς και της δυνατότητάς της να εκτελεί τις απαιτούμενες εργασίες αποδοτικά. Πιο συγκεκριμένα, οι απαιτήσεις αυτές μπορούν να αναλυθούν ως εξής:

- **Ευκολία και ταχύτητα εξοικείωσης χρηστών με το σύστημα:** Ένα απαραίτητο στοιχείο κάθε σύγχρονης εφαρμογής είναι η δυνατότητα των χρηστών να μπορούν να τη χρησιμοποιήσουν για την εκτέλεση των εργασιών τους χωρίς να απαιτείται από αυτούς ένα μεγάλο διάστημα προσαρμογής στη χρήση της. Έτσι, θα πρέπει κάθε εργασία που εκτελεί η εφαρμογή να απαιτεί από το χρήστη μία απλή και ευκολομνημόνευτη διαδικασία (πάτημα λίγων πλήκτρων), ενώ ταυτόχρονα θα πρέπει η διεπαφή της εφαρμογής να μην περιέχει περιττά και αποπροσανατολιστικά στοιχεία.
- **Μικρή πιθανότητα εσφαλμένων χειρισμών και ικανότητα άμεσης ανάνηψης από αυτά:** Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό της εφαρμογής είναι η σχεδιάσή της με τρόπο τέτοιο που θα αποτρέπει την πραγματοποίηση πολλών εσφαλμένων χειρισμών από το χρήστη, ενώ ακόμα και σε περίπτωση που πραγματοποιηθεί τέτοιος χειρισμός θα του επιτρέψει με σχετικά απλό τρόπο να επανέλθει στην προηγούμενη κατάσταση του συστήματος. Η ύπαρξη του χαρακτηριστικού αυτού εξασφαλίζεται μέσω της

ύπαρξης κατάλληλων πλήκτρων αρχικοποίησης της εφαρμογής καθώς και της χρήσης μηνυμάτων ενημέρωσης κατά την εισαγωγή εσφαλμένων στοιχείων.

- **Ταχύτητα και αποδοτικότητα εκτέλεσης εργασιών από το σύστημα:** Στη σύγχρονη εποχή όπου υπάρχει μεγάλη διαθεσιμότητα δεδομένων, οι εργασίες που καλούνται να εκτελέσουν οι εφαρμογές παρουσιάζουν αντίστοιχα αυξανόμενη πολυπλοκότητα. Οι προγραμματιστές λοιπόν πρέπει αντίστοιχα να φροντίζουν οι εφαρμογές να είναι αλγοριθμικά και τεχνικά άρτιες, ώστε να εξασφαλίζεται η υψηλή απόδοση εκτέλεσης των απαιτούμενων εργασιών. Το ίδιο ισχύει και για την εφαρμογή μας, η οποία, εφόσον έχει να διαχειριστεί πολύ μεγάλο όγκο δεδομένων (ανά λεπτό στοιχεία ουρών αναμονής για ένα έτος και μεγάλο πλήθος καταστημάτων) πρέπει να σχεδιαστεί με τρόπο που θα εκμεταλλεύεται στο μέγιστο βαθμό τις δυνατότητες των διαθέσιμων εργαλείων λογισμικού.

5.1.2 Επιχειρηματικές απαιτήσεις εφαρμογής (Business requirements)

Πέραν όμως των τεχνικών απαιτήσεων που πρέπει να ικανοποιεί η εφαρμογή, υπάρχουν και εκείνες οι οποίες καθορίζονται από τους τελικούς χρήστες της εφαρμογής και είναι προσαρμοσμένες στις ανάγκες τους. Στην περίπτωση της δικής μας εφαρμογής, οι απαιτήσεις αυτές ξεκινούν από την ορθή εκτέλεση της μεθοδολογίας βέλτιστης διαχείρισης ουρών αναμονής που συνδιαμορφώθηκε με την τράπεζα, και επεκτείνονται στην κατάλληλη απεικόνιση των αποτελεσμάτων της, για την καλύτερη ενημέρωση της διοίκησης της τράπεζας και την υποβοήθηση της διαδικασίας λήψης αποφάσεων από αυτή σχετικά με το πρόβλημα των ουρών αναμονής στα καταστήματά της. Επιχειρώντας λοιπόν μία απαρίθμηση των απαιτήσεων αυτών, έχουμε:

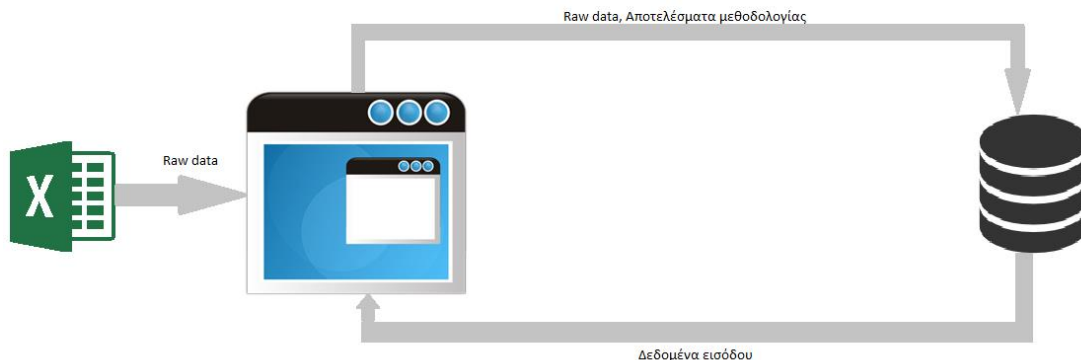
- **Ορθή εκτέλεση της μεθοδολογίας προσομοίωσης και βελτιστοποίησης:** Μία προφανής τεχνική απαίτηση από την εφαρμογή είναι αυτή της ορθής εκτέλεσης της προτεινόμενης μεθοδολογίας, πράγμα απαραίτητο ώστε στη συνέχεια τα προκύπτοντα αποτελέσματα να υποβοηθήσουν τη λήψη αποφάσεων από την τράπεζα χωρίς να προκαλείται σύγχυση και να επιδεινώνεται το υπάρχον πρόβλημα.
- **Παρουσίαση αποτελεσμάτων μεθοδολογίας με κατανοητό και υποβοηθητικό για τα στελέχη της τράπεζας τρόπο:** Ο τελικός στόχος της εφαρμογής είναι, πέρα από την εκτέλεση της αναπτυγμένης μεθοδολογίας, να υποστηρίξει τη διαδικασία λήψης αποφάσεων από τα στελέχη της τράπεζας. Ο στόχος αυτός μπορεί να επιτευχθεί μελετώντας ποιες πληροφορίες είναι χρήσιμες για τα στελέχη και φροντίζοντας ο τρόπος απεικόνισής τους να είναι εύκολα κατανοητός και να μην προκαλεί σύγχυση. Καταλήγουμε λοιπόν στο συμπέρασμα πως υπάρχει η ανάγκη ανάπτυξης κάποιων επιπλέον λειτουργιών απεικόνισης των αποτελεσμάτων της μεθοδολογίας μετά από κάποια επιπλέον επεξεργασία, όπως η συνάθροισή τους σε κατάλληλα χρονικά διαστήματα ή η σύγκρισή τους με τους στόχους που έχουν τεθεί.
- **Ευκολία ενσωμάτωσης συστήματος σε αντίστοιχα συστήματα της τράπεζας:** Μελλοντικά, στόχος της τράπεζας είναι η μεθοδολογία να εφαρμοστεί στα καταστήματά της τόσο για την αυτόματη διαχείριση της συναλλακτικής κίνησης και των ουρών αναμονής, όσο και για την μετέπειτα αξιολόγηση των αποτελεσμάτων που επιφέρουν τα εφαρμοσμένα μέτρα. Έτσι, κρίνεται απαραίτητο το σύστημα να μπορεί εύκολα να ενσωματωθεί στα ήδη υπάρχοντα συστήματα καταγραφής των

ουρών αναμονής της τράπεζας, ώστε να είναι δυνατή και επιχειρησιακά πραγματοποίηση η μηχανογράφηση και η αυτοματοποίηση της συνολικής διαδικασίας διαχείρισης των ουρών αναμονής.

- **Τήρηση περιορισμού μη χρήσης επιπλέον πόρων από την τράπεζα:** Η ανάπτυξη της μεθοδολογίας μας υπόκειται στον περιορισμό της μη χρήσης επιπλέον πόρων εκ μέρους της τράπεζας, δηλαδή επιπλέον ωρών εργασίας από τους εργαζομένους της. Η εφαρμογή μας λοιπόν οφείλει να φροντίζει για την ικανοποίηση του περιορισμού αυτού, με τη λήψη κατάλληλων μέτρων κατά την εκτέλεσή της.

5.2 Αρχιτεκτονική Συστήματος

Το σύστημα που αναπτύχθηκε βασίζεται σε δύο πυλώνες: Αφενός την εφαρμογή που υλοποιεί τις διάφορες πτυχές της αναπτυχθείσας μεθοδολογίας, και αφετέρου τη βάση δεδομένων που αποθηκεύει τα δεδομένα εισόδου και εξόδου της εφαρμογής. Συνεπώς, απαιτείται από την εφαρμογή αρχικά να δίνει τη δυνατότητα για αποθήκευση δεδομένων εισόδου από εξωτερικά αρχεία (π.χ., αρχεία .xls) στη βάση δεδομένων, και στη συνέχεια να μπορεί να ανακτήσει αυτά τα δεδομένα και να τα επεξεργαστεί με βάση τις προτεινόμενες μεθόδους, ώστε να παραχθούν τα αντίστοιχα αποτελέσματα, τα οποία θα πρέπει επίσης στη συνέχεια να αποθηκευτούν στη βάση δεδομένων για μελλοντική χρήση και παρουσίαση. Γίνεται έτσι κατανοητό πως μεταξύ εφαρμογής και βάσης δεδομένων υπάρχει μια αμφίδρομη σχέση ανταλλαγής δεδομένων, η οποία απεικονίζεται και στο επόμενο σχήμα.



Σχήμα 30 - Αλληλεπίδραση εφαρμογής - βάσης δεδομένων

Η εφαρμογή αναπτύχθηκε χρησιμοποιώντας τη γλώσσα προγραμματισμού Visual Basic (VB) .NET, στο προγραμματιστικό περιβάλλον Visual Studio της Microsoft. Για την ευχερέστερη ανάπτυξη της εφαρμογής, χρησιμοποιήθηκε το πακέτο πρόσθετων λειτουργιών DevExpress WPF, το οποίο ενσωματώνεται στο Microsoft Visual Studio. Επίσης, για τη δημιουργία, την παρατήρηση και την αποθήκευση της βάσης δεδομένων χρησιμοποιήθηκε η εφαρμογή Microsoft Sql Server και πιο συγκεκριμένα το περιβάλλον Sql Server Management Studio. Στη συνέχεια, τα δύο συστήματα διασυνδέθηκαν ώστε να επιτραπεί η επικοινωνία και η μεταφορά δεδομένων μεταξύ τους. Στις επόμενες παραγράφους γίνεται μία σύντομη αναφορά σε καθένα από τα παραπάνω εργαλεία.

5.2.1 Visual Basic .NET και Visual Studio

Η VB .NET είναι μία γλώσσα υψηλού επιπέδου και πολλαπλών προτύπων, η οποία αναπτύχθηκε από τη Microsoft και εφαρμόστηκε μέσω του .NET Framework. Κυκλοφόρησε το 2002 ως διάδοχος της αρχικής Visual Basic.

Το .NET Framework είναι ένα πλαίσιο (framework) λογισμικού το οποίο αναπτύχθηκε από τη Microsoft. Περιλαμβάνει μία μεγάλη βιβλιοθήκη και προσφέρει διαλειτουργικότητα μεταξύ διαφορετικών γλωσσών προγραμματισμού. Το .NET Framework δίνει τη δυνατότητα ανάπτυξης λογισμικού για διεπαφές για το χρήστη, πρόσβαση σε δεδομένα, σύνδεση με βάσεις δεδομένων, κρυπτογραφία, διαδικτυακές εφαρμογές, κ.α. Οι προγραμματιστές παράγουν λογισμικό συνδυάζοντας το δικό τους πηγαίο κώδικα με αυτόν που προσφέρεται έτοιμος, τόσο στις βιβλιοθήκες του .NET Framework, όσο και σε άλλες βιβλιοθήκες.

Το ολοκληρωμένο Περιβάλλον Ανάπτυξης (Integrated Development Environment, IDE) με το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως η VB .NET είναι το Microsoft Visual Studio, με πιο πρόσφατη έκδοσή του αυτή του 2015. Για την ανάπτυξη της εφαρμογής μας, χρησιμοποιήθηκε η αντίστοιχη έκδοση του 2013. Το συγκεκριμένο IDE χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη λογισμικού στο λειτουργικό σύστημα Microsoft Windows. Το Visual Studio προσφέρει ορισμένες χρήσιμες δυνατότητες (features) όπως το IntelliSense, το οποίο δίνει τη δυνατότητα αυτόματης συμπλήρωσης κώδικα και ελέγχου σύνταξης, και την αυτόματη διόρθωση κώδικα, ώστε αυτός να είναι περισσότερο αναγνώσιμος και λιγότερο πολύπλοκος.

Σύμφωνα λοιπόν με όλα τα παραπάνω, η VB .NET προσφέρει πλεονεκτήματα όπως η απλοποιημένη ανάπτυξη Windows και Web εφαρμογών, η δυναμική και ευέλικτη πρόσβαση σε δεδομένα, η χρήση πλήρως αντικειμενοστρεφών δομών (constructs) και η δυνατότητα δημιουργίας εφαρμογών για κινητές συσκευές (mobile apps). Επιπρόσθετα στα ήδη αναφερθέντα, η VB .NET προσφέρει ασφάλεια στις εφαρμογές μας, χρησιμοποιώντας το μοντέλο ασφάλειας Code Access. Τέλος, η VB .NET δίνει τη δυνατότητα για ανάπτυξη γραφικών εφαρμογών, οι οποίες αλληλεπιδρούν με το χρήστη και οπτικοποιούν τα προγραμματιστικά εργαλεία που χρησιμοποιούνται.

Συμπερασματικά λοιπόν, η VB .NET είναι μια μοντέρνα, αντικειμενοστρεφής, γενικής χρήσης γλώσσα, εύκολη στη χρήση και την εκμάθηση, η οποία δίνει τη δυνατότητα συγγραφής δομημένων και αποδοτικών εφαρμογών, οι οποίες είναι ταυτόχρονα φιλικές και προς το χρήστη. Είναι διαδεδομένη και χρησιμοποιείται ευρέως στην προγραμματιστική κοινότητα, παρότι αναφέρεται μόνο σε λειτουργικά συστήματα της Microsoft.

5.2.2 Microsoft SQL Server

Ο Microsoft SQL Server είναι ένα σύστημα διαχείρισης σχεσιακών βάσεων δεδομένων το οποίο έχει αναπτυχθεί από τη Microsoft. Ως βάση δεδομένων, είναι ένα προϊόν λογισμικού η κύρια λειτουργία του οποίου είναι η αποθήκευση και η ανάκτηση δεδομένων, όπως αυτό ζητείται από άλλες εφαρμογές λογισμικού, είτε αυτές τρέχουν στον ίδιο υπολογιστή, είτε ακόμα και σε άλλο υπολογιστή, ο οποίος συνδέεται με τον πρώτο με κάποιο δίκτυο.

Ο Microsoft SQL Server προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα κατά τη διαχείριση, την απεικόνιση και τη μεταφορά δεδομένων, ορισμένα από τα οποία αναφέρονται παρακάτω. Κατ' αρχάς, το σύστημα προσφέρει μια πλειάδα από αποθηκευμένες διαδικασίες (stored procedures), οι οποίες καλούνται και χρησιμοποιούνται από το σύστημα για διάφορους σκοπούς, δίνοντας το πλεονέκτημα της ευκολότερης και περισσότερο αξιόπιστης πρόσβασης στα δεδομένα της βάσης. Επίσης, οι βάσεις δεδομένων του Microsoft SQL Server είναι εύκολα και άμεσα επεκτάσιμες (scalable), οπότε μπορούν να χρησιμοποιηθούν το ίδιο αποδοτικά τόσο για μικρό, όσο και για μεγάλο όγκο δεδομένων.

Η ασφάλεια είναι ένα μείζον θέμα σε εφαρμογές διαχείρισης δεδομένων, και ο SQL Server δίνει τη δυνατότητα στο διαχειριστή μιας βάσης δεδομένων να αποφασίσει σε ποια τμήματα των δεδομένων θα έχει πρόσβαση ο κάθε χρήστης, ώστε τα δεδομένα να είναι απροσπέλαστα σε ανεπιθύμητη πρόσβαση. Τέλος, ο SQL Server δίνει τη δυνατότητα αυτόματης δημιουργίας εφεδρικών αντιγράφων των δεδομένων (backup) σε κάποιο αποθηκευτικό μέσο, ώστε αυτά να μπορούν να ανακτηθούν εύκολα σε περιπτώσεις όπου υπάρχει κάποια απώλειά τους.

Συμπερασματικά, ο Microsoft SQL Server δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να έχει γρήγορη, εύκολη και ευέλικτη πρόσβαση σε βάσεις δεδομένων, προσφέροντας ταυτόχρονα ασφάλεια και λειτουργικότητα. Σημαντικό πλεονέκτημα αποτελεί επίσης η δυνατότητα επικοινωνίας και άμεσης μεταφοράς και αποθήκευσης δεδομένων μεταξύ του MS SQL Server και της VB .NET, προσφέροντας διαλειτουργικότητα μεταξύ των δύο συστημάτων.

5.2.3 DevExpress WFP

Το DevExpress WFP αποτελεί μια πλατφόρμα ανάπτυξης εφαρμογών, η οποία μπορεί να ενσωματωθεί σε συγκεκριμένα προγραμματιστικά περιβάλλοντα (σε Microsoft Windows) και να χρησιμοποιήσει τα features που αυτά προσφέρουν, προσφέροντας κάποιες επιπλέον δυνατότητες στους προγραμματιστές για τον εμπλουτισμό των εφαρμογών τους.

Η πλατφόρμα αυτή προσφέρει πολλές δυνατότητες, μεταξύ των οποίων είναι η δημιουργία μίας Γραφικής Διεπαφής Χρήστη (Graphical User Interface, GUI), ώστε ο χρήστης της εκάστοτε εφαρμογής να αλληλεπιδρά κατά το δυνατόν περισσότερο με την εφαρμογή και αυτή να είναι φιλική και εύκολη στη χρήση, δημιουργία reports για τα δεδομένα τα οποία επεξεργάζεται μια εφαρμογή (συγκεντρωτική, δηλαδή, παρουσίαση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την επεξεργασία των δεδομένων μέσω μιας εφαρμογής) και η δημιουργία charts για τη γραφική απεικόνιση των δεδομένων και την επεξεργασία των δεδομένων αυτών μέσω του γραφήματος (προσφέρεται μια πλειάδα μεθόδων επεξεργασίας).

Σημαντικό πλεονέκτημα αποτελεί επίσης η δυνατότητα αναπαράστασης μεγάλων όγκων δεδομένων σε πλέγμα (grid), για την καλύτερη απεικόνιση και διαχείρισή τους, η δυνατότητα δημιουργίας εφαρμογών προγραμματισμού εργασιών και η δημιουργία φύλλων υπολογισμού (spreadsheets). Τέλος, τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τα δεδομένα και την επεξεργασία τους μέσω μιας εφαρμογής μπορούν να εξαχθούν σε συγκεκριμένους τύπους αρχείων, όπως οι .pdf, .html, .xls, καθώς και να σταλούν μέσω e-mail.

Συμπερασματικά λοιπόν, το DevExpress WFP σε συνδυασμό με το Visual Studio (στο οποίο μπορεί να ενσωματωθεί) και τη VB .NET διευκολύνει ιδιαίτερα την ανάπτυξη μιας γραφικής εφαρμογής, η οποία αλληλεπιδρά σε μεγάλο βαθμό με το χρήστη, είναι φιλική και προσφέρει σημαντικές δυνατότητες επεξεργασίας και ανάλυσης δεδομένων, μέσα από μια πληθώρα διαφορετικών μεθόδων επεξεργασίας.

5.3 Κατασκευή βάσης δεδομένων

5.3.1 Εισαγωγή

Οι βάσεις δεδομένων αποτελούνται από μία σειρά από πίνακες, καθώς και από τις σχέσεις που συνδέουν τους πίνακες αυτούς. Οι πίνακες αυτοί περιέχουν κάποιες στήλες, όπου κάθε στήλη αντιπροσωπεύει και μία ξεχωριστή πληροφορία που αποθηκεύεται στον πίνακα. Κάθε γραμμή του πίνακα ονομάζεται εγγραφή του πίνακα, και περιέχει πληροφορίες που σχετίζονται μεταξύ τους. Για παράδειγμα, αν ένας πίνακας έχει δύο στήλες όπου η μία περιέχει τα λεπτά μίας εργάσιμης μέρας ενός καταστήματος μίας τράπεζας και η άλλη την αντίστοιχη είσοδο πελατών σε κάθε λεπτό, τότε η κάθε εγγραφή του πίνακα παρέχει την πληροφορία για την είσοδο πελατών στο αντίστοιχο λεπτό.

5.3.2 Πίνακας κωδικού, ονομασίας και κατηγορίας καταστήματος

Είναι εύκολα κατανοητό πως για τη λειτουργία του συστήματος, είναι απαραίτητη η γνώση των πληροφοριών κάθε καταστήματος. Για παράδειγμα, όταν εισάγεται από το χρήστη κάποιος κωδικός καταστήματος, θα πρέπει το σύστημα να είναι σε θέση να συμπεράνει αν ο κωδικός που εισάχθηκε ανήκει όντως σε κάποιο κατάστημα, ή πρόκειται περί σφάλματος του χρήστη, και να τον ενημερώνει σχετικά. Στον ίδιο πίνακα είναι βολικό να αποθηκευθεί και η πληροφορία για την κατηγορία κάθε καταστήματος, όπως αυτή παρουσιάστηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο. Τέλος, δεδομένου πως τελικός στόχος είναι το σύστημα που αναπτύχθηκε να ενσωματωθεί σε συστήματα που ήδη διαθέτει η τράπεζα και να αυτοματοποιήσει τη διαδικασία της βελτιστοποίησης των ουρών αναμονής στα καταστήματά της, κρίθηκε σκόπιμο να αποθηκευθεί στον πίνακα αυτό και η πληροφορία του ονόματος του κάθε καταστήματος, ώστε να είναι εύκολο στη διοίκηση να αξιοποιήσει τις προηγούμενες πληροφορίες. Ο πίνακας λοιπόν έχει την εξής μορφή:

Κωδικός καταστήματος	Όνομα καταστήματος	Κατηγορία καταστήματος
...

Σχήμα 31 - Πίνακας κωδικού, ονόματος, κατηγορίας καταστημάτων

5.3.3 Πίνακας στατιστικών ανά λεπτό

Το πλέον απαραίτητο στοιχείο για την υλοποίηση της μεθοδολογίας μας είναι τα ανά λεπτό στοιχεία εισόδου για τις ουρές αναμονής κάθε εργάσιμης ημέρας κάθε καταστήματος. Έτσι, τα ανά λεπτό στοιχεία περιλαμβάνουν τον κωδικό του καταστήματος, την ημερομηνία και την ώρα (λεπτό) της ημέρας στα οποία αναφέρονται τα στοιχεία. Στη συνέχεια, και για κάθε

λεπτό, παρέχονται οι εξής πληροφορίες: Εισερχόμενοι πελάτες (πελάτες που έκοψαν χαρτάκι), εξυπηρετηθέντες πελάτες (πελάτες που εξυπηρετήθηκαν στο λεπτό αυτό) και μη εξυπηρετηθέντες πελάτες (πελάτες που αποχώρησαν στο λεπτό αυτό), εκτιμώμενος χρόνος αναμονής νεοεισερχόμενου πελάτη και διαθέσιμοι teller. Τα στοιχεία αυτά προέρχονται από ειδικό σύστημα καταγραφής που είναι εγκατεστημένο στα καταστήματα της τράπεζας και εισάγονται στη βάση δεδομένων μέσω αρχείων .xls, τα οποία διαβάζονται από την εφαρμογή, η οποία στη συνέχεια τα μεταφέρει στη βάση δεδομένων. Ο πίνακας λοιπόν έχει την εξής μορφή:

Κωδικός καταστήματος	Ημερομηνία	Ώρα της ημέρας	Νεοεισερχόμενοι πελάτες	Μη εξυπηρετηθέντες πελάτες	Εξυπηρετηθέντες πελάτες	Εκτιμώμενος Χρόνος αναμονής	Διαθέσιμοι teller
...

Σχήμα 32 - Πίνακας ανά λεπτό στοιχείων ουρών αναμονής

5.3.4 Πίνακας ημερολογίου

Ένα εκ των εργαλείων για την υλοποίηση της βελτιστοποίησης των ουρών αναμονής που παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο ήταν το ημερολόγιο κάθε κατηγορίας καταστημάτων. Το ημερολόγιο περιέχει το χαρακτηρισμό κάθε εργάσιμης ημέρας κάθε κατηγορίας καταστημάτων (πράσινο, πορτοκαλί ή κόκκινο κατάσταση) ως πράσινης, πορτοκαλί ή κόκκινης, ανάλογα με την παραγόμενη για τους πελάτες δυσανεμία. Έτσι, ο αντίστοιχος πίνακας θα περιέχει μία στήλη για κάθε ημερομηνία, και τρεις στήλες για το χαρακτηρισμό κάθε εργάσιμης ημέρας για κάθε κατηγορία καταστημάτων. Ο πίνακας λοιπόν θα έχει την εξής μορφή:

Ημερομηνία	Χαρακτηρισμός (Πράσινα)	Χαρακτηρισμός (Πορτοκαλί)	Χαρακτηρισμός (Κόκκινα)
...

Σχήμα 33 - Πίνακας ημερολογίου

5.3.5 Πίνακες με πίνακες καταστημάτων

Το δεύτερο εργαλείο βελτιστοποίησης των ουρών αναμονής στα καταστήματα της τράπεζας, ο πίνακας καταστήματος, πρέπει επίσης να αποθηκευθεί με κάποιο τρόπο στη βάση και να χρησιμοποιείται κάθε φορά που η εφαρμογή εκτελείται με στοιχεία για το αντίστοιχο κατάστημα. Παρατηρώντας τους πίνακες καταστήματος που παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, βλέπουμε πως αν είναι γνωστά τα πλήθη των πελατών που μπορεί να εξυπηρετήσει **ένας** teller πριν χρειαστεί **να αρχίσει να προετοιμάζεται (Lower)** ή **να προστεθεί (Upper)** κάποιος/οι επιπλέον tellers, τότε μπορούμε να παράξουμε και τις αντίστοιχες τιμές για οποιοδήποτε πλήθος teller μέσω των τύπων

$$\text{Lower για } n \text{ teller} = (\text{Lower για } 1 \text{ teller}) \cdot n$$

$$Upper \text{ για } n \text{ teller} = (Lower \text{ για } 1 \text{ teller}) \cdot n + [(Upper \text{ για } 1 \text{ teller}) - (Lower \text{ για } 1 \text{ teller})]$$

Όπως επίσης παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, ο πίνακας κάθε καταστήματος περιέχει διαφορετικές τιμές Lower και Upper ανάλογα με τον τύπο ημέρας. Έτσι, απαιτείται και ένας διαφορετικός πίνακας στη βάση δεδομένων για τις τιμές Lower και Upper για κάθε τύπο ημέρας. Οι πίνακες αυτοί θα περιέχουν επίσης τον κωδικό κάθε καταστήματος, το πλήθος teller του καταστήματος, το στόχο για το μέγιστο χρόνο αναμονής για κάθε τύπο ημέρας και τους αρχικούς teller του καταστήματος (πλήθος teller στην έναρξη λειτουργίας του καταστήματος και για το πρώτο τέταρτο λειτουργίας) για κάθε τύπο ημέρας. Οι αντίστοιχοι πίνακες στη βάση παρουσιάζονται στις επόμενες παραγράφους.

5.3.5.1 Πίνακας με πίνακες πράσινων ημερών

Κωδικός καταστήματος	Στόχος μέγιστου χρόνου αναμονής (Πράσινες μέρες)	Πλήθος teller καταστήματος	Αρχικοί teller λειτουργίας (Πράσινες μέρες)	Lower (Πράσινες μέρες)	Upper (Πράσινες μέρες)
...

Σχήμα 34 - Πίνακας με πίνακες πράσινων ημερών

5.3.5.2 Πίνακας με πίνακες πορτοκαλί ημερών

Κωδικός καταστήματος	Στόχος μέγιστου χρόνου αναμονής (Πορτοκαλί μέρες)	Πλήθος teller καταστήματος	Αρχικοί teller λειτουργίας (Πορτοκαλί μέρες)	Lower (Πορτοκαλί μέρες)	Upper (Πορτοκαλί μέρες)
...

Σχήμα 35 - Πίνακας με πίνακες πράσινων ημερών

5.3.5.3 Πίνακας με πίνακες κόκκινων ημερών

Κωδικός καταστήματος	Στόχος μέγιστου χρόνου αναμονής (Κόκκινες μέρες)	Πλήθος teller καταστήματος	Αρχικοί teller λειτουργίας (Κόκκινες μέρες)	Lower (Κόκκινες μέρες)	Upper (Κόκκινες μέρες)
...

Σχήμα 36 - Πίνακας με πίνακες κόκκινων ημερών

5.3.6 Πίνακας ημερήσιων αποτελεσμάτων προσομοίωσης

Τα στατιστικά στοιχεία και οι χρησιμοποιούμενοι δείκτες μέτρησης και παρατήρησης των ουρών αναμονής σε επίπεδο ημέρας που παράγονται από την προσομοίωση, πρέπει να αποθηκευθούν στη βάση δεδομένων, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν μελλοντικά για την αξιολόγηση των επιδόσεων των καταστημάτων της τράπεζας, την εξαγωγή συμπερασμάτων και τη λήψη αποφάσεων για τα απαραίτητα μέτρα βελτιστοποίησης της διαχείρισης των ουρών αναμονής από αυτά. Έτσι, ο αντίστοιχος πίνακας στη βάση δεδομένων θα περιέχει τα ακόλουθα στοιχεία: Την ημερομηνία, το μέσο χρόνο αναμονής, το δείκτη δυσαρέσκειας, το πλήθος μη εξυπηρετηθέντων πελατών, το μέγιστο χρόνο αναμονής, τους μέσους ενεργούς teller, το δείκτη απόδοσης, το ποσοστό εξυπηρετηθέντων πελατών και το πλήθος εισερχομένων πελατών, όπως αυτά τα μεγέθη παρήχθησαν από την προσομοίωση. Ο αντίστοιχος πίνακας φαίνεται στο επόμενο σχήμα.

Ημερομηνία	Μέσος χρόνος αναμονής	Δείκτης δυσαρέσκειας	Μη εξυπ. πελάτες	Μέγιστος χρόνος αναμονής	Ενεργοί teller	Δείκτης απόδοσης	Ποσοστό εξυπ. πελατών	Εισερχόμενοι πελάτες
...

Σχήμα 37 - Πίνακας ημερήσιων αποτελεσμάτων προσομοίωσης

5.3.7 Πίνακας ημερήσιων αποτελεσμάτων βελτιστοποίησης

Τα στατιστικά στοιχεία και οι χρησιμοποιούμενοι δείκτες μέτρησης και παρατήρησης των ουρών αναμονής σε επίπεδο ημέρας που παράγονται από τη βελτιστοποίηση, πρέπει να αποθηκευθούν στη βάση δεδομένων, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν μελλοντικά για την αξιολόγηση των εφαρμοζόμενων μέτρων βελτιστοποίησης και τη ρύθμισή τους, ώστε να εξυπηρετούν καλύτερα το στόχο της βέλτιστης διαχείρισης των εμφανιζόμενων ουρών αναμονής. Έτσι, ο αντίστοιχος πίνακας στη βάση δεδομένων θα περιέχει τα ακόλουθα στοιχεία: Την ημερομηνία, τον κωδικό καταστήματος, το μέσο χρόνο αναμονής, το δείκτη δυσαρέσκειας, το πλήθος μη εξυπηρετηθέντων πελατών, το μέγιστο χρόνο αναμονής, τους μέσους ενεργούς teller, το δείκτη απόδοσης, το ποσοστό εξυπηρετηθέντων πελατών και το

πλήθος εισερχομένων πελατών, όπως αυτά τα μεγέθη παρήχθησαν από τη βελτιστοποίηση. Ο αντίστοιχος πίνακας φαίνεται στο επόμενο σχήμα.

Ημερομηνία	Μέσος χρόνος αναμονής	Δείκτης δυσαρέσκειας	Μη εξυπ. πελάτες	Μέγιστος χρόνος αναμονής	Ενεργοί teller	Δείκτης απόδοσης	Ποσοστό εξυπ. πελατών	Εισερχόμενοι πελάτες
...

Σχήμα 38 - Πίνακας ημερήσιων αποτελεσμάτων βελτιστοποίησης

5.3.8 Πίνακας βέλτιστης τοποθέτησης teller ανά λεπτό

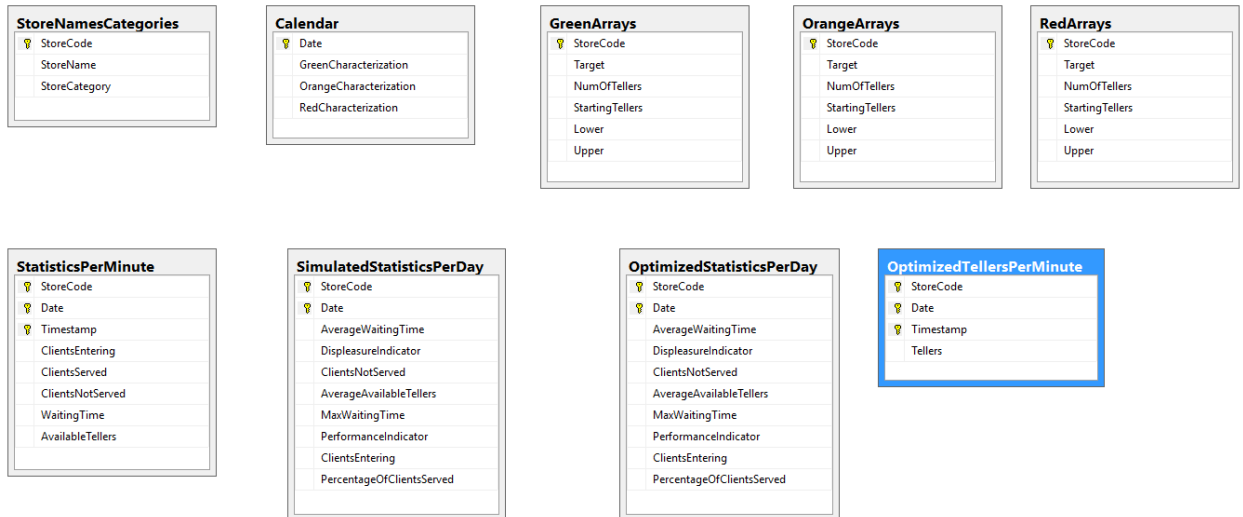
Για λόγους παρατήρησης, κρίθηκε απαραίτητη η αποθήκευση στη βάση δεδομένων της κατανομής των teller ανά λεπτό λειτουργίας κάθε καταστήματος, όπως αυτή προέκυψε από τη μεθοδολογία βέλτιστης τοποθέτησης. Τα απαραίτητα στοιχεία που αποθηκεύονται στη βάση είναι η ημερομηνία, ο κωδικός καταστήματος, η ώρα (λεπτό) της ημέρας και το πλήθος των ενεργών teller εκείνο το λεπτό, όπως προέκυψαν από την εφαρμογή της μεθοδολογίας. Ο αντίστοιχος πίνακας φαίνεται στο επόμενο σχήμα.

Κωδικός καταστήματος	Ημερομηνία	Ώρα (λεπτό) της ημέρας	Ενεργοί teller
...

Σχήμα 39 - Πίνακας βέλτιστης τοποθέτησης teller ανά λεπτό

5.3.9 Διάγραμμα βάσης δεδομένων με το σύνολο των πινάκων

Το διάγραμμα της βάσης δεδομένων, στο οποίο εμφανίζεται το σύνολο των χρησιμοποιούμενων πινάκων, φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Σχήμα 40 - Διάγραμμα βάσης δεδομένων

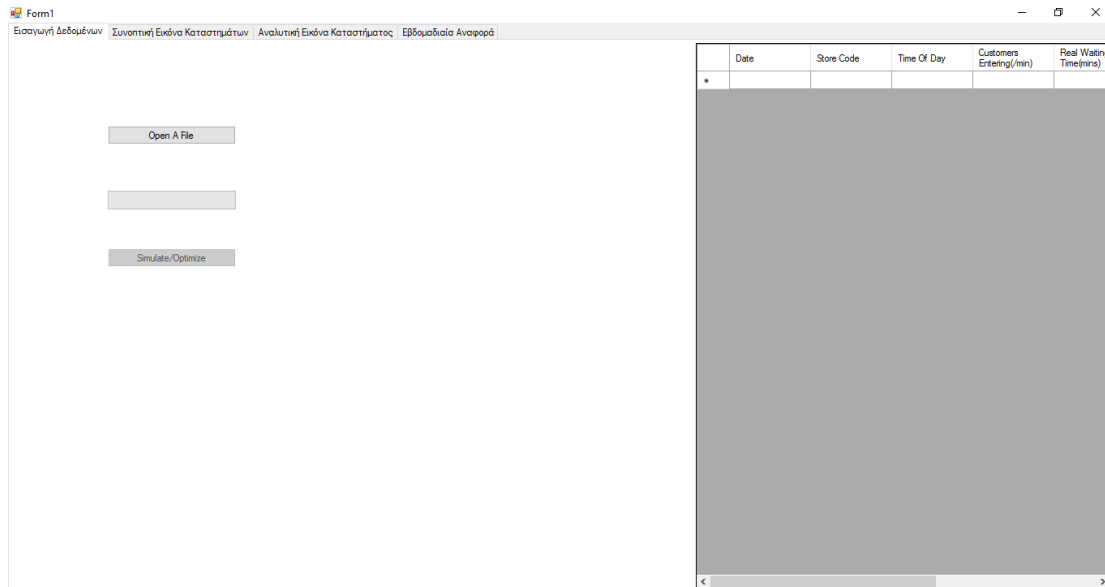
5.4 Παρουσίαση εφαρμογής προσομοίωσης και βελτιστοποίησης

5.4.1 Εισαγωγή

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζεται η λειτουργία της εφαρμογής προσομοίωσης και βελτιστοποίησης των ουρών αναμονής, μέσα από μία σειρά από screenshots που περιγράφουν τις διάφορες δυνατότητές της. Συγκεκριμένα παρουσιάζονται κατά σειρά οι καρτέλες της εφαρμογής, μαζί με τις αντίστοιχες λειτουργίες.

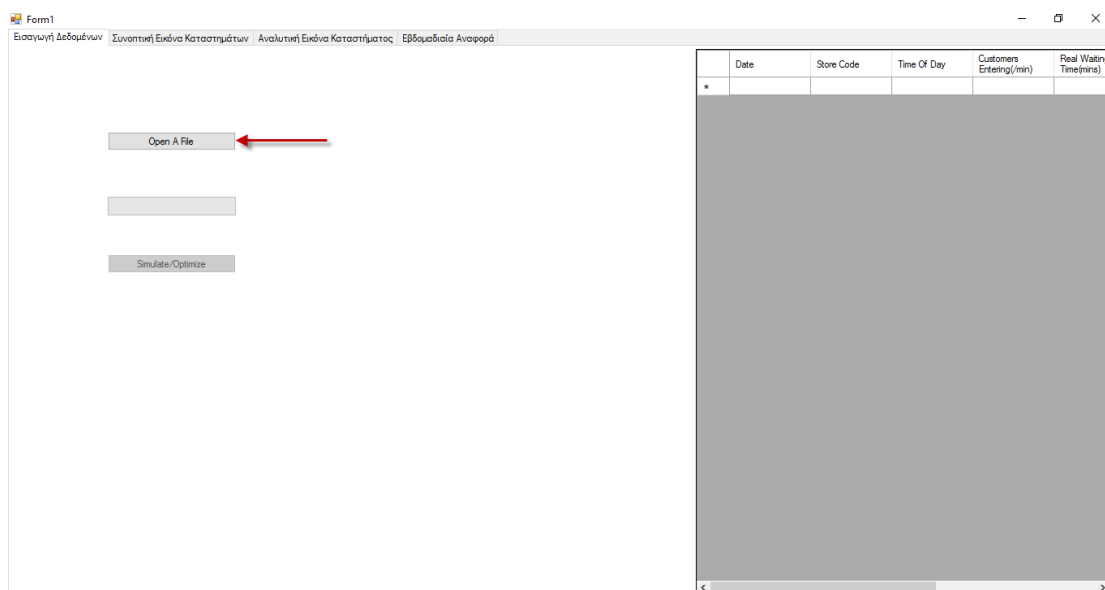
5.4.2 Εισαγωγή Δεδομένων

Μέσω της καρτέλας εισαγωγής δεδομένων, ο χρήστης της εφαρμογής μπορεί να εισάγει κάποιο αρχείο με στοιχεία ανά λεπτό για τις ουρές αναμονής κάποιου καταστήματος. Στην επόμενη εικόνα φαίνεται η αρχική οθόνη της καρτέλας αλλά και της εφαρμογής:



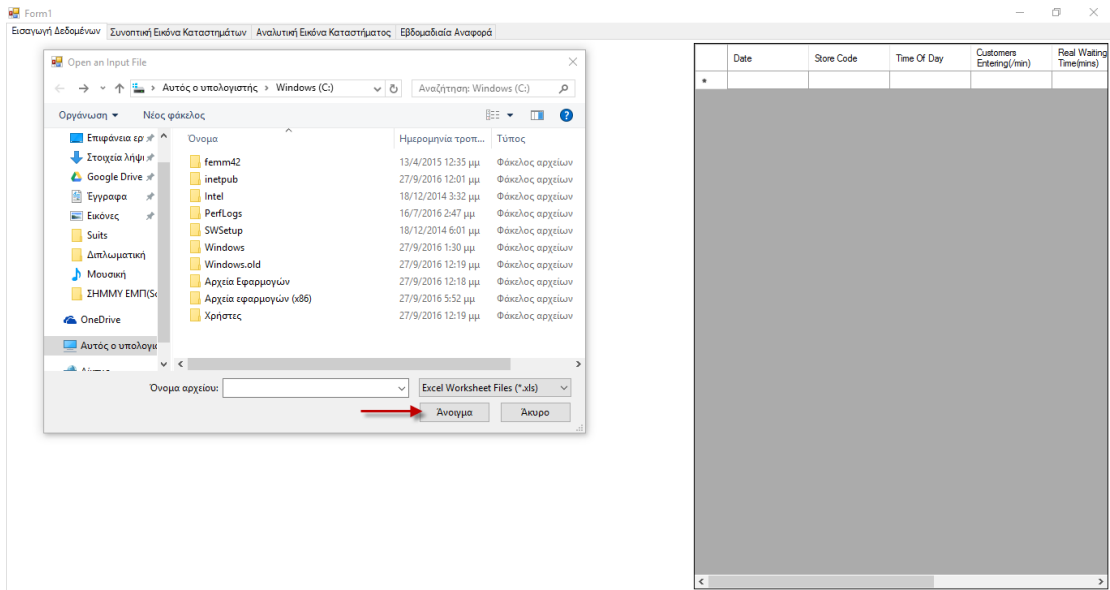
Σχήμα 41 - Αρχική οθόνη καρτέλας εισαγωγής

Στην οθόνη αυτή φαίνεται το πλήκτρο “Open A File”, μέσω του οποίου ο χρήστης μπορεί να εισάγει ένα εξωτερικό αρχείο με στοιχεία ανά λεπτό για τις ουρές αναμονής. Το πλήκτρο φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



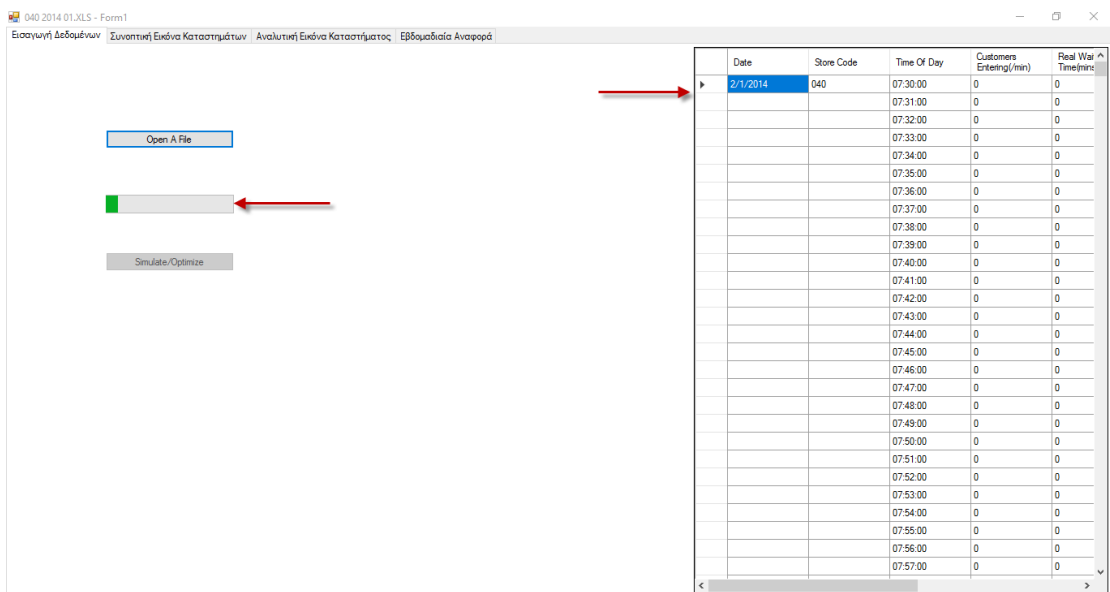
Σχήμα 42 - Πλήκτρο Open A File

Με το πάτημα του πλήκτρου «Open A File», εμφανίζεται ένα παράθυρο μέσω του οποίου ο χρήστης μπορεί να πλοηγηθεί στους φακέλους και στα αρχεία της συσκευής του, και να επιλέξει εκείνο το αρχείο που περιέχει τα στοιχεία που επιθυμεί να εισάγει στο σύστημα. Αφού ο χρήστης εντοπίσει και επιλέξει το αρχείο, η εισαγωγή του στο σύστημα γίνεται με το πάτημα του πλήκτρου «Άνοιγμα», το οποίο τονίζεται στην επόμενη εικόνα.



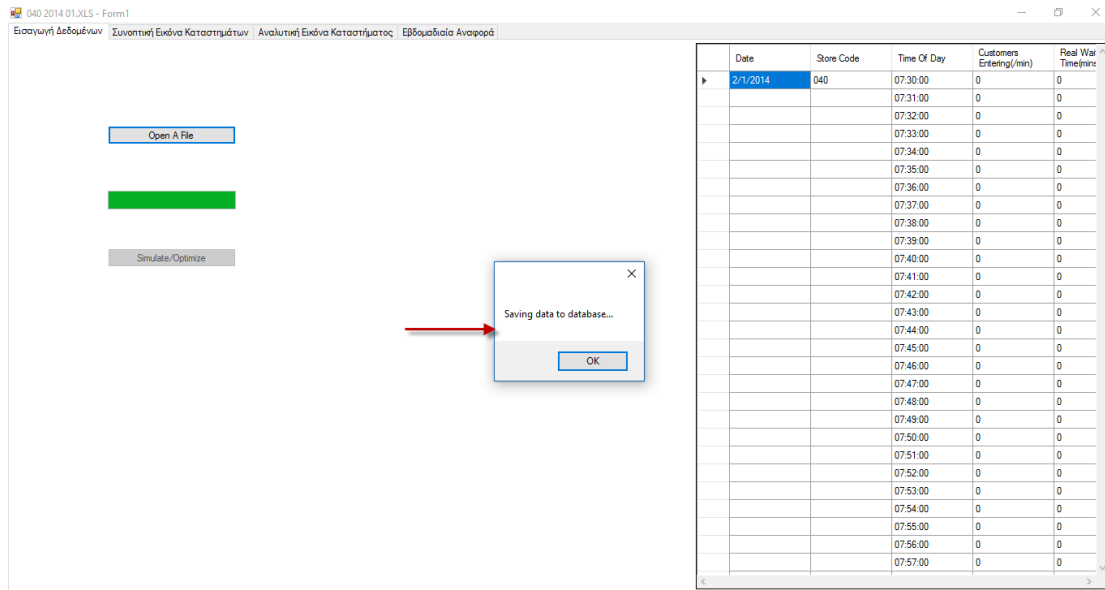
Σχήμα 43 - Οθόνη επιλογής εισαγόμενου αρχείου

Στη συνέχεια, το σύστημα ξεκινά την εισαγωγή του επιλεγμένου αρχείου, και εμφανίζει τα στοιχεία που εισάγονται στον πίνακα στα δεξιά της οθόνης. Για την ενημέρωση του χρήστη για την πρόοδο εισαγωγής του αρχείου του, χρησιμοποιείται η μπάρα προόδου που τονίζεται στην επόμενη εικόνα, μαζί με τον πίνακα εισαγωγής των στοιχείων.



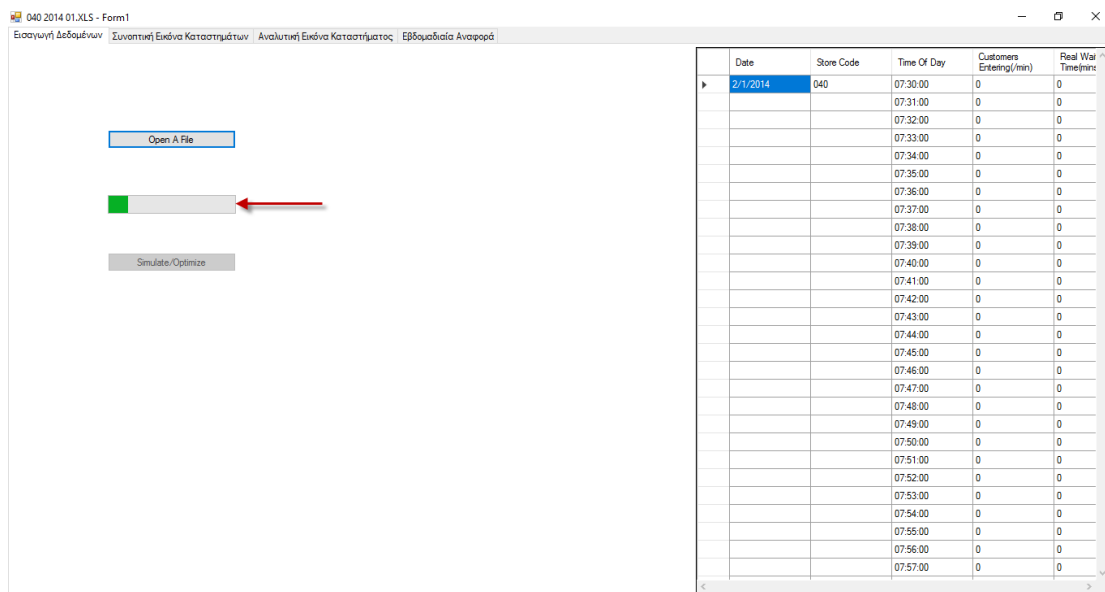
Σχήμα 44 - Πίνακας εισαγωγής δεδομένων και μπάρα προόδου

Με την ολοκλήρωση της διαδικασίας εισαγωγής του επιλεγμένου αρχείου στο σύστημα, εμφανίζεται το παρακάτω μήνυμα, το οποίο ενημερώνει το χρήστη πως τα δεδομένα που εισάχθηκαν αποθηκεύονται στη βάση δεδομένων, όπως φαίνεται στην επόμενη εικόνα:



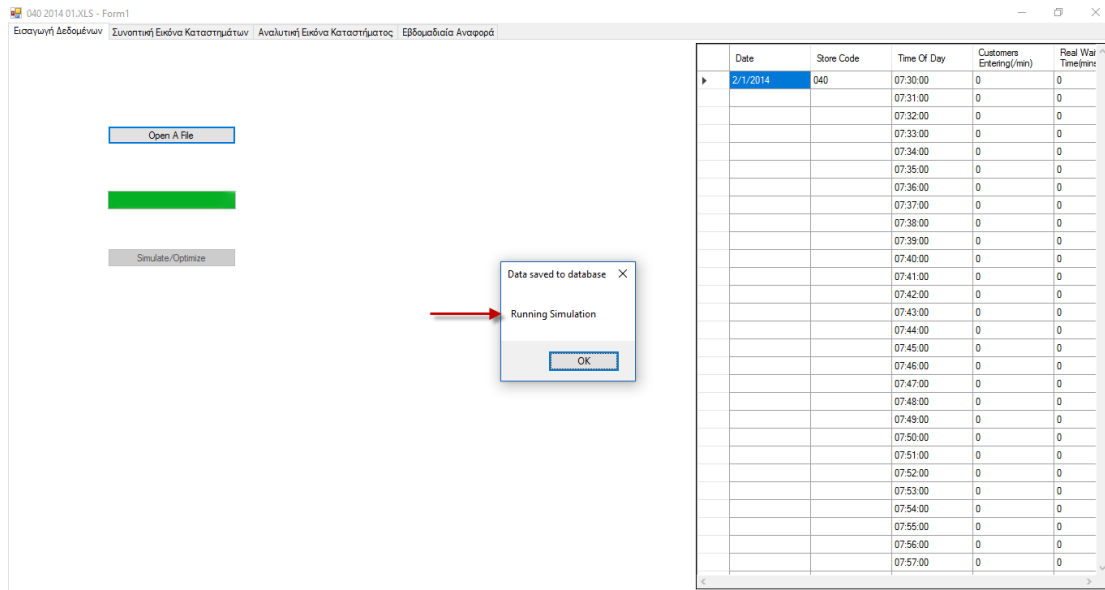
Σχήμα 45 - Μήνυμα ενημέρωσης χρήστη για την αποθήκευση των στοιχείων στη βάση δεδομένων

Τώρα, η μπάρα προόδου αρχικοποιείται και χρησιμοποιείται για την ενημέρωση του χρήστη για την πρόοδο αποθήκευσης των στοιχείων στη βάση δεδομένων:



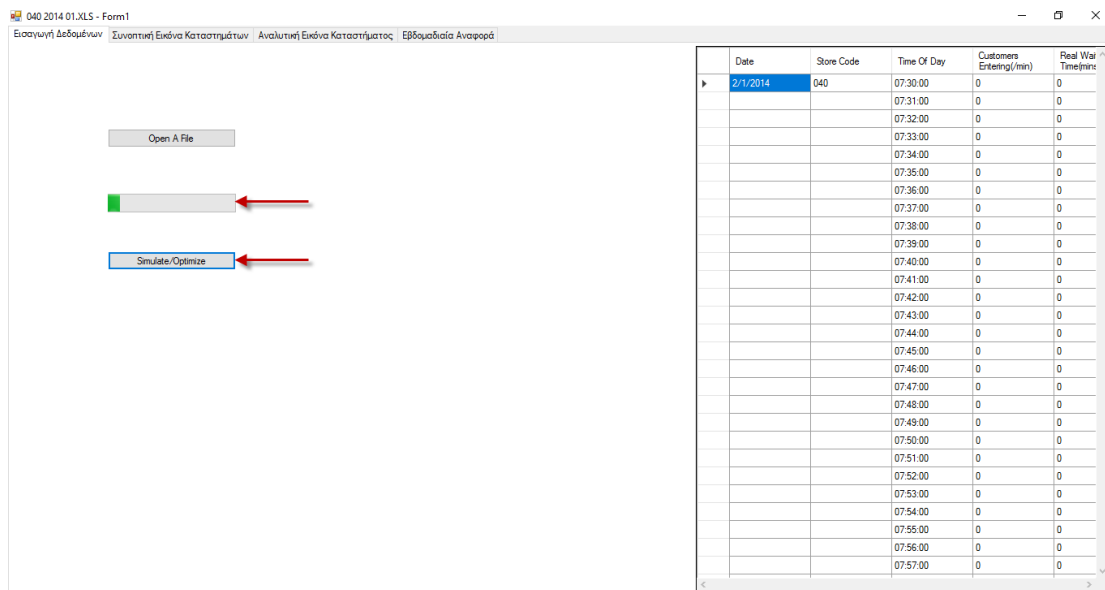
Σχήμα 46 - Ενημέρωση χρήστη για την πρόοδο αποθήκευσης των στοιχείων στη βάση δεδομένων

Μετά την αποθήκευση των στοιχείων στη βάση, εμφανίζεται το παρακάτω ενημερωτικό μήνυμα, το οποίο ενημερώνει το χρήστη για την επιτυχή αποθήκευση των δεδομένων. Επίσης, ο χρήστης ενημερώνεται πως πλέον μπορεί να εφαρμόσει τη διαδικασία προσομοίωσης και βελτιστοποίησης των ουρών αναμονής στα εισαχθέντα δεδομένα, μέσω του πλήκτρου «Simulate/Optimize» το οποίο ενεργοποιείται.



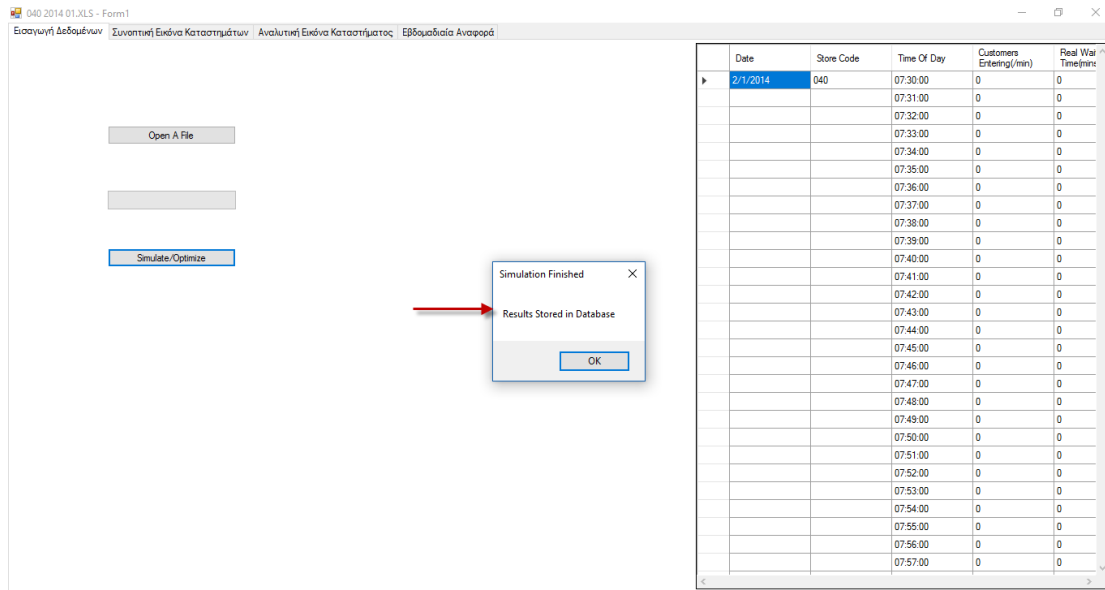
Σχήμα 47 - Ενημερωτικό μήνυμα επιτυχούς εισαγωγής δεδομένων στη βάση και ενεργοποίησης δυνατότητας προσομοίωσης

Με το πάτημα λοιπόν του πλήκτρου «Simulate/Optimize» ξεκινά η διαδικασία προσομοίωσης και βελτιστοποίησης των δεδομένων που εισάχθηκαν για τις ουρές αναμονής. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται για κάθε εργάσιμη ημέρα που περιέχει το αρχείο εισαγωγής. Ο χρήστης ενημερώνεται για την πρόοδο της διαδικασίας μέσω της μπάρας προόδου, όπως φαίνεται και στην επόμενη εικόνα.



Σχήμα 48 - Πλήκτρο Simulate/Optimize και μπάρα προόδου διαδικασίας

Με την ολοκλήρωση της διαδικασίας προσομοίωσης και βελτιστοποίησης των ουρών αναμονής, εμφανίζεται το παρακάτω ενημερωτικό μήνυμα επιτυχούς ολοκλήρωσης:

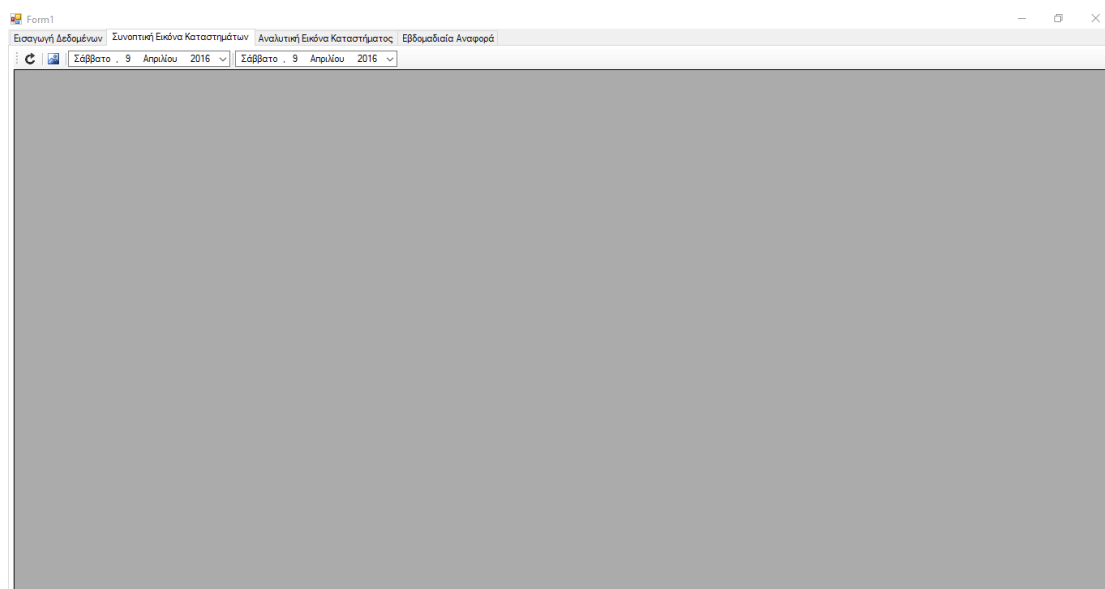


Σχήμα 49 - Ενημερωτικό μήνυμα επιτυχούς ολοκλήρωσης διαδικασίας προσομοίωσης/βελτιστοποίησης

Σε περίπτωση που ο χρήστης θέλει τώρα να εισάγει κάποιο νέο αρχείο στο σύστημα, τότε πατώντας το πλήκτρο “Open A File” το σύστημα αρχικοποιείται και η παραπάνω διαδικασία μπορεί να επαναληφθεί.

5.4.3 Συνοπτική εικόνα καταστημάτων (Monitoring)

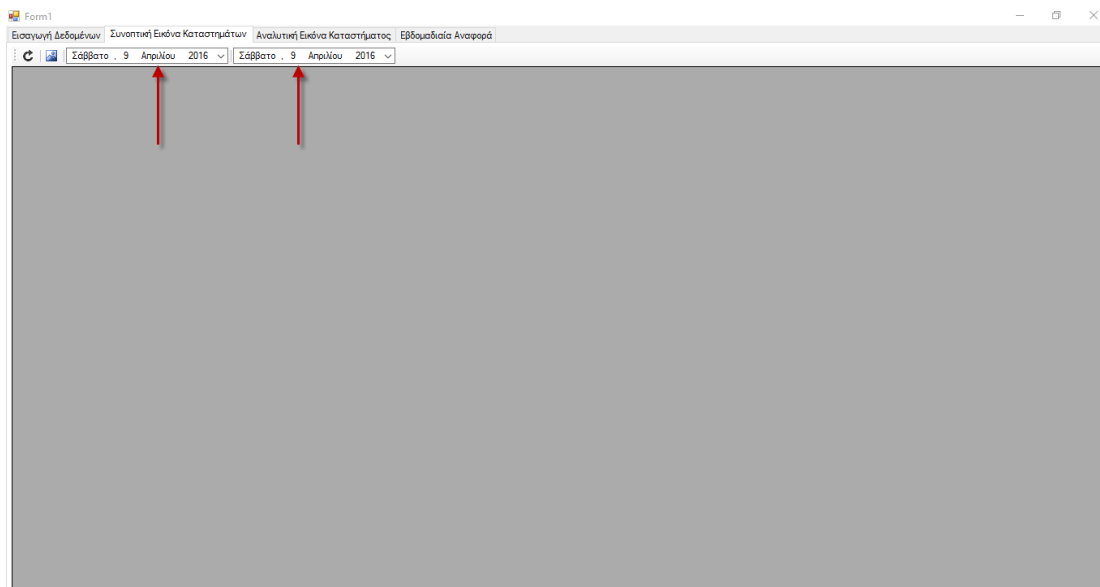
Μέσω της καρτέλας συνοπτικής εικόνας καταστημάτων, ο χρήστης μπορεί να ανακτήσει τα στατιστικά στοιχεία για τις ουρές αναμονής των καταστημάτων για τα οποία υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία. Η αρχική οθόνη της καρτέλας φαίνεται στην επόμενη εικόνα.



Σχήμα 50 - Αρχική οθόνη monitoring

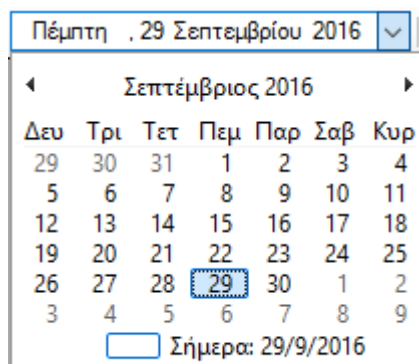
Στην οθόνη αυτή, ο χρήστης μπορεί να ανακτήσει τους μέσους όρους των στατιστικών στοιχείων της προσομοίωσης (για τα καταστήματα για τα οποία υπάρχουν στοιχεία), για ένα

συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, συμπληρώνοντας τους επιλογείς ημερομηνιών που φαίνονται στην επόμενη εικόνα. Ο πρώτος επιλογέας αντιπροσωπεύει την αρχική ημερομηνία του χρονικού διαστήματος που θέλει να παρατηρήσει ο χρήστης, ενώ ο δεύτερος την ημερομηνία στην οποία τελειώνει το διάστημα αυτό. Οι επιλογείς τονίζονται στην επόμενη εικόνα.



Σχήμα 51 - Επιλογείς ημερομηνιών διαστήματος

Η λειτουργία του επιλογέα φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Σχήμα 52 - Επιλογέας ημερομηνιών

Με το πάτημα του βέλους στο άκρο του πλαισίου ημερομηνίας στο πάνω μέρος της εικόνας, εμφανίζεται το ημερολόγιο που φαίνεται στο κάτω μέρος της εικόνας, από το οποίο μπορεί ο χρήστης να επιλέξει την επιθυμητή ημερομηνία. Πατώντας στο διάστημα των ημερομηνιών που εμφανίζεται στην κορυφή του ημερολογίου (εδώ Σεπτέμβριος 2016), το ημερολόγιο αλλάζει διάστημα και εμφανίζει το αμέσως μεγαλύτερο ημερολογιακό διάστημα. Για παράδειγμα, αν στην παραπάνω εικόνα ο χρήστης πατήσει πάνω στην επιγραφή Σεπτέμβριος 2016, τότε θα εμφανιστούν οι μήνες του έτους 2016, απ' όπου, επιλέγοντας και πάλι κάποιο μήνα θα εμφανιστεί μία εικόνα παρόμοια με την παραπάνω, αλλά για το μήνα που επιλέχθηκε.

Με τη συμπλήρωση των ημερομηνιών, το σύστημα ανακτά τα ζητούμενα στοιχεία από τη βάση δεδομένων και τα τοποθετεί στο πλέγμα (grid) της εφαρμογής, όπως φαίνεται στην επόμενη εικόνα. Κάθε γραμμή του πίνακα περιέχει τους μέσους όρους των στατιστικών στοιχείων κάποιου καταστήματος, για το διάστημα που ζητήθηκε. Πιο συγκεκριμένα, τα εμφανιζόμενα στοιχεία είναι τα εξής:

- Κωδικός καταστήματος
- Μέσος χρόνος αναμονής (Προσομοίωση)
- Δείκτης δυσαρέσκειας (Προσομοίωση)
- Μη εξυπηρετηθέντες πελάτες (Προσομοίωση)
- Μέγιστος χρόνος αναμονής (Προσομοίωση)
- Μέσοι ημερήσιοι teller (Προσομοίωση)
- Δείκτης απόδοσης (Προσομοίωση)
- Πλήθος ημερών ανακτηθέντος διαστήματος

Κωδικός Καταστήματος	Μέσος Χρόνος Αναμονής	Δείκτης Δυσάρεσκειας	Μη Εξυπηρετηθέντες Πελάτες	Μέγιστος Χρόνος Αναμονής	Μέσοι Ημερήσιοι Tellers	Δείκτης Απόδοσης	Πλήθος Ημερών
040	26.94	84.68	118	58.18	6.97	6.11	245
046	31.96	47.64	61	67.35	1.93	9	246
064	35.77	57.97	70	72.78	2.52	6.47	246
070	25.59	35.58	53	61.14	1.85	9.87	244
073	31.56	47.05	66	63.8	2.5	6.11	245
075	18.19	24.65	55	43.05	2.54	9.95	242
080	26.73	62.26	100	55.24	4.75	5.81	247
084	46.02	97.57	98	89.1	3	4.55	248
086	27.7	44.47	65	57.51	2.44	9.68	247
092	22.47	34.05	59	50.49	2.45	8.83	248
095	32.56	48.42	60	68.62	1.97	7.8	246
097	17.48	19.76	45	43.52	2.35	9.98	247
099	20.87	30	61	48.54	2.74	8.53	247
109	29.31	49	72	61.64	2.61	7.38	246
113	23.43	35.6	64	52.54	2.35	10.36	246
118	18.77	18.98	44	44.77	2.03	9.08	246
121	16.28	22.89	57	40.38	3.02	9.27	222
127	19.59	24.01	45	46.05	2.82	10.03	226
130	42.78	72.15	76	83.86	2.06	5.66	246
134	24.97	44.29	68	55.71	2.53	11.77	246
137	46.35	167.92	173	89.51	4.38	5.03	247
139	18.25	23.19	54	44.53	3.73	7.03	248
144	23.11	32.08	52	53.15	2.21	9.37	248
146	16.97	16.01	39	43.53	2.09	8.04	245
147	16.5	23.85	62	40.01	3.07	10.07	206
150	26.41	42.84	72	56.74	3.32	7.51	205
151	28.32	48.41	74	60.95	3.74	6.21	244
154	37.79	63.46	75	77.03	2.82	4.74	247

Σχήμα 53 - Ανακτηθέντα στατιστικά στοιχεία

Στη συνέχεια, και σε περίπτωση που κάποιος χρήστης επιθυμεί να εισάγει κάποιο νέο αρχείο από την καρτέλα εισαγωγής και να ανανεώσει τα ήδη εμφανιζόμενα στατιστικά στοιχεία στην καρτέλα συνοπτικής εικόνας καταστημάτων, τότε αρκεί να πιέσει το πλήκτρο Refresh που φαίνεται στην επόμενη εικόνα.

Form1

Εισαγωγή Δεδομένων Συνοπτική Εικόνα Καταστημάτων Αναλυτική Εικόνα Καταστημάτων Εβδομαδιαία Αναφορά

Τετάρτη 1 Ιανουαρίου 2014 Τετάρτη 31 Δεκεμβρίου 2014

Κωδικός Καταστήματος	Μέσος Χρόνος Αναμονής	Δείκτης Διασφάλισης	Μη Εμπνερισθέντες Πελάτες	Μέγιστος Χρόνος Αναμονής	Μέσοι Ημερήσιοι Tellers	Δείκτης Απόδοσης	Πλήθος Ημερών
040	26.94	84.68	118	58.18	6.97	6.11	245
046	31.96	47.64	61	67.35	1.93	9	246
064	35.77	57.97	70	72.78	2.52	6.47	246
070	25.59	35.58	53	61.14	1.85	9.87	244
073	31.56	47.05	66	63.8	2.5	6.11	245
075	18.19	24.65	55	43.05	2.54	9.95	242
080	26.73	62.26	100	55.24	4.75	5.81	247
084	46.02	97.57	98	89.1	3	4.55	248
086	27.7	44.47	65	57.51	2.44	9.68	247
092	22.47	34.05	59	50.49	2.45	8.83	248
095	32.56	48.42	60	68.62	1.97	7.8	246
097	17.48	19.76	45	43.52	2.35	9.98	247
099	20.87	30	61	48.54	2.74	8.53	247
109	29.31	49	72	61.64	2.61	7.38	246
113	23.43	35.6	64	52.54	2.35	10.36	246
118	18.77	18.98	44	44.77	2.03	9.08	246
121	16.28	22.89	57	40.38	3.02	9.27	222
127	19.59	24.01	45	46.05	2.82	10.03	226
130	42.78	72.15	76	83.86	2.06	5.66	246
134	24.97	44.29	68	55.71	2.53	11.77	246
137	46.35	167.92	173	89.51	4.38	5.03	247
139	18.25	23.19	54	44.53	3.73	7.03	248
144	23.11	32.08	52	53.15	2.21	9.37	248
146	16.97	16.01	39	43.53	2.09	8.04	245
147	16.5	23.85	62	40.01	3.07	10.07	206
150	26.41	42.84	72	56.74	3.32	7.51	205
151	28.32	48.41	74	60.95	3.74	6.21	244
154	37.79	63.46	75	77.03	2.82	4.74	247

Σχήμα 54 - Πλήκτρο Refresh

Επίσης, αν κάποιος χρήστης επιθυμεί να αρχικοποιήσει τον πίνακα στατιστικών στοιχείων της εφαρμογής και να εισάγει κάποιο νέο διάστημα παρουσίασης των διαθέσιμων στατιστικών στοιχείων, τότε αρκεί να πατήσει το πλήκτρο Clear που φαίνεται στην επόμενη εικόνα.

Form1

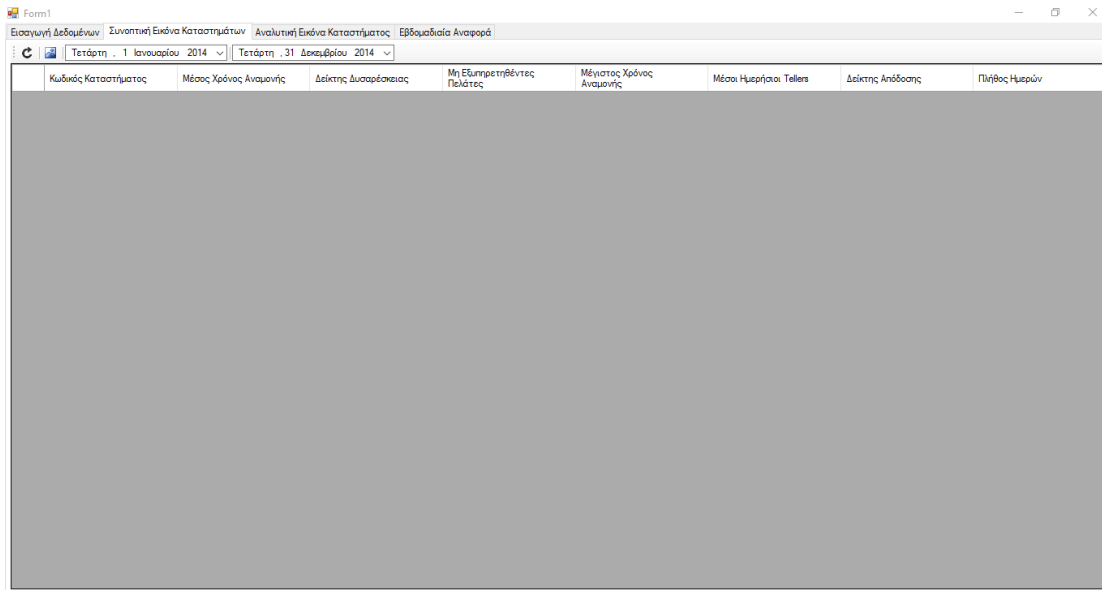
Εισαγωγή Δεδομένων Συνοπτική Εικόνα Καταστημάτων Αναλυτική Εικόνα Καταστημάτων Εβδομαδιαία Αναφορά

Τετάρτη 1 Ιανουαρίου 2014 Τετάρτη 31 Δεκεμβρίου 2014

Κωδικός Καταστήματος	Μέσος Χρόνος Αναμονής	Δείκτης Διασφάλισης	Μη Εμπνερισθέντες Πελάτες	Μέγιστος Χρόνος Αναμονής	Μέσοι Ημερήσιοι Tellers	Δείκτης Απόδοσης	Πλήθος Ημερών
040	26.94	84.68	118	58.18	6.97	6.11	245
046	31.96	47.64	61	67.35	1.93	9	246
064	35.77	57.97	70	72.78	2.52	6.47	246
070	25.59	35.58	53	61.14	1.85	9.87	244
073	31.56	47.05	66	63.8	2.5	6.11	245
075	18.19	24.65	55	43.05	2.54	9.95	242
080	26.73	62.26	100	55.24	4.75	5.81	247
084	46.02	97.57	98	89.1	3	4.55	248
086	27.7	44.47	65	57.51	2.44	9.68	247
092	22.47	34.05	59	50.49	2.45	8.83	248
095	32.56	48.42	60	68.62	1.97	7.8	246
097	17.48	19.76	45	43.52	2.35	9.98	247
099	20.87	30	61	48.54	2.74	8.53	247
109	29.31	49	72	61.64	2.61	7.38	246
113	23.43	35.6	64	52.54	2.35	10.36	246
118	18.77	18.98	44	44.77	2.03	9.08	246
121	16.28	22.89	57	40.38	3.02	9.27	222
127	19.59	24.01	45	46.05	2.82	10.03	226
130	42.78	72.15	76	83.86	2.06	5.66	246
134	24.97	44.29	68	55.71	2.53	11.77	246
137	46.35	167.92	173	89.51	4.38	5.03	247
139	18.25	23.19	54	44.53	3.73	7.03	248
144	23.11	32.08	52	53.15	2.21	9.37	248
146	16.97	16.01	39	43.53	2.09	8.04	245
147	16.5	23.85	62	40.01	3.07	10.07	206
150	26.41	42.84	72	56.74	3.32	7.51	205
151	28.32	48.41	74	60.95	3.74	6.21	244
154	37.79	63.46	75	77.03	2.82	4.74	247

Σχήμα 55 - Πλήκτρο Clear

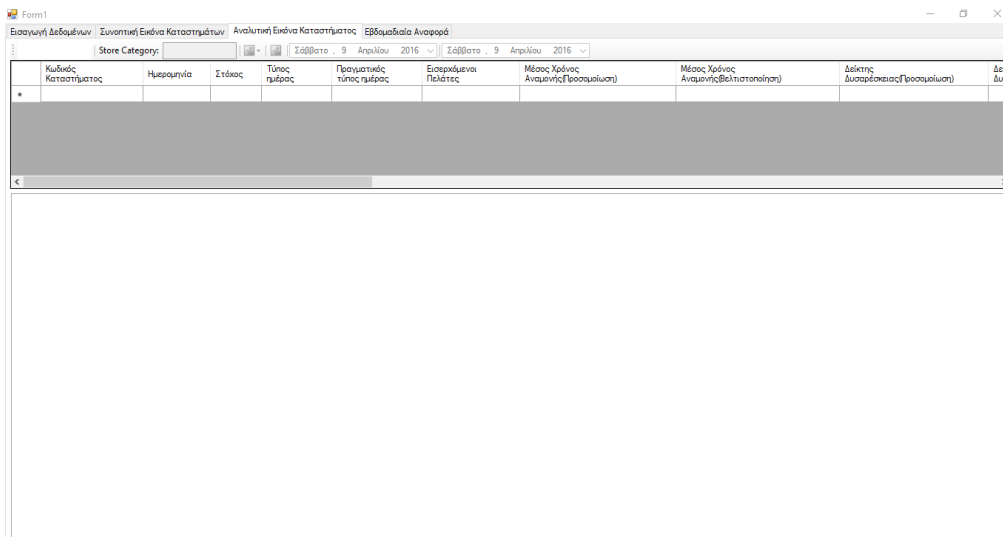
Σε περίπτωση που πατηθεί το πλήκτρο Clear, η καρτέλα συνοπτικής εικόνας καταστημάτων επανέρχεται στην αρχική της κατάσταση. Τώρα, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να επαναλάβει την παραπάνω διαδικασία για το νέο διάστημα που επιθυμεί να παρατηρήσει.



Σχήμα 56 - Επαναφορά στην αρχική οθόνη

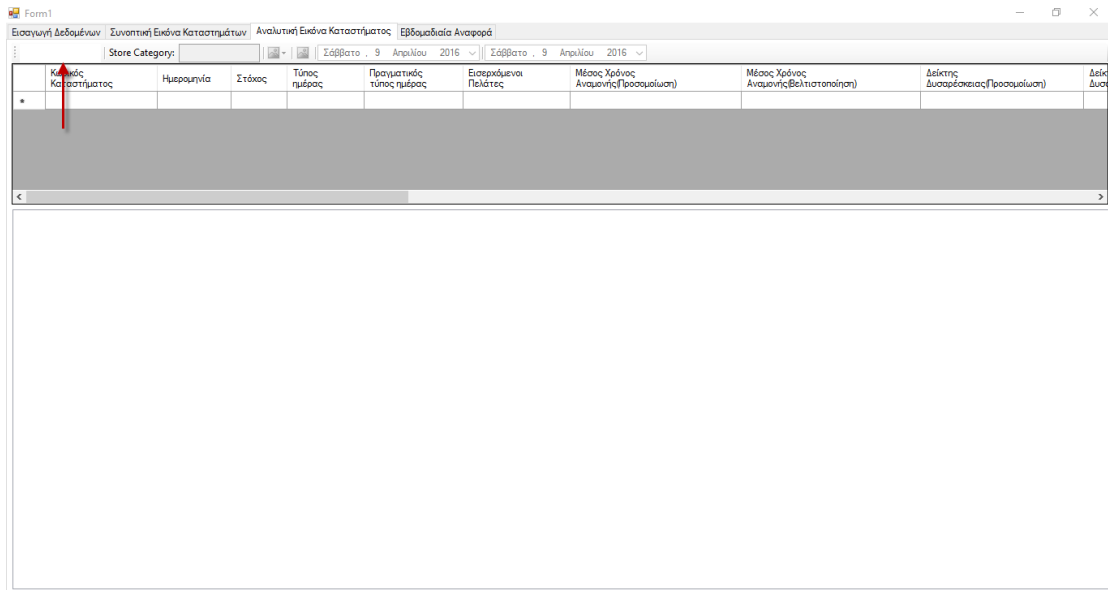
5.4.4 Αναλυτική εικόνα καταστήματος

Στην καρτέλα αναλυτικής εικόνας καταστήματος ο χρήστης μπορεί να ανακτήσει ημερήσια στατιστικά στοιχεία για τις ουρές αναμονής κάποιου καταστήματος και για κάποιο συγκεκριμένο διάστημα (για το οποίο είναι διαθέσιμα), τόσο από την προσομοίωση, όσο και από τη βελτιστοποίηση των ουρών αναμονής. Τα στοιχεία αυτά μπορούν επίσης να παρασταθούν και σε διάγραμμα. Η αρχική οθόνη της καρτέλας αναλυτικής εικόνας καταστήματος φαίνεται στην επόμενη εικόνα.



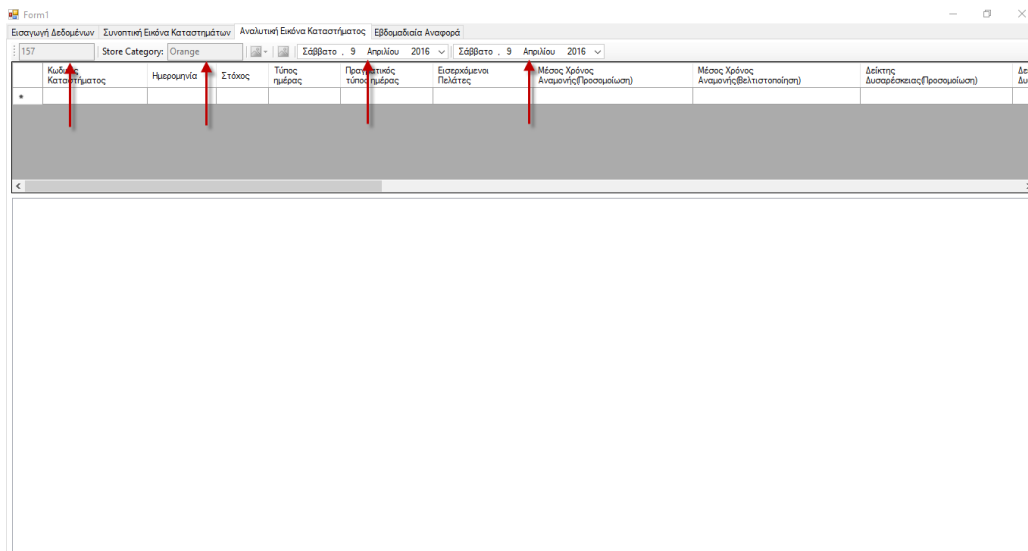
Σχήμα 57 - Αρχική οθόνη αναλυτικής εικόνας καταστήματος

Στην οθόνη αυτή, ο χρήστης αρχικά συμπληρώνει τον κωδικό του καταστήματος στο πεδίο που τονίζεται στην επόμενη εικόνα.



Σχήμα 58 - Πεδίο συμπλήρωσης κωδικού καταστήματος

Μετά τη συμπλήρωση του κωδικού του καταστήματος, και σε περίπτωση που αυτός είναι ορθός, το σύστημα ανακτά την κατηγορία του καταστήματος (πράσινο, πορτοκαλί, ή κόκκινο) και ενεργοποιεί τους επιλογείς ημερομηνιών, από τους οποίους μπορεί ο χρήστης να καθορίσει το διάστημα για το οποίο θα ανακτηθούν τα ημερήσια στατιστικά στοιχεία. Η κατηγορία του καταστήματος και οι επιλογείς ημερομηνιών τονίζονται στην επόμενη εικόνα. Η λειτουργία των επιλογένων ημερομηνιών είναι όμοια με αυτή της καρτέλας συνοπτικής εικόνας καταστημάτων.



Σχήμα 59 - Κατηγορία καταστήματος, επιλογείς ημερομηνιών

Μετά την επιλογή των ημερομηνιών, το σύστημα ανακτά τα ημερήσια στατιστικά στοιχεία (προσομείωση και βελτιστοποίηση) του επιλεγέντος καταστήματος και τα τοποθετεί στον πίνακα που φαίνεται στην επόμενη εικόνα. Τα στοιχεία αυτά είναι τα εξής:

- Κωδικός καταστήματος

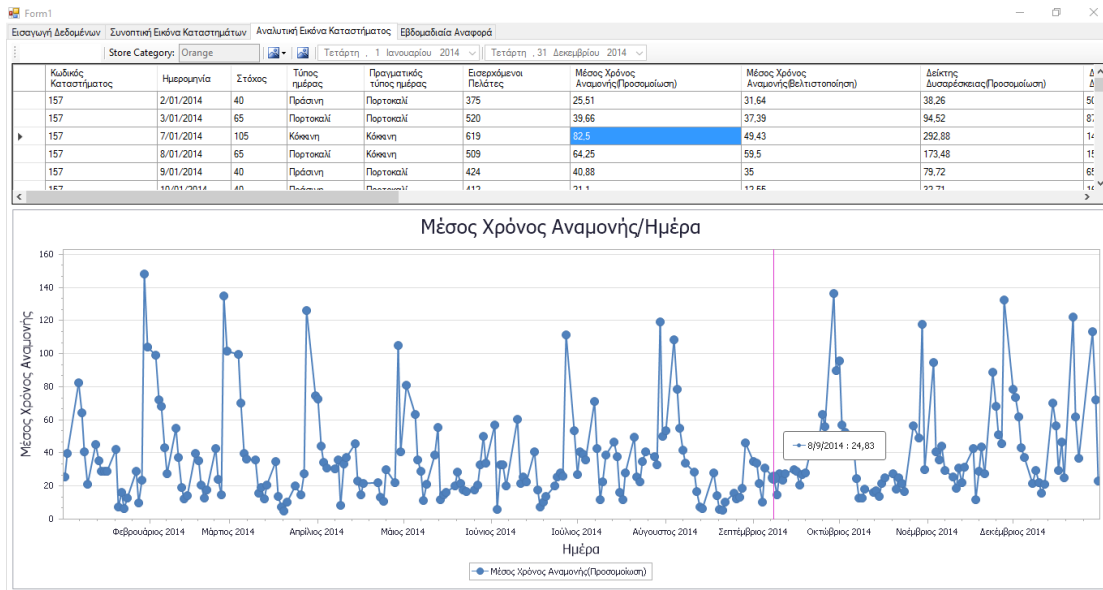
- Ημερομηνία
- Στόχος για το μέγιστο χρόνο αναμονής όπως προκύπτει από τον πίνακα καταστήματος
- Τύπος ημέρας όπως προκύπτει από το ημερολόγιο και την κατηγορία καταστήματος
- Πραγματικός τύπος ημέρας ανάλογα με την τιμή του δείκτη δυσαρέσκειας
- Εισερχόμενοι πελάτες
- Μέσος χρόνος αναμονής (Προσομοίωση και βελτιστοποίηση)
- Δείκτης δυσαρέσκειας (Προσομοίωση και βελτιστοποίηση)
- Μη εξυπηρετηθέντες πελάτες (Προσομοίωση και βελτιστοποίηση)
- Ενεργοί teller (Προσομοίωση και βελτιστοποίηση)
- Μέγιστος χρόνος αναμονής (Προσομοίωση και βελτιστοποίηση)
- Δείκτης απόδοσης (Προσομοίωση και βελτιστοποίηση)
- Ποσοστό εξυπηρετηθέντων πελατών (Προσομοίωση και βελτιστοποίηση)

Κάποια από τα στοιχεία φαίνονται και στην επόμενη εικόνα:

Κωδικός Καστήματος	Ημερομηνία	Στόχος	Τύπος ημέρας	Πραγματικός τύπος ημέρας	Εισερχόμενοι Πελάτες	Μέσος Χρόνος Αναμονής(Προσομύωση)	Μέσος Χρόνος Αναμονής(Βελτιστοποίηση)	Δείκτης Δυσαρέσκειας(Προσομύωση)	Δ
157	2/01/2014	40	Πράσινη	Πορτοκαλί	375	25.51	31.64	38.26	5f
157	3/01/2014	65	Πορτοκαλί	Πορτοκαλί	520	39.66	37.39	94.52	6f
157	7/01/2014	105	Κόκκινη	Κόκκινη	619	82.5	49.43	292.88	1f
157	8/01/2014	65	Πορτοκαλί	Κόκκινη	509	64.25	59.5	173.48	1f
157	9/01/2014	40	Πράσινη	Πορτοκαλί	424	40.88	35	79.72	6f
157	10/01/2014	40	Πράσινη	Πορτοκαλί	413	31.1	17.66	37.71	1f

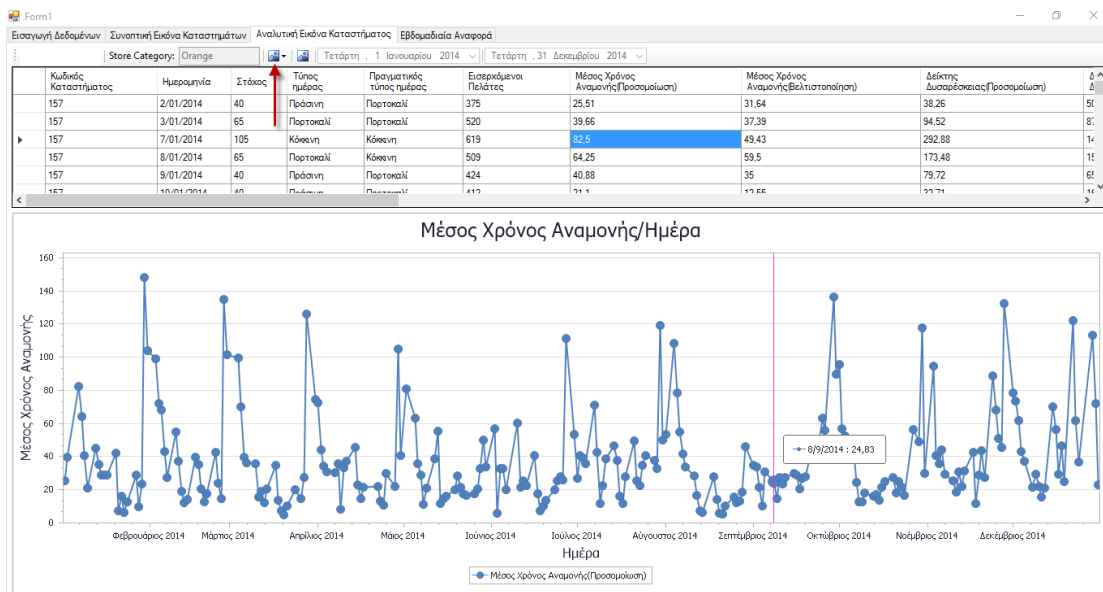
Σχήμα 60 - Αναλυτικά στατιστικά στοιχεία καταστήματος

Στη συνέχεια, ο χρήστης μπορεί να απεικονίσει σε διάγραμμα κάποιο από τα ανακτηθέντα στατιστικά στοιχεία, πατώντας σε κάποιο κελί της αντίστοιχης στήλης. Για παράδειγμα, σε περίπτωση που ο χρήστης θέλει να απεικονίσει σε διάγραμμα τη χρονοσειρά του μέσου χρόνου αναμονής (Προσομοίωση) στο διάστημα που ανακτήθηκε, τότε πατώντας σε κελί της αντίστοιχης στήλης εμφανίζεται στο διάγραμμα κάτω από τον πίνακα η ακόλουθη εικόνα:



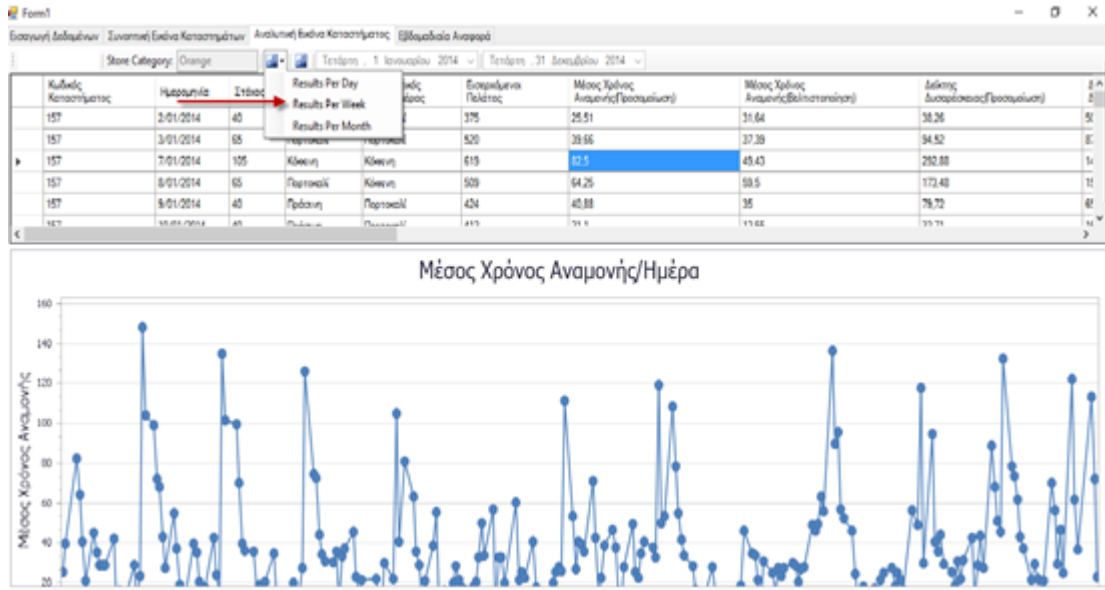
Σχήμα 61 - Απεικόνιση χρονοσειρών σε διάγραμμα

Όπως όμως είναι φανερό, σε περίπτωση που το ζητούμενο διάστημα είναι μεγάλο, η χρονοσειρά των στατιστικών στοιχείων ανά ημέρα είναι δύσκολο να παρατηρηθεί και να εξαχθούν συμπεράσματα από αυτή. Έτσι, με το πλήκτρο που τονίζεται στην επόμενη εικόνα, ο χρήστης μπορεί να απεικονίσει τα στατιστικά στοιχεία ανά μεγαλύτερα διαστήματα, για παράδειγμα ανά βδομάδα.



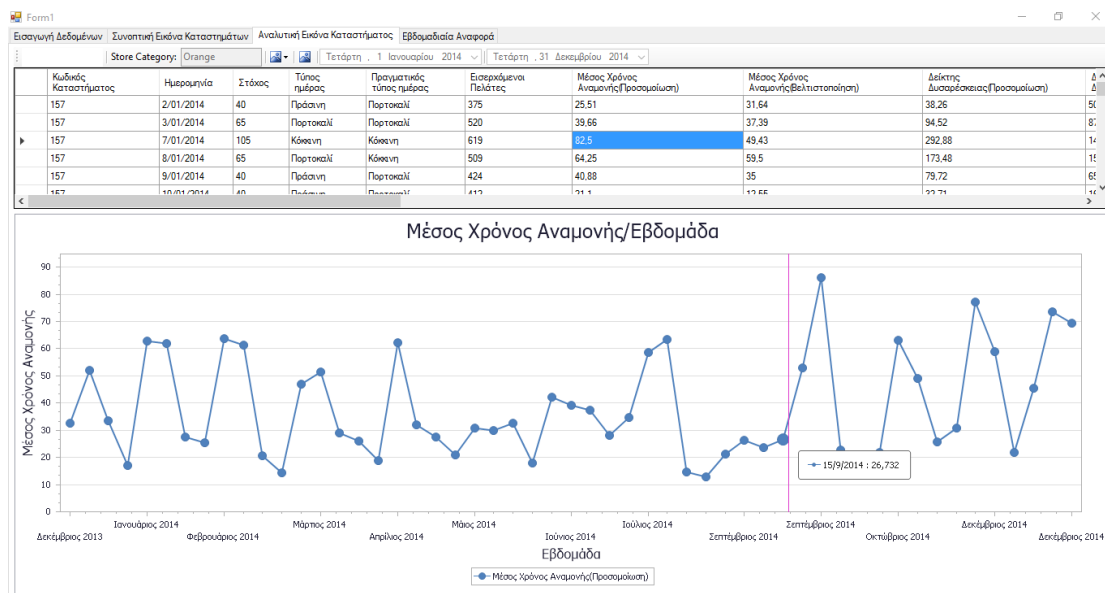
Σχήμα 62 - Πλήκτρο αλλαγής διαστήματος εμφάνισης στοιχείων

Πατώντας το πλήκτρο, εμφανίζονται οι επιλογές απεικόνισης των στοιχείων ανά ημέρα, ανά εβδομάδα, ή ανά μήνα:



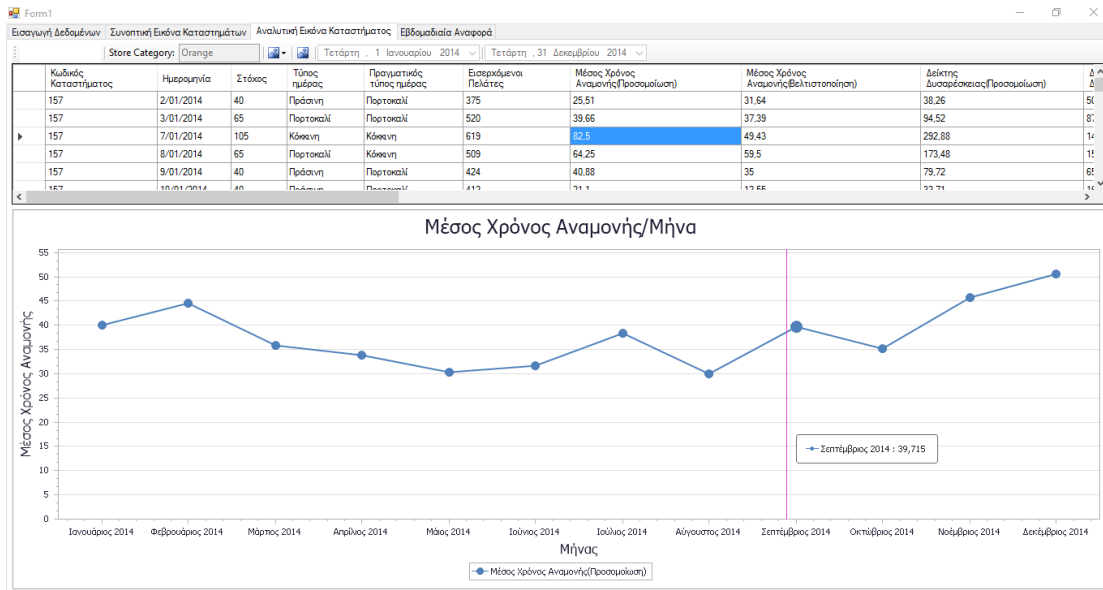
Σχήμα 63 - Επιλογή διαστήματος αναπαράστασης

Έτσι, αν ενώ απεικονίζονται τα στατιστικά στοιχεία της προηγούμενης εικόνας ανά ημέρα, επιλεγεί η απεικόνιση ανά εβδομάδα, η νέα εικόνα είναι η επόμενη:



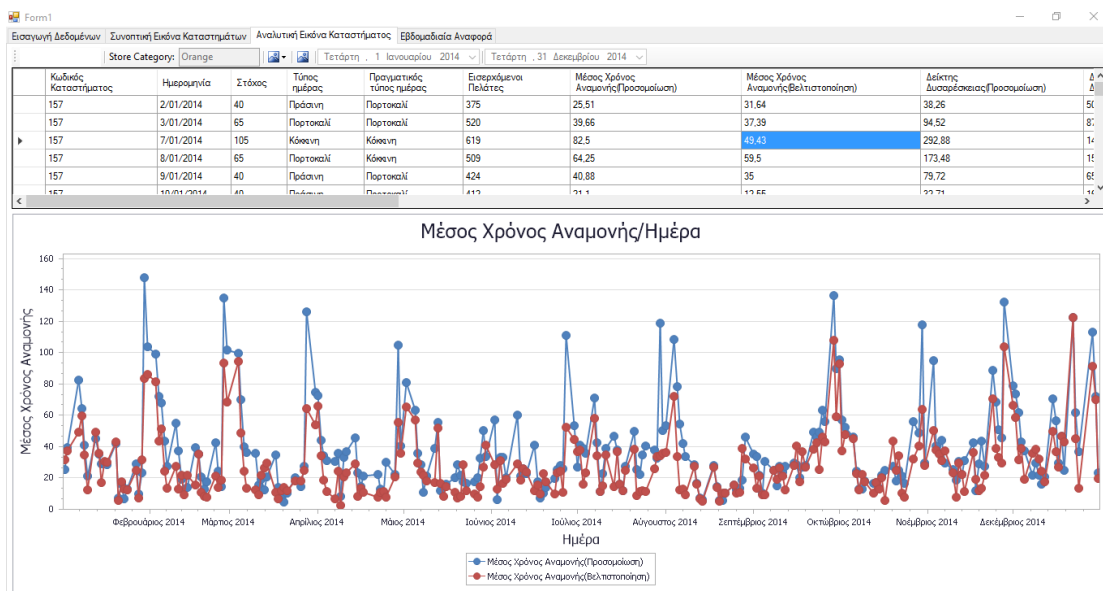
Σχήμα 64 - Απεικόνιση στοιχείων ανά εβδομάδα

Αντίστοιχα, αν επιλεγεί η απεικόνιση ανά μήνα, η νέα εικόνα είναι η παρακάτω:



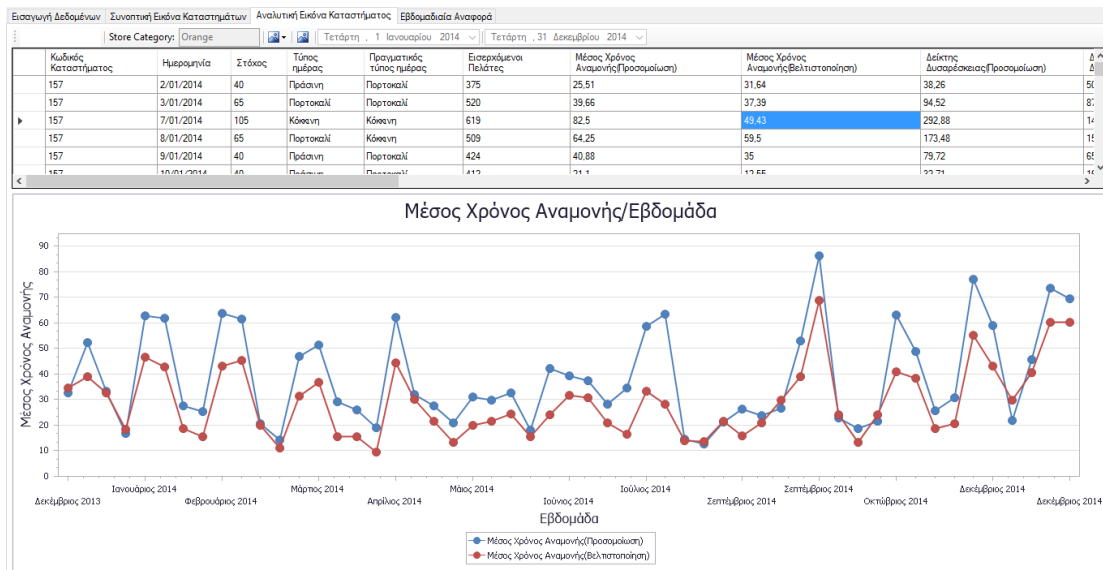
Σχήμα 65 - Απεικόνιση στοιχείων ανά μήνα

Το σύστημα παρέχει επίσης τη δυνατότητα σύγκρισης μεταξύ των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης και της βελτιστοποίησης για κάθε μέγεθος. Έτσι, σε περίπτωση που ήδη απεικονίζεται μία χρονοσειρά στο διάγραμμα (προσομοίωση ή βελτιστοποίηση), τότε μπορεί να απεικονιστεί ταυτόχρονα και η δεύτερη χρονοσειρά για το ίδιο μέγεθος (βελτιστοποίηση ή προσομοίωση αντίστοιχα). Το αποτέλεσμα φαίνεται στην επόμενη εικόνα:

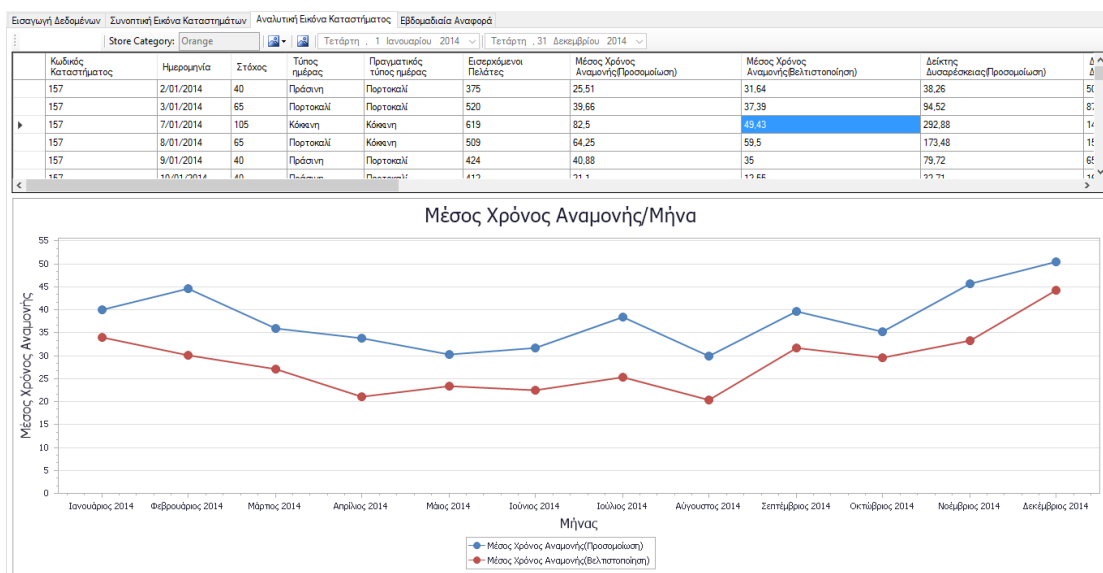


Σχήμα 66 - Απεικόνιση δεύτερης χρονοσειράς

Αντίστοιχα επίσης με τα παραπάνω, με το πλήκτρο αλλαγής διαστήματος, μπορούν οι δύο χρονοσειρές να εμφανιστούν ανά εβδομάδα ή ανά μήνα, όπως φαίνεται στις επόμενες εικόνες:

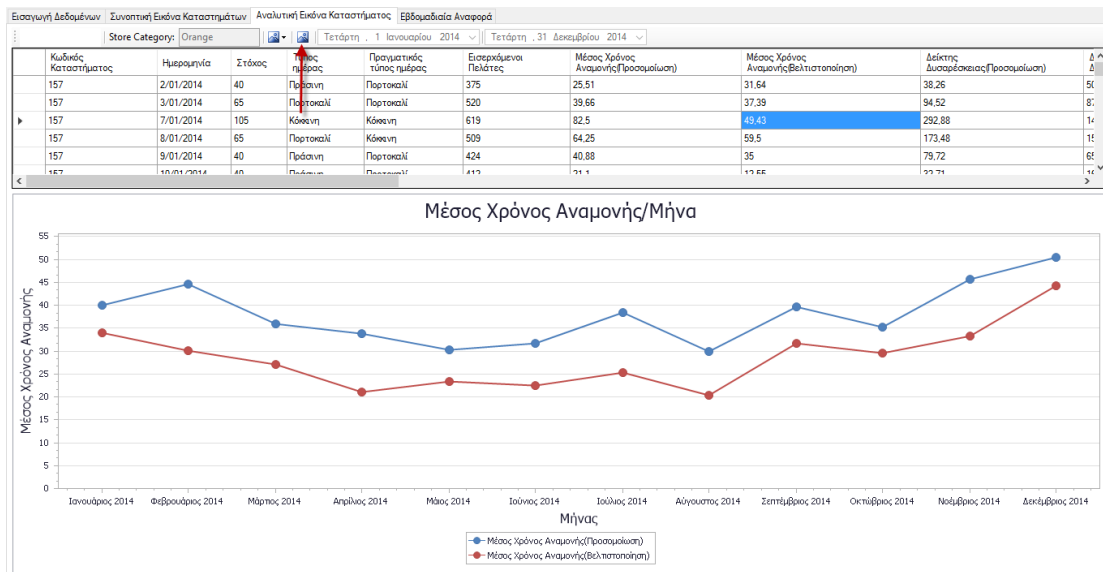


Σχήμα 67 - Απεικόνιση δύο χρονοσειρών/εβδομάδα



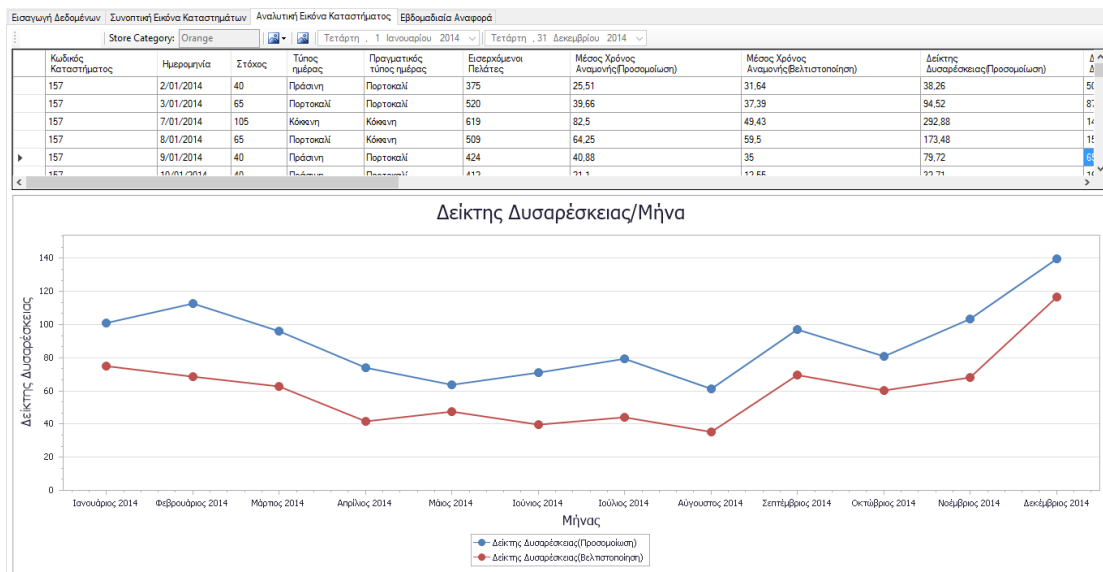
Σχήμα 68 - Απεικόνιση δύο χρονοσειρών ανά μήνα

Στη συνέχεια, σε περίπτωση που ο χρήστης θέλει να αρχικοποιήσει το διάγραμμα και να απεικονίσει κάποιο άλλο στατιστικό στοιχείο, τότε αρκεί να πατήσει το πλήκτρο Clear Chart που φαίνεται στην επόμενη εικόνα:



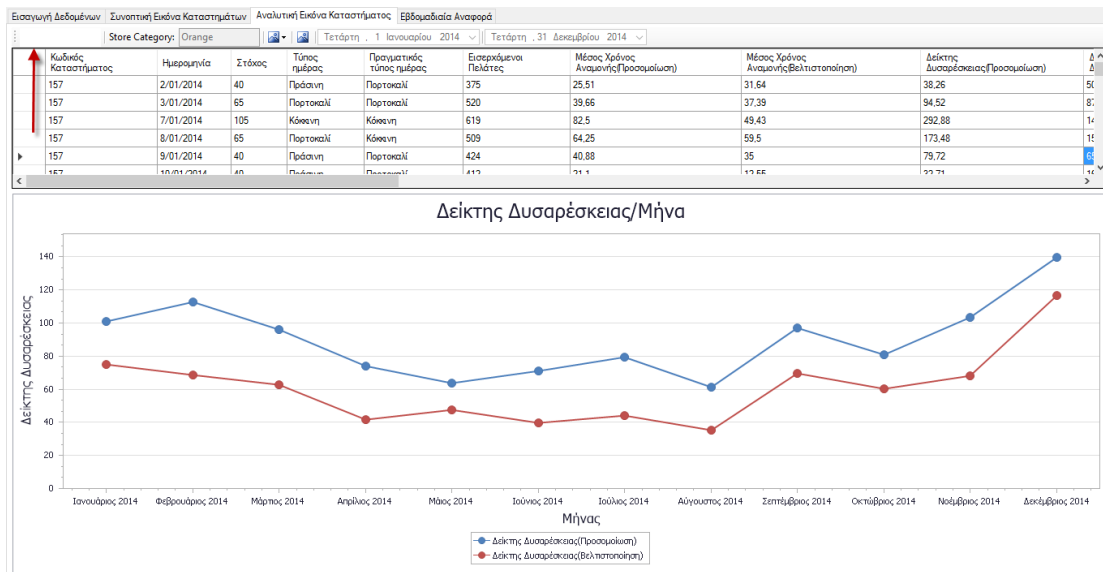
Σχήμα 69 - Πλήκτρο Clear Chart

Με το πάτημα του πλήκτρου, το διάγραμμα αρχικοποιείται και ο χρήστης μπορεί να απεικονίσει κάποιο άλλο μέγεθος, όπως στα προηγούμενα. Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζεται ο δείκτης δυσaréσκειας ανά μήνα για το έτος 2014 κάποιου καταστήματος, όπως προέκυψε τόσο από την προσομοίωση, όσο και από τη βελτιστοποίηση:



Σχήμα 70 - Δείκτης δυσaréσκειας ανά μήνα

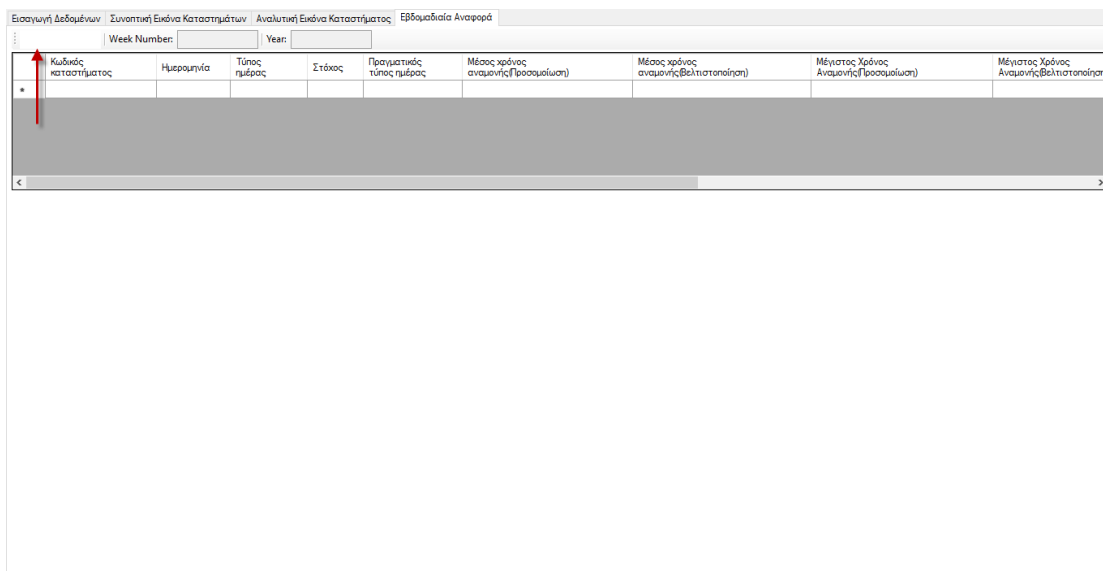
Εφόσον τώρα ο χρήστης θέλει να ανακτήσει τα στοιχεία κάποιου άλλου καταστήματος για κάποιο άλλο διάστημα, τότε αρκεί να συμπληρώσει και πάλι το διαθέσιμο πεδίο κωδικού καταστήματος, οπότε η καρτέλα αρχικοποιείται. Το πεδίο σημειώνεται στην επόμενη εικόνα:



Σχήμα 71 - Πεδίο κωδικού καταστήματος

5.4.5 Εβδομαδιαία αναφορά

Στην καρτέλα εβδομαδιαίας αναφοράς, ο χρήστης μπορεί να μελετήσει αναλυτικά τα στατιστικά στοιχεία κάποιου καταστήματος για κάποια εβδομάδα του έτους, να παρατηρήσει πώς εξελίχθηκε αναλυτικά η κάθε ημέρα εκείνης της εβδομάδας και, σε περίπτωση που είναι διαθέσιμα πρόσφατα στοιχεία, να υποβοηθηθεί στη λήψη αποφάσεων για τα απαραίτητα διορθωτικά μέτρα για την καλύτερη διαχείριση των ουρών αναμονής στο εκάστοτε κατάστημα. Η αρχική οθόνη της καρτέλας φαίνεται παρακάτω:



Σχήμα 72 - Αρχική οθόνη εβδομαδιαίας αναφοράς

Στην οθόνη αυτή, όπως και στην προηγούμενη καρτέλα και όπως σημειώνεται και στην προηγούμενη εικόνα, ο χρήστης μπορεί στο τονισμένο πεδίο να συμπληρώσει τον κωδικό του καταστήματος για το οποίο θέλει να παρατηρήσει τα στοιχεία κάποιας εβδομάδας.

Μετά τη συμπλήρωση του κωδικού καταστήματος, ο χρήστης καλείται να συμπληρώσει τον αριθμό της ζητούμενης εβδομάδας του έτους, καθώς και το ζητούμενο έτος. Προφανώς θα πρέπει ο αριθμός εβδομάδας να βρίσκεται μεταξύ του 1 και του 52, ενώ θα πρέπει να υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία για το ζητούμενο έτος. Σε διαφορετική περίπτωση εμφανίζεται μήνυμα σφάλματος. Τα πεδία αυτά τονίζονται στην επόμενη εικόνα.

The screenshot shows a software window with a menu bar containing 'Εισαγωγή Δεδομένων', 'Συνοπτική Εικόνα Καταστημάτων', 'Αναλυτική Εικόνα Καταστήματος', and 'Εβδομαδιαία Αναφορά'. Below the menu bar, there are input fields for 'Week Number' (containing '157') and 'Year'. A table is displayed below these fields. The table has the following columns: 'Κωδικός καταστήματος', 'Ημερομηνία', 'Τύπος ημέρας', 'Στόχος', 'Πραγματικός τύπος ημέρας', 'Μέσος χρόνος αναμονής(Προσαρμοίση)', 'Μέσος χρόνος αναμονής(Βελτιστοποίηση)', 'Μέγιστος Χρόνος Αναμονής(Προσαρμοίση)', and 'Μέγιστος Χρόνος Αναμονής(Βελτιστοποίηση)'. A red asterisk is visible in the first cell of the first row. Two red arrows point upwards to the 'Ημερομηνία' and 'Στόχος' columns, indicating they are the focus of the current step.

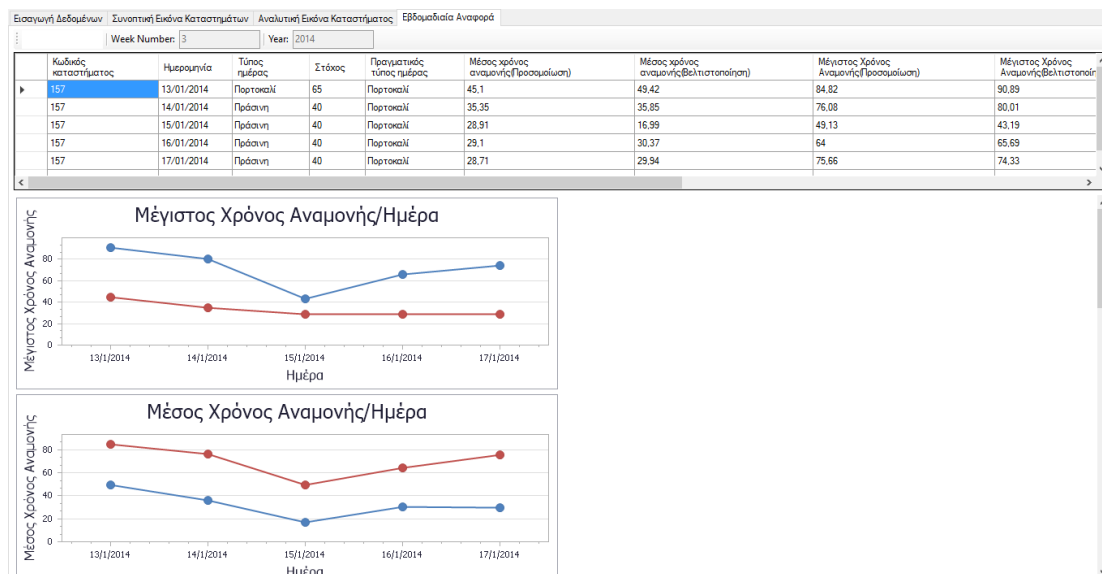
Σχήμα 73 - Συμπλήρωση εβδομάδας και έτους

Μετά την ορθή συμπλήρωση του πεδίου επιλογής εβδομάδας, το σύστημα δέχεται την επιλογή και αναμένει τη συμπλήρωση του πεδίου έτους, όπως φαίνεται στην επόμενη εικόνα:

This screenshot is identical to the one in Figure 73, showing the same software window and table. However, the 'Year' input field is now highlighted with a red arrow pointing upwards, indicating that the system is now waiting for the user to enter the year.

Σχήμα 74 - Πεδίο εβδομάδας

Στη συνέχεια, με την ορθή συμπλήρωση και του πεδίου έτους, το σύστημα δέχεται τις επιλογές και ανακτά τα αντίστοιχα στοιχεία, οπότε η νέα εικόνα της οθόνης είναι η παρακάτω:



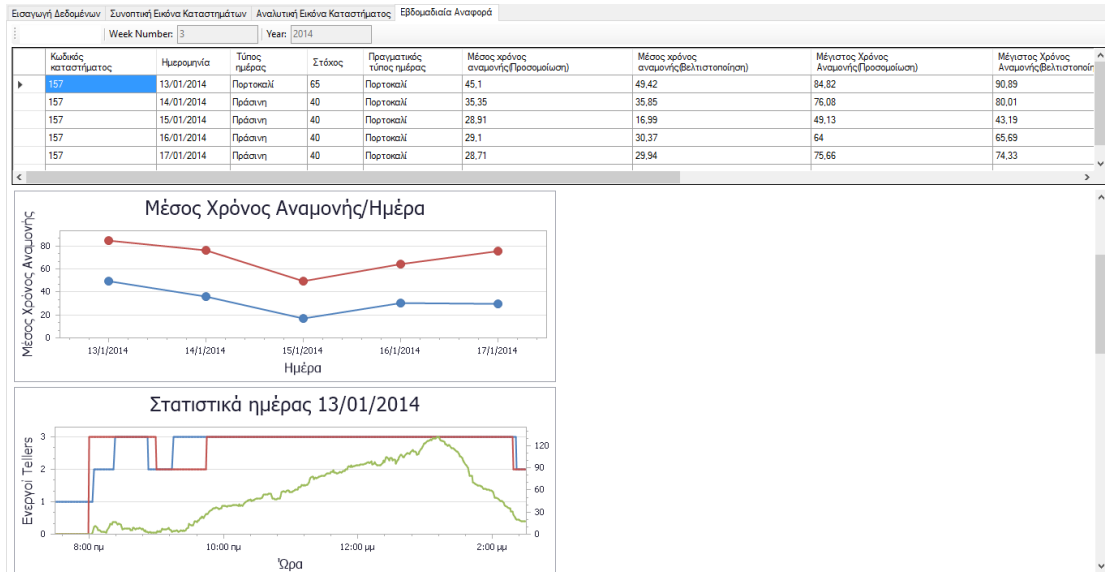
Σχήμα 75 - Πεδίο έτους και ανάκτηση στοιχείων

Τα στατιστικά στοιχεία που ανακτώνται είναι τα εξής:

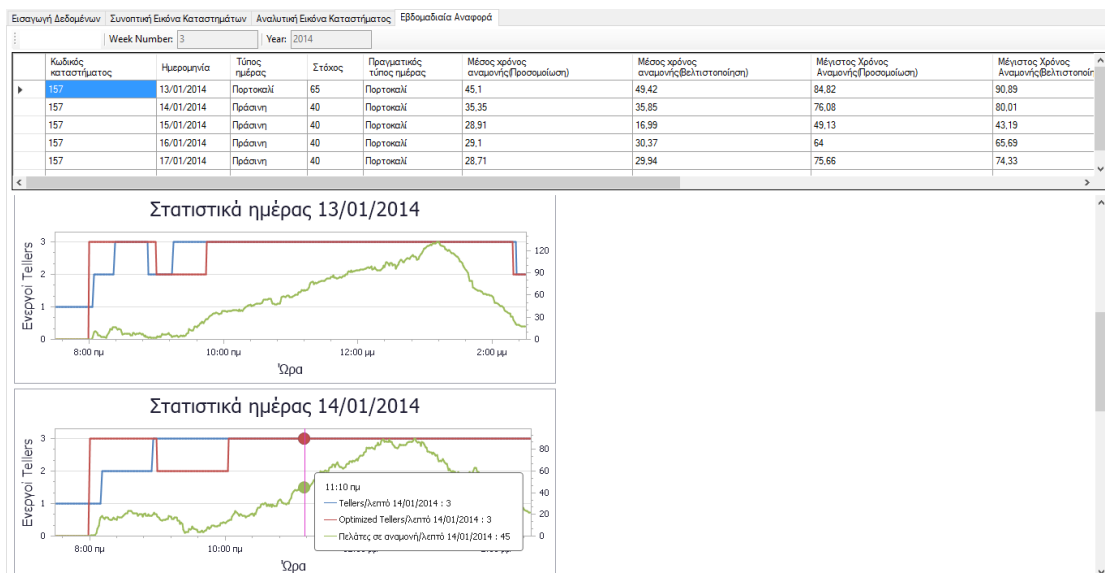
- Κωδικός καταστήματος
- Ημερομηνία
- Τύπος ημέρας από ημερολόγιο καταστήματος
- Στόχος για το μέγιστο χρόνο αναμονής από πίνακα καταστήματος
- Πραγματικός τύπος ημέρας όπως προκύπτει από την τιμή του δείκτη δυσαρέσκειας
- Μέσος χρόνος αναμονής (Προσομοίωση και βελτιστοποίηση)
- Μέγιστος χρόνος αναμονής (Προσομοίωση και βελτιστοποίηση)
- Δείκτης δυσαρέσκειας (Προσομοίωση και βελτιστοποίηση)
- Απόκλιση από στόχο για το μέγιστο χρόνο αναμονής (%)
- Εισερχόμενοι πελάτες

Επίσης, στο κάτω μέρος της οθόνης απεικονίζονται μία σειρά από διαγράμματα. Τα διαγράμματα που φαίνονται στην προηγούμενη εικόνα απεικονίζουν το μέγιστο και το μέσο χρόνο αναμονής για κάθε ημέρα της εβδομάδας όπως προέκυψαν από την προσομοίωση των ουρών αναμονής, σε σύγκριση αφενός (για το μέγιστο χρόνο αναμονής) με τους στόχους για το μέγιστο χρόνο αναμονής από τον πίνακα καταστήματος, και αφετέρου (για το μέσο χρόνο αναμονής) με τις αντίστοιχες τιμές που προέκυψαν από τη διαδικασία βελτιστοποίησης.

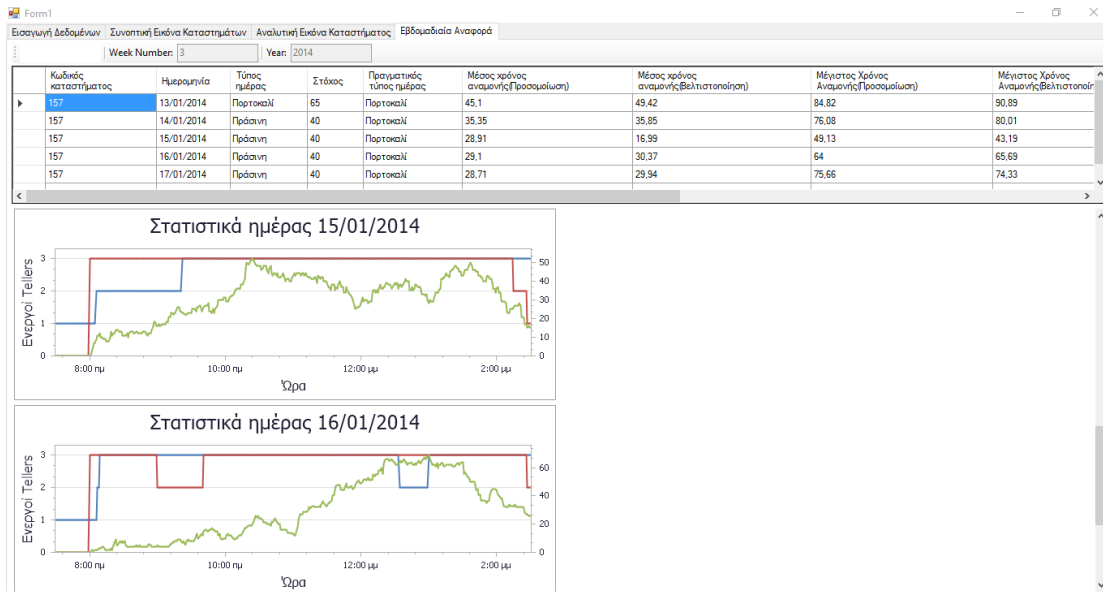
Στη συνέχεια, και για κάθε μέρα της εβδομάδας, παρουσιάζονται σε διάγραμμα οι teller που χρησιμοποιήθηκαν στην πραγματικότητα και ανά λεπτό, οι teller που προέκυψαν από την μεθοδολογία βέλτιστης τοποθέτησης ανά λεπτό, και οι πελάτες που βρίσκονταν σε αναμονή ανά λεπτό, όπως προέκυψαν από τα δεδομένα εισόδου. Τα διαγράμματα αυτά παρουσιάζονται στις επόμενες εικόνες:



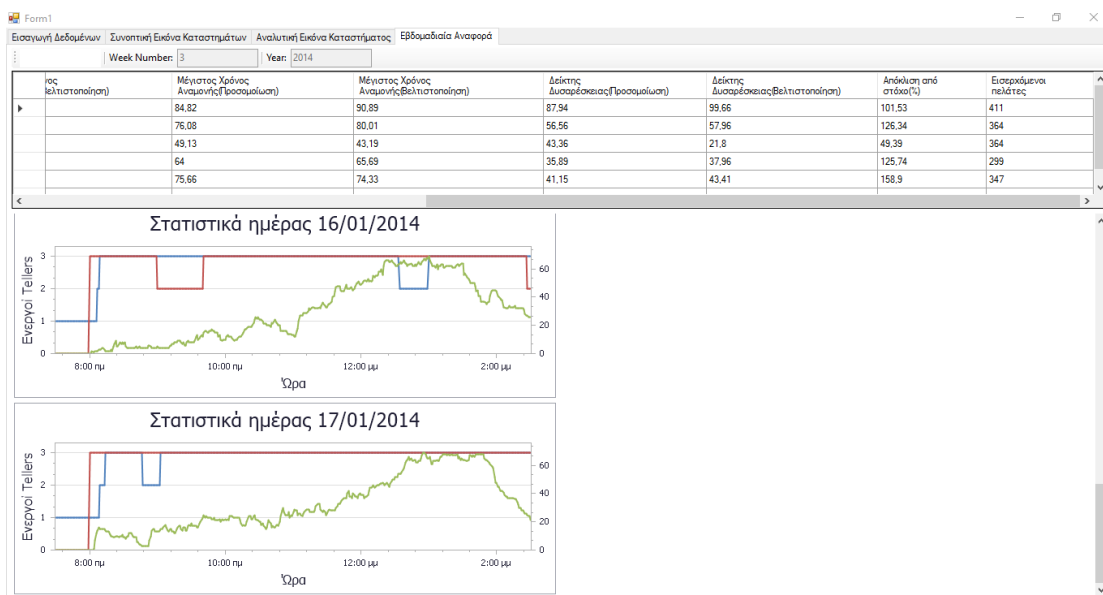
Σχήμα 76 - Διαγράμματα εβδομάδας



Σχήμα 77 - Διαγράμματα εβδομάδας



Σχήμα 78 - Διαγράμματα εβδομάδας



Σχήμα 79 - Διαγράμματα εβδομάδας

Στη συνέχεια, και με εκ νέου συμπλήρωση του πεδίου κωδικού καταστήματος, η οθόνη αρχικοποιείται και μπορούν να ανακτηθούν νέα στοιχεία, όπως και στην προηγούμενη καρτέλα.

6. Εφαρμογή της μεθοδολογίας στα καταστήματα μεγάλης ελληνικής τράπεζας

6.1 Εισαγωγή

Η μεθοδολογία που αναπτύχθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια εφαρμόστηκε σε 40 καταστήματα μίας μεγάλης ελληνικής τράπεζας, σε στατιστικά στοιχεία για τις ουρές αναμονής για το έτος 2014. Σκοπός της εφαρμογής αυτής είναι η πειραματική εξακρίβωση της ορθότητας και της αποτελεσματικότητας της μεθόδου, ώστε αυτή να μπορεί στη συνέχεια να εφαρμοστεί στο σύνολο των καταστημάτων της τράπεζας και να συμβάλλει στον περιορισμό των ουρών αναμονής που σχηματίζονται σε αυτά. Ένα έτος θεωρείται επαρκές διάστημα για να εξακριβωθεί η αποτελεσματικότητα της μεθόδου, αφού περιλαμβάνει όλες τις εποχικές διακυμάνσεις που μπορεί να παρατηρηθούν στη συναλλακτική κίνηση των καταστημάτων. Προφανώς, για να είναι τα αποτελέσματα αντιπροσωπευτικά του συνόλου, τα 40 καταστήματα που επιλέχθηκαν για την εφαρμογή προέρχονται και από τις 3 κατηγορίες καταστημάτων (πράσινα, πορτοκαλί, κόκκινα, ανάλογα με τη δυσαρέσκεια που παράγουν για τους πελάτες τους). Πιο συγκεκριμένα, τα 40 καταστήματα αποτελούνται από:

- 17 πράσινα καταστήματα
- 20 πορτοκαλί καταστήματα
- 3 κόκκινα καταστήματα

Για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της μεθόδου, θα χρησιμοποιηθούν οι δείκτες που παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο 2 και στην ενότητα 4.2.4. Πιο συγκεκριμένα, θα χρησιμοποιηθούν:

- Ο μέσος χρόνος αναμονής
- Ο δείκτης δυσαρέσκειας
- Το πλήθος μη εξυπηρετηθέντων πελατών
- Ο μέγιστος χρόνος αναμονής
- Το μέσο πλήθος ενεργών teller
- Ο δείκτης απόδοσης

Οι δείκτες αυτοί υπολογίζονται ανά εργάσιμη ημέρα κάθε καταστήματος. Στο τέλος του κεφαλαίου τα αποτελέσματα αυτά παρουσιάζονται συνοπτικά, ώστε να προκύπτουν εύκολα συμπεράσματα από αυτά.

Τα στατιστικά στοιχεία εισόδου που χρησιμοποιήθηκαν από το πρόγραμμά μας προέρχονται από ειδικό σύστημα καταγραφής ουρών αναμονής της τράπεζας. Το σύστημα αυτό είναι εγκατεστημένο στα 184 καταστήματα της τράπεζας τα οποία κατηγοριοποιήσαμε σε πράσινα, πορτοκαλί και κόκκινα σε προηγούμενο κεφάλαιο. Το σύστημα αυτό καταγράφει την είσοδο των πελατών σε κάθε κατάσταση μέσω του εισιτηρίου («χαρτάκι») που κόβουν αυτοί για να εξυπηρετηθούν σε κάποιο ταμείο του καταστήματος. Το σύστημα επίσης παράγει μία εκτίμηση για το χρόνο αναμονής του κάθε νεοσειρχόμενου πελάτη και καταγράφει τα ενεργά ταμεία κάθε στιγμή του ωραρίου λειτουργίας του καταστήματος, καθώς και άλλες χρήσιμες για την τράπεζα πληροφορίες για τις ουρές αναμονής των

καταστημάτων της. Τα στοιχεία που χρησιμοποιήσαμε είχαν ακρίβεια λεπτού, διαθέταμε δηλαδή για κάθε λεπτό την είσοδο πελατών στο κατάστημα, μία εκτίμηση για το χρόνο αναμονής των νεοεισερχόμενων εκείνο το λεπτό πελατών και το πλήθος των ενεργών ταμείων εκείνο το λεπτό.

6.2 Εφαρμοζόμενη μεθοδολογία

Για κάθε ημέρα καθενός από τα 40 καταστήματα εφαρμόστηκε η εξής μεθοδολογία:

- Προσομοιώθηκε η λειτουργία του καταστήματος εκείνη την ημέρα χρησιμοποιώντας τη μέθοδο προσομοίωσης του κεφαλαίου 4 και υπολογίστηκαν οι αντίστοιχοι δείκτες αξιολόγησης
- Εφαρμόστηκε η μέθοδος βελτιστοποίησης του κεφαλαίου 5 και υπολογίστηκαν οι αντίστοιχοι δείκτες αξιολόγησης
- Τα αποτελέσματα εξάχθηκαν από τη βάση δεδομένων και συγκεντρώθηκαν σε κατάλληλη μορφή

6.3 Αποτελέσματα μεθοδολογίας και σχολιασμός

6.3.1 Μέσοι όροι αποτελεσμάτων ανά κατάστημα και ανά τύπο ημέρας

Στους επόμενους πίνακες παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εφαρμογή της μεθοδολογίας στα 40 καταστήματα. Ο πρώτος πίνακας περιλαμβάνει τους μέσους όρους των δεικτών αξιολόγησης που αναφέρθηκαν παραπάνω, για κάθε ένα από τα 40 καταστήματα, για το έτος 2014, τόσο όπως προέκυψαν από την προσομοίωση όσο και από τη βελτιστοποίηση των ουρών αναμονής. Παρουσιάζεται επίσης η ποσοστιαία μεταβολή για κάθε έναν από τους δείκτες, μεταξύ της προσομοιωμένης τιμής του και της αντιστοίχης που προέκυψε από τη βελτιστοποίηση.

Κωδικός καταστήματος	Χρόνος εξυπηρέτησης	Αρχική Εικόνα												Εκτιμώμενη Μεταβολή (Προσομίωση - Βέλτιστη Τοποθέτηση Teller)											
		Προσομίωση						Βέλτιστη Τοποθέτηση Teller						Εκτιμώμενη μεταβολή (%) από την εφαρμογή της βέλτιστης τοποθέτησης teller μέσα στο έτος											
		Μέσος χρόνος αναμονής (λεπτά)	Μέσος αριθμός θέντων πελατών	Μέσος ημερήσιος αριθμός μη εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσος χρόνος αναμονής (λεπτά)	Μέσος αριθμός μη εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσος ημερήσιος αριθμός μη εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσος χρόνος αναμονής (λεπτά)	Μέσος αριθμός μη εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσος ημερήσιος αριθμός μη εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσος χρόνος αναμονής (λεπτά)	Μέσος αριθμός μη εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσος ημερήσιος αριθμός μη εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσος χρόνος αναμονής (λεπτά)	Μέσος αριθμός μη εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσος ημερήσιος αριθμός μη εξυπηρετηθέντων πελατών									
040	6,22	26,83	84,34	117,85	57,94	6,94	6,09	78,08	19,77	50,76	108,37	47,47	6,85	6,61	79,50	-26,33	-39,82	-8,05	-18,07	-1,24	8,54	1,80			
046	3,11	31,83	47,45	60,79	67,07	1,92	8,97	78,08	25,03	36,43	55,06	57,21	2,01	11,74	80,15	-21,36	-23,21	-9,42	-14,71	4,44	30,97	2,65			
064	3,98	35,62	57,73	70,11	72,48	2,51	6,44	75,80	33,99	52,05	70,90	68,43	2,46	5,72	75,37	-4,60	-9,84	1,13	-5,60	-2,11	-11,15	-0,57			
070	3,31	25,49	35,43	52,66	60,89	1,84	12,21	78,42	19,00	25,69	47,38	49,41	1,95	17,54	80,89	-25,46	-27,50	-10,02	-18,85	6,12	43,61	3,14			
073	4,10	31,43	46,86	66,11	63,54	2,49	6,08	76,30	23,26	32,72	59,42	52,02	2,57	8,18	78,63	-25,99	-30,17	-10,11	-18,14	3,36	34,58	3,05			
075	3,78	18,12	24,55	55,11	42,87	2,53	9,91	81,36	13,20	16,96	48,64	35,66	2,71	14,14	83,49	-27,14	-30,90	-11,75	-16,83	6,96	42,72	2,62			
080	5,05	26,62	62,01	99,77	55,01	4,73	5,79	77,33	20,72	39,77	93,03	46,59	4,82	5,73	78,39	-22,17	-35,86	-6,75	-15,31	1,73	-1,00	1,37			
084	3,89	45,83	97,18	97,41	88,75	2,98	4,53	73,08	38,91	79,99	92,29	79,82	2,99	5,06	74,45	-15,11	-17,69	-5,26	-10,06	0,15	11,68	1,88			
086	3,48	27,59	44,29	64,83	57,28	2,43	9,64	79,22	23,50	35,95	61,44	51,57	2,49	10,55	80,26	-14,84	-18,82	-5,23	-9,97	2,63	9,47	1,31			
092	4,13	22,38	33,91	58,58	50,29	2,44	8,79	79,02	20,65	30,37	56,94	47,23	2,45	9,75	79,56	-7,75	-10,45	-2,80	-6,09	0,52	10,92	0,68			
095	3,69	32,43	48,22	59,91	68,34	1,96	7,77	76,53	24,74	32,91	55,19	58,03	2,01	9,02	78,25	-23,70	-31,76	-7,88	-15,08	2,90	16,12	2,24			
097	4,21	17,41	19,68	44,94	43,34	2,34	9,94	81,74	15,13	17,23	42,24	39,96	2,46	12,71	82,95	-13,08	-12,45	-5,99	-7,80	5,27	27,81	1,47			
099	4,24	20,79	29,88	61,25	48,35	2,73	8,50	79,15	17,08	23,08	57,77	42,49	2,81	9,75	80,35	-17,85	-22,76	-5,68	-12,10	2,98	14,69	1,51			
109	3,85	29,19	48,80	71,69	61,39	2,60	7,35	77,00	25,84	40,72	68,91	56,49	2,63	7,62	77,71	-11,50	-16,56	-3,87	-7,98	1,04	3,64	0,91			
113	3,25	23,33	35,45	63,55	52,33	2,35	11,00	80,00	15,35	20,88	55,24	39,67	2,43	14,62	82,55	-34,22	-41,11	-13,08	-24,20	3,71	32,88	3,18			
118	3,86	18,69	18,90	43,63	44,59	2,02	9,04	80,98	13,64	12,49	38,65	36,87	2,19	12,55	83,08	-27,01	-33,94	-11,40	-17,30	8,11	38,77	2,59			
121	4,50	16,21	22,79	57,09	40,20	3,00	10,21	80,71	11,85	15,21	51,39	33,29	3,20	12,16	82,58	-26,88	-33,25	-9,98	-17,17	6,68	19,14	2,32			
127	5,11	19,50	23,91	44,70	45,85	2,81	9,98	81,78	17,23	19,66	43,25	42,08	2,77	9,01	82,15	-11,64	-17,78	-3,23	-8,22	-1,26	-9,69	0,45			
130	3,36	42,61	71,86	75,21	76,03	2,05	5,64	73,81	36,59	56,98	72,15	67,59	2,05	5,74	74,67	-14,13	-20,70	-4,07	-11,10	-0,14	1,78	1,17			
134	3,25	24,87	44,11	67,23	48,30	2,52	11,73	80,21	19,18	31,12	61,81	40,49	2,56	14,11	81,73	-22,89	-29,46	-8,06	-16,16	1,50	20,34	1,90			
137	3,69	46,16	167,24	172,60	82,76	4,36	5,01	67,61	35,98	122,87	161,83	70,33	4,38	7,85	69,66	-22,05	-26,53	-6,24	-15,02	0,46	56,57	3,03			
139	5,90	18,18	23,10	53,84	37,43	3,72	7,00	81,38	15,73	18,51	51,79	33,35	3,77	7,72	82,02	-13,48	-19,87	-3,81	-10,90	1,55	10,24	0,79			
144	4,01	23,01	31,95	51,66	52,93	2,20	9,33	80,31	17,46	23,78	45,95	43,75	2,44	15,92	82,73	-24,14	-25,58	-11,05	-17,35	10,67	70,65	3,01			
146	4,60	16,90	15,94	39,20	35,79	2,09	8,02	81,52	11,62	10,32	33,90	27,49	2,27	12,30	83,95	-31,25	-35,27	-13,51	-23,19	8,85	53,49	2,97			
147	3,97	15,73	22,41	60,97	38,76	3,04	10,41	82,10	12,36	16,68	55,98	33,73	3,17	13,00	83,56	-21,46	-25,58	-8,18	-12,96	4,32	24,88	1,78			
150	4,23	26,62	42,63	70,15	56,52	3,23	7,51	79,18	23,02	35,56	66,88	51,66	3,29	8,98	80,20	-13,51	-16,58	-4,66	-8,60	1,91	19,49	1,29			
151	5,22	28,20	48,21	73,63	54,69	3,72	6,19	77,34	21,13	31,33	68,18	44,45	3,80	6,02	78,71	-25,07	-35,02	-7,40	-18,73	2,11	-2,74	1,78			
154	4,46	37,64	63,21	75,17	69,54	2,81	4,78	74,83	33,76	53,14	73,25	61,92	2,80	4,61	75,28	-10,29	-15,93	-2,56	-9,53	-0,38	-2,30	0,61			
157	3,38	38,02	90,02	106,39	75,83	2,91	5,28	74,26	28,60	60,85	97,04	63,61	3,01	6,72	76,42	-24,77	-32,40	-8,79	-18,75	3,58	27,27	2,91			
162	4,06	16,92	20,69	41,66	41,05	2,14	11,61	82,42	13,34	14,28	38,35	35,66	2,20	13,16	83,61	-21,16	-31,01	-7,94	-13,13	3,01	13,33	1,45			
164	4,75	31,51	50,88	68,29	60,01	2,86	5,22	76,20	28,34	43,63	47,42	43,63	2,92	5,28	76,85	-10,07	-14,26	-2,93	-7,44	2,07	1,07	0,85			
165	4,50	32,66	52,74	70,89	60,90	2,99	5,71	76,20	30,83	47,42	70,51	58,09	2,96	5,09	76,20	-5,61	-10,09	-0,53	-4,63	-1,09	-10,92	0,00			
185	4,18	39,64	84,88	90,00	74,56	3,32	6,48	75,01	32,70	68,00	84,25	63,63	3,35	9,72	76,69	-17,52	-19,90	-6,39	-14,66	0,91	50,01	2,24			
186	3,34	33,34	54,78	66,63	62,32	2,01	8,96	76,44	24,16	37,01	60,04	49,48	2,07	11,43	78,75	-27,52	-32,43	-9,89	-20,61	3,02	27,57	3,02			
190	4,72	40,31	137,82	154,36	73,13	4,84	4,55	68,90	35,19	120,06	147,24	66,26	4,98	6,95	70,55	-12,68	-12,89	-4,61	-9,39	2,70	52,78	2,40			
208	3,34	15,10	22,97	49,21	39,60	2,12	14,96	83,03	10,35	13,46	42,89	32,65	2,23	18,81	84,85	-31,49	-41,40	-12,84	-17,55	5,10	25,74	2,19			
397	4,25	40,35	170,16	192,92	74,03	5,62	5,24	69,02	32,48	132,22	180,80	63,99	5,73	6,53	70,98	-19,49	-22,30	-6,28	-13,57	2,02	24,69	2,84			
702	5,08	19,09	26,42	48,83	46,44	3,00	8,86	81,79	14,11	17,92	43,63	38,65	3,11	10,52	83,46	-26,09	-32,16	-10,64	-16,78	3,69	18,81	2,05			
729	3,83	20,50	21,01	42,61	40,34	1,72	8,25	79,05	12,92	12,16	36,17	31,10	1,92	12,70	82,09	-36,98	-42,11	-15,11	-22,90	11,27	53,96	3,83			
890	3,35	17,96	26,37	71,95	43,74	2,76	9,20	79,28	11,93	17,01	61,40	35,07	2,97	16,65	82,43	-33,58	-35,49	-14,67	-19,82	7,28	80,99	3,97			
Σύνολο 40 καταστημάτων	4,13	27,37	51,77	73,33	56,63	2,92	8,05	77,86	22,02	39,18	68,16	48,79	2,99	10,06	79,39	-19,55	-24,32	-7,05	-13,84	2,68	24,89	1,96			

Σχήμα 80 - Στατιστικά 2014 ανά κατάσταση

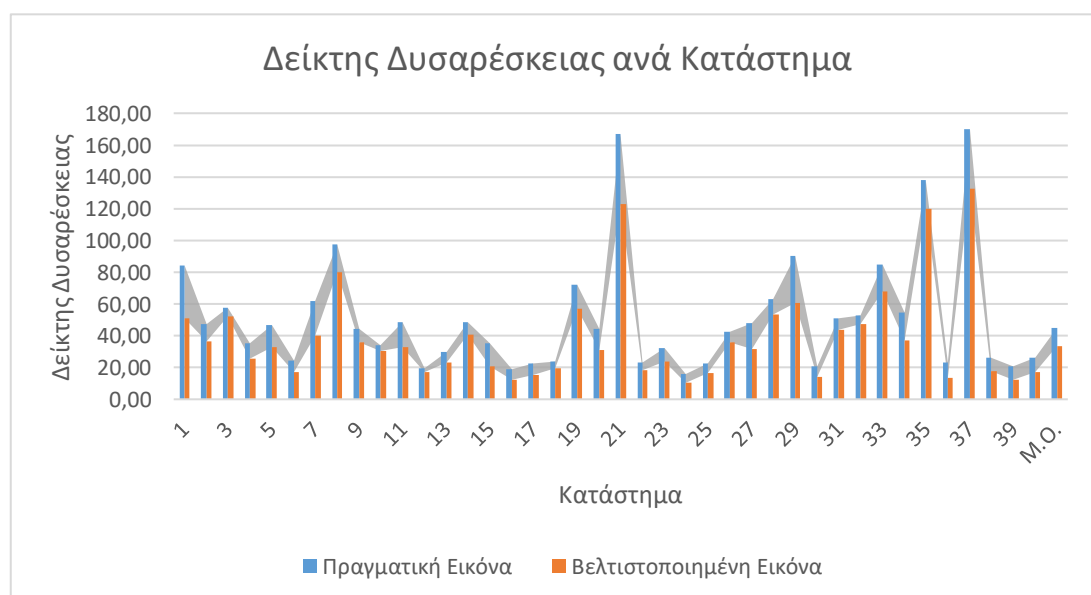
Από τον πίνακα προκύπτει λοιπόν πως η εφαρμογή της μεθοδολογίας στα 40 αυτά καταστήματα για το έτος 2014 είχε κατά μέσο όρο τα εξής αποτελέσματα, μετρούμενα και σε ποσοστιαίες μεταβολές:

Προσομοίωση							Βέλτιστη Τοποθέτηση Teller							Εκτιμώμενη μεταβολή (%) από την εφαρμογή της βέλτιστης τοποθέτησης teller μέσα στο έτος						
Μέσος χρόνος αναμονής (λεπτά)	Μέσος παραγόμενος βαθμός δυσαρέσκειας (ώρες)	Μέσος ημερήσιος αριθμός μη εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσος μέγιστος χρόνος αναμονής (λεπτά)	Μέσοι ενεργοί tellers	Μέσος δείκτης απόδοσης	Μέσο ποσοστό εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσος χρόνος αναμονής (λεπτά)	Μέσος παραγόμενος βαθμός δυσαρέσκειας (ώρες)	Μέσος ημερήσιος αριθμός μη εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσος μέγιστος χρόνος αναμονής (λεπτά)	Μέσοι ενεργοί tellers	Μέσος δείκτης απόδοσης	Μέσο ποσοστό εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσος χρόνος αναμονής (λεπτά)	Μέσος παραγόμενος βαθμός δυσαρέσκειας (ώρες)	Μέσος ημερήσιος αριθμός μη εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσος μέγιστος χρόνος αναμονής (λεπτά)	Μέσοι ενεργοί tellers	Μέσος δείκτης απόδοσης	Μέσο ποσοστό εξυπηρετηθέντων πελατών
27,37	51,77	73,33	56,63	2,92	8,05	77,86	22,02	39,18	68,16	48,79	2,99	10,06	79,39	-19,55	-24,32	-7,05	-13,84	2,68	24,89	1,96

Σχήμα 81 - Στατιστικά ανά κατάστημα – ποσοστιαίες μεταβολές πριν και μετά την εφαρμογή της μεθοδολογίας

Παρατηρείται τέλος πως οι παραπάνω βελτιώσεις επιτεύχθηκαν χωρίς τη δαπάνη επιπλέον πόρων από την τράπεζα και εργατωρών από τους υπαλλήλους της, αφού οι χρησιμοποιούμενοι teller έμειναν πρακτικά αμετάβλητοι (Αύξηση 2%, από 2,92 σε 2,99 ενεργούς teller). Γίνεται λοιπόν εύκολα κατανοητό πως η εφαρμογή της μεθοδολογίας έχει ως αποτέλεσμα αξι�σημείωτες βελτιώσεις στους δείκτες αξιόλογησης των ουρών αναμονής, και συμβάλλει θετικά στη βελτίωση της ποιότητας εξυπηρέτησης των πελατών, ικανοποιώντας ταυτόχρονα τον αρχικό περιορισμό για τη μη χρήση επιπλέον πόρων της τράπεζας.

Στο επόμενο διάγραμμα παρουσιάζεται παραστατικά η βελτίωση του δείκτη δυσαρέσκειας σε κάθε ένα από τα 40 καταστήματα, καθώς και κατά μέσο όρο, ενώ φαίνεται και το εμβαδόν του κέρδους (σε «χαμένες» εργατοώρες των πελατών) που προκύπτει με την εφαρμογή της μεθοδολογίας:



Σχήμα 82 – Μέσος δείκτης δυσαρέσκειας ανά κατάστημα – προσομοίωση και βελτιστοποίηση

Στους επόμενους πίνακες, παρουσιάζονται τα αντίστοιχα αποτελέσματα ανά τύπο ημέρας (πράσινες, πορτοκαλί, κόκκινες), ώστε να γίνει ευκολότερα κατανοητή η ποιοτική και ποσοτική διαφορά στα μεγέθη των δεικτών αξιολόγησης σε διαφορετικούς τύπους ημέρας.

Πράσινες ημέρες	Αρχική Εικόνα												Εκτιμώμενη Μεταβολή (Προσομοίωση - Βέλτιστη Τοποθέτηση Teller)								
	Προσομοίωση						Βέλτιστη Τοποθέτηση Teller						Εκτιμώμενη μεταβολή (%) από την εφαρμογή της βέλτιστης τοποθέτησης teller μέσα στο έτος								
	Μέσος χρόνος αναμονής (λεπτά)	Μέσος αριθμός μη εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσος αριθμός μη εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσος χρόνος αναμονής (λεπτά)	Μέσος αριθμός μη εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσος αριθμός μη εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσος αριθμός μη εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσος αριθμός μη εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσος αριθμός μη εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσος αριθμός μη εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσος αριθμός μη εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσος αριθμός μη εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσος αριθμός μη εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσος αριθμός μη εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσος αριθμός μη εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσος αριθμός μη εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσος αριθμός μη εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσος αριθμός μη εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσος αριθμός μη εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσος αριθμός μη εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσος αριθμός μη εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσος αριθμός μη εξυπηρετηθέντων πελατών
040	14,63	25,62	83,61	6,80	38,47	7,56	81,12	12,80	21,38	80,67	6,70	34,39	7,82	81,74	-12,51	-16,58	-3,51	-1,52	-10,60	3,38	0,76
046	21,83	25,13	51,00	1,87	51,77	10,29	80,18	16,67	18,10	46,11	1,95	43,92	13,31	82,06	-23,65	-27,96	-9,58	4,62	-15,17	29,28	2,34
064	20,98	23,60	54,54	2,45	49,07	8,06	78,95	23,45	25,92	57,76	2,39	51,34	6,09	77,56	11,78	9,84	5,91	-2,50	4,63	-24,44	-1,76
070	13,99	11,20	37,05	1,64	41,24	15,37	81,33	9,10	6,63	32,41	1,82	31,44	22,07	83,91	-34,95	-40,85	-12,52	11,17	-23,78	43,55	3,17
073	19,88	21,20	51,92	2,41	45,97	7,47	79,02	14,11	13,34	46,38	2,52	37,50	9,90	81,11	-29,04	-37,08	-10,66	4,41	-18,41	32,54	2,65
075	13,53	13,36	45,54	2,38	36,26	11,15	82,74	9,96	9,17	40,56	2,54	30,68	15,62	84,59	-26,39	-31,36	-10,94	7,01	-15,40	40,11	2,24
080	19,05	29,16	74,88	4,27	43,31	6,96	79,34	16,76	22,97	72,81	4,30	39,23	6,47	79,65	-12,02	-21,23	-2,76	0,51	-9,40	-7,12	0,38
084	29,97	45,27	76,28	2,80	61,59	5,61	76,00	23,58	32,45	70,93	2,85	53,36	6,28	77,52	-21,32	-28,32	-7,02	2,02	-13,37	11,98	2,00
086	19,25	24,15	53,99	2,37	44,97	11,09	81,21	16,99	20,44	51,78	2,42	41,45	11,98	81,95	-11,75	-15,33	-4,09	2,14	-7,82	8,05	0,91
092	12,43	10,47	42,25	2,27	34,78	10,74	81,68	11,67	9,77	41,29	2,30	33,04	11,84	82,08	-6,15	-6,69	-2,26	1,10	-5,01	10,33	0,50
095	18,39	17,25	43,31	1,84	46,53	9,76	79,77	15,31	13,73	41,02	1,90	42,82	11,00	80,87	-16,72	-20,39	-5,28	3,76	-7,98	12,74	1,38
097	13,83	12,51	37,33	2,15	38,07	11,17	82,93	12,01	11,12	35,01	2,27	35,06	14,26	84,08	-13,14	-11,15	-6,20	5,80	-7,91	27,65	1,39
099	19,15	12,38	46,02	2,56	36,86	68,62	81,30	10,76	9,04	42,90	2,63	32,14	13,19	82,52	-20,55	-26,98	-6,76	2,54	-12,79	-80,77	1,50
109	19,14	22,59	55,33	2,43	45,90	9,00	79,49	17,21	19,22	53,65	2,46	43,26	9,18	79,96	-10,08	-14,94	-3,04	1,46	-5,76	2,06	0,59
113	18,22	21,30	52,59	2,19	44,00	12,41	81,38	12,06	12,24	45,64	2,30	34,11	15,55	83,65	-33,80	-42,52	-13,21	4,82	-22,46	25,33	2,78
118	14,80	10,96	36,67	1,86	39,03	9,94	82,05	10,93	7,41	32,46	2,04	33,01	13,55	84,00	-26,13	-32,38	-11,50	9,53	-15,44	36,30	2,37
121	10,06	8,52	42,82	2,80	31,32	12,35	82,76	7,40	5,72	38,58	3,02	26,19	14,43	84,43	-26,52	-32,82	-9,91	7,64	-16,39	16,86	2,01
127	12,66	11,03	36,08	2,72	34,38	11,48	83,71	11,31	8,73	35,20	2,68	32,10	10,23	83,86	-10,61	-20,88	-2,45	-1,57	-6,63	-10,86	0,18
130	27,58	32,82	58,38	1,96	51,76	6,98	76,74	24,92	27,73	56,97	1,96	48,73	6,94	77,15	-9,64	-15,52	-2,42	-0,42	-5,85	-0,52	0,53
134	16,23	21,92	54,93	2,41	33,86	13,52	82,30	12,54	14,94	50,60	2,46	28,45	16,12	83,59	-22,71	-31,82	-7,89	1,92	-15,97	19,28	1,57
137	21,63	48,06	117,44	3,92	43,10	8,08	73,08	16,52	34,15	108,18	4,12	36,62	10,46	75,10	-23,61	-28,94	-7,88	5,08	-15,02	29,43	2,77
139	13,57	12,77	45,02	3,59	30,36	7,84	82,76	11,84	10,13	43,55	3,63	27,23	8,63	83,28	-12,79	-20,67	-3,27	1,15	-10,31	10,05	0,62
144	15,81	15,45	40,77	2,05	41,27	10,67	82,15	11,89	11,69	35,96	2,29	33,85	18,34	84,45	-24,80	-24,34	-11,79	11,71	-17,99	71,90	2,81
146	13,00	8,29	31,81	1,95	30,41	8,87	82,66	8,63	4,71	27,26	2,14	23,13	12,65	84,97	-33,65	-43,22	-14,30	9,75	-23,94	42,63	2,80
147	11,75	12,23	51,11	2,95	32,33	11,55	83,38	9,17	8,94	47,00	3,08	28,81	14,23	84,70	-21,96	-26,88	-8,03	4,39	-10,90	23,24	1,58
150	18,39	23,32	60,80	3,18	43,31	8,59	81,11	16,08	19,86	58,18	3,23	40,33	10,28	81,99	-12,54	-14,87	-4,30	1,52	-6,88	19,75	1,08
151	18,78	22,44	58,24	3,63	39,97	7,48	79,66	14,65	15,52	54,70	3,66	33,20	7,07	80,62	-21,98	-30,84	-6,09	0,93	-16,95	-5,39	1,21
154	24,25	28,78	59,35	2,71	47,81	5,75	77,55	23,22	26,04	59,06	2,67	45,66	5,43	77,52	-4,25	-9,55	-0,49	-1,15	-4,49	-5,50	-0,05
157	26,87	42,07	82,01	2,67	52,51	6,16	76,42	20,17	28,42	74,42	2,79	41,93	7,97	78,49	-24,94	-32,44	-9,26	4,54	-20,15	29,44	2,71
162	11,42	8,80	31,59	1,96	33,05	13,18	84,11	9,96	7,40	30,09	2,02	30,39	14,58	84,86	-12,81	-15,92	-4,77	3,28	-8,05	10,63	0,88
164	20,11	20,20	50,63	2,67	41,74	6,28	78,76	18,40	17,62	49,40	2,73	40,01	6,31	79,27	-8,55	-12,76	-2,44	2,24	-4,14	0,47	0,65
165	20,61	22,96	55,25	2,96	41,29	6,98	78,93	20,43	21,98	56,14	2,91	41,01	6,02	78,56	-0,88	-4,27	-1,61	-1,70	-0,67	-13,75	-0,47
185	25,97	41,21	68,59	2,96	51,59	8,21	77,93	19,36	27,62	62,54	3,07	41,64	12,52	79,81	-25,43	-32,97	-8,82	3,53	-19,28	52,58	2,42
186	18,91	20,44	48,62	1,86	38,70	11,40	79,75	13,79	13,37	44,05	1,95	31,46	14,13	81,57	-27,07	-34,59	-9,40	4,77	-18,71	23,95	2,28
190	20,34	40,24	101,13	4,44	41,00	6,69	73,71	17,12	33,34	95,43	4,57	36,62	8,98	75,25	-15,83	-17,14	-5,64	2,92	-10,68	34,26	2,10
208	10,14	10,01	37,08	1,95	31,31	16,86	84,61	7,17	5,19	33,10	2,05	26,80	20,05	85,94	-29,29	-48,11	-10,75	5,20	-14,41	18,95	1,57
397	19,54	50,61	125,70	5,26	39,34	8,40	74,39	15,61	38,18	119,51	5,40	34,41	8,96	75,62	-20,11	-24,57	-4,92	2,80	-12,53	6,63	1,65
702	12,77	11,91	38,38	2,93	36,39	9,97	83,49	9,65	8,18	34,97	3,02	31,16	11,47	84,78	-24,48	-31,30	-8,89	2,96	-14,39	15,01	1,55
729	13,62	8,70	31,50	1,58	30,30	9,71	81,09	8,17	4,16	26,54	1,80	23,91	14,46	83,79	-40,04	-52,17	-15,75	14,26	-21,11	48,89	3,33
890	14,27	15,86	59,77	2,51	38,71	10,12	80,38	8,76	8,87	49,78	2,77	30,40	18,72	83,63	-38,64	-44,10	-16,72	10,01	-21,46	84,97	4,04
Σύνολο 40 καταστημάτων	17,54	21,62	55,73	2,75	40,84	11,06	80,25	14,25	16,39	52,06	2,84	35,77	11,68	81,51	-18,76	-24,21	-6,58	3,19	-12,42	5,61	1,57

Σχήμα 83 - Στατιστικά πράσινων ημερών

Πορτοκαλί ημέρες	Αρχική Εικόνα												Εκτιμώμενη Μεταβολή (Προσομοίωση - Βέλτιστη Τοποθέτηση Teller)						
	Προσομοίωση						Βέλτιστη Τοποθέτηση Teller						Εκτιμώμενη μεταβολή (%) από την εφαρμογή της βέλτιστης τοποθέτησης teller μέσα στο έτος						
	Μέσος χρόνος αναμονής αναμονής (λεπτά)	Μέσος παραγόμενος βαθμός διασφάλισης (ώρες)	Μέσος ημερήσιος αριθμός μη εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσος μέγιστος χρόνος αναμονής (λεπτά)	Μέσος δείκτης απόδοσης	Μέσο ποσοστό εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσος χρόνος αναμονής αναμονής (λεπτά)	Μέσος παραγόμενος βαθμός διασφάλισης (ώρες)	Μέσος ημερήσιος αριθμός μη εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσος μέγιστος χρόνος αναμονής (λεπτά)	Μέσος δείκτης απόδοσης	Μέσο ποσοστό εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσος χρόνος αναμονής αναμονής (λεπτά)	Μέσος παραγόμενος βαθμός διασφάλισης (ώρες)	Μέσος ημερήσιος αριθμός μη εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσος μέγιστος χρόνος αναμονής (λεπτά)	Μέσος δείκτης απόδοσης	Μέσο ποσοστό εξυπηρετηθέντων πελατών	
040	36,52	107,46	149,88	6,97	73,73	30,22	78,15	141,60	7,05	64,76	3,23	75,37	-17,25	-27,28	-5,52	1,22	-12,16	12,37	1,64
046	68,90	124,29	103,08	2,22	120,37	55,52	100,07	93,76	2,28	103,84	4,40	72,28	-19,42	-19,48	-9,04	2,99	-13,74	67,89	4,28
064	49,72	77,63	86,31	2,51	95,44	46,84	75,21	86,12	2,49	86,56	4,92	72,16	-5,80	-3,11	-0,22	-0,70	-9,30	56,33	0,79
070	37,90	55,99	74,12	2,09	78,71	6,51	74,46	69,35	2,12	70,20	7,94	76,00	-14,94	-19,34	-6,43	1,03	-10,82	21,94	2,07
073	46,23	69,76	85,08	2,46	84,00	3,21	71,85	66,93	2,54	66,77	5,05	75,07	-27,28	-32,72	-11,84	2,94	-20,51	57,32	4,48
075	32,55	53,78	92,00	3,17	62,12	4,22	76,09	78,00	3,39	47,17	7,43	79,67	-33,46	-39,13	-15,22	6,83	-24,06	76,22	4,71
080	31,88	72,20	118,04	4,91	62,69	3,76	75,12	103,23	5,20	47,26	5,37	78,02	-34,89	-46,38	-12,54	5,94	-24,61	42,85	3,85
084	72,71	163,90	128,15	3,16	132,93	2,34	67,67	135,46	3,23	117,50	2,36	68,95	-13,59	-17,35	-4,08	2,00	-11,60	1,18	1,90
086	52,73	102,11	110,65	2,77	89,23	3,05	71,83	103,04	2,86	76,67	3,77	73,71	-17,32	-22,80	-6,88	3,33	-14,07	23,64	2,61
092	25,63	37,99	75,27	2,86	53,26	5,66	76,94	32,81	71,73	2,88	49,36	77,99	-11,84	-13,62	-4,70	0,63	-7,32	16,22	1,35
095	49,92	76,25	82,50	1,97	95,20	3,80	71,39	40,68	57,15	77,62	2,01	82,53	-18,52	-25,05	-5,92	1,83	-13,31	20,91	2,27
097	23,82	29,97	71,23	3,27	51,36	4,73	78,38	19,82	24,40	66,15	3,41	47,33	-16,78	-18,59	-7,13	4,34	-7,86	29,73	2,04
099	27,33	42,37	77,42	2,88	60,05	6,30	76,66	23,73	34,02	73,92	2,99	53,72	-13,19	-19,71	-4,52	3,75	-10,53	4,15	1,16
109	36,10	60,68	93,28	2,90	72,84	4,13	74,01	47,47	87,76	2,93	64,84	75,45	-16,41	-21,76	-5,92	3,95	-10,98	19,77	1,95
113	36,69	70,52	109,32	3,09	75,85	4,58	75,17	42,77	95,04	3,03	51,75	79,13	-36,89	-39,36	-13,06	-1,90	-31,77	194,90	5,27
118	29,31	36,30	70,08	2,80	59,04	5,00	77,19	18,57	20,82	59,76	2,90	41,76	-36,64	-42,63	-14,73	3,57	-29,27	93,13	4,66
121	19,04	25,51	70,62	3,34	43,94	6,83	78,89	13,91	16,75	63,69	3,53	37,54	-26,95	-34,32	-9,80	5,54	-14,57	29,59	2,46
127	45,81	72,80	86,86	3,35	85,65	2,64	73,46	39,73	59,97	82,14	3,34	78,26	-13,27	-17,62	-5,44	-0,37	-8,62	15,85	1,71
130	63,49	109,61	97,85	2,12	109,81	2,65	68,65	50,84	82,52	90,50	2,18	92,04	-19,92	-24,71	-7,51	3,01	-16,19	23,69	3,37
134	57,12	124,67	124,50	2,91	100,14	3,04	71,18	44,68	90,83	113,77	2,96	84,19	-21,78	-27,15	-8,62	1,48	-15,92	49,06	3,52
137	35,36	101,03	152,66	4,10	62,90	5,18	69,11	27,65	72,54	144,08	4,18	53,70	-21,78	-28,21	-5,62	1,81	-14,63	6,41	2,41
139	34,91	57,59	91,35	4,39	63,28	3,13	75,68	28,92	45,62	85,42	4,52	55,79	-17,14	-20,78	-6,48	3,13	-11,84	21,58	2,14
144	46,72	81,81	95,62	2,90	91,02	3,22	73,17	32,44	54,05	83,35	3,11	73,24	-30,57	-33,94	-12,83	7,01	-19,53	59,72	5,01
146	27,81	35,04	65,69	2,65	50,16	4,14	77,97	17,17	19,44	55,19	2,85	35,07	-38,25	-44,54	-15,98	7,53	-30,08	258,74	4,57
147	27,08	48,99	98,69	3,47	59,36	5,73	77,65	20,02	33,55	88,35	3,62	45,98	-26,08	-31,51	-10,48	4,27	-22,53	44,48	3,08
150	59,18	115,87	109,31	3,44	106,67	2,63	71,13	49,37	92,61	102,81	3,55	92,72	-16,57	-20,08	-5,95	3,18	-13,07	13,11	2,50
151	35,32	59,79	89,27	3,78	67,42	3,53	74,44	26,89	40,35	82,81	3,97	57,01	-23,86	-32,50	-7,24	4,90	-15,45	11,63	2,43
154	46,26	78,10	94,23	2,92	84,74	2,93	71,78	35,85	56,85	86,81	3,05	66,24	-22,52	-27,20	-7,88	4,75	-21,83	27,85	3,14
157	49,57	123,48	132,19	3,08	84,70	3,94	71,36	37,15	79,88	120,81	3,26	66,86	-25,06	-35,31	-8,61	5,93	-21,07	6,27	3,01
162	34,27	53,48	80,31	2,95	67,12	4,38	76,07	22,82	30,43	68,88	3,01	52,48	-33,42	-43,10	-14,22	1,88	-21,80	60,83	4,20
164	43,14	75,01	89,08	2,98	77,52	3,57	72,93	37,79	62,75	86,04	3,09	69,31	-12,41	-16,34	-3,41	3,85	-10,60	-1,18	1,16
165	46,40	77,97	92,27	3,11	79,25	3,06	72,07	41,79	68,58	90,50	3,17	73,33	-9,94	-12,04	-1,92	1,73	-7,47	4,03	1,00
185	62,48	149,44	125,62	3,63	106,66	2,49	69,48	52,13	120,31	117,92	3,71	89,70	-16,57	-19,49	-6,12	2,14	-15,90	26,93	2,65
186	51,56	86,31	93,42	2,12	89,72	3,58	70,91	39,16	61,61	84,96	2,16	74,54	-24,04	-28,62	-9,06	1,97	-16,92	55,68	3,80
190	27,51	68,19	127,58	4,62	52,30	5,16	71,10	22,73	56,74	119,60	4,77	45,06	-17,36	-16,80	-6,26	3,31	-13,84	105,04	3,01
208	29,22	53,05	96,65	2,84	63,20	6,44	77,13	19,20	34,29	80,92	2,98	50,65	-34,31	-35,35	-16,28	4,89	-19,85	126,01	5,11
397	33,43	108,42	166,13	5,22	61,84	5,07	69,88	24,06	72,38	150,98	5,47	49,60	-28,05	-33,24	-9,12	4,70	-19,79	55,10	4,05
702	42,05	73,44	90,32	3,19	82,59	3,24	75,05	27,67	45,25	74,96	3,46	61,12	-34,20	-38,39	-17,01	8,50	-25,99	109,96	5,50
729	26,39	27,21	54,58	1,81	50,95	6,07	76,55	13,48	12,09	43,42	2,00	34,43	-48,94	-55,55	-20,44	10,45	-32,42	96,94	6,23
890	20,91	32,59	87,24	3,04	46,33	7,49	77,85	14,13	20,42	75,60	3,16	37,71	-32,42	-37,34	-13,34	3,97	-18,60	77,95	3,84
Σύνολο 40 καταστημάτων	40,57	75,51	98,46	3,20	76,35	4,15	73,63	31,64	55,51	89,96	3,31	63,72	-22,02	-26,49	-8,63	3,43	-16,55	54,27	3,13

Σχήμα 84 - Στατιστικά πορτοκαλί ημερών

Κόκκινες ημέρες	Αρχική Εικόνα											Εκτιμώμενη Μεταβολή (Προσομοίωση - Βέλτιστη Τοποθέτηση Teller)										
	Προσομοίωση						Βέλτιστη Τοποθέτηση Teller					Εκτιμώμενη μεταβολή (%) από την εφαρμογή της βέλτιστης τοποθέτησης teller μέσα στο έτος										
	Μέσος χρόνος αναμονής (λεπτά)	Μέσος παραγόμε νος βαθμός δυσάρεσκ ε (ώρες)	Μέσος ημερήσιος αριθμός μη εξυπηρετ θέντων πελάτων	Μέσοι ενεργοί tellers	Μέσος μείντας χρόνος αναμονής (λεπτά)	Μέσος δείκτης απόδοσης	Μέσο ποσοστό εξυπηρετ θέντων πελάτων	Μέσος χρόνος αναμονής (λεπτά)	Μέσος παραγόμε νος βαθμός δυσάρεσκ ε (ώρες)	Μέσος ημερήσιος αριθμός μη εξυπηρετ θέντων πελάτων	Μέσοι ενεργοί tellers	Μέσος μείντας χρόνος αναμονής (λεπτά)	Μέσος δείκτης απόδοσης	Μέσος ποσοστό εξυπηρετ θέντων πελάτων	Μέσος χρόνος αναμονής (λεπτά)	Μέσος παραγόμε νος βαθμός δυσάρεσκ ε (ώρες)	Μέσος ημερήσιος αριθμός μη εξυπηρετ θέντων πελάτων	Μέσοι ενεργοί tellers	Μέσος μείντας χρόνος αναμονής (λεπτά)	Μέσος δείκτης απόδοσης	Μέσο ποσοστό εξυπηρετ θέντων πελάτων	
040	71,74	313,95	240,95	7,49	129,39	1,84	67,86	42,56	156,45	203,67	7,37	91,57	3,55	72,64	-40,68	-50,17	-15,47	-1,54	-29,23	92,74	7,04	
046	102,62	214,79	120,75	2,13	180,86	1,80	64,70	85,05	173,03	109,75	2,23	155,53	3,09	67,89	-17,12	-19,44	-9,11	4,70	-14,01	72,15	4,93	
064	87,73	187,00	124,77	2,74	155,53	1,71	65,33	69,82	146,21	116,09	2,71	128,19	4,67	68,26	-20,41	-21,81	-6,95	-1,42	-17,58	172,81	4,48	
070	63,87	119,66	102,05	2,48	128,50	3,00	69,20	50,54	90,01	93,93	2,37	108,62	4,76	71,75	-20,88	-24,78	-7,95	-4,62	-15,47	58,54	3,68	
073	70,01	138,64	113,05	2,83	123,51	2,12	67,83	54,66	103,91	103,70	2,83	102,83	3,04	70,60	-21,92	-25,05	-8,27	-0,09	-16,74	43,33	4,09	
075	53,51	120,16	118,31	3,46	96,31	3,12	72,21	40,92	90,72	104,75	3,69	80,55	5,93	75,59	-23,53	-24,50	-11,46	6,76	-16,37	89,84	4,67	
080	54,13	188,90	189,66	6,49	97,84	2,25	70,51	36,70	108,37	168,80	6,69	75,95	2,97	73,54	-32,21	-42,63	-11,00	3,09	-22,37	32,49	4,31	
084	94,50	268,91	165,20	3,63	173,12	1,45	64,38	87,15	240,58	161,07	3,39	165,22	1,70	65,20	-7,78	-10,53	-2,50	-6,66	-4,56	16,96	1,28	
086	94,17	209,73	130,00	2,63	163,92	1,68	65,52	74,68	165,97	118,25	2,82	141,06	3,16	69,10	-20,70	-20,86	-9,04	7,06	-13,94	88,01	5,46	
092	60,94	126,85	115,18	2,88	111,61	2,74	69,44	56,02	112,71	111,89	2,84	103,69	3,12	70,23	-8,07	-11,15	-2,86	-1,41	-7,10	13,93	1,13	
095	79,96	159,50	114,95	2,45	142,38	1,94	66,27	54,13	97,64	100,26	2,47	106,21	3,51	70,57	-32,31	-38,79	-12,79	0,76	-25,41	80,86	6,49	
097	53,06	95,26	100,19	3,21	98,14	2,60	71,94	47,66	84,28	96,50	3,29	91,07	3,41	73,13	-10,18	-11,53	-3,68	2,22	-7,20	30,90	1,66	
099	46,22	93,31	113,30	3,30	87,91	3,38	71,93	38,69	73,42	108,34	3,43	77,74	3,54	73,20	-16,29	-21,32	-4,37	3,94	-11,57	4,82	1,77	
109	65,95	148,09	125,64	3,13	117,57	2,53	68,64	58,27	123,87	119,98	3,12	105,28	2,82	69,87	-11,64	-16,36	-4,50	-0,22	-10,45	11,47	1,79	
113	68,28	162,96	133,25	3,13	122,92	2,90	69,80	45,48	97,88	116,69	3,20	92,31	4,33	73,78	-33,39	-39,94	-12,43	2,36	-24,90	49,42	5,71	
118	52,13	93,96	91,81	2,86	93,57	3,79	73,06	40,80	64,81	85,44	2,94	79,07	4,17	74,76	-21,73	-31,02	-6,94	3,11	-15,50	9,78	2,33	
121	39,97	80,66	107,50	3,60	74,77	3,54	73,34	29,08	53,87	96,55	3,76	60,12	4,91	76,03	-27,23	-33,21	-10,18	4,27	-19,59	38,64	3,67	
127	67,64	115,29	91,93	3,13	132,68	1,78	69,60	59,21	98,96	88,20	3,16	115,35	2,31	71,33	-12,47	-14,17	-4,06	0,76	-13,07	30,06	2,49	
130	90,75	206,56	129,52	2,36	153,72	2,02	65,05	75,13	159,55	122,36	2,33	129,02	2,36	66,91	-17,21	-22,76	-5,53	-0,89	-16,07	16,68	2,85	
134	83,22	197,55	131,75	3,19	148,97	2,92	68,01	62,78	141,30	121,06	3,11	123,72	3,93	70,90	-24,56	-28,48	-8,11	-2,78	-16,95	34,86	4,24	
137	71,95	300,68	227,99	4,86	125,86	2,50	62,41	56,30	222,83	214,71	4,70	106,81	7,18	64,72	-21,76	-25,89	-5,82	-3,16	-15,14	187,81	3,69	
139	50,54	100,72	107,00	4,29	86,94	2,43	72,67	44,60	82,89	103,75	4,43	76,11	2,29	73,41	-11,75	-17,70	-3,04	3,34	-12,46	-5,74	1,02	
144	77,63	164,43	121,19	3,05	141,92	1,97	68,08	65,13	131,01	114,44	3,27	123,91	2,20	69,93	-16,10	-20,32	-5,57	7,28	-12,69	11,56	2,71	
146	48,85	82,45	90,25	2,90	80,98	2,84	72,85	40,72	67,06	83,88	2,99	70,73	3,69	74,81	-16,64	-18,67	-7,06	3,16	-12,66	29,92	2,69	
147	48,33	109,72	126,00	3,51	87,61	3,51	72,97	40,73	88,43	118,38	3,63	76,94	4,97	74,69	-15,73	-19,40	-6,05	3,62	-12,18	41,83	2,36	
150	80,19	173,34	127,56	3,49	145,86	1,56	67,36	69,99	146,01	121,06	3,64	131,45	1,85	68,99	-12,72	-15,77	-5,10	4,38	-9,88	18,49	2,42	
151	62,47	146,71	127,16	4,05	107,26	2,52	69,58	44,17	90,60	114,53	4,25	82,92	2,95	72,38	-29,30	-38,25	-9,93	4,88	-22,69	17,16	4,02	
154	86,68	193,66	127,89	3,16	148,49	1,62	65,61	75,18	160,58	122,61	3,15	130,76	1,81	66,99	-13,27	-17,08	-4,12	-0,50	-11,94	11,47	2,09	
157	76,55	265,28	190,32	3,78	126,31	2,52	67,15	57,86	181,52	175,02	3,77	102,39	3,15	69,69	-24,42	-31,57	-8,04	-0,30	-18,94	25,05	3,79	
162	59,89	121,29	109,13	3,15	102,09	2,39	70,79	41,72	77,00	95,69	3,23	76,38	3,92	74,53	-30,33	-36,51	-12,31	2,58	-25,18	64,14	5,29	
164	71,01	161,31	127,91	3,54	123,98	1,91	67,71	63,20	137,96	123,39	3,57	110,59	2,13	68,83	-11,00	-14,47	-3,54	0,72	-10,81	11,49	1,65	
165	74,25	160,78	122,67	3,08	131,01	2,04	67,36	67,28	139,94	117,91	3,07	119,55	2,36	68,46	-9,40	-12,96	-3,89	-0,40	-8,75	15,63	1,64	
185	85,31	236,19	161,60	4,71	155,34	1,43	65,71	79,06	212,65	158,43	4,38	143,98	1,59	66,37	-7,32	-9,97	-1,96	-7,00	-7,31	11,06	1,02	
186	81,71	177,08	124,60	2,52	143,01	2,16	66,18	57,79	119,49	110,84	2,47	108,50	3,84	70,28	-29,28	-32,52	-11,05	-1,79	-24,13	78,13	6,20	
190	63,52	255,53	211,83	5,29	110,61	2,53	63,84	56,73	225,54	204,13	5,41	102,03	3,20	65,28	-10,68	-11,74	-3,63	2,24	-7,76	26,67	2,26	
208	56,40	141,68	129,00	3,13	108,52	4,20	72,20	37,11	86,53	107,81	3,28	79,11	9,58	76,88	-34,21	-38,93	-16,42	4,61	-27,10	128,39	6,48	
397	60,87	301,22	261,89	6,14	108,66	2,84	64,28	50,81	242,04	246,89	6,15	95,89	3,82	66,29	-16,53	-19,65	-5,73	0,14	-11,76	34,41	3,13	
702	63,46	136,99	116,50	3,53	117,45	2,87	70,73	49,62	98,80	104,56	3,69	98,62	3,61	73,40	-21,81	-27,88	-10,25	4,56	-16,03	25,75	3,78	
729	45,42	68,23	81,37	2,26	75,45	3,52	72,14	32,25	45,33	71,67	2,33	58,87	5,89	75,48	-28,99	-33,56	-11,92	2,99	-21,98	66,99	4,63	
890	31,25	65,50	112,60	3,62	62,69	6,45	75,65	23,56	48,16	100,42	3,67	52,53	10,17	78,45	-24,63	-26,48	-10,82	1,17	-16,21	57,69	3,71	
Σύνολο 40 καταστήμα των	67,42	165,11	134,11	3,53	120,58	2,57	68,75	54,08	124,70	123,93	3,57	102,03	3,79	71,13	-19,79	-24,48	-7,58	1,15	-15,39	47,20	3,46	

Σχήμα 85 - Στατιστικά κόκκινων ημερών

Από τον πίνακα για τις πράσινες ημέρες προκύπτει λοιπόν πως η εφαρμογή της μεθοδολογίας στα 40 αυτά καταστήματα τις πράσινες ημέρες του έτους 2014 είχε κατά μέσο όρο τα εξής αποτελέσματα, μετρούμενα και σε ποσοστιαίες μεταβολές:

Προσομοίωση							Βέλτιστη Τοποθέτηση Teller							Εκτιμώμενη μεταβολή (%) από την εφαρμογή της βέλτιστης τοποθέτησης teller μέσα στο έτος						
Μέσος χρόνος αναμονής (λεπτά)	Μέσος παραγόμενος βαθμός δυσαρέσκειας (ώρες)	Μέσος ημερήσιος αριθμός μη εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσοι ενεργοί tellers	Μέσος μέγιστος χρόνος αναμονής (λεπτά)	Μέσος δείκτης απόδοσης	Μέσο ποσοστό εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσος χρόνος αναμονής (λεπτά)	Μέσος παραγόμενος βαθμός δυσαρέσκειας (ώρες)	Μέσος ημερήσιος αριθμός μη εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσοι ενεργοί tellers	Μέσος μέγιστος χρόνος αναμονής (λεπτά)	Μέσος δείκτης απόδοσης	Μέσο ποσοστό εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσος χρόνος αναμονής (λεπτά)	Μέσος παραγόμενος βαθμός δυσαρέσκειας (ώρες)	Μέσος ημερήσιος αριθμός μη εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσοι ενεργοί tellers	Μέσος μέγιστος χρόνος αναμονής (λεπτά)	Μέσος δείκτης απόδοσης	Μέσο ποσοστό εξυπηρετηθέντων πελατών
17,54	21,62	55,73	2,75	40,84	11,06	80,25	14,25	16,39	52,06	2,84	35,77	11,68	81,51	-18,76	-24,21	-6,58	3,19	-12,42	5,61	1,57

Σχήμα 86 - Στατιστικά πράσινων ημερών – ποσοστιαίες μεταβολές πριν και μετά την εφαρμογή των μέτρων βελτιστοποίησης

Από τον πίνακα για τις πορτοκαλί ημέρες προκύπτει επίσης πως η εφαρμογή της μεθοδολογίας στα 40 αυτά καταστήματα για τις πορτοκαλί ημέρες του έτους 2014 είχε τα εξής αποτελέσματα, μετρούμενα και σε ποσοστιαίες μεταβολές:

Προσομοίωση							Βέλτιστη Τοποθέτηση Teller							Εκτιμώμενη μεταβολή (%) από την εφαρμογή της βέλτιστης τοποθέτησης teller μέσα στο έτος						
Μέσος χρόνος αναμονής (λεπτά)	Μέσος παραγόμενος βαθμός δυσαρέσκειας (ώρες)	Μέσος ημερήσιος αριθμός μη εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσοι ενεργοί tellers	Μέσος μέγιστος χρόνος αναμονής (λεπτά)	Μέσος δείκτης απόδοσης	Μέσο ποσοστό εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσος χρόνος αναμονής (λεπτά)	Μέσος παραγόμενος βαθμός δυσαρέσκειας (ώρες)	Μέσος ημερήσιος αριθμός μη εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσοι ενεργοί tellers	Μέσος μέγιστος χρόνος αναμονής (λεπτά)	Μέσος δείκτης απόδοσης	Μέσο ποσοστό εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσος χρόνος αναμονής (λεπτά)	Μέσος παραγόμενος βαθμός δυσαρέσκειας (ώρες)	Μέσος ημερήσιος αριθμός μη εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσοι ενεργοί tellers	Μέσος μέγιστος χρόνος αναμονής (λεπτά)	Μέσος δείκτης απόδοσης	Μέσο ποσοστό εξυπηρετηθέντων πελατών
40,57	75,51	98,46	3,20	76,35	4,15	73,63	31,64	55,51	89,96	3,31	63,72	6,40	75,94	-22,02	-26,49	-8,63	3,43	-16,55	54,27	3,13

Σχήμα 87 - Στατιστικά πορτοκαλί ημερών – ποσοστιαίες μεταβολές πριν και μετά την εφαρμογή των μέτρων βελτιστοποίησης

Από τον πίνακα για τις κόκκινες ημέρες προκύπτει τέλος πως η εφαρμογή της μεθοδολογίας στα 40 αυτά καταστήματα για τις κόκκινες ημέρες του έτους 2014 είχε τα εξής αποτελέσματα, μετρούμενα και σε ποσοστιαίες μεταβολές:

Προσομοίωση							Βέλτιστη Τοποθέτηση Teller							Εκτιμώμενη μεταβολή (%) από την εφαρμογή της βέλτιστης τοποθέτησης teller μέσα στο έτος						
Μέσος χρόνος αναμονής (λεπτά)	Μέσος παραγόμενος βαθμός δυσαρέσκειας (ώρες)	Μέσος ημερήσιος αριθμός μη εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσοι ενεργοί tellers	Μέσος μέγιστος χρόνος αναμονής (λεπτά)	Μέσος δείκτης απόδοσης	Μέσο ποσοστό εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσος χρόνος αναμονής (λεπτά)	Μέσος παραγόμενος βαθμός δυσαρέσκειας (ώρες)	Μέσος ημερήσιος αριθμός μη εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσοι ενεργοί tellers	Μέσος μέγιστος χρόνος αναμονής (λεπτά)	Μέσος δείκτης απόδοσης	Μέσο ποσοστό εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσος χρόνος αναμονής (λεπτά)	Μέσος παραγόμενος βαθμός δυσαρέσκειας (ώρες)	Μέσος ημερήσιος αριθμός μη εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσοι ενεργοί tellers	Μέσος μέγιστος χρόνος αναμονής (λεπτά)	Μέσος δείκτης απόδοσης	Μέσο ποσοστό εξυπηρετηθέντων πελατών
67,42	165,11	134,11	3,53	120,58	2,57	68,75	54,08	124,70	123,93	3,57	102,03	3,79	71,13	-19,79	-24,48	-7,58	1,15	-15,39	47,20	3,46

Σχήμα 88 - Στατιστικά κόκκινων ημερών – ποσοστιαίες μεταβολές πριν και μετά την εφαρμογή των μέτρων βελτιστοποίησης

Από τα στατιστικά αυτά στοιχεία παρατηρούμε πως μεγαλύτερο κέρδος από την εφαρμογή της μεθοδολογίας προκύπτει για τα καταστήματα στις κόκκινες και τις πορτοκαλί ημέρες, ενώ μικρότερο κέρδος προκύπτει στις πράσινες ημέρες. Το γεγονός αυτό γίνεται εύκολα κατανοητό αν σκεφτούμε ότι οι πράσινες ημέρες είναι ούτως ή άλλως λιγότερο προβληματικές, ως αποτέλεσμα του συνδυασμού χαμηλότερης συναλλακτικής κίνησης και αποδοτικότερης εξυπηρέτησης, οπότε παρουσιάζεται και μικρότερο περιθώριο για βελτίωση σε σχέση με τις άλλες δύο κατηγορίες.

7. Συμπεράσματα και μελλοντικές προεκτάσεις

7.1 Το πρόβλημα

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, ασχοληθήκαμε με το πρόβλημα των μεγάλων ουρών αναμονής που δημιουργούνται σε υποκαταστήματα τραπεζών. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, το πρόβλημα αυτό μεγενθύνεται με την πάροδο του χρόνου, δεδομένης και της αύξησης του πραγματοποιούμενου όγκου συναλλαγών στα υποκαταστήματα των τραπεζών και της επέκτασης των δραστηριοτήτων των χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων, ενώ καθίσταται πιο επίκαιρο από ποτέ, τη στιγμή της επιβολής ελέγχου διακίνησης κεφαλαίων στην ελληνική οικονομία, κίνηση που είχε ως αποτέλεσμα τη δραματική επιδείνωση του εν λόγω προβλήματος. Συνέπεια των μεγάλων ουρών αναμονής είναι η παραγωγή μεγάλου χρόνου αναμονής για τους πελάτες τους και, συνακόλουθα, η δημιουργία δυσαρέσκειας σε αυτούς από την εξυπηρέτησή τους. Είναι λοιπόν σαφές πως τα υποκαταστήματα των τραπεζών αδυνατούν να διαχειριστούν τη συναλλακτική κίνηση που καλούνται να αντιμετωπίσουν, γεγονός από το οποίο προκύπτει και η ανάγκη ανάπτυξης μίας εναλλακτικής μεθόδου διαχείρισης των ουρών αναμονής.

7.2 Προτεινόμενη λύση

Με βάση λοιπόν τα αναφερθέντα στην προηγούμενη παράγραφο, αναπτύχθηκε μία μέθοδος διαχείρισης των ουρών αναμονής με στόχο τη βελτίωση της ποιότητας εξυπηρέτησης των πελατών της τράπεζας, η οποία υπόκειται στον περιορισμό της μη χρησιμοποίησης επιπλέον πόρων εκ μέρους της τράπεζας, δηλαδή επιπλέον χρόνου εργασίας από τους υπαλλήλους της.

Με αυτά τα δεδομένα, η λύση που προτάθηκε βασίζεται στη βέλτιστη κατανομή των θέσεων εργασίας των ταμιών (tellers) του κάθε καταστήματος εντός του ωραρίου λειτουργίας του, και στις κατάλληλες ώρες της ημέρας, ώστε να αντιμετωπιστεί αποτελεσματικά η αναμενόμενη συναλλακτική κίνηση. Ο αλγόριθμος ελέγχει κάθε χρονική στιγμή εντός του ωραρίου λειτουργίας του καταστήματος το πλήθος των πελατών που βρίσκονται σε αναμονή, εκτιμά τον αναμενόμενο χρόνο αναμονής τους, και, λαμβάνοντας υπόψη τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του, αποφασίζει για το αν η τράπεζα πρέπει να στελεχώσει επιπλέον ταμεία ή αν τα υπάρχοντα είναι επαρκή. Επιπλέον, σε περίπτωση πλεοναζόντων teller ο αλγόριθμος συμβουλεύει το κλείσιμο αντίστοιχου αριθμού θέσεων ταμείου. Αποτέλεσμα είναι η αύξηση της ποιότητας εξυπηρέτησης των πελατών της τράπεζας χωρίς να αυξάνεται σημαντικά ο απαιτούμενος χρόνος εργασίας στα ταμεία.

Ένα απλό παράδειγμα για την καλύτερη κατανόηση της ιδέας αυτής, είναι οι μέρες καταβολής μισθών και συντάξεων, στις αρχές και στα τέλη κάθε μήνα. Τις μέρες αυτές, είναι λογικό η πλειοψηφία των καταστημάτων αφενός να αναμένει αυξημένη συναλλακτική κίνηση σε σχέση με τον υπόλοιπο μήνα, και αφετέρου να αναμένει σημαντικό τμήμα της κίνησης αυτής να εμφανιστεί τις πρώτες ώρες της ημέρας. Θα πρέπει λοιπόν η διοίκηση της τράπεζας να λάβει δράση ώστε εκείνες τις ώρες να είναι διαθέσιμη η πλειοψηφία του προσωπικού της, ώστε να αντιμετωπιστεί αποτελεσματικά ο μεγάλος όγκος συναλλαγών και

να της δωθεί η δυνατότητα αργότερα μέσα στην ημέρα να αποδεσμεύσει tellers από τα ταμεία, ώστε να μη σπαταλώνται πόροι και να ικανοποιούνται και άλλες ανάγκες του καταστήματος. Σε περίπτωση που δεν ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα, δηλαδή δεν χρησιμοποιηθεί επαρκής αριθμός teller από την αρχή της ημέρας, το μεγάλο κύμα πελατών στην έναρξη της ημέρας θα έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή μεγάλου χρόνου αναμονής και δυσαρέσκειας για τους πελάτες, ενώ ταυτόχρονα θα επιβαρυνθεί η λειτουργία του καταστήματος σε όλη τη διάρκεια της ημέρας.

Έχοντας αποκτήσει μία πρώτη εικόνα της προτεινόμενης μεθοδολογίας, μπορούμε τώρα να συγκεκριμενοποιήσουμε τα στοιχεία που την συναποτελούν. Η μεθοδολογία λοιπόν αναλύεται σε τρία βήματα: Την κατηγοριοποίηση των καταστημάτων, το χαρακτηρισμό των εργάσιμων ημερών κάθε κατηγορίας καταστημάτων, καθώς και την παραγωγή ενός εργαλείου για κάθε κατάσταση, το οποίο θα καθορίζει αφενός το απαιτούμενο πλήθος ενεργών ταμείων σε κάθε στιγμή της ημέρας για την αποτελεσματική εξυπηρέτηση της τρέχουσας συναλλακτικής κίνησης, και αφετέρου το απαιτούμενο πλήθος ενεργών ταμείων στην έναρξη της ημέρας, με βάση την αναμενόμενη συναλλακτική κίνηση της εκάστοτε ημέρας.

Αναλυτικότερα, τα καταστήματα κατανέμονται σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με το βαθμό παραγόμενης δυσαρέσκειας για τους πελάτες τους, τα πράσινα καταστήματα (χαμηλή παραγόμενη δυσαρέσκεια), τα πορτοκαλί καταστήματα (μέση παραγόμενη δυσαρέσκεια) και τα κόκκινα καταστήματα (υψηλή παραγόμενη δυσαρέσκεια). Η κατηγοριοποίηση αυτή των καταστημάτων κρίνεται απαραίτητη, αφού μέσα από τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων για την ανά ημέρα και κατάσταση παραγόμενη δυσαρέσκεια προέκυψε το συμπέρασμα πως διαφορετικά καταστήματα παρουσιάζουν διαφορετικά μοτίβα προσέλευσης και εξυπηρέτησης πελατών, οδηγώντας αυτόματα στην ανάγκη για επεξεργασία και εφαρμογή διαφοροποιημένων λύσεων σε κάθε κατηγορία.

Το επόμενο βήμα της διαδικασίας είναι ο χαρακτηρισμός κάθε εργάσιμης ημέρας κάθε κατηγορίας καταστημάτων ως πράσινης (χαμηλή παραγόμενη δυσαρέσκεια), πορτοκαλί (μέση παραγόμενη δυσαρέσκεια) ή κόκκινης (υψηλή παραγόμενη δυσαρέσκεια), ανάλογα με το βαθμό παραγόμενης δυσαρέσκειας της πλειοψηφίας των καταστημάτων της αντίστοιχης κατηγορίας. Στη συνέχεια, οι χαρακτηρισμοί των ημερών κάθε κατηγορίας καταστημάτων συγκεντρώνονται, οπότε σχηματίζεται ένα ημερολόγιο της κατηγορίας καταστημάτων, το οποίο περιέχει το χαρακτηρισμό κάθε εργάσιμης ημέρας κατά τη διάρκεια του τρέχοντος έτους. Χρησιμοποιώντας τη διαθέσιμη από το ημερολόγιο πληροφορία, η διεύθυνση κάθε καταστήματος μπορεί εκ των προτέρων να ενημερωθεί και να προετοιμαστεί κατάλληλα για την αντιμετώπιση της αναμενόμενης συναλλακτικής κίνησης κάθε ημέρας.

Τελευταίο και σημαντικότερο βήμα της μεθοδολογίας, είναι η δημιουργία του πίνακα κάθε καταστήματος, ο οποίος περιέχει την πληροφορία τόσο για το απαιτούμενο πλήθος teller στην έναρξη της λειτουργίας του καταστήματος (ανάλογα με το χαρακτηρισμό της κάθε ημέρας), όσο και την πληροφορία για το απαιτούμενο πλήθος teller κάθε χρονική στιγμή κατά τη διάρκεια του ωραρίου λειτουργίας του καταστήματος (ανάλογα με το χαρακτηρισμό της κάθε ημέρας και το τρέχον πλήθος πελατών σε αναμονή). Πιο συγκεκριμένα, ο πίνακας καταστήματος διαθέτει μία στήλη για κάθε τύπο ημέρας (πράσινη, πορτοκαλί, κόκκινη) και μία γραμμή για κάθε πιθανό πλήθος teller (από ένα έως το πλήθος teller του καταστήματος, αυξανόμενος από κάτω προς τα πάνω). Κάθε καταχώρηση του πίνακα περιλαμβάνει δύο αριθμούς: Το πλήθος πελατών σε αναμονή στο οποίο θα πρέπει η διεύθυνση να αρχίσει να προετοιμάζει κάποιο επιπλέον teller για να στελεχώσει ταμείο (Lower), παρότι ακόμα η

τρέχουσα συναλλακτική κίνηση εξυπηρετείται αποδοτικά, καθώς και το πλήθος πελατών σε αναμονή στο οποίο θα πρέπει ο εν λόγω teller να στελεχώσει το επιπλέον ταμείο, και, σε περίπτωση που δε συμβεί αυτό, η τρέχουσα συναλλακτική κίνηση δε θα εξυπηρετείται πλέον αποδοτικά (Upper). Αντίστοιχα, όταν οι πελάτες σε αναμονή μειώνονται, η διεύθυνση μπορεί να επιλέξει να κλείσει ένα στελεχωμένο ταμείο όταν το πλήθος πελατών σε αναμονή μειωθεί κάτω είτε από το Upper είτε από το Lower της αντίστοιχης καταχώρησης του πίνακα. Η αποδοτική ή μη εξυπηρέτηση του τρέχοντος πλήθους πελατών κρίνεται με βάση ένα στόχο για το μέγιστο χρόνο αναμονής κάθε τύπου ημέρας, ο οποίος προέκυψε εκτελώντας το πρόγραμμα βελτιστοποίησης των ουρών αναμονής για κάποιο αντιπροσωπευτικό διάστημα (π.χ., ένα έτος). Έτσι, σε περίπτωση που ο στόχος αυτός επιτυγχάνεται, δηλαδή κανένας πελάτης δεν περιμένει χρόνο μεγαλύτερο από το στόχο αυτό, συμπεραίνουμε πως η εξυπηρέτηση της πελατείας από το κατάστημα ήταν αποδοτική.

Έχοντας πλέον διασαφηνίσει την προτεινόμενη λύση, αναπτύξαμε ένα σύστημα προσομοίωσης των ουρών αναμονής της τράπεζας και εφαρμογής της μεθοδολογίας αυτής. Στη συνέχεια, και χρησιμοποιώντας ημερήσια στοιχεία για τις ουρές αναμονής που μας παρείχε μία μεγάλη ελληνική τράπεζα, για 40 καταστήματα του δικτύου της και για το ημερολογιακό έτος 2014, εφαρμόσαμε την προτεινόμενη μεθοδολογία στα καταστήματα αυτά, εφαρμογή από την οποία προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα:

Προσομοίωση							Βέλτιστη Τοποθέτηση Teller							Εκτιμώμενη μεταβολή (%) από την εφαρμογή της βέλτιστης τοποθέτησης teller μέσα στο έτος						
Μέσος χρόνος αναμονής (λεπτά)	Μέσος παραγόμενος βαθμός δυσαρέσκειας (ώρες)	Μέσος ημερήσιος αριθμός μη εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσος μέγιστος χρόνος αναμονής (λεπτά)	Μέσοι ενεργοί tellers	Μέσος δείκτης απόδοσης	Μέσο ποσοστό εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσος χρόνος αναμονής (λεπτά)	Μέσος παραγόμενος βαθμός δυσαρέσκειας (ώρες)	Μέσος ημερήσιος αριθμός μη εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσος μέγιστος χρόνος αναμονής (λεπτά)	Μέσοι ενεργοί tellers	Μέσος δείκτης απόδοσης	Μέσο ποσοστό εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσος χρόνος αναμονής (λεπτά)	Μέσος παραγόμενος βαθμός δυσαρέσκειας (ώρες)	Μέσος ημερήσιος αριθμός μη εξυπηρετηθέντων πελατών	Μέσος μέγιστος χρόνος αναμονής (λεπτά)	Μέσοι ενεργοί tellers	Μέσος δείκτης απόδοσης	Μέσο ποσοστό εξυπηρετηθέντων πελατών
27,37	51,77	73,33	56,63	2,92	8,05	77,86	22,02	39,18	68,16	48,79	2,99	10,06	79,39	-19,55	-24,32	-7,05	-13,84	2,68	24,89	1,96

Σχήμα 89 - Ποσοστιαίες μεταβολές στατιστικών στοιχείων ουρών αναμονής με την εφαρμογή των μέτρων βελτιστοποίησης σε 40 καταστήματα το έτος 2014

7.3 Μελλοντικές προεκτάσεις

Με βάση τα αποτελέσματα από την εφαρμογή της μεθοδολογίας σε ένα ικανό πλήθος καταστημάτων μίας μεγάλης ελληνικής τράπεζας, γνωρίζουμε πως αυτή μπορεί δυνητικά να συμβάλλει άμεσα στην αντιμετώπιση ενός καθημερινού προβλήματος, αυτού των μεγάλων ουρών αναμονής στα υποκαταστήματα τραπεζών και της συνεπακόλουθης δυσαρέσκειας που προκαλείται στους πελάτες τους. Έτσι, μία λογική κατεύθυνση προέκτασης της παρούσας εργασίας προς την οποία εργαζόμαστε σε συνεργασία με την τράπεζα που μας παρείχε τα στοιχεία των καταστημάτων του δικτύου της, είναι η αυτοματοποίηση της προτεινόμενης λύσης, μέσω μίας εφαρμογής η οποία θα εγκατασταθεί στα υποκαταστήματα της τράπεζας και θα ενημερώνει σε πραγματικό χρόνο τη διεύθυνση του κάθε καταστήματος για το απαιτούμενο πλήθος teller με βάση το πλήθος πελατών σε αναμονή και τον πίνακα καταστήματος, ενώ ταυτόχρονα θα εμφανίζει τα στατικά στοιχεία του καταστήματος (κατηγορία καταστήματος, χαρακτηρισμός ημέρας, πλήθος απαιτούμενων teller στην έναρξη της ημέρας, στόχος μέγιστου χρόνου αναμονής, επιδόσεις προηγούμενων ημερών) και τα στατιστικά στοιχεία για την εξέλιξη της ουράς αναμονής κατά τη διάρκεια της ημέρας. Η

εφαρμογή αυτή θα επικοινωνεί με το σύστημα καταγραφής και παρατήρησης των ουρών αναμονής το οποίο ήδη διαθέτει η τράπεζα, και θα αντλεί από αυτό όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για τη λειτουργία της (πλήθος πελατών σε αναμονή την εκάστοτε στιγμή, στατιστικά στοιχεία της ουράς αναμονής κ.λπ.). Μελλοντικά λοιπόν ο στόχος της εργασίας αυτής είναι η υλοποίηση της αυτοματοποιημένης βέλτιστης διαχείρισης των ουρών αναμονής των καταστημάτων της τράπεζας, χωρίς την ουσιαστική σπατάλη πόρων εκ μέρους της τράπεζας και των υπαλλήλων της προς την επίτευξη του στόχου αυτού. Προς αυτή την κατεύθυνση, έχουμε δημιουργήσει ήδη ένα πρωτότυπο του συστήματος αυτού, το οποίο αναπαριστά τη διαδικασία που θα επιτελεί το τελικό σύστημα, χωρίς βέβαια να υπάρχει πρόσβαση και επικοινωνία με το σύστημα καταγραφής των ουρών αναμονής της τράπεζας. Το πρωτότυπο χρησιμοποιήθηκε ώστε να γίνει σαφής η λειτουργία του και οι απαιτήσεις του τελικού συστήματος στα στελέχη της τράπεζας. Στη συνέχεια, ο αλγόριθμος προσομοίωσης και βελτιστοποίησης των ουρών αναμονής που σχεδιάσαμε και περιγράψαμε στα κεφάλαια 4 και 5 παραδόθηκε σε μορφή προγράμματος εκτελέσιμου από μία γραμμή εντολών (command line) στην τράπεζα, ώστε να ενσωματωθεί στο ήδη υπάρχον σύστημα καταγραφής των ουρών αναμονής της. Το πρόγραμμα θα χρησιμοποιηθεί αφενός για την εκτέλεση της μεθοδολογίας προσομοίωσης και βελτιστοποίησης σε όλα τα καταστήματα της τράπεζας σε καθημερινή βάση και αφετέρου για τη στοχοθέτηση των καταστημάτων, τον υπολογισμό δηλαδή των στοχών για το μέγιστο χρόνο αναμονής τους ανά τύπο ημέρας. Τα δεδομένα εισόδου του προγράμματός (ανά λεπτό στατιστικά στοιχεία των ουρών αναμονής) αντλούνται από το σύστημα καταγραφής των ουρών αναμονής. Τα αποτελέσματα της εκτέλεσης αποθηκεύονται σε βάση δεδομένων της τράπεζας.

Μία ακόμα πιθανή μελλοντική προέκταση της εργασίας αυτής είναι η παραγωγή αποτελεσμάτων από την προσομοίωση και τη βελτιστοποίηση των ουρών αναμονής σε μεγαλύτερη κλίμακα, δηλαδή για περισσότερα καταστήματα του δικτύου της τράπεζας. Χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα αυτά, θα μπορούσαμε να αποφανθούμε με μεγαλύτερη βεβαιότητα για την αποτελεσματικότητα της προτεινόμενης μεθόδου και να επεξεργαστούμε πιθανές βελτιώσεις σε αυτή, ώστε να επιτύχουμε την όσο το δυνατόν ομαλότερη μετάβαση των υποκαταστημάτων στο νέο μοντέλο διαχείρισης των ουρών αναμονής τους.

8. Βιβλιογραφία

- P.H. Brill, M. Hlynka (2000), “An exponential queue with competition for service”, *European Journal of Operational Research* Vol. 126 (2000) pp. 587 – 602.
- A.J.E.M. Janssen, J.S.H. van Leeuwen, “Back to the roots of the M/D/s queue and the works of Erlang, Crommelin, and Pollaczek”.
- Val Andrei Fajardo, Steve Drekic (2015), “Controlling the workload of M/G/1 queues via the q-policy”, *European Journal of Operational Research* Vol. 243 (2015) pp. 607 – 617.
- G. J. Franx (1998), “A Simple Solution for the M/D/c Waiting Time Distribution”.
- P. Naor (1969), “The Regulation of Queue Size by Levying Tolls”, *Econometrica*, Vol. 37, Issue 1 (Jan. 1969), pp. 16 – 24.
- L. A. Zadeh (1978), “Fuzzy Sets as a Basis for a Theory of Possibility”, *Fuzzy Sets and Systems* 100 (1999), pp. 9 – 34.
- D. S. Negi, E. S. Lee (1992), “Analysis and Simulation of Fuzzy Queues”, *Fuzzy Sets and Systems* 46 (1992), pp. 321 – 330.
- R. J. Li, E. S. Lee (1989), “Analysis of Fuzzy Queues”, *Computers Math. Applic.* Vol. 17, No. 7, pp. 1143 – 1147, 1989.
- Weining Kang, Kavita Ramanan (2010), “Fluid Limits Of Many-Server Queues With Reneging”, *The Annals of Applied Probability*, 2010, Vol. 20, No. 6, 2204–2260.
- Ward Whitt (2006), “Fluid Models for Multiserver Queues with Abandonments”, *Operations Research*, Vol. 54, No. 1, January – February 2006, pp. 37 – 54.
- Qicong Zhang, “Multi-agent Based Bank Queuing Model and Optimization”.
- Kenneth A. Williams, *Advanced Operating Systems Slides*, North Carolina A & T State University.
- Song Hongna, Duan Zhenwei (2010), “Simulation of banks queuing system based on WITNESS”, Published in 2010 International Conference on Computer Application and System Modeling (ICCASM 2010).
- Tian Hao, Tong Yifei (2011), “Study on Queuing System Optimization of Bank Based on BPR”, 2011 3rd International Conference on Environmental Science and Information Application Technology (ESIAT 2011).