

**Σχεδιασμός και ανάπτυξη γεννήτριας για την
παραγωγή συνθετικών κινήσεων σε
εσωτερικούς χώρους**

Σωτηρία Καστανά

Διπλωματική Εργασία

Επιβλέπων: Νικόλαος Μαμουλής

Ιωάννινα, Σεπτέμβριος, 2021



ΤΜΗΜΑ ΜΗΧ. Η/Υ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

DEPARTMENT OF COMPUTER SCIENCE & ENGINEERING

UNIVERSITY OF IOANNINA

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κύριο Ν.Μαμουλή καθώς και την διδακτορική φοιτήτρια κυρία Χ.Κοσυφάκη, για τη σημαντική βοήθεια και επίβλεψη τους, ώστε να ολοκληρώσω την παρούσα διπλωματική εργασία. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την σπουδαία στήριξή τους όλα αυτά τα χρόνια.

18/09/2021

Σωτηρία Καστανά

Περίληψη

Στην εποχή που διανύουμε, για να έχουν την δυνατότητα τα καταστήματα να ανταπεξέλθουν στις απαιτήσεις της αγοράς που συνεχώς αυξάνονται και στον ανταγωνισμό που μεγιστοποιείται, αναδύεται η ανάγκη ανάπτυξης νέων τεχνικών με σκοπό την βελτιστοποίηση της λειτουργίας τους.

Τέτοιες τεχνικές παραδείγματος χάριν είναι η στατιστική ανάλυση των δεδομένων των καταστημάτων και η στοχευμένη διαφήμιση των πελατών, οι οποίες αποσκοπούν στην αποτελεσματική χωροταξία των προϊόντων, στην αύξηση τζίρου, στην αποφυγή συνωστισμού κ.ά. Για την επιτυχή ανάπτυξη αυτών των τεχνικών κρίνεται απαραίτητη η δημιουργία συστημάτων τα οποία θα αξιοποιούν τα επιτεύγματα της τεχνολογικής προόδου. Ωστόσο λόγοι όπως η ιδιωτικότητα της πληροφορίας και η μη συναίνεση πολλών πελατών στην χρήση των προσωπικών τους δεδομένων έχουν διαφοροποιήσει αυτές τις ανάγκες και τις απαιτήσεις της αγοράς. Έτσι, παρουσιάζεται τεράστιο έλλειμμα σε μια από τις σημαντικότερες προαπαιτούμενες διαδικασίες για την εύρυθμη λειτουργία τέτοιων συστημάτων, την συλλογή πραγματικών δεδομένων. Επιπλέον ένας άλλος ιδιαίτερα σημαντικός λόγος που αναδύεται τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο και ο οποίος συμβάλλει στη μη διαθεσιμότητα τέτοιων δεδομένων, είναι η πανδημία Covid-19, καθώς οι δυσμενείς συνθήκες που έχουν προκύψει λόγω αυτής, δυσχεραίνουν την διαδικασία συγκέντρωσης αυτών των δεδομένων. Συνεπώς για όλους τους παραπάνω λόγους, είναι αναγκαία η δημιουργία συστημάτων τα οποία θα λειτουργούν ορθά, χωρίς να απαιτείται η χρήση ρεαλιστικών δεδομένων (όπως δηλαδή συνέβαινε στα μέχρι τώρα πανομοιότυπα συστήματα που είχαν αναπτυχθεί για αυτόν τον σκοπό).

Αναγνωρίζοντας την σπουδαιότητα ενός τέτοιου συστήματος, στην παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζεται ο σχεδιασμός και η υλοποίηση μιας γεννήτριας, η οποία παράγει συνθετικά δεδομένα κινητικότητας των πελατών σε εσωτερικούς χώρους φυσικών καταστημάτων, λαμβάνοντας σαν είσοδο κατόψεις κτηρίων. Όπως αναφέρθηκε, μια τέτοια γεννήτρια είναι ιδιαίτερα χρήσιμη διότι επιτρέπει την πραγματοποίηση ελέγχων κλιμακωσιμότητας ενός συστήματος διαχείρισης της καταναλωτικής συμπεριφοράς, στις περιπτώσεις που δεν υπάρχουν πραγματικά δεδομένα. Έτσι σκοπός της δημιουργίας της είναι να υλοποιηθεί μια προσομοίωση με αυτές τις κινήσεις, ώστε η μοντελοποιημένη αυτή συμπεριφορά που θα παρουσιάζεται, να συγκλίνει όσο

περισσότερο γίνεται στην πραγματική συμπεριφορά των πελατών στον πραγματικό κόσμο.

Έπειτα από μελέτη σχετικών ερευνών της βιβλιογραφίας, κατανοούμε πως οι συμπεριφορές των ανθρώπων που εισέρχονται και κινούνται μέσα σε ένα κατάστημα δεν είναι άτακτες και ακανόνιστες, αλλά στο μεγαλύτερο ποσοστό ακολουθούν συγκεκριμένα μοτίβα και η κινητικότητα τους έχει ως βάση κοινές συμπεριφορές. Συνεπώς αξιοποιώντας αυτές τις πληροφορίες σε συνδυασμό με κάποιες επιπρόσθετες παραμέτρους για μεγαλύτερη ακρίβεια και εγκυρότητα, μας παρέχεται η δυνατότητα να προσεγγίσουμε την όσο το δυνατόν αληθοφανέστερη απεικόνιση αυτών των μοντελοποιημένων κινήσεων και συνεπώς να επιτύχουμε την βέλτιστη υλοποίηση της γεννήτριας μας, την οποία επιθυμούμε.

Συνοψίζοντας, οι τεχνικές οι οποίες χρησιμοποιούνται για την πραγματοποίηση ενός τέτοιου συστήματος είναι αρχικά η παραγωγή κατάλληλων αρχείων κειμένου τα οποία παρέχουν πληροφορίες για το κατάστημα, τα προϊόντα και τους πελάτες. Επίσης για την υλοποίηση μιας τέτοιας γεννήτριας είναι απαραίτητη η κατάλληλη επεξεργασία αυτών των αρχείων με σκοπό την αξιοποίηση των παρεχόμενων πληροφοριών για την ορθή λειτουργία της. Επιπλέον είναι αναγκαία η ανάπτυξη νέων τεχνικών και αλγορίθμων που παράγουν τις προσομοιωμένες κινήσεις των πελατών μέσα στο κατάστημα. Τέλος σημειώνεται πως η αποτίμηση της αποτελεσματικότητας της γεννήτριας μας επιτυγχάνεται τόσο μέσω της ενδελεχούς παρατήρησης των οπτικοποιημένων κινήσεων των πελατών στην προσομοίωση μας, όσο και ακριβέστερα μέσω της εκτενούς μελέτης των αρχείων εξόδου τα οποία παράγει η γεννήτρια μας και περιέχουν την πληροφορία των συνθετικών δεδομένων κινητικότητας των πελατών.

Λέξεις Κλειδιά: αλγόριθμοι, γεννήτρια, δεδομένα, κατασκευή, κατάστημα, κινητικότητα, οπτικοποίηση, παραγωγή, πελάτες, προσομοίωση, τεχνικές

Abstract

In the current era, market demands are constantly increasing and competition is maximized. In order for stores to be able to cope with them, it is necessary to develop new techniques to optimize their operation.

Such techniques, for example, are the statistical analysis of store data and targeted advertising of customers, which aim at the effective layout of products, increase turnover, avoid congestion, etc. For the successful development of these techniques it is necessary to create systems where they will utilize the achievements of technological progress. However, reasons such as the privacy of information and the lack of consent of many customers in the use of their personal data have differentiated these needs and market requirements. Thus, there is a huge deficit in one of the most important prerequisite procedures for the smooth operation of such systems, the collection of real data. In addition, another very important reason that emerges during this period and which contributes to the unavailability of such data is the Covid-19 pandemic, as the adverse conditions that have arisen due to it complicate the process of collecting this data. Therefore, for all the above reasons, it is necessary to create systems that will work properly, without requiring the use of realistic data (as was the case with the hitherto identical systems that had been developed for this purpose).

Recognizing the importance of such a system, in this diploma thesis is presented the design and implementation of a generator, which produces synthetic data of customer mobility inside physical stores, taking as input floor plans of buildings. As mentioned, such a generator is particularly useful because it allows the scalability checks of a consumer behavior management system to be performed in cases where there is no real data. Thus, the purpose of its creation is to implement a simulation with these movements, so that this modeled behavior that will be presented, converges as much as possible to the real behavior of customers in the stores of real world.

After a study of relevant literature research, we understand that the behaviors of people entering and moving in a store are not erratic and irregular, but for the most part they follow specific patterns and their mobility is based on common behaviors. Therefore, utilizing this information in combination with some additional parameters for greater accuracy and validity, we are given the opportunity to approach the most

realistic representation of these modeled movements and therefore to achieve the optimal implementation of our generator, which we desire.

In summary, the techniques used to implement such a system are primarily the production of appropriate text files that provide information about the store, products and customers. For the implementation of such a generator is the appropriate processing of these files in order to make the necessary use of the information they provide for the proper operation of the generator. Proper processing of these files is necessary for the implementation of such a generator. In addition, it is necessary to develop new techniques and algorithms where they produce the simulated indoor mobility data. Finally, it is noted that the evaluation of the efficiency of our generator is achieved both through the thorough observation of the visualized movements of the customers in our simulation and for greater accuracy through the extensive study of the output files produced by our generator and containing the information of synthetic indoor mobility data of customers.

Keywords: algorithms, construction, customers, data, generator, indoor, mobility, production, simulation, store, techniques, visualization

Πίνακας Περιεχομένων

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

1.1	Εισαγωγικά στοιχεία	1
1.2	Οργάνωση κειμένου	4

Κεφάλαιο 2. Βιβλιογραφική Επισκόπηση

2.1	Project Vita	6
2.2	Σχετικές Εργασίες	9

Κεφάλαιο 3. Λειτουργία της γεννήτριας

3.1	Εισαγωγικά στοιχεία	16
3.2	Είσοδος της γεννήτριας.....	16
3.2.1	Δημιουργία αρχείων κατόψεων φυσικών καταστημάτων.....	17
3.2.2	Δημιουργία αρχείων προϊόντων	18
3.2.3	Χωρική κατανομή και οπτικοποίηση προϊόντων	21
3.2.4	Δημιουργία αρχείων με προφίλ πελατών.....	22
3.3	Μοντελοποίηση των κινήσεων των πελατών	24
3.3.1	Παράμετροι της γεννήτριας	31
3.3.2	Σενάρια κίνησης πελατών εντός εσωτερικών χώρων	35
3.4	Έξοδος της γεννήτριας	44
3.4.1	Οπτικοποίηση της προσομοίωσης	45
3.4.2	Αρχείο εξόδου συνθετικών δεδομένων κινητικότητας	47

Κεφάλαιο 4. Υλοποίηση και έλεγχος της γεννήτριας

4.1	Τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση της γεννήτριας	50
4.2	Σχεδιασμός και αρχιτεκτονική της γεννήτριας.....	51
4.3	Χρήση της γεννήτριας.....	52
4.4	Ευχρηστία και προσαρμογή της γεννήτριας.....	55
4.5	Έλεγχος της γεννήτριας.....	57

Κεφάλαιο 5. Επίλογος

5.1	Μελλοντικές επεκτάσεις	61
Παράρτημα	63
Βιβλιογραφία	73

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

1.1 Εισαγωγικά στοιχεία

Στόχος κάθε επιχείρησης είναι η παροχή μιας πιο προσωπικής και συναρπαστικής εμπειρίας αγορών για τον πελάτη, η βελτιστοποίηση της διάταξης του καταστήματος και η καλύτερη λειτουργία του, για να μπορεί να αντεπεξέλθει στον συνεχώς αυξανόμενο ανταγωνισμό αλλά και για να οδηγηθεί στην αύξηση των εσόδων της. Ένας σημαντικός παράγοντας που συμβάλλει θετικά στην πραγματοποίηση των παραπάνω είναι η δυνατότητα κατανόησης της κινητικής συμπεριφοράς των πελατών. Αυτή η ανάγκη για κατανόηση και μελέτη της καταναλωτικής κινητικότητας είναι ιδιαίτερα σημαντική και ουσιαστική για οποιαδήποτε επιχείρηση παρέχει τις υπηρεσίες της στους πελάτες. Η ανάγκη αυτή μεγιστοποιείται για τους ιδιοκτήτες φυσικών καταστημάτων, συγκριτικά με αυτούς των ηλεκτρονικών, καθώς το πλήθος των εργαλείων που έχουν αναπτυχθεί μέχρι τώρα για την μελέτη της καταναλωτικής συμπεριφοράς είναι πιο περιορισμένο. Συνεπώς κρίνεται χρήσιμη η ανάπτυξη μιας γεννήτριας που παράγει δεδομένα τα οποία προσομοιώνουν αυτή την συμπεριφορά στον εσωτερικό χώρο του καταστήματος. Η ανάπτυξη και ο έλεγχος τέτοιων εργαλείων του παρέχουν την δυνατότητα να μελετήσει, να ερευνήσει και να βρει τις αποδοτικότερες και λειτουργικότερες μεθόδους εσωτερικών χώρων. Επιπρόσθετα, μέσω της παρατήρησης των μοντελοποιημένων κινήσεων των πελατών, εξάγει ορθότερα συμπεράσματα για την πιθανή μελλοντική συμπεριφορά τους, με σκοπό την όσο το δυνατόν πιο ρεαλιστική πρόβλεψη της κινητικότητάς τους στον πραγματικό κόσμο.

Επιπλέον, το γεγονός ότι στο πεδίο των βάσεων δεδομένων τα αναλυτικά στοιχεία για τα δεδομένα κινητικότητας εσωτερικών χώρων έχουν αναδειχθεί ως ένα πολλά υποσχόμενο πεδίο έρευνας, μπορούμε να αντιληφθούμε γιατί ένα τέτοιο εργαλείο, δηλαδή μια γεννήτρια που παράγει τέτοια δεδομένα, καθίσταται ιδιαίτερα χρήσιμο και πο-

λύτιμο για μελέτη και έρευνα. Την δεδομένη χρονική στιγμή όμως, εξαιτίας της κατάστασης που επικρατεί λόγω της Covid-19, έχει αποδειχθεί πως λόγω αυτής, οι επιπτώσεις στον κλάδο των επιχειρήσεων είναι πολλαπλές, κάτι που οδηγεί τελικά στην πτώση τζίρου και ρευστότητας. Σύμφωνα με τα δεδομένα που έχουμε συλλέξει έως σήμερα, είναι αξιοσημείωτο, πως οι επιχειρήσεις που έπληξε κυρίως η πανδημία είναι όσες λειτουργούσαν σε φυσικά καταστήματα, καθώς στην αντίπερα όχθη, για όσες υπήρχε η δυνατότητα ηλεκτρονικών πωλήσεων, αυξήθηκαν τα κέρδη τους. Λόγω αυτών των προβληματικών συνθηκών που δημιούργησε η Covid-19, γεννήθηκε μια πληθώρα αναγκών για τις οποίες πρέπει να βρούμε λύσεις. Μια από τις προβληματικές καταστάσεις που έχουν προκύψει λόγω της πανδημίας αφορά την αδυναμία συλλογής πραγματικών δεδομένων. Κάτι τέτοιο συμβαίνει διότι τα καταστήματα στα οποία θα μπορούσαν να συγκεντρωθούν αυτά τα δεδομένα, είτε είναι κλειστά, είτε η κυκλοφορία των πελατών σε αυτά είναι περιορισμένη και επομένως παραπλανητική για να αξιοποιηθεί. Μια σημαντική λύση, η οποία κρίνεται αναγκαία, είναι η δημιουργία μιας γεννήτριας η οποία θα δημιουργεί δεδομένα που αφορούν τις κινήσεις των πελατών, μέσω προσομοιώσεων, για αυτές τις περιπτώσεις όπου δεν καθίσταται εφικτή η συλλογή πραγματικών δεδομένων.

Σύμφωνα με τις αναφορές των ειδικών, καθώς η εν λόγω πανδημία θα κρατήσει για καιρό ακόμα, ένα τέτοιο εργαλείο δημιουργίας προσομοιωμένων δεδομένων κινητικότητας χρήζει μεγάλης ανάγκης και η συνεισφορά του στις επιχειρήσεις κρίνεται πιο πολύτιμη και σημαντική σε σχέση με κάθε άλλη φορά. Έτσι, στην παρούσα διπλωματική εργασία αποφασίσαμε να αναπτύξουμε την υλοποίηση μιας γεννήτριας, η οποία θα παράγει τέτοια συνθετικά δεδομένα κίνησης. Στο παρελθόν, μια τέτοια γεννήτρια, που είχε δημιουργηθεί με επιτυχία, είναι το Vita, το οποίο μελετάμε εκτενώς και πρόκειται να αξιοποιήσουμε σε θεωρητικό βαθμό στην συγκεκριμένη εργασία, καθώς οι ομοιότητες των δύο εργαλείων είναι πολλαπλές. Το συγκεκριμένο σύστημα, συλλέγει πραγματικά δεδομένα κινητικότητας στον εσωτερικό χώρο γραφείων αξιοποιώντας μια ποικιλία συσκευών εντοπισμού, όπως το WiFi, οι RFID ετικέτες, το bluetooth κλπ. Στην δική μας εργασία, η διαφορά αφορά τόσο τον τύπο των κινήσεων που αναπαρίστανται στα δεδομένα μας όσο και τον τρόπο με τον οποίο τα παράγουμε. Πιο συγκεκριμένα εμείς εστιάζουμε σε κινήσεις πελατών σε καταστήματα και όχι σε γενικού τύπου κινήσεις σε εσωτερικούς χώρους, που σημαίνει ότι πρέπει να προσαρμόσουμε τη γεννήτρια μας ώστε να παράγει κινήσεις οι οποίες συνάδουν με την συμπεριφορά των

καταναλωτών σε εμπορικούς χώρους. Επίσης η συγκέντρωση των δεδομένων δεν θα προκύπτει από τον πραγματικό κόσμο και η αναπαράσταση της κινητικότητας των ανθρώπων μέσα σε ένα κτίριο θα είναι προσομοιωμένη, καθώς όπως προαναφέρθηκε, την δεδομένη χρονική περίοδο ένα τέτοιο εργαλείο είναι πιο αναγκαίο και πιο ουσιαστικό.

Βασικός στόχος αυτής της εργασίας είναι η παραγωγή συνθετικών δεδομένων στα οποία αναπαρίστανται οι προσομοιωμένες κινήσεις των πελατών μέσα σε κάποιο φυσικό κατάστημα και μετέπειτα η πραγματική οπτικοποίηση τους. Αυτές οι κινήσεις βασίζονται στην γνώση που μας παρέχεται από άλλες πηγές (έρευνες, εργασίες) τις οποίες και αξιοποιούμε. Ειδικότερα, οι στόχοι οι οποίοι έχουν τεθεί για την επιτυχή εκπόνηση της εργασίας μας και οι οποίοι πρόκειται να αξιολογήσουν την ορθή λειτουργία της γεννήτριας μας είναι οι εξής:

1. Προσομοίωση κινήσεων ώστε να προσεγγίζουν κατά το μέγιστο τις πραγματικές κινήσεις των πελατών μέσα σε ένα φυσικό πολυκατάστημα, καλύπτοντας μεγάλο εύρος των πιθανών διαδρομών τους σε αυτό
2. Μέγιστη δυνατή απεικόνιση των κατόψεων φυσικών καταστημάτων και των προϊόντων τους σε αυτές για να ανταποκρίνονται σε μεγάλο βαθμό στα καταστήματα του πραγματικού κόσμου
3. Ευελιξία της γεννήτριας για παραγωγή δεδομένων σε πολλαπλές διαφορετικές κατόψεις κτηρίων καθώς και για μελλοντικές επεκτάσεις, ενημερώσεις και προσθήκες νέων λειτουργιών

Συγκεκριμένα, τα ειδικά χαρακτηριστικά του προβλήματος που μελετάμε είναι τα εξής:

- Τα συνθετικά δεδομένα κινητικότητας των πελατών εξαρτώνται από την θέση των προϊόντων στο κατάστημα, την οποία γνωρίζουμε, αλλά και την αξιοποίηση συμπερασμάτων από έρευνες που έχουν διεξαχθεί για την συμπεριφορά των πελατών μέσα σε ένα φυσικό κατάστημα. Αυτά πρόκειται να τα μελετήσουμε προκειμένου να βρούμε κάποια μοτίβα και κάποιες κοινές συμπεριφορές κίνησης μέσα σε ένα φυσικό κατάστημα, ώστε να τα χρησιμοποιήσουμε στις προσομοιωμένες κινήσεις της γεννήτριας μας.
- Για να επιτευχθεί μεγαλύτερη αξιοπιστία στην παραγωγή των δεδομένων μας, δημιουργούμε αρχεία με προφίλ για κάποιους από τους πελάτες, τα οποία στην συνέχεια θα χρησιμοποιηθούν σαν επιπρόσθετη πληροφορία. Τα συγκεκριμένα προφίλ μπορεί να περιέχουν βασικές πληροφορίες, όπως για παράδειγμα οι προτιμήσεις τους ή το ιστορικό των αγορών τους, τα οποία μας δίνουν περισσότερα στοιχεία για το ποια είναι

η πιθανότερη κατεύθυνση τους μέσα στο κατάστημα. Σημειώνεται πως οι πληροφορίες που μας παρέχουν αυτά τα προφίλ να μην είναι χρήσιμες και είναι εφικτό να συμβάλλουν στην πλησιέστερη της πραγματικότητας πρόβλεψη της κίνησης ενός πελάτη μέσα στο κατάστημα, καθώς όμως κάτι τέτοιο δεν ισχύει πάντα, για να μην διαστρεβλωθεί η εγκυρότητα των προσομοιωμένων κινήσεων των πελατών, αξιοποιείται ως δευτερεύουσα και επιπρόσθετη πληροφορία στην παραγωγή των δεδομένων.

- Εφόσον επιτευχθεί η επιτυχής παραγωγή αυτών των δεδομένων και η οπτικοποίηση τους, ο τελικός μας στόχος είναι η αξιολόγηση της αντικειμενικότητάς τους.

1.2 Οργάνωση κειμένου

Στόχος του συγκεκριμένου κειμένου της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ολοκληρωμένη παρουσίαση όλων των βημάτων τα οποία πραγματοποιήθηκαν για την υλοποίηση μιας γεννήτριας συνθετικών δεδομένων κινητικότητας πελατών σε εσωτερικούς χώρους. Συνεπώς ο τρόπος που περιγράφονται αυτά τα βήματα ακολουθούν τον βασικό κορμό σύμφωνα με τον οποίο και υλοποιήθηκαν.

Αρχικά, πριν ξεκινήσουν οι διαδικασίες για την κατασκευή της γεννήτριας μας, ήταν αναγκαία η μελέτη σχετικών ερευνών που πραγματοποιήθηκαν στο παρελθόν αλλά και η κατανόηση σε βάθος παρόμοιων συστημάτων τα οποία αναπτύχθηκαν παλαιότερα. Έτσι πρώτα γίνεται μια λεπτομερής αναφορά σε ένα τέτοιο σύστημα, το Vita, το οποίο εκτελέσαμε για να το χρησιμοποιήσουμε και να δούμε τις λειτουργίες που παρέχει στο χρήστη. Στη συνέχεια το μελετήσαμε εκτενώς για να κατανοήσουμε τους αλγόριθμους και τις τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση του. Κατόπιν, περιγράφουμε αναλυτικά έρευνες από την βιβλιογραφία, οι οποίες έχουν ως αντικείμενο μελέτης τις κινήσεις ανθρώπων μέσα σε εσωτερικούς χώρους και την ανάπτυξη διάφορων συστημάτων συλλογής, παραγωγής και επεξεργασίας τέτοιων δεδομένων κινητικότητας. Αυτές τις εργασίες τις ερευνήσαμε εκτενώς και τις αξιοποιήσαμε για να αναπτύξουμε τις δικές μας τεχνικές κατασκευής αντίστοιχων προσομοιωμένων δεδομένων.

Εφόσον ολοκληρώθηκε η κατάλληλη έρευνα ακολούθησε ο σχεδιασμός του τρόπου λειτουργίας της γεννήτριας μας. Για την δυνατότητα της εύρυθμης λειτουργίας της ήταν αναγκαία η κατασκευή κατάλληλων αρχείων τα οποία θα επέλεγε ο χρήστης.

Αυτά τα αρχεία είναι πολύ σημαντικά γιατί αποτελούν την είσοδο της γεννήτριας καθώς παρέχουν τα δεδομένα πάνω στα οποία πρόκειται να εφαρμοστούν τα μοντέλα κινητικότητας, για να παραχθούν τα συνθετικά δεδομένα. Έτσι αρχικά περιγράφουμε ποια είναι αυτά τα αρχεία κειμένου, τα οποία κατασκευάζουμε, και για ποιους λόγους είναι απαραίτητα για την ορθή λειτουργία της γεννήτριας μας. Ακολούθως, αναλύουμε τα μοντέλα κινητικότητας των πελατών μέσα στο κατάστημα, τα σενάρια των πιθανών κινήσεων που υπάρχουν για καθέναν από αυτούς, αλλά και τις κατηγορίες πελατών που μπορεί να ανήκει καθένας από αυτούς. Τέλος, εφόσον έχει υλοποιηθεί με επιτυχία η γεννήτρια μας αναλύουμε πληροφορίες σχετικές με το αρχείο εξόδου που παράγεται έπειτα από κάθε εκτέλεση της. Αυτό το αρχείο εξόδου είναι και ο λόγος δημιουργίας της γεννήτριας μας, καθώς σε αυτό περιέχονται οι πληροφορίες για τα προσομοιωμένα συνθετικά δεδομένα κινητικότητας, που έχουν παραχθεί κάθε φορά για το συγκεκριμένο κατάστημα το οποίο έχει επιλέξει ο χρήστης. Για μια καλύτερη και πιο ενδιαφέρουσα εμπειρία του χρήστη της γεννήτριας μας έχουμε δημιουργήσει γραφικό περιβάλλον στο οποίο οπτικοποιούνται αυτά τα δεδομένα.

Κατόπιν αναφέρουμε πληροφορίες σχετικά με τις τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση της γεννήτριας αλλά και την αρχιτεκτονική της. Επιπλέον περιγράφουμε την διαδικασία που απαιτείται να ακολουθήσει κάποιος που θέλει να χρησιμοποιήσει την γεννήτρια μας αλλά και τις αλλαγές που μπορεί να κάνει εάν επιθυμεί να προσαρμοστεί η λειτουργία της γεννήτριας στις δικές του ανάγκες. Απαραίτητη φυσικά είναι η αναφορά στον έλεγχο της αποτίμησης της αποτελεσματικότητας της, όπως επίσης και οι μελλοντικές επεκτάσεις που μπορούν να εφαρμοστούν στην γεννήτρια με σκοπό να φτάσει στην μέγιστη παροχή των δυνατοτήτων αξιοποίησης της από τους χρήστες. Τέλος, πριν την βιβλιογραφία, περιγράφουμε σε ένα παράρτημα τις κλάσεις που δημιουργήθηκαν για την υλοποίηση της γεννήτριας καθώς και την αναπαράσταση του διαγράμματος UML.

Κεφάλαιο 2.

Βιβλιογραφική

επισκόπηση

2.1 Project Vita

Στα πλαίσια της εκπόνησης της παρούσας εργασίας μελετήσαμε το Vita[1], ένα project που αφορά στην δημιουργία γεννήτριας συνθετικών δεδομένων κίνησης ανθρώπων σε εσωτερικούς χώρους. Το Vita παράγει δεδομένα τα οποία αφορούν χώρους γραφείων, σε αντίθεση με την δικιά μας γεννήτρια η οποία κατασκευάζει δεδομένα που αφορούν χώρους καταστημάτων. Τα δεδομένα αυτά δημιουργούνται με την χρήση πραγματικών δεδομένων τα οποία έχουν συγκεντρωθεί για αυτόν τον σκοπό μέσα σε διάφορα γραφεία του πραγματικού κόσμου. Πιο συγκεκριμένα το Vita είναι μια ευέλικτη εργαλειοθήκη για την δημιουργία δεδομένων κινητικότητας σε εσωτερικούς χώρους (Indoor Mobility data) πραγματικών κτηρίων που καταγράφονται σε DBI (Digital Building Information) μορφές. Σκοπός της δημιουργίας του Vita ήταν να καλυφθεί η ανάγκη της κοινότητας των βάσεων δεδομένων για την κατασκευή μιας γεννήτριας συνθετικών δεδομένων κινητικότητας σε εσωτερικούς χώρους, με σκοπό την αξιοποίηση αυτών από αναλυτές, ώστε να είναι εφικτή η μελέτη αλγορίθμων υποθέτοντας διαφορετικές τεχνολογίες σε εσωτερικούς χώρους.

Μια τέτοια γεννήτρια δεδομένων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για δύο λόγους. Ο πρώτος είναι για να δημιουργήσει δεδομένα κινητικότητας, τα οποία δίνονται από τον χρήστη ως μια διακριτή ακολουθία εκτιμήσεων τοποθεσίας. Ο δεύτερος λόγος είναι ότι προσδίδει αντικειμενικότητα στα συνθετικά δεδομένα κινητικότητας που παράγει, παρά την διακριτή φύση των προσομοιωμένων δεδομένων, με σκοπό την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των μοντέλων και των αλγορίθμων που μελετώνται.

Το Vita επιδεικνύεται ως μια γενική και διαμορφώσιμη από τον χρήστη εργαλειοθήκη για την παραγωγή διαφορετικών τύπων δεδομένων εσωτερικών χώρων σε κτήρια του πραγματικού κόσμου. Τα επιθυμητά δεδομένα δημιουργούνται σε έναν αγωγό επεξεργασίας τριών επιπέδων:

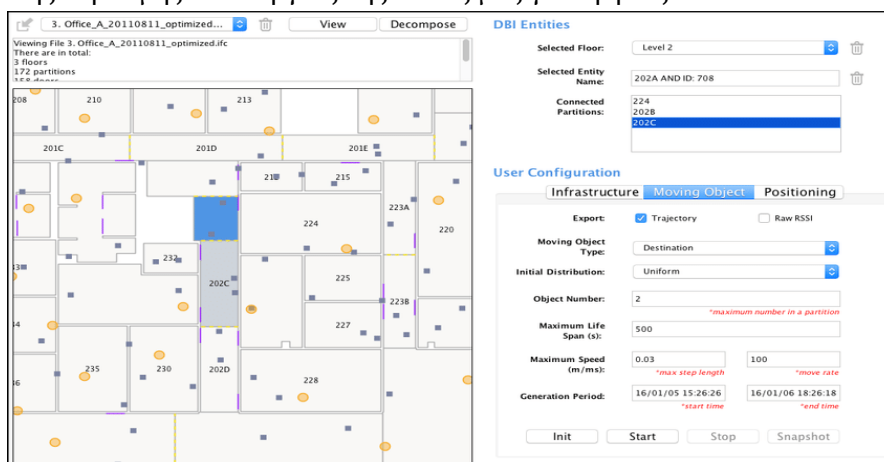
1. Το Επίπεδο Υποδομής (Infrastructure Layer) φορτώνει το περιβάλλον υποδοχής εσωτερικού χώρου, όπου κατασκευάζεται με την επεξεργασία των βιομηχανικών προτύπων DBI αρχείων για πραγματικά κτήρια τα οποία δέχεται, επιτρέποντας στους χρήστες να προσθέσουν πληροφορίες διαμορφώνοντας την δημιουργία μιας ποικιλίας συσκευών εντοπισμού όπως το WIFI, bluetooth, RFID κλπ.
2. Το Επίπεδο Κινούμενου Αντικειμένου (Moving Object Layer) προσφέρει την λειτουργία του καθορισμού ενός συνόλου κινούμενων αντικειμένων και των ανεπεξέργαστων διαδρομών τους, με βάση διαφορετικά διαμορφώσιμα κινούμενα μοτίβα (patterns) εσωτερικού χώρου, μοντέλα διανομής καθώς και συχνότητες δειγματοληψίας, δηλαδή γεωμετρικές και τοπολογικές πληροφορίες που λαμβάνονται στο επίπεδο Υποδομής.
3. Το Επίπεδο Εντοπισμού (Positioning Layer) παράγει μετρήσεις συνθετικής έντασης σήματος γνωστές και ως ανεπεξέργαστες RSSI (Received Signal Strength Indication) μετρήσεις σύμφωνα με δεδομένα των συσκευών εντοπισμού που δημιουργούνται στο επίπεδο Υποδομής και τα δεδομένα διαδρομών που δημιουργούνται αντίστοιχα στο επίπεδο Κινούμενου Αντικειμένου. Παράγει επίσης διαφορετικούς τύπους δεδομένων εντοπισμού σε εσωτερικούς χώρους, μέσω της προσαρμογής όλων των τυπικών μεθόδων εντοπισμού σε εσωτερικούς χώρους στα ανεπεξέργαστα RSSI δεδομένα σύμφωνα με τον καθορισμό του χρήστη.

Δεδομένης της ποικιλίας των αναγκών για τα αναλυτικά στοιχεία κινητικότητας εσωτερικού χώρου, λόγω προβλημάτων οι έξοδοι των υπάρχουσών γεννητριών δεδομένων (MWGen, RFID data generation tool & IndoorSTG) προκύπτουν ως υπεραπλουστευμένες και ανεπαρκείς για μοντελοποίηση της πραγματικής κινητικότητας σε εσωτερικούς χώρους, γεγονός που καθιστά το Vita το πρώτο εργαλείο δημιουργίας πολλαπλών τύπων δεδομένων κινητικότητας εσωτερικών χώρων σε κτίρια του πραγματικού κόσμου. Έτσι χαρακτηρίζεται από πολλά επιθυμητά χαρακτηριστικά:

- δέχεται βιομηχανικά πρότυπα DBI αρχεία και χρησιμοποιεί κτήρια πραγματικού κόσμου πολλαπλών ορόφων με σημασιολογικά χαρακτηριστικά ως περιβάλλον υποδοχής για την δημιουργία δεδομένων

- προσφέρει ένα σύνολο κινούμενων μοτίβων και μοντέλων διανομής σε εσωτερικούς χώρους για τους χρήστες, καθιστώντας την έξοδο του –δηλαδή τα κινούμενα αντικείμενα εσωτερικών χώρων και τα δεδομένα διαδρομής- εξαιρετικά διαμορφώσιμα
- επιτρέπει στους χρήστες να συντονίζουν την συχνότητα δειγματοληψίας της δημιουργίας διαδρομών έτσι ώστε οι πραγματικές κινήσεις να διατηρούνται σε αυθαίρετα λεπτομερή βαθμό
- μπορεί να δημιουργήσει δεδομένα εντοπισμού εσωτερικού χώρου σύμφωνα με τις πιο τυπικές μεθόδους εντοπισμού .

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, το Vita είναι ένα χρήσιμο και ευέλικτο εργαλείο μελέτης καθώς σε ένα γενικότερο πλαίσιο ο σκοπός δημιουργίας του συμβαδίζει και είναι κοινός με τον δικό μας. Επιπλέον λόγω της αποδεδειγμένης λειτουργικότητας και αποτελεσματικότητας του μας επιτρέπει να το αξιοποιήσουμε και να το χρησιμοποιήσουμε ως μια βάση ώστε να δημιουργήσουμε την δικιά μας γεννήτρια δεδομένων για τις δικές μας ανάγκες. Πιο συγκεκριμένα, καθώς το Vita παράγει δεδομένα κινητικότητας εσωτερικού χώρου σε γραφεία και εμείς παράγουμε δεδομένα κινητικότητας εσωτερικού χώρου σε καταστήματα, γίνεται αντιληπτή η κοινή φύση του λόγου δημιουργίας των δύο αυτών γεννητριών. Ωστόσο επειδή το Vita χρησιμοποιεί για την υλοποίηση του δεδομένα που έχουν συλλεχθεί από τον πραγματικό κόσμο, ενώ εμάς ο σκοπός μας είναι να ικανοποιήσουμε την ανάγκη που έχει προκύψει λόγω της έλλειψης τέτοιων πραγματικών δεδομένων, γίνεται κατανοητό πως το πλαίσιο στο οποίο έχουμε στηριχτεί και μελετήσει το συγκεκριμένο project είναι καθαρά το θεωρητικό, καθώς η υλοποίηση μας διαφέρει εντελώς. Τέλος το Vita μας παρέχει την δυνατότητα αξιοποίησης του από εμάς, μέσω της σύγκρισης του με την δικιά μας γεννήτριας τόσο στα αποτελέσματα όσο και στον τρόπο λειτουργίας, έχοντας το ως πρότυπο με σκοπό τον έλεγχο της μορφής των αποτελεσμάτων, της λειτουργικότητας, της εγκυρότητας και της εύρυθμης λειτουργίας της δικιάς μας γεννήτριας.



Εικόνα 1. Σε αυτή την εικόνα απεικονίζεται ένα ενδεικτικό στιγμιότυπο όπου αναπαρίστανται το γραφικό περιβάλλον του συστήματος Vita.

2.2 Σχετικές Εργασίες

Η προσομοίωση της κίνησης των πελατών σε εσωτερικούς χώρους είναι ένα δημοφιλές πρόβλημα το οποίο μελετάται εδώ και δεκαετίες. Στην ενότητα αυτή περιγράφουμε τις πιο αντιπροσωπευτικές εργασίες που έχουν πραγματοποιηθεί στο παρελθόν στον τομέα του indoor tracking movement [4], [6], [7].

Σύμφωνα με τους Yaeli κ.ά. [2] η ανάγκη για κατανόηση της συμπεριφοράς των καταναλωτών στους εσωτερικούς χώρους των φυσικών καταστημάτων είναι απαραίτητη για κάθε επιχείρηση που στοχεύει στην βέλτιστη λειτουργία του καταστήματος ώστε να οδηγήσει σε μια βελτιωμένη εμπειρία για τον πελάτη. Οι σημερινές τεχνολογίες εντοπισμού εσωτερικού χώρου (WiFi, bluetooth, RFID etc), επειδή βασίζονται στις κινητές συσκευές των πελατών, παρέχουν πληροφορίες σχετικά με την αναγνώριση της τοποθεσίας τους μέσα στο κατάστημα. Συνεπώς μπορούν να αξιοποιηθούν για προηγμένες αναλύσεις, οπτικοποιήσεις και αλγορίθμους, ώστε οι ιδιοκτήτες των επιχειρήσεων να μπορούν να κατανοήσουν και να αποκτήσουν εικόνα σχετικά με τα πρότυπα συμπεριφοράς των πελατών τους. Η εκτεταμένη ζήτηση για εφαρμογές βάσει τοποθεσίας σε εσωτερικούς χώρους και οι ερευνητικές εξελίξεις σε αυτόν τον τομέα οδήγησαν σε μια πολύ δυναμική αγορά. Καθώς οι τεχνολογίες παρακολούθησης της τοποθεσίας εσωτερικών χώρων βρίσκονται σε άνοδο, στην συγκεκριμένη εργασία παρουσιάζεται μια προσεγγιστική λύση για την καλύτερη κατανόηση της συμπεριφοράς των πελατών καθώς και οι τεχνολογίες που αναπτύχθηκαν για την πραγματοποίηση αυτής της λύσης από την IBM Research (η IBM Research είναι το τμήμα έρευνας και ανάπτυξης για την IBM, μια αμερικανική πολυεθνική εταιρεία τεχνολογίας πληροφοριών με έδρα το Armonk της Νέας Υόρκης, με δραστηριότητες σε περισσότερες από 170 χώρες όπου είναι ο μεγαλύτερος οργανισμός βιομηχανικής έρευνας στον κόσμο). Περιγράφονται σημαντικές πρωτοποριακές ιδέες, λαμβάνοντας υπόψιν την συλλογή, την επιμέλεια, την ανάλυση και την οπτικοποίηση δεδομένων βάσει της εσωτερικής τοποθεσίας και επεξηγούν τη χρήση συστημάτων για ένα πιο έξυπνο εμπόριο, προς όφελος των εμπόρων.

Αναλυτικότερα, σχετικά με την ανάπτυξη της εμπορικής λύσης οι συγγραφείς στην εργασία τους στοχεύουν στην βοήθεια των εμπόρων λιανικής ώστε να αποκτήσουν μια επιπρόσθετη εικόνα για την συμπεριφορά και τις προτιμήσεις των πελατών μέσα στο κατάστημα. Σκοπός τους ήταν να παρουσιάσουν μια ολοκληρωμένη λύση

στην οποία παρέχεται η σφαιρική άποψη του πελάτη και η ενοποιημένη εμπειρία του στα φυσικά και ψηφιακά καταστήματα. Για την σφαιρική άποψη ενός πελάτη, η λύση τους πρέπει να αντιστοιχίσει έννοιες συμπεριφοράς εσωτερικού χώρου με έννοιες και βασικούς δείκτες απόδοσης (KPIs) που χρησιμοποιούνται συνήθως στα analytics των online καταστημάτων. Επιπλέον η λύση τους βασίζεται στην ανάπτυξη αισθητήρων WiFi στο φυσικό χώρο που «ακούνε» μεταδόσεις από συσκευές με δυνατότητα WiFi, όπως smartphone και tablet. Η τεχνολογία εντοπισμού θέσης και αναλυτικών στοιχείων ανοίγει ένα παράθυρο στη συμπεριφορά των πελατών μέσα στον χώρο του καταστήματος. Αυτό επιτρέπει στους εμπόρους λιανικής να τμηματοποιούν καλύτερα τους πελάτες, να κατανοούν τις προτιμήσεις τους και τις ανάγκες τους, να προσαρμόζουν τις λειτουργίες και τις προωθήσεις των καταστημάτων και ουσιαστικά να εξυπηρετούν καλύτερα τους πελάτες. Η τεχνολογία μπορεί να βοηθήσει τους εμπόρους λιανικής να μάθουν για τα διαφορετικά προφίλ των αγοραστών και να ανταποκριθούν στις προσωπικές τους ανάγκες. Αυτό σημαίνει ότι τους προσελκύουν με έγκαιρες, εξατομικευμένες προσφορές και προσφορές επί τόπου, βάσει των τοποθεσιών τους στο κατάστημα και του ιστορικού αγορών στο παρελθόν, παρέχοντας τους έτσι μια προσωπική εμπειρία αγορών, σε πραγματικό, μέσω των κινητών τους.

Οι Hwangbo κ.ά. [4] μελετούν επίσης στην εργασία τους τα μοτίβα κίνησης των πελατών με σκοπό να προσδιορίσουν ποια από αυτά δημιουργούν τις υψηλότερες πωλήσεις. Ειδικότερα αναφέρουν και αυτοί πως τα συστήματα εντοπισμού τοποθεσίας σε εσωτερικούς χώρους έχουν προσελκύσει σημαντικά την προσοχή επαγγελματιών και εταιρειών που επιδιώκουν να βελτιστοποιήσουν την εμπειρία αγορών των καταναλωτών τους, λόγω της βελτιστοποίησης της διάταξης του καταστήματος, με στόχο την επίτευξη αυξημένων εσόδων. Με την απόκτηση λεπτομερούς γνώσης, προκειμένου να αναπτυχθεί η κατανόηση των προτύπων κίνησης των πελατών μέσα σε ένα κατάστημα, οι επιχειρήσεις σχεδιάζουν μια διάταξη καταστήματος που αυξάνει την επισκεψιμότητα των αγοραστών οδηγώντας στην κερδοφορία. Έτσι, για την δικιά τους εργασία, πραγματοποιήθηκε ένα πείραμα έντεκα μηνών σε ένα φυσικό κατάστημα προκειμένου να αναπτύξουν αλγορίθμους για την σύνδεση των δεδομένων των εσωτερικών χώρων με αυτά των συναλλαγών των πελατών. Χρησιμοποιώντας τα δακτυλικά αποτυπώματα ως πρωταρχική τεχνική συλλογής δεδομένων, συνέκριναν δεδομένα εντοπισμού θέσης και συναλλαγών πριν και μετά από κρίσιμες αποφάσεις βελτιστοποίησης της διάταξης του καταστήματος, προκειμένου να προσδιορίσουν ποια μοτίβα κίνησης πελατών δημι-

ούργησαν τις υψηλότερες πωλήσεις. Σύμφωνα με τους ίδιους, σε αντίθεση με προηγούμενες εργασίες σε συστήματα τοποθέτησης εσωτερικού χώρου, τα οποία επικεντρώθηκαν αποκλειστικά στην ανάπτυξη αλγορίθμων ή τεχνικών για την αύξηση των ποσοστών ακρίβειας, οι αλγόριθμοι τους ενσωματώνουν προοπτικές υπολογιστών και μάρκετινγκ. Αναφέρουν πως τα ευρήματά τους μπορούν να εφαρμοστούν για το εξατομικευμένο μάρκετινγκ και για την βελτιστοποίηση της διάταξης του καταστήματος.

Όπως οι Yaeli κ.ά. [2] έτσι και οι Hwangbo κ.ά. [4] για να παρακολουθήσουν τις τοποθεσίες των πελατών μέσα στον εσωτερικό χώρο αξιοποιούν διάφορες ασύρματες τεχνολογίες (WiFi, bluetooth, RFID etc). Επιπλέον, αξιοποιούν αισθητήρες Smartphone όπως αισθητήρες εγγύτητας (Proximity), επιταχυνσιόμετρα (accelerometers), αισθητήρες φωτός περιβάλλοντος (ambient light sensors), αισθητήρες υγρασίας (moisture), γυροσκόπια (gyroscopes) και πυξίδες (compasses), καθώς οι ίδιοι διατυπώνουν πως μέσω αυτών μπορούν να συγκεντρωθούν λεπτομερή δεδομένα σχετικά με τις αλληλεπιδράσεις των χρηστών. Για την έρευνα τους πραγματοποίησαν το πείραμα και εντόπισαν αλγόριθμους που μπορούν να χρησιμοποιήσουν τόσο οι ερευνητές όσο και οι επαγγελματίες. Μεθοδολογικά, συνέλεξαν δεδομένα μοτίβου θέσης και κίνησης μέσω ασύρματου δικτύου αισθητήρων, τόσο εντός όσο και εκτός ενός καταστήματος, και χρησιμοποίησαν αυτά τα δεδομένα προκειμένου να βελτιστοποιήσουν τη διάταξη του καταστήματος για να μεγιστοποιήσουν τις πωλήσεις. Χρησιμοποίησαν τα δακτυλικά αποτυπώματα ως την κύρια τεχνική συλλογής των δεδομένων τους, επειδή δεν απαιτεί μέτρηση οπτικών σημείων πρόσβασης (AP) και επιτρέπει πολύ ακριβείς υπολογισμούς σε πολύπλοκα εσωτερικά περιβάλλοντα.

Οι Zheng κ.ά. [8] στην δικιά τους έρευνα μας παρουσιάζουν μια νέα προσέγγιση για την κατανόηση της συμπεριφοράς των πελατών σε ένα αστικό εμπορικό κέντρο, η οποία προκύπτει από τις διαδρομές αγορών, αξιοποιώντας WiFi αρχεία καταγραφής που δημιουργούνται από πελάτες χρησιμοποιώντας τεχνολογία εσωτερικής τοποθεσίας. Προτείνουν μια υπηρεσία σύστασης με κάποια σημεία ενδιαφέροντος POI (Point-of-Interest) με γνώμονα την τοποθεσία στο αστικό εμπορικό κέντρο λαμβάνοντας υπόψην τόσο το προσωπικό ενδιαφέρον όσο και την προτίμηση της τοποθεσίας. Η συγκεκριμένη προτεινόμενη υπηρεσία POI δεν βελτιώνει μόνο την εμπειρία αγορών του πελάτη, αλλά και μπορεί να βοηθήσει τον ιδιοκτήτη του καταστήματος να κατανοήσει καλύτερα τις προτιμήσεις και τις προθέσεις αγορών των πελατών. Συγκεκριμένα αυτή

η μέθοδος που προτάσσουν αποτελείται από δύο φάσεις. Η πρώτη είναι η μοντελοποίηση εκτός σύνδεσης, η οποία έχει σχεδιαστεί για να μάθει τις προτιμήσεις των πελατών, εξορύσσοντας το ιστορικό των διαδρομών κατά την διάρκεια των αγορών τους. Η δεύτερη φάση είναι η μοντελοποίηση όταν ο πελάτης συνδέεται σε κάποιο Wi-Fi, η οποία παράγει αυτόματα τα κορυφαία προτεινόμενα POIs, βασιζόμενα σε αυτά που γνωρίζει η υπηρεσία ότι προτιμά.

Για να αποδείξουν τη χρησιμότητα της προτεινόμενης προσέγγισής τους, πραγματοποίησαν μια ολοκληρωμένη αξιολόγηση πειράματος σε ένα σύνολο πραγματικών δεδομένων που συλλέχθηκε από 468 χρήστες σε διάστημα 33 ημερών. Τα πειραματικά αποτελέσματα έδειξαν ότι το προτεινόμενο μοντέλο υπηρεσίας επιτυγχάνει πολύ καλύτερη απόδοση από πολλά υπάρχοντα μοντέλα. Τέλος η μελέτη που έχει πραγματοποιηθεί στη συγκεκριμένη εργασία είναι από τις λίγες που στοχεύουν να πραγματοποιήσουν ανάλυση σε βάθος και να χρησιμοποιήσουν τις πληροφορίες τοποθεσίας του χρήστη σε εσωτερικό περιβάλλον, το οποίο αποτελεί θεμελιώδες πλαίσιο για υπηρεσίες βάσει τοποθεσίας.

Στην εργασία του ο Yada [5] αναφέρει το πως η τεχνολογία δικτύου αισθητήρων που έχει αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια έχει καταστήσει δυνατή την ακριβή παρακολούθηση της συμπεριφοράς των πελατών μέσα στα κατάστημα, κάτι το οποίο παλαιότερα ήταν ακαθόριστο. Οι πληροφορίες σχετικά με τη συμπεριφορά των πελατών στο κατάστημα που λαμβάνονται με χρήση αυτής της τεχνολογίας, συγκεκριμένα οι πληροφορίες σχετικά με τη διαδρομή αγορών τους, είναι χρήσιμες για την κατανόηση της συμπεριφοράς του καταναλωτή. Συνεπώς, μελετώντας τα δεδομένα που συλλέγονται από καρτοσάκια αγορών εξοπλισμένα με συσκευές RFID, ο μελετητής εξάγει συμπεράσματα σχετικά με την συμπεριφορά των πελατών και την αγοραστική τους δραστηριότητα μέσα στο κατάστημα και αναλύει γιατί είναι καλύτερη η χρήση RFID δεδομένων σε σύγκριση με τα δεδομένα που χρησιμοποιούνταν παραδοσιακά (πχ POS δεδομένα) μέχρι την εποχή που πραγματοποίησε την έρευνα του. Αναλυτικότερα, σχετικά με το πείραμα που διεξήχθη τον Σεπτέμβριο του 2011 σε ένα mid-market της Ιαπωνίας, συγκεντρώθηκαν πραγματικά δεδομένα για να χρησιμοποιηθούν στο συγκεκριμένο σύστημα. Τα καρτοσάκια αγορών που χρησιμοποιούσαν οι πελάτες ήταν εξοπλισμένα με ετικέτες RFID και κάθε προϊόν ήταν επίσης εξοπλισμένο με ετικέτα RFID, γεγονός που κατέστησε ικανή την ακριβή παρακολούθηση των κινήσεων των πελατών εντός του καταστήματος. Εκτός από τα δεδομένα κινητικότητας των πελατών, συγκεντρώθη-

ηκαν επίσης διατάξεις δαπέδων και δεδομένα ιστορικών αγορών. Η διάταξη δαπέδου χωρίστηκε σε 7 τμήματα με το καθένα από αυτά να έχει άλλα 17 υποτμήματα.

Σε μια επόμενη έρευνα του Yada [7] παρουσιάζεται το αποτέλεσμα της προαναφερθείσας έρευνας εξάγοντας συμπεράσματα για την καταναλωτική συμπεριφορά χρησιμοποιώντας την θεωρία στατιστικής μάθησης SVM (Support Vector Machines: οικογένεια αλγορίθμων επιβλεπόμενης μάθησης που χρησιμοποιούνται ευρύτατα σε προβλήματα κατάταξης). Παρατηρείται ότι είναι πιθανό να εκφράσουν την ατομική διαφορετικότητα των καταναλωτών ως προς το πώς ξοδεύουν τον χρόνο για τα ψώνια τους σε μια συγκεκριμένη περιοχή του σούπερ μάρκετ. Η συμβολή αυτής της έρευνας αναλύεται σε δύο πτυχές. Πρώτον, χρησιμοποιούν ένα μοντέλο SVM για την αντιμετώπιση των δεδομένων RFID της συμπεριφοράς των καταναλωτών στο κατάστημα, το οποίο σε σύγκριση με άλλα μοντέλα πρόβλεψης, το SVM παρέχει σημαντική βελτίωση στη πρόβλεψη ακρίβειας της αγοραστικής συμπεριφοράς (από 81,49% έως 88,18%). Δεύτερον, το κόλπο του πυρήνα (kernel trick) υιοθετείται στη θεωρία του SVM για την επιλογή του κατάλληλου πυρήνα για εξαγωγή συμπεριφοράς καταναλωτών. Πιο λεπτομερώς, η ανάλυση πολλαπλών παραλλαγών εφαρμόζεται για τη στατιστική επεξεργασία του τεράστιου χρόνου παραμονής των πελατών ώστε να διευκολυνθεί η επιλογή του πυρήνα για την εργασία ταξινόμησης με το SVM. Ουσιαστικά, το κόλπο του πυρήνα παρέχει πληροφορίες για τα δεδομένα αντί να υπολογίζει ρητά τη χαρτογράφηση. Η κατάλληλη επιλογή πυρήνα μπορεί να δημιουργήσει μια διορατική συνάρτηση απόφασης, η οποία έχει νόημα για την εξαγωγή συμπεριφοράς καταναλωτή. Τέλος, αναφέρεται πως χρησιμοποιήθηκαν την ασύρματη τεχνολογία RFID (έναντι POS) καθώς ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα της τεχνολογίας RFID στον ερευνητικό τομέα του μάρκετινγκ είναι ότι μπορεί να συλλάβει με ακρίβεια την ενδοεπιχειρησιακή συμπεριφορά των πελατών.

Στην εργασία των Purohit κ.ά. [1] παρουσιάζεται μια λίγο διαφορετική εκδοχή της πλοήγησης σε εσωτερικούς χώρους. Το συγκεκριμένο σύστημα δίνει την δυνατότητα στους χρήστες να πλοηγούνται σε εσωτερικούς χώρους με ακρίβεια και δίνει πρόσβαση σε μια ποικιλία διαδεδομένων εφαρμογών σε περιβάλλοντα λιανικής. Οι συγγραφείς επιλέγουν μια άλλη προσέγγιση, καθώς αναγνωρίζουν πως τα υπάρχοντα συστήματα πλοήγησης σε εσωτερικούς χώρους βασίζονται σε εκτεταμένες έρευνες σήμανσης ραδιοσυχνότητας και ακριβών κατόψεων, προϋποθέσεις που συχνά είναι αν-

έφικτες σε εσωτερικούς χώρους. Έτσι, παρουσιάζουν το SugarTrail, ένα σύστημα βοήθειας πλοήγησης εσωτερικών χώρων, το οποίο ελαχιστοποιεί την ανάγκη για ενεργή προσθήκη ετικετών και το οποίο δεν απαιτεί κατόψεις κτηρίων του πραγματικού κόσμου. Αξιοποιώντας τα ήδη δομημένα μοτίβα κίνησης των πελατών σε περιβάλλοντα καταστημάτων λιανικής, το σύστημα παρέχει υψηλότερη ακρίβεια συγκριτικά με τις υπάρχουσες προσεγγίσεις ραδιοτυπίας (radio fingerprinting). Με ελάχιστη ρύθμιση και μηδαμινή ενεργή συμμετοχή από τον χρήστη(απαιτείται μόνο η μεταφορά ενός κινητού κόμβου ραδιοφώνου), το σύστημα μαθαίνει αυτόματα τις διαδρομές των χρηστών στα εσωτερικά περιβάλλοντα από ραδιοσυχνότητες και μαγνητικές υπογραφές. Αυτά τα μονοπάτια συγκεντρώνονται και χρησιμοποιούνται για την αυτόματη δημιουργία ενός εικονικού χάρτη διαδρομών. Τα αποτελέσματα που παρουσιάζουν προκύπτουν από πραγματικές ραδιομετρήσεις που συλλέχθηκαν από μια πανεπιστημιούπολη και από ένα σούπερ μάρκετ. Αποδεικνύεται ότι το σύστημα SugarTrail μπορεί να πλοηγηθεί στους χρήστες με ποσοστό επιτυχίας > 85% και μέση ακρίβεια 0,7m, χωρίς την ανάγκη για υπάρχοντες χάρτες και εκτεταμένες ενεργές έρευνες ραδιοφωνικής υπογραφής.

Στόχος της έρευνας των Liu κ.ά. [6] είναι η γνώση της συμπεριφοράς των καταναλωτών κατά την διάρκεια της παραμονής τους στο κατάστημα, με σκοπό τις στοχευμένες διαφημίσεις στα κινητά τους, καθώς αυτές επηρεάζουν τις αγορές των πελατών και ενισχύουν τις πωλήσεις, επιφέροντας αύξηση των κερδών. Επίσης η στόχευση διαφημίσεων στα κινητά έχει γίνει πολύ σημαντική ώστε να μπορεί να ανταγωνιστεί τις online αγορές. Αναγνωρίζουν και αυτοί πως η ακριβής παρακολούθηση και η ταυτοποίηση των πελατών είναι αναγκαία για την απόκτηση των απαραίτητων πληροφοριών. Η μελέτη τους όμως διαφέρει από τις προαναφερθείσες έρευνες στον τρόπο που συλλέγει τα δεδομένα. Αυτό συμβαίνει για δύο λόγους, πρώτον αναφέρουν πως οι υπάρχουσες λύσεις που βασίζονται σε αισθητήρες, δεν είναι ούτε πρακτικές ούτε ακριβείς. Για τους ίδιους καμία εμπορική λύση που έχει προταθεί δεν μπορεί να εφαρμοστεί εύκολα σε ένα μεγάλο κατάστημα. Δεύτερον, αναγνωρίζουν πως τα περισσότερα καταστήματα λιανικής διαθέτουν την εγκατάσταση καμερών παρακολούθησης και πως οι περισσότεροι καταναλωτές διαθέτουν smartphone με δυνατότητα bluetooth. Έτσι, αυτό που προτείνουν είναι το σύστημα TAR.

Το TAR είναι ένα σύστημα για την κατανόηση της συμπεριφοράς των αγοραστών. Συγκεκριμένα, έχει δημιουργηθεί για να μαθαίνει το ενδιαφέρον των πελατών στο

κατάστημα μέσω ακριβούς παρακολούθησης και αναγνώρισης ατόμων από πολλές κάμερες. Για να πετύχει κάτι τέτοιο αξιοποιεί την ευρεία ανάπτυξη των καμερών και τις πληροφορίες εγγύτητας του bluetooth. Τα τέσσερα νέα στοιχεία σχεδίασης που αποτελούν το TAR είναι τα εξής: (1) μια οπτική παρακολούθηση βασισμένη σε βαθύ νευρωνικό δίκτυο [DNN, Deep Neural Network: Ένα MLP (Multilayer Perceptron) με τέσσερα ή περισσότερα στρώματα], (2) μια εκτίμηση διαδρομής του πελάτη χρησιμοποιώντας οπτικό αγοραστή και ίχνος εγγύτητας, (3) μια αντιστοίχιση ταυτότητας ώστε να γίνει η αναγνώριση του αγοραστή και (4) ένας αλγόριθμος βαθμονόμησης κάμερας (cross camera calibration algorithm). Αυτά τα στοιχεία συνδυάζονται προσεκτικά για την παρακολούθηση και τον εντοπισμό πελατών σε πραγματικό χρόνο. Οι συγγραφείς εδώ έχουν εφαρμόσει και αναπτύξει το TAR σε δύο διαφορετικές πραγματικές εφαρμογές. Πρώτα σε καταστήματα λιανικής πώλησης και, στη συνέχεια, πραγματοποίησαν εκτενή πειράματα με περισσότερα από 20 άτομα. Τα αποτελέσματα της αξιολόγησής έδειξαν ότι το TAR παρέχει υψηλή ακρίβεια (90%), που είναι 20% καλύτερη από την 'τελευταία λέξη της τεχνολογίας' λύση και χρησιμεύει πρακτικά για την παρακολούθηση και αναγνώριση των ατόμων.

Κεφάλαιο 3.

Περιγραφή λειτουργίας της γεννήτριας

3.1 Εισαγωγικά στοιχεία

Ο κύριος λόγος για τον οποίο έχει υλοποιηθεί η συγκεκριμένη γεννήτρια, είναι για να παρέχει στον χρήστη την δυνατότητα της κατασκευής συνθετικών δεδομένων κινητικότητας μέσα σε καταστήματα, τα οποία προσομοιώνουν κατά το μέγιστο δυνατό τις κινήσεις αυτών στον πραγματικό κόσμο. Για την εξαγωγή αυτών των αρχείων από την γεννήτρια μας χρειάζεται να υπάρχουν αρχεία εισόδου τα οποία παρέχουν τις απαραίτητες πληροφορίες σχετικά με τις κατόψεις των καταστημάτων, τα προϊόντα που υπάρχουν σε αυτές και περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τους πελάτες. Για την λειτουργία της γεννήτριας ήταν αναγκαίο να κατασκευάσουμε εμείς οι ίδιοι αυτά τα αρχεία εισόδου. Τέλος σημειώνεται πως οι μοντελοποιημένες κινήσεις των πελατών ποικίλουν και προκύπτουν βάσει πολλών παραμέτρων, όπως για παράδειγμα της κάτοψης του καταστήματος, της θέσης των προϊόντων, του προφίλ του πελάτη κλπ.

3.2 Είσοδος της γεννήτριας

Για την ορθή λειτουργία της γεννήτριας σε πρώτο στάδιο ήταν απαραίτητη η δημιουργία πολλαπλών αρχείων κειμένου, τα οποία θα περιείχαν χρήσιμες πληροφορίες με σκοπό την κατάλληλη αξιοποίηση τους από την γεννήτρια. Ειδικότερα, η κατασκευή αυτών των αρχείων ήταν αναγκαία καθώς παρέχουν πληροφορίες για τις κατόψεις των καταστημάτων, τα προϊόντα και τους χρήστες, τα οποία περιγράφονται αναλυτικότερα παρακάτω. Έτσι με την βοήθεια αυτών των αρχείων αρχικά οπτικοποιείται η

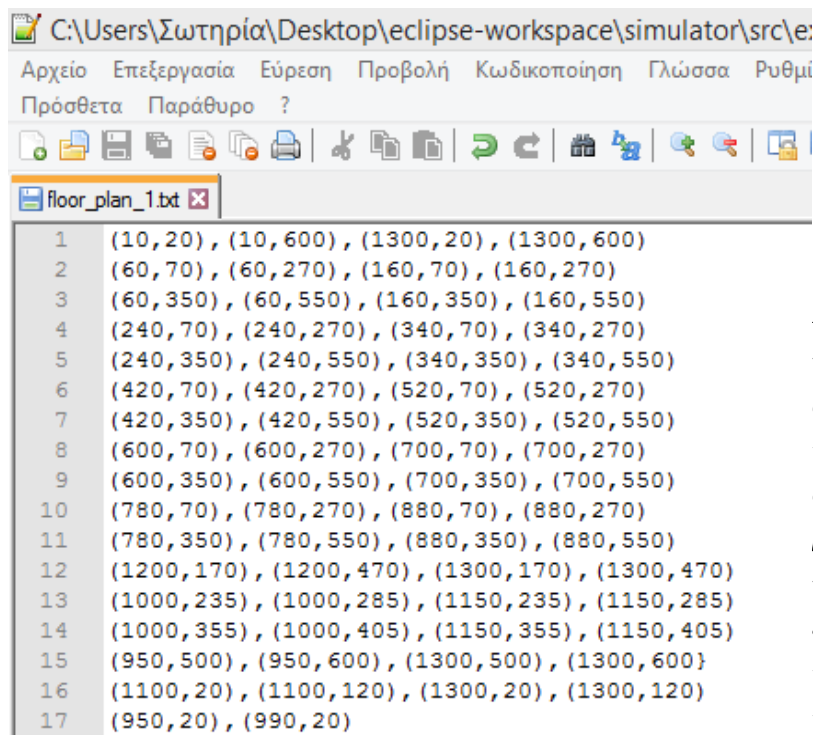
κάτοψη του καταστήματος, μετά από κατάλληλη επιλογή του χρήστη. Επιπλέον τοποθετούνται κατάλληλα τα προϊόντα στην επιλεγόμενη κάτοψη, όπου εάν επιθυμεί ο χρήστης έχει την ικανότητα να δει την απεικόνιση τους ανά κατηγορία στην κάτοψη. Λόγω αυτών των αρχείων εισόδου μπορούν στη συνέχεια να παραχθούν οι μοντελοποιημένες κινήσεις των πελατών στο συγκεκριμένο κατάστημα με τα συγκεκριμένα προϊόντα, οι οποίες οπτικοποιούνται για την παρακολούθηση τους από αυτόν που χρησιμοποιεί την γεννήτρια. Σε τελικό στάδιο παράγεται το αρχείο εξόδου, το οποίο περιέχει τις χωροχρονικές πληροφορίες για τις κινήσεις του κάθε πελάτη και το οποίο μπορεί ο χρήστης στη συνέχεια να μελετήσει ενδελεχώς. Εν κατακλείδι, γίνεται αντιληπτό, πως η σημασία κατασκευής των παραπάνω αρχείων και η αξιοποίηση τους ως είσοδος στην γεννήτρια μας είναι αναγκαία για την υλοποίηση και την εύρυθμη λειτουργία της.

3.2.1 Δημιουργία αρχείων αναπαράστασης κατόψεων φυσικών καταστημάτων

Για την δημιουργία της γεννήτριας μας ήταν απαραίτητη η χρήση αρχείων τα οποία απεικονίζουν τις κατόψεις των φυσικών καταστημάτων. Πιο συγκεκριμένα, αυτά τα αρχεία που δημιουργήσαμε, είναι αρχεία κειμένου τα οποία περιέχουν συντεταγμένες της κάτοψης του πραγματικού καταστήματος. Δημιουργήσαμε πέντε αρχεία, με σκοπό να καλύψουμε όσες περισσότερες περιπτώσεις διαρρύθμισης εσωτερικού χώρου γίνονται. Επομένως εκτός από την διαφορετική διάταξη των υποχώρων στο εσωτερικό του κάθε καταστήματος, των διαφορετικών σχημάτων και των διαφορετικών διαστάσεων τους, επιπλέον κάθε κάτοψη έχει σε διαφορετικό σημείο την πόρτα για την είσοδο και την έξοδο των πελατών, αλλά υπάρχουν και κατόψεις καταστημάτων οι οποίες έχουν περισσότερες από δύο πόρτες. Αυτή η ποικιλία στα διαφορετικά είδη κατόψεων που δημιουργήσαμε, προέκυψε από την ανάγκη η γεννήτρια μας να είναι όσο το δυνατόν πιο ευέλικτη γίνεται ώστε να μπορεί να προσαρμόζεται με επιτυχία στο βέλτιστο (για τις δυνατότητες της) πλήθος απαιτήσεων του χρήστη.

Η μορφή αυτών των αρχείων αποτελείται στην πρώτη γραμμή από τις συντεταγμένες των εξωτερικών τοίχων, οι οποίες για τον άξονα x δέχονται τιμές στο εύρος $[10,1400]$ και για τον άξονα y στο εύρος $[10,800]$, εύρη τα οποία έχουν επιλεχθεί με σκοπό να υπάρχει αντιστοίχιση στις διαστάσεις του παραθύρου οπτικοποίησης. Στις επόμενες γραμμές αναγράφονται οι συντεταγμένες των εσωτερικών χώρων και στην τελευταία γραμμή οι συντεταγμένες της/των πόρτας/ών, οι οποίες συντεταγμένες σαφώς

πρέπει να ορίζονται μέσα στα όρια των εξωτερικών τοίχων της κάτοψης. Για την σύνθεση των συγκεκριμένων αρχείων σχεδιάσαμε την απεικόνιση της κάθε κάτοψης χειροκίνητα στο open source πρόγραμμα ζωγραφικής Krita 4.2.8 και ύστερα μεταφέραμε τις συντεταγμένες στα αρχεία κειμένου.



***Εικόνα 2.** Δείγμα με το περιεχόμενο ενός τέτοιου αρχείου κειμένου. Στην πρώτη γραμμή υπάρχουν οι συντεταγμένες των εξωτερικών τοίχων, στις υπόλοιπες οι συντεταγμένες των εσωτερικών χώρων και στην τελευταία οι συντεταγμένες της τοποθεσίας της πόρτας.*

3.2.2 Δημιουργία αρχείων προϊόντων

Απαραίτητη ήταν η χρήση αρχείων, τα οποία περιέχουν πληροφορίες για τα προϊόντα του κάθε καταστήματος (ονομασία, συντεταγμένες θέσης, κατηγορία στην οποία ανήκουν). Τέτοιου είδους αρχεία ήταν αναγκαία για την όσο το δυνατόν καλύτερη και πιο αντικειμενική απεικόνιση της καταναλωτικής κινητικότητας των πελατών. Πιο συγκεκριμένα, μας ενδιαφέρει η θέση των προϊόντων, διότι η κίνηση των πελατών μέσα στο κατάστημα εξαρτάται, κατά το μεγαλύτερο μέρος, από τα προϊόντα. Το οποίο συμβαίνει εφόσον υπάρχουν οι πελάτες που ψάχνουν κάτι συγκεκριμένο και κατευθύνονται προς αυτό, εκείνοι που πηγαίνουν στην περιοχή με τις προσφορές κλπ. Σαφώς κρίνεται αναγκαία η γνώση των θέσεων των προϊόντων.

Για την παραγωγή των συγκεκριμένων αρχείων κατασκευάστηκε μια γεννήτρια η οποία με είσοδο την κάτοψη ενός καταστήματος παράγει τα δεδομένα των προϊόντων στους εσωτερικούς χώρους όπου υπάρχουν τοίχοι και πάγκοι. Έτσι δημιουργήθηκαν αντίστοιχα πέντε αρχεία προϊόντων (όσο και το πλήθος των αρχείων με τις κατόψεις)

που το καθένα από αυτά αναφέρεται στο αντίστοιχο φυσικό κατάστημα. Αξίζει να αναφερθεί πως η διάταξη των προϊόντων στο εσωτερικό του καταστήματος δεν είναι τυχαία, καθώς τα προϊόντα τα οποία ανήκουν στην ίδια κατηγορία είναι τοποθετημένα σε γειτονικές θέσεις και επιπλέον οι παρεμφερείς κατηγορίες είναι και αυτές σε γειτονικές περιοχές μέσα στον χώρο. Κάθε γραμμή αυτών των αρχείων αντιστοιχεί σε κάθε προϊόν που υπάρχει μέσα στο συγκεκριμένο κατάστημα και περιέχει τις εξής πληροφορίες: id του προϊόντος, όνομα του προϊόντος, συντεταγμένες του προϊόντος και την κατηγορία στην οποία ανήκει.

Οι κατηγορίες των προϊόντων τις οποίες αποφασίσαμε να χρησιμοποιήσουμε είναι οχτώ και είναι οι εξής: 1)τηλεφωνία και tablets, 2)τηλεοράσεις και εικόνα, 3)υπολογιστές και περιφερειακά, 4)φωτογραφία και βίντεο, 5)παιχνίδια, 6)CDs και βινύλια, 7)βιβλία και κόμικς και 8)προσφορές.

Mobile phones & Tablets	smartphones, σταθερά τηλέφωνα, tablets, κινητά απλής χρήσης, αξεσουάρ κινητών, αξεσουάρ tablets, διάφορα gadgets (drones, έξυπνος φωτισμός κλπ)
TV & Image	τηλεοράσεις, monitor TV, projectors, αξεσουάρ τηλεοράσεων, αξεσουάρ projector, home cinema, soundbars, DVD players, blu-ray players, αποκωδικοποιητές mpeg4
Computers & Peripherals	laptops, σταθεροί υπολογιστές, αξεσουάρ laptop (τσάντες, θήκες, βάσεις), οθόνες, εκτυπωτές(σε αυτή την υποκατηγορία υπάρχουν πολυμηχανήματα και μελάνια), αναβάθμιση (κουτιά, μητρικές, κάρτες γραφικών, RAM κλπ), antivirus-software, περιφερειακά (οθόνες, ποντίκια, πληκτρολόγια, ακουστικά, ηχεία), αποθήκευση (SSD, USB κλπ)
Photos & Videos	Φωτογραφικές (film, instant, mirrorless, DSLR, compact, αδιάβροχες), βιντεοκάμερες, αξεσουάρ (θήκες, φακοί, φλας, τρίποδα, φίλτρα), ψηφιακές κορνίζες, action cameras, GoPro
Gaming	παιχνίδια(PS5, PS4, Xbox, Nintendo Switch, Wii U κλπ), κονσόλες, αξεσουάρ κονσόλας, PC games, used games, αξεσουάρ PC gaming, προπληρωμένες κάρτες, gaming merchandise, retro gaming, φιγούρες παιχνιδιού
CDs & Vinyls	CDs(ελληνικό/ξένο ρεπερτόριο, παιδικά), δίσκοι βινυλίου LP, LP με CD/DVD, ήχος(πικάπ, ακουστικά, ηχεία, mp3, mp4, micro hifi)

Books & Comics	ελληνικά, ξενόγλωσσα, παιδικά, κόμικς, λεξικά, σχολικά, ιδιωτικών σχολείων/ κολλεγίων, εκμάθησης ξένων γλωσσών, αξεσουάρ βιβλίων
Offers	όλα τα προϊόντα που έχουν έκπτωση

Πίνακας 1. Στον πίνακα αναφέρονται επιγραμματικά τα προϊόντα που περιέχονται στην κάθε κατηγορία, όπως επίσης και οι υποκατηγορίες τους. Σημειώνεται πως οι κατηγορίες αναγράφονται στα αγγλικά για να υπάρχει ταύτιση και αντιστοίχιση με τις ονομασίες που χρησιμοποιούνται στον κώδικα της γεννήτριας μας.

Ο λόγος που αποφασίσαμε να χρησιμοποιήσουμε το συγκεκριμένο αντιπροσωπευτικό δείγμα προϊόντων, είναι πως στην προσομοίωση μας θέλαμε να υπάρχει ποικιλία και κάλυψη του βασικού εύρους των αναγκών σε προϊόντα που έχει κάθε φυσικό πολυκατάστημα με ηλεκτρονικά είδη στον πραγματικό κόσμο.

```

1 1,offer1,(10.0,20.0),Offers
2 2,offer2,(11.84,20.0),Offers
3 3,offer3,(13.68,20.0),Offers
4 4,offer4,(15.52,20.0),Offers
5 5,offer5,(17.36,20.0),Offers
6 6,offer6,(19.2,20.0),Offers
7 7,offer7,(21.04,20.0),Offers
8 8,offer8,(22.88,20.0),Offers
9 9,offer9,(24.72,20.0),Offers
10 10,offer10,(26.56,20.0),Offers
11 11,offer11,(28.4,20.0),Offers
12 12,offer12,(30.24,20.0),Offers
13 13,offer13,(32.08,20.0),Offers
14 14,offer14,(33.92,20.0),Offers
15 15,offer15,(35.760000000000005,20.0),Offers
16 16,offer16,(37.600000000000001,20.0),Offers
17 17,offer17,(39.440000000000001,20.0),Offers
18 18,offer18,(41.2800000000000015,20.0),Offers
19 19,offer19,(43.120000000000002,20.0),Offers
20 20,offer20,(44.960000000000002,20.0),Offers
21 21,offer21,(46.8000000000000026,20.0),Offers
22 22,offer22,(48.640000000000003,20.0),Offers
23 23,offer23,(50.480000000000003,20.0),Offers
24 24,offer24,(52.3200000000000036,20.0),Offers
25 25,offer25,(54.160000000000004,20.0),Offers
26 26,offer26,(56.000000000000004,20.0),Offers
27 27,offer27,(57.8400000000000046,20.0),Offers
28 28,offer28,(59.680000000000005,20.0),Offers
29 29,offer29,(61.520000000000005,20.0),Offers
30 30,offer30,(63.3600000000000056,20.0),Offers
31 31,offer31,(65.200000000000006,20.0),Offers
32 32,offer32,(67.040000000000006,20.0),Offers
33 33,offer33,(68.880000000000007,20.0),Offers
34 34,offer34,(70.720000000000007,20.0),Offers

```

Εικόνα 3. Σε αυτή την εικόνα παρατίθεται ένα δείγμα από την μορφή που έχουν τα αρχεία με τα προϊόντα. Παρατηρούμε ότι στην πρώτη θέση αναγράφεται το id αναγνωριστικό του προϊόντος, στην δεύτερη το όνομα του το οποίο έχει την μορφή categoryX, όπου category είναι η κατηγορία στην οποία ανήκει το προϊόν και X είναι το id του, στην τρίτη θέση βρίσκεται η τοποθεσία του στην κάτοψη και στην τελευταία αναγράφεται η κατηγορία στην οποία ανήκει.

3.2.3 Χωρική κατανομή και οπτικοποίηση προϊόντων

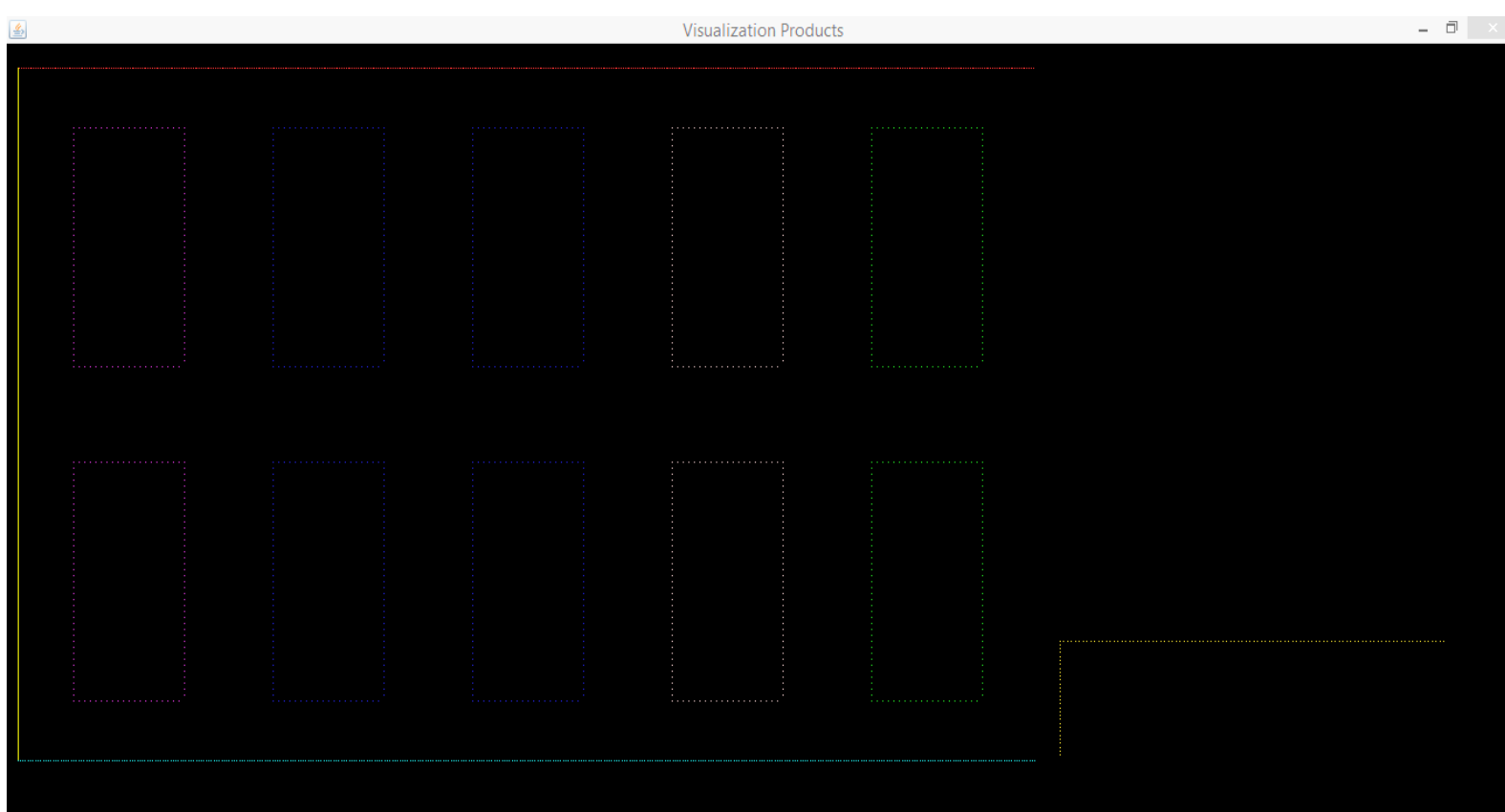
Σε ένα φυσικό πραγματικό κατάστημα ο τρόπος που τοποθετούνται τα προϊόντα επηρεάζει σημαντικά την κινητική συμπεριφορά του πελάτη μέσα σε αυτό. Έτσι, η τοποθέτηση των προϊόντων με βάση την κατηγορία στην οποία ανήκουν, υφίσταται αρχικά για να διευκολύνει την εμπειρία αγοράς του πελάτη, δηλαδή να ξέρει προς τα που να κατευθυνθεί, όταν ψάχνει για ένα συγκεκριμένο είδος, και έπειτα για να συγκρίνει τα όμοια προϊόντα μεταξύ τους.

Επιπρόσθετα, ένας λόγος που πρέπει να δίνεται μεγάλη προσοχή στην τοποθέτηση των προϊόντων στο κατάστημα, είναι γιατί σε συνδυασμό με την κατηγορία στην οποία ανήκουν, μπορούν να επηρεάσουν την επισκεψιμότητα των πελατών σε αυτά. Έτσι, αρχικά με βάση την κατηγορία στην οποία ανήκουν, υπάρχουν κάποια προϊόντα, τα “διάσημα” (πχ κινητά, laptops), τα οποία θα έχουν μεγάλη επισκεψιμότητα, ασχέτως της τοποθεσίας τους στο κατάστημα, και τα λιγότερο δημοφιλή, τα οποία είναι σημαντικό να τοποθετηθούν σε ευνοϊκές για αυτά θέσεις. Οι ευνοϊκές αυτές θέσεις, θα μπορούσαν να είναι είτε σε κάποια τοποθεσία που θα τα κάνει περισσότερο εμφανή, είτε σε κάποια τοποθεσία γειτονική σε κατηγορίες “διάσημων” προϊόντων, με αμφότερο σκοπό την πιθανότερη αύξηση της επισκεψιμότητας τους. Επιπλέον, υπάρχουν τα προϊόντα που ο πελάτης κατά την άφιξη του στο κατάστημα δεν είχε σκοπό να αγοράσει, όμως όταν τα δει μπροστά του, ενδέχεται τελικά να τα αγοράσει (πχ προϊόντων προσφορών). Συνεπώς, γίνεται αντιληπτό για ποιους λόγους πρέπει να δίνεται μεγάλη βαρύτητα στην τοποθεσία τους μέσα στο κατάστημα.

Συνεπώς, η τοποθέτηση των προϊόντων στην εκάστοτε κάτοψη επιτεύχθηκε λαμβάνοντας υπόψιν όλα τα παραπάνω. Έτσι η γεννήτρια, η οποία δημιουργεί τα αρχεία των προϊόντων κάθε κάτοψης, υλοποιείται με βάση τόσο την κατηγοριοποίηση τους όσο και την επισκεψιμότητα τους. Όμως για να επαληθεύσουμε την εγκυρότητα της γεννήτριας μας θεωρήσαμε σκόπιμο να οπτικοποιήσουμε τα αποτελέσματα της τοποθέτησής τους, ώστε να είμαστε σίγουροι πως δημιουργούνται σωστά. Για την ευδιάκριτη οπτικοποίηση τους επιλέξαμε κάθε προϊόν να αποτυπώνεται με βάση τις συντεταγμένες του στο κατάστημα και ανάλογα με την κατηγορία στην οποία ανήκει να έχει και ένα διαφορετικό χρώμα.

Mobile phones & Tablets	Green
TV & Image	Cyan
Computers & Peripherals	Blue
Photos & Videos	Pink
Gaming	Magenta
CDs & Vinyls	Orange
Books & Comics	Yellow
Offers	Red

Πίνακας 2. Σε αυτόν τον πίνακα αναγράφονται οι αντιστοιχίσεις μεταξύ κατηγορίας και χρώματος.



Εικόνα 4. Σε αυτή την εικόνα παρουσιάζεται ένα στιγμιότυπο με ένα παράδειγμα μιας κάτοψης ενός καταστήματος και των προϊόντων που έχουν τοποθετηθεί σε αυτό.

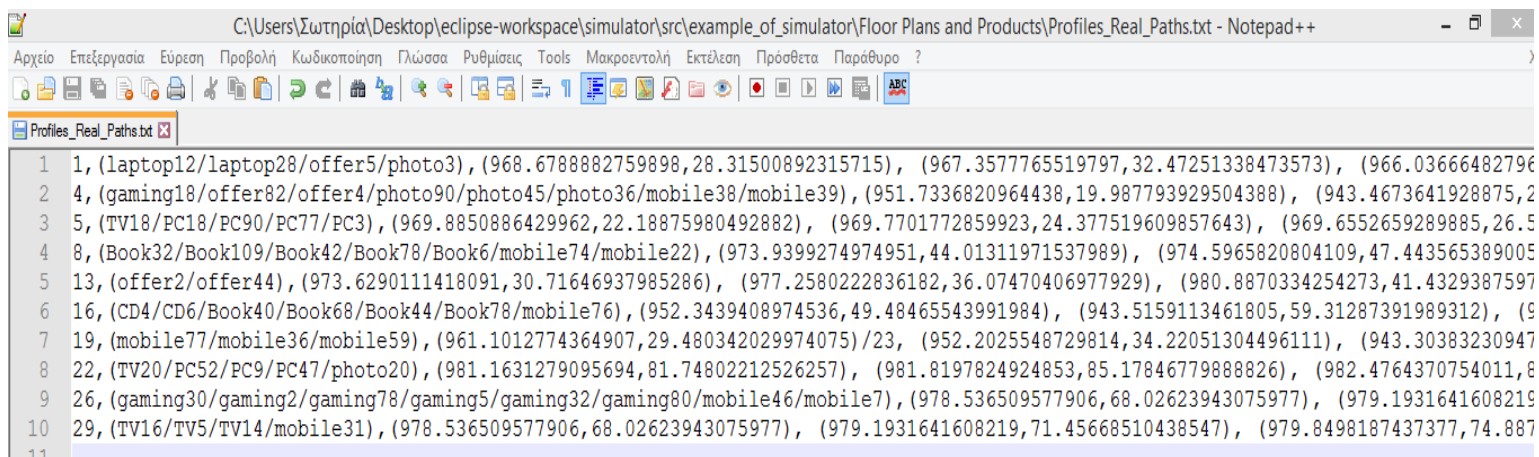
3.2.4 Δημιουργία αρχείων με προφίλ πελατών

Σαν επιπρόσθετη πληροφορία για την βελτιστοποίηση της γεννήτριας μας αποφασίσαμε να δημιουργήσουμε και αρχεία με προφίλ τα οποία αναφέρονται σε κάποιους από τους πελάτες που απεικονίζονται στην προσομοίωση. Καθένα από αυτά τα αρχεία αναφέρεται σε συγκεκριμένη κάτοψη ενός καταστήματος και στα αντίστοιχα

προϊόντα της. Ο λόγος κατασκευής αυτών των αρχείων είναι πως με την βοήθεια τους μάς δίνεται η δυνατότητα να προσομοιώσουμε κινήσεις πελατών, οι οποίες προσεγγίζουν τις κινήσεις τους μέσα σε ένα φυσικό κατάστημα. Κάτι τέτοιο συμβαίνει επειδή μέσω των πληροφοριών που μας παρέχονται από τα αρχεία με τα προφίλ, προκύπτουν περισσότερα σενάρια κίνησης των πελατών, επομένως μεγαλύτερη ποικιλία και τυχαιότητα, και συνεπώς περισσότερα μονοπάτια μέσα στο κατάστημα.

Αναλυτικότερα, οι πληροφορίες αυτών των αρχείων σχετίζονται με το ιστορικό των αγορών και τις διαδρομές που είχαν ακολουθήσει στο κατάστημα στο παρελθόν. Έτσι κάθε γραμμή αυτού του αρχείου περιέχει το αναγνωριστικό id του πελάτη, τα προϊόντα που είχε αγοράσει από το συγκεκριμένο κατάστημα, όπως επίσης και τις συντεταγμένες που ορίζουν τις διαδρομές που είχε διανύσει μέσα σε αυτό το κατάστημα στο παρελθόν. Συγκεκριμένα, για το ιστορικό των αγορών του κάθε πελάτη δημιουργήσαμε μια ακολουθία από προϊόντα τα οποία υπάρχουν στο αρχείο προϊόντων του κάθε καταστήματος. Για το ιστορικό των διαδρομών του παρατέθηκαν οι διαδρομές που ακολούθησε για να φτάσει στα προϊόντα που υπήρχαν στο ιστορικό αγορών του. Επιπλέον παρατέθηκαν και κάποιες τυχαίες διαδρομές, οι οποίες κατασκευάστηκαν από προηγούμενες προσομοιώσεις, ώστε να καλυφθούν και οι περιπτώσεις κατά τις οποίες επισκέφθηκε συγκεκριμένες περιοχές χωρίς όμως να αγοράσει κάποιο προϊόν.

Η αξιοποίηση αυτών των πληροφοριών μας παρέχει την δυνατότητα να τις λάβουμε υπόψιν μας στην παραγωγή των επιθυμητών δεδομένων. Καθώς μέσω αυτών μπορούμε να διαπιστώσουμε την ύπαρξη κάποιου μοτίβου στις κινήσεις του πελάτη, του οποίου μελετάμε το προφίλ. Κατ' αυτόν τον τρόπο, επιτυγχάνεται μια πιο αξιόπιστη απεικόνιση της πιθανής καταναλωτικής του συμπεριφοράς. Για να πραγματοποιηθεί κάτι τέτοιο, πρώτον ελέγχουμε μέσω παρατήρησης, αν υπάρχει κάποιο είδος προϊόντων που έχει αγοράσει πολλές φορές, το οποίο σημαίνει πως είναι μεγάλη η πιθανότητα είτε να ξανά αγοράσει προϊόντα του συγκεκριμένου είδους είτε απλά να επισκεφθεί τις περιοχές στις οποίες βρίσκονται αυτά. Έπειτα, το δεύτερο που ελέγχουμε, είναι μέσω της παρατήρησης του ιστορικού των διαδρομών του, εάν υπάρχει κάποια συγκεκριμένη κατηγορία προϊόντων την οποία έχει επισκεφθεί πολλές φορές, ώστε να αυξήσουμε και σε αυτό το ενδεχόμενο, την πιθανότητα επισκεψιμότητας του σε αυτή μέσα στο κατάστημα.



Εικόνα 5. Σε αυτό το στιγμιότυπο απεικονίζεται ένα δείγμα ενός τέτοιου αρχείου με προφίλ πελατών. Στην πρώτη θέση κάθε γραμμής υπάρχει το αναγνωριστικό id του συγκεκριμένου πελάτη, στην επόμενη υπάρχουν τα ονόματα των προϊόντων που έχει αγοράσει στο παρελθόν και στην τελευταία θέση υπάρχουν οι διαδρομές που είχε ακολουθήσει στο παρελθόν μέσα στο κατάστημα.

3.3 Μοντελοποίηση των κινήσεων των πελατών

Στόχος της συγκεκριμένης γεννήτριας, όπως έχει προαναφερθεί, είναι η παραγωγή συνθετικών δεδομένων, τα οποία μοντελοποιούν τις κινήσεις των ανθρώπων μέσα στον χώρο ενός καταστήματος. Σαφώς γίνεται αντιληπτή η σημασία της μελέτης αυτών των κινήσεων, από συμπεράσματα τα οποία έχουν δημοσιευθεί από σχετικές έρευνες που έχουν διεξαχθεί στο παρελθόν. Αυτή η μελέτη συνέβαλε στην υλοποίηση της γεννήτριας μας, θέλοντας να επιτύχουμε την κατά το μέγιστο βέλτιστη λειτουργία της. Ο λόγος είναι, πως οι κινήσεις των ανθρώπων μέσα σε ένα κατάστημα, σε ένα μεγάλο ποσοστό δεν είναι τυχαίες, αλλά κατηγοριοποιούνται σε διαφορετικά σενάρια. Εμείς προσπαθήσαμε να καλύψουμε το μεγαλύτερο μέρος των πιθανών κινήσεων των πελατών μέσα σε ένα κατάστημα και φυσικά τα πιο κλασσικά μοτίβα διαδρομών τα οποία ακολουθούν. Έτσι έχουμε δημιουργήσει διάφορα σενάρια κίνησης των καταναλωτών, τα οποία σε συνδυασμό με κάποιες παραμέτρους καλύπτουν επιτυχώς αυτή την ανάγκη.

Ανεξαρτήτως των σεναρίων και των παραμέτρων, τα οποία παρουσιάζονται εκτενώς παρακάτω, είναι αξιοσημείωτη μια περαιτέρω ανάλυση των κοινών σημείων που συναντώνται στις κινήσεις όλων των πελατών. Κατά αυτόν τον τρόπο αρχικά αποφασίσαμε κατά την εκκίνηση της προσομοίωσης όλοι να εισέρχονται από την πόρτα,

χωρίς να θεωρούμε δηλαδή πως μπορούν να υπάρχουν ήδη μέσα στο κατάστημα πελάτες. Επίσης, ένα άλλο κοινό σημείο, είναι ο τρόπος με τον οποίο αποφεύγουν τα “εμπόδια” (πάγκους, τοίχους κλπ) οι καταναλωτές. Και τέλος το τελευταίο σημείο στο οποίο παρουσιάζεται ομοιότητα αναφέρεται στην περίπτωση κατά την οποία η κίνηση μέσα στο κατάστημα δεν είναι τυχαία, αλλά υπάρχει ένας προορισμός, ο οποίος καθορίζει τη διαδρομή που ακολουθούν οι πελάτες αυτοί. Αυτή η διαδρομή συγκλίνει όσο περισσότερο είναι δυνατόν κάθε φορά στην βέλτιστη.

Το σημείο αρχικά που πιστεύουμε πως χρειάζεται μια περαιτέρω ανάλυση είναι η αποφυγή των “εμποδίων”, δηλαδή των τοίχων, των πάγκων, των ταμείων, και όλων των υπόλοιπων χωρικών αντικειμένων μέσα στον κατάστημα, όπου ο πελάτης δεν μπορεί να διαπεράσει. Για να πετύχουμε κάτι τέτοιο αναπτύξαμε έναν μικρό αλγόριθμο, ο οποίος αρχικά ελέγχει σε ποια μεριά βρίσκεται η πόρτα και ανάλογα ακολουθεί τον ίδιο σκελετό της τεχνικής απομάκρυνσης από τα εμπόδια, με μόνη διαφορά, την κατεύθυνση που ακολουθεί ο πελάτης. Αυτός ο βασικός διαχωρισμός προέκυψε από την επιθυμία μας να γνωρίζουμε προς ποιες κατευθύνσεις μπορεί να πάει ο κάθε πελάτης όταν εισέρχεται στο κατάστημα και δεν έχει συγκεκριμένο προορισμό. Στη συνέχεια αυτό που κάνει αυτός ο αλγόριθμος είναι πως εφόσον γνωρίζει ποια είναι τα εσωτερικά εμπόδια (δηλαδή τα χωρικά αντικείμενα τα οποία βρίσκονται εντός των ορίων της εκάστοτε κάτοψης) τα οποία δεν μπορεί να διαβεί ο πελάτης, ελέγχει εάν φτάνει σε αυτά και αν φτάνει αυξομειώνει τις συντεταγμένες ανάλογα με το προς τα που πηγαίνει ο καταναλωτής μέχρις ότου τα προσπεράσει. Στην περίπτωση των εξωτερικών εμποδίων (δηλαδή των εξωτερικών τοίχων που ορίζουν τα όρια της κάτοψης) ο τρόπος αποφυγής τους διαφέρει. Εδώ, ο πελάτης βρίσκεται μόνο όταν κάνει βόλτες μέσα στο κατάστημα με τυχαίο τρόπο. Έτσι όταν φτάνει σε κάποιο από αυτά τα εμπόδια επιλέγεται να κινηθεί προς την αντίθετη κατεύθυνση από αυτή που τον έκανε να πλησιάσει το εξωτερικό εμπόδιο, αυξομειώνοντας την αντίστοιχη μεταβλητή του άξονα x ή του άξονα y αναλόγως. Να σημειωθεί πως στην περίπτωση που υπάρχουν πάγκοι με προϊόντα οι οποίοι ταυτίζονται με τα εξωτερικά εμπόδια, τότε τους αντιμετωπίζουμε σαν εσωτερικά εμπόδια και όχι σαν εξωτερικά.

Στο σημείο αυτό παρατίθεται ο αλγόριθμος αποφυγής εμποδίων σε ψευδοκώδικα και μια περαιτέρω περιγραφή του.

Αποφυγή εξωτερικών εμποδίων:

Διαβάζοντας το αρχείο με τις συντεταγμένες που ορίζουν την κάτοψη του κάθε καταστήματος, κρατάμε σε μεταβλητές τις ακραίες τιμές που εμφανίζονται σε αυτό και οι οποίες συνθέτουν ουσιαστικά τα όρια της κάτοψης, δηλαδή τους εξωτερικούς τοίχους. Επομένως σε κάθε βήμα του κάθε πελάτη, γίνεται έλεγχος και για τις δύο μετατοπίσεις (δηλαδή κατά άξονα x και y), ώστε να διαπιστωθεί αν με αυτό το βήμα πρόκειται να πλησιάσει πολύ κοντά σε αυτά τα εξωτερικά εμπόδια. Έτσι αν ο έλεγχος είναι αληθής, τότε αν επρόκειτο να αυξηθεί η μετατόπιση στην θέση του στον αντίστοιχο άξονα αφαιρείται και αντίστροφα προστίθεται. Στην συνέχεια αλλάζει την πορεία του διαμορφώνοντας τις αυξομειώσεις των μετατοπίσεων του και στους δύο άξονες ώστε να φτάσει στον προορισμό του. Συνεπώς, με αυτόν τον τρόπο αποφεύγει τα εξωτερικά εμπόδια και μένει μέσα στα έγκυρα όρια, που ορίζονται από τους εξωτερικούς τοίχους της κάτοψης.

Αποφυγή εσωτερικών εμποδίων:

Διαβάζοντας το αρχείο με τις συντεταγμένες που ορίζουν την κάτοψη, για τις συντεταγμένες που ορίζουν κάθε εσωτερικό υπόχωρο, γίνεται έλεγχος αν η αυξομείωση της μετατόπισης για κάθε άξονα πλησιάζει αυτά τα όρια. Αν ο έλεγχος είναι αληθής, τότε μέσα σε μια επανάληψη αυξάνεται ή μειώνεται αναλόγως η μετατόπιση του συγκεκριμένου άξονα, αναλόγως της κατεύθυνσης προς τον προορισμό του (την οποία κάθε πελάτης θυμάται μέσω μιας μεταβλητής xx και yy για κάθε άξονα αντίστοιχα), μέχρι να προσπεράσει αυτά τα όρια προς τον αντίστοιχο άξονα ώστε να συνεχίσει την πορεία του. Για παράδειγμα αν πλησιάζει τα όρια που ορίζουν τον εσωτερικό υπόχωρο κατά x άξονα, τότε θα αυξομειώνει ανάλογα με την κατεύθυνση που ακολουθεί το y και ουσιαστικά θα κινείται κατά μήκος του άξονα x παράλληλα με τα όρια μέχρι να τα ξεπεράσει και να συνεχίσει την πορεία του.

Algorithm I: Avoiding Obstacles

//for each customer:

Inputs:

1) for each step of customer: calculate random dx , dy

2) position of customer: (x,y)

3) destination of the customer: a) specific stand b) cash desk c) random path or d) door

check the position(s) of door(s)

```

//compare position of destination with position of customer:
xx,yy: variables that hold the customer's direction //if x,y+=dx,dy then xx,yy=0 else xx,yy=1
x,y: customer i coordinates
xd,yd: coordinates of the destination
if xd<x:      //if the destination position is to the left of the customer position
    x-=dx
    xx=1
    if yd<y:
        y-=dy
        yy=1
    else:
        y+=dy
        yy=0
if xd>=x:
    x+=dx
    xx=0
    if yd<y:
        y-=dy
        yy=1
    else:
        y+=dy
        yy=0
//check for obstacles

External Obstacles_____
find from file with floor plan the external obstacles: out_xleft, out_xright, out_ytop,
out_ybottom
if x >out_xleft:
    x-=dx
    xx=1
    if yy==0:      y+=dy

```

```

        else:            y-=dy
if x<out_xright:
    x+=dx
    xx=0
    if yy==0:          y+=dy
    else:              y-=dy
if y>out_ytop:
    y-=dy
    yy=1
    if xx==0:          x+=dx
    else:              x-=dx
if y<out_ybottom:
    y+=dy
    yy=0
    if xx==0:          x+=dx
    else:              x-=dx

```

Internal Obstacles

create floorLimits: array list with all internal obstacles (1 position of array is 1 obstacle)

double old_x //the x in the previous step

for(int j=1; j<floorLimits.size(); j++) :

xleft=floorLimits.get(j).get(0)

xright=floorLimits.get(j).get(1)

ybottom=floorLimits.get(j).get(2)

ytop=floorLimits.get(j).get(3)

while (y>=ytop && y<=ybottom && x>=xleft && x<=xright):

if xx==0:

old_x=x-dx

if old_x >=xleft && old_x <= xright:

x+=dx

if yy==0: y-=dy

```

else:          y+=dy
else:
    x-=dx
    if yy==0:   y+=dy
    else:       y-=dy
else:
    old_x=x+dx
    if old_x >=xleft && old_x <= xright :
        x-=dx
        if yy=0:      y-=dy

        else:         y+=dy
    else:
        x+=dx
        if yy=0:       y+=dy
        else:          y-=dy

break for loop

```

Το επόμενο σημείο που αξίζει σαφώς μια πιο εκτενή αναφορά είναι η προσέγγιση της βέλτιστης διαδρομής. Αυτή η προσέγγιση, τείνει να πλησιάζει κατά το μέγιστο δυνατό την κοντινότερη διαδρομή. Ο λόγος που αναφέρουμε προσέγγιση και όχι την καθαυτή βέλτιστη διαδρομή, είναι γιατί στον αλγόριθμο που χρησιμοποιούμε για την κίνηση των πελατών, δεν έχουμε έναν χάρτη στον οποίο έχουμε χαρτογραφήσει διάφορες διαδρομές μέσα στον χώρο τις οποίες ακολουθούν οι πελάτες. Αλλά η διαδρομή δημιουργείται δυναμικά αυξομειώνοντας ανάλογα με το κάθε σενάριο διαφορετικά τις εκάστοτε συντεταγμένες, προκαλώντας έτσι τις επιθυμητές κινήσεις και παράγοντας μεγαλύτερη ποικιλία στην κινησιολογία των πελατών. Ο αλγόριθμος λοιπόν αυτός, είναι ιδιαίτερα απλός, καθώς το μόνο που κάνει είναι πως γνωρίζοντας τον προορισμό του πελάτη κάθε φορά, μετά από κατάλληλους ελέγχους, επιλέγει ανάμεσα σε τρεις επιλογές ανάλογα με το που βρίσκεται η θέση του πελάτη και που του προορισμού του. Έτσι ελέγχοντας την απόσταση αυτή στους δύο άξονες συντεταγμένων, διαλέγει αν τον συμφέρει περισσότερο να κινηθεί κυρίως οριζόντια, αυξομειώνοντας ανάλογα ελάχιστα τις

συντεταγμένες του στον κάθετο άξονα ή αν τον συμφέρει περισσότερο να κινηθεί κυρίως κάθετα και ελάχιστα οριζόντια ή αν τον συμφέρει περισσότερο να κινείται σχεδόν διαγώνια, αυξομειώνοντας τις συντεταγμένες του και στους δύο άξονες με τον ίδιο σχεδόν ρυθμό.

Παρακάτω παρατίθεται με ψευδοκώδικα ο αλγόριθμος εύρεσης βέλτιστης διαδρομής για κάθε πελάτη, από την θέση του μέσα στο κατάστημα προς τον προορισμό του κάθε φορά.

Algorithm II: Shortest Path

Inputs: 1) position (destx, desty) of area-destination

2) position (x,y) of customer

If $|desty-y| < < |destx-x|$ then:

do:

calculation random dx, dy

while $!(dx >> dy)$

else if $|destx-x| < < |desty-y|$ then:

do:

calculation random dx, dy

while $!(dy >> dx)$

else: $||destx-x| \approx |desty-y|$

do:

calculation random dx, dy

while $!(dx \approx dy)$

Ουσιαστικά, γίνεται κατανοητό πως εφόσον υπολογιστούν τα dx,dy, στη συνέχεια αυξομειώνονται αναλόγως την κατεύθυνση στην οποία πρέπει να κινηθεί ο κάθε πελάτης για να πλησιάσει στην περιοχή/προορισμό του. Ακολουθώς γίνονται οι κατάλληλοι έλεγχοι για να αποφευχθούν τα εσωτερικά και εξωτερικά εμπόδια κ.ο.κ. Με αυτόν τον αλγόριθμο υπολογίζουμε κάθε φορά τις απόλυτες τιμές των διαφορών των αποστάσεων μεταξύ των συντεταγμένων της περιοχής/προορισμού και μεταξύ των συντεταγμένων της θέσης του πελάτη. Έτσι αναλόγως με το αν η απόσταση είναι μεγαλύτερη στον άξονα x σχετικά με τον άξονα y, σημαίνει πως πρέπει να κινηθεί κυρίως κατά μήκος του άξονα x και για αυτό χρειάζεται η μεγαλύτερη μετατόπιση να είναι η dx, αντίστοιχα με

τον άξονα y . Τέλος εάν η διαφορά των αποστάσεων στους δύο άξονες κατά απόλυτη τιμή είναι περίπου ίδια, τότε σημαίνει ότι η βέλτιστη διαδρομή προκύπτει αν η κίνηση του πελάτη προσεγγίσει μια διαγώνια πορεία, η οποία παράγεται από τις μετατοπίσεις dx, dy , οι οποίες έχουν σχεδόν την ίδια τιμή και διαφέρουν πολύ λίγο αναλόγως με το ποια διαφορά απόστασης στους δύο άξονες ήταν μεγαλύτερη, τότε και η αντίστοιχη μετατόπιση σε αυτόν τον άξονα είναι κατά λίγο μεγαλύτερη. Και τέλος να σημειωθεί ότι ο παραπάνω αλγόριθμος εκτελείται μέχρις ότου ο πελάτης να φτάσει στην περιοχή/-προορισμό του, δηλαδή μέχρις ότου να ταυτιστούν οι συντεταγμένες του (x,y) με τις συντεταγμένες $(destx,desty)$ με μια απόκλιση ± 1 , καθώς φυσικά υπάρχει η περίπτωση να μην έχει ποτέ τις ίδιες ακριβώς συντεταγμένες αφού χρησιμοποιούμε double αριθμούς.

3.3.1 Παράμετροι της γεννήτριας

Πέραν των διαφορετικών σεναρίων κίνησης όπου πρόκειται να ακολουθήσει ο κάθε πελάτης, υπάρχουν και κάποιες παράμετροι οι οποίες επηρεάζουν με διαφορετικό τρόπο κάθε φορά την κίνηση του μέσα στο κατάστημα. Έτσι, ανάλογα με την τιμή που παίρνει η παράμετρος κάθε φορά, διαφοροποιεί αντίστοιχα με συγκεκριμένο τρόπο την κίνηση του από τους υπόλοιπους πελάτες. Αυτές οι παράμετροι είναι πολύ σημαντικές, καθώς συντελούν σε μεγάλο βαθμό στην πραγματοποίηση της οπτικοποίησης των μοντελοποιημένων κινήσεων που παράγει η γεννήτρια μας.

Αρχικά οι πρώτες παράμετροι της γεννήτριας μας αναφέρονται στο πλήθος των χρονικών διαστημάτων κατά τα οποία εισέρχονται πελάτες στο κατάστημα, στην χρονική διάρκεια αυτών όπως επίσης και στο πλήθος των πελατών σε καθένα από αυτά. Αναλυτικότερα, στην αρχή της προσομοίωσης εισέρχεται τυχαία κάθε φορά διαφορετικό πλήθος πελατών, όπου στην συνέχεια ανά τακτά τυχαία χρονικά διαστήματα, εισέρχεται επίσης διαφορετικό τυχαίο πλήθος πελατών. Δηλαδή, αναλόγως της διαφορετικής τιμής που θα δοθεί τυχαία κατά την εκτέλεση του προγράμματος σε καθεμία από αυτές τις παραμέτρους, ενισχύεται η διαφορετική συμπεριφορά τους στο κατάστημα. Συγκεκριμένα, το συνολικό πλήθος των πελατών που θα μούνε στο κατάστημα το ορίζει ο χρήστης κάθε φορά σύμφωνα με τις ανάγκες του, έστω X . Στη συνέχεια για το πλήθος των πελατών που εισέρχονται κατά την εκκίνηση της γεννήτριας, έστω $befo-$

re_counter, δημιουργούμε ένα αντικείμενο r τύπου Random το οποίο χρησιμοποιούμε για την κλήση της nextInt() στην μαθηματική συνάρτηση before_counter=-r.nextInt(2*X/3)+X/3. Αυτό σημαίνει ότι το τυχαίο πλήθος πελατών στην αρχή θα πάρει κάποια τιμή από το εύρος τιμών [(συνολικό # πελατών)/3,συνολικό # πελατών] και αυτό γιατί εμείς θέλουμε να εισέρχεται τουλάχιστον το 1/3 των πελατών κατά την εκκίνηση της προσομοίωσης. Κατόπιν, επιλέγουμε τυχαία το πλήθος, έστω NT, χρονικών διαστημάτων όπου θα εμφανιστούν οι πελάτες. Ακόμη έχουμε έναν μετρητή count_customers, ο οποίος αυξάνεται κάθε φορά που ένας πελάτης εισέρχεται. Όπως επίσης και έναν τυχαίο αριθμό rand_count, ο οποίος ορίζει κάθε φορά τυχαία το πλήθος των πελατών που θα εισέρχονται στο κατάστημα από [1,5] για κάθε μια από τις NT φορές. Επιπλέον έχουμε μια μεταβλητή time η οποία ορίζει τυχαία τα δευτερόλεπτα που κρατάει κάθε φορά από τις NT, μέχρι να εμφανιστούν κάθε φορά οι επόμενοι πελάτες. Συνεπώς, με αυτόν τον τρόπο και χρησιμοποιώντας αυτές τις παραμέτρους μπορούμε να ορίζουμε τυχαία χρονικά διαστήματα, για τυχαίο πλήθος πελατών σε τυχαίο πλήθος αφίξεων στο κατάστημα, επιτυγχάνοντας την ρεαλιστικότητα στις κινήσεις των πελατών, κατά την διάρκεια της προσομοίωσης.

Παρακάτω παρατίθεται το κομμάτι που περιγράφει αυτή την διαδικασία σε ψευδοκώδικα για μεγαλύτερη κατανόηση. Σημειώνεται πως ο χρήστης μπορεί να αλλάξει τα εύρη τιμών από τα οποία παίρνουν τυχαία τιμή οι παράμετροι, σύμφωνα με τις ανάγκες του.

```
Random r = new Random()
before_counter = r.nextInt(2*X/3)+X/3
count_customers += before_counter
start = System.currentTimeMillis()
NT = rand.nextInt(8)+3
milli = 1000
counter = 0
if counter < NT:
    end = System.currentTimeMillis()
    elapsedTime = end - start
    if elapsedTime > time:
        rand_count = r.nextInt(4)+1;
```



```

if count_customers + rand_count < X:
    for int i = count_customers; i < count_customers + rand_count; i++:
        the customer i starts moving
        counter++;
        count_customers += rand_count
time += r.nextInt(5)+4)*milli //1000ms = 1sec

```

Η επόμενη παράμετρος σχετίζεται με την διαφορετική ταχύτητα που κινούνται οι πελάτες μέσα στον χώρο. Η τιμή αυτής της παραμέτρου και εδώ ορίζεται τυχαία για κάθε πελάτη και έχει ως αποτέλεσμα την οπτικοποίηση μια πολυποίκιλης σύνθεσης διαφορετικών ταχυτήτων στις διαδρομές των πελατών, αναδεικνύοντας έτσι μια αναπαράσταση αυτών, η οποία προσεγγίζει την πραγματικότητα. Πιο συγκεκριμένα, για να δώσουμε κάθε φορά τιμή στην παράμετρο της ταχύτητας, αξιοποιώντας τον κλασικό τύπο της μέσης ταχύτητας $u=d/t$ (όπου ορίζεται ως το πηλίκο της απόστασης(d) που διανύθηκε προς το χρονικό διάστημα(t) που χρειάστηκε για τη μετατόπιση) μεταβάλλαμε κάθε φορά τυχαία για κάθε πελάτη μονάχα την τιμή της απόστασης d . Τον χρόνο t τον θεωρήσαμε σταθερό και κοινό για όλους, καθώς υποθέσαμε πως αντικατοπτρίζει το κάθε βήμα. Στο σημείο αυτό να ξανά σημειωθεί πως η κίνηση του κάθε πελάτη δεν ακολουθεί κάποια χαρτογραφημένη διαδρομή, αλλά σε κάθε βήμα του αυξομειώνεται η αντίστοιχη μετατόπιση, ανάλογα με τον προορισμό του και προς την κατεύθυνση που θέλει να πάει. Δηλαδή εάν η θέση του κάθε πελάτη κάθε φορά είναι το ζευγάρι συντεταγμένων (x,y) τότε σε κάθε βήμα του υπολογίζεται με τυχαίο τρόπο η μετατόπιση του η οποία προστίθεται η μειώνεται αναλόγως κάθε φορά. Συνεπώς ο τρόπος που υπολογίζουμε σε κάθε βήμα την τιμή των μετατοπίσεων ως προς τον άξονα x και το άξονα y , αξιοποιώντας την συνάρτηση `random()` της βιβλιοθήκης `Math`, προκύπτει με τους εξής τύπους: $dx = \text{Math.random()} * \text{size}$ και $dy = \text{Math.random()} * \text{size}$, όπου το `size` είναι η τιμή των διαστάσεων του τετραγώνου που αντιστοιχεί στον κάθε πελάτη στην οπτικοποίηση. Το `size` φυσικά είναι μια τιμή η οποία μπορεί να αλλαχτεί σύμφωνα με τις επιθυμίες του χρήστη, ωστόσο επιλέχτηκε αυτή η συγκεκριμένη, για μεγαλύτερη ρεαλιστικότητα στην απεικόνιση του βήματος του κάθε πελάτη.

Στην συνέχεια, μια επιπλέον παράμετρος που χρησιμοποιήθηκε στην μοντελοποίηση των κινήσεων των πελατών αναφέρεται στο πλήθος των πάγκων τους οποίους επισκέφθηκε κάθε πελάτης κατά την παραμονή του στο κατάστημα στη διάρκεια

της προσομοίωσης. Αυτή η τιμή δίνεται τυχαία από ένα πλήθος τιμών. Πιο συγκεκριμένα, γνωρίζοντας το πλήθος των πάγκων σε κάθε κάτοψη (έστω N), με πιθανότητα 0.25 για κάθε πελάτη, επιλέγεται τυχαία το πλήθος αυτό από ένα εύρος ακεραίων τιμών μεταξύ του 1 και του $N+3$, το οποίο συμβαίνει καλώντας την μέθοδο $1 + \text{nextInt}(N+3)$. Αξίζει να σημειωθεί πως η πρόσθεση του 3 αντιπροσωπεύει την περίπτωση που κάποιος πελάτης θα επισκεφθεί όλους τους πάγκους και επιπλέον κάποιους από αυτούς θα τους επισκεφθεί περισσότερες φορές. Η τιμή αυτή που δόθηκε για να καλύψει αυτή την περίπτωση, είναι μια τιμή η οποία μπορεί να διαμορφωθεί αναλόγως με τις ανάγκες του χρήστη. Αν για παράδειγμα υπάρχει πολύ μικρό πλήθος πάγκων σε κάποια κάτοψη που θα δώσει ως είσοδο, είναι πιθανότερο να επισκεφθεί όλους τους πάγκους παραπάνω από μια φορά. Επιπλέον, αποφασίσαμε να δώσουμε την πιθανότητα 0.25 γιατί είναι αρκετά σπάνιο ένας πελάτης να επισκεφθεί όλους τους πάγκους στις περιπτώσεις των δικών μας κατόψεων, όπου τα πολυκαταστήματα που αναπαριστούν έχουν μεγάλο πλήθος πάγκων. Με πιθανότητα 0.75 για κάθε πελάτη επιλέγεται τυχαία από ένα εύρος τιμών 1 έως $N/2$ καλώντας την μέθοδο $1 + \text{nextInt}(N/2)$ και το οποίο αντιπροσωπεύει το σύνολο των πελατών που θα επισκεφθούν ένα κατάστημα από έναν έως τους μισούς πάγκους αυτού. Η συγκεκριμένη περίπτωση έχει μεγαλύτερη πιθανότητα, καθώς είναι πιο σύνηθες ένας πελάτης να επισκέπτεται, κατά μέσο όρο περίπου, ένα πλήθος περιοχών από αυτό το εύρος, κατά την παραμονή του σε ένα κατάστημα.

Μια άλλη παράμετρος που επηρεάζει την κινητική συμπεριφορά των πελατών είναι οι κατηγορίες των πάγκων που επισκέπτονται, εφόσον έχει βρεθεί, όπως περιγράφηκε στην παραπάνω παράγραφο, το πλήθος των πάγκων που πρόκειται να επισκεφθούν. Η πιθανότητα να επισκεφθεί ένας πελάτης την κάθε κατηγορία επηρεάζεται κυρίως από το πλήθος των πάγκων που αντιστοιχούν σε αυτή. Αυτή η πιθανότητα υπολογίζεται από τον τύπο $p = \frac{\text{\# πάγκων κατηγορίας}}{\text{\# πάγκων καταστήματος}}$. Έτσι γίνεται κατανοητό πως όσους περισσότερους πάγκους διαθέτει μια κατηγορία προϊόντων τόσο πιθανότερο είναι να την επισκεφθεί κάποιος πελάτης. Η διαδικασία που από την οποία επιλέγεται η κατηγορία που πρόκειται να επισκεφθεί είναι η εξής: καλώντας την μέθοδο $\text{nextInt}(N)+1$, όπου N το πλήθος των συνολικών πάγκων, επιλέγεται τυχαία ένας ακέραιος αριθμός από το εύρος 1 έως N , όπου ο κάθε πάγκος από τους N αντιστοιχεί στον αριθμό της κατηγορίας που ανήκει, και συνεπώς όσοι περισσότεροι πάγκοι ανήκουν σε μια κατηγορία, τόσο μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα να την επισκεφθεί ο κάθε πελάτης. Ωστόσο ένας παράγοντας που πρέπει να λάβουμε υπόψιν μας είναι για

τις περιπτώσεις όπου ο πελάτης διαθέτει προφίλ. Αυτό συμβαίνει γιατί γνωρίζουμε πως το προφίλ περιέχει πληροφορίες για το ιστορικό των αγορών και των περιοχών που επισκέφθηκε ο πελάτης μέσα στο κατάστημα. Έτσι ουσιαστικά ξέρουμε σε ποιους πάγκους και πόσες φορές βρέθηκε ο κάθε πελάτης στο παρελθόν. Μια γνώση η οποία επηρεάζει την επίσκεψη του στους πάγκους του καταστήματος, αυξάνοντας την πιθανότητα (+0.3) που αντιστοιχεί στην συγκεκριμένη κατηγορία προϊόντων, στην περίπτωση που κάποιος πελάτης έχει επισκεφθεί συγκεκριμένες κατηγορίες προϊόντων πολλές φορές (πάνω από δύο).

Η τελευταία παράμετρος η οποία αξιοποιήθηκε στην δημιουργία των προσομοιωμένων κινήσεων, προκύπτει από την επισκεψιμότητα των πελατών σε κάθε πάγκο (περιοχή όπου υπάγεται σε συγκεκριμένη κατηγορία προϊόντων). Αυτή η παράμετρος αναφέρεται στον χρόνο που ο κάθε πελάτης πρόκειται να ξοδέψει στον κάθε πάγκο που επισκέπτεται. Εφόσον ο κάθε πελάτης φτάσει στον πάγκο/προορισμό του μένει εκεί για ένα τυχαίο χρονικό διάστημα. Αναφέρεται πως σε αυτό το χρονικό διάστημα το 50% των πελατών μένουν ακίνητοι στην ίδια θέση και το άλλο 50% κινείται πολύ αργά (μετατόπιση πολύ μικρή < 0.02 σε κάθε βήμα) κατά μήκος του πάγκου που βρίσκεται. Αυτός ο διαχωρισμός συμβαίνει για να καλύψει τόσο την περίπτωση που ο πελάτης ξέρει ποιο προϊόν ακριβώς θέλει να αγοράσει, όσο και την περίπτωση που ξέρει το είδος του προϊόντος που θέλει να αγοράσει, όχι όμως ποιο ακριβώς είναι αυτό το προϊόν. Το χρονικό διάστημα που περιμένει ο πελάτης σε κάθε πάγκο, επιλέγεται τυχαία από ένα εύρος τιμών μεταξύ του 1000 και του 10000, τα οποία αναφέρονται σε χιλιοστά του δευτερολέπτου, και συνεπώς σημαίνει πως επιλέγεται μια τυχαία τιμή από 1 έως 10 δευτερόλεπτα. Ο λόγος που χρησιμοποιούμε milliseconds είναι για μεγαλύτερη ακρίβεια και τυχαιότητα. Και αυτή η παράμετρος, όπως και όλες οι παραπάνω, προσδίδει μια απεικόνιση που προσεγγίζει τις πραγματικές κινήσεις των πελατών μέσα στο κατάστημα, καθώς συμβάλλει στην παραγωγή ποικίλων συνθετικών δεδομένων, τα οποία διαφέρουν όλα μεταξύ τους λόγω της τυχαιότητας και των διαφορετικών συνδυασμών μεταξύ τους.

3.3.2 Σενάρια κίνησης πελατών εντός εσωτερικών χώρων

Στην προσομοίωση μας σε κάθε πελάτη αντιστοιχεί ένα σενάριο το οποίο παράγει την διαδρομή που πρόκειται να ακολουθήσει αυτός μέσα στο κατάστημα. Σκοπός

μας ήταν να συγκεντρώσουμε το μέγιστο δυνατό πλήθος από το σύνολο των πιθανών κινήσεων, που μπορούν να ακολουθήσουν οι καταναλωτές, ώστε να δημιουργήσουμε ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα αυτών στην προσομοίωση μας. Κατά την εκκίνησης της γεννήτριας μας, κάθε πελάτης ακολουθεί ένα συγκεκριμένο σενάριο κινητικότητας μέσα στον χώρο, το οποίο στην συνέχεια αναλόγως των συνθηκών, μπορεί να αλλάξει και να ακολουθήσει εκ νέου ένα διαφορετικό σενάριο κατά την περιήγηση του στο κατάστημα. Αρχικά γίνεται ένας διαχωρισμός των πελατών σε δύο κύριες κατηγορίες σεναρίων. Στην πρώτη κατηγορία ανήκει περίπου το ποσοστό του 33% των συνολικών πελατών και εδώ η κίνηση τους μέσα στον χώρο συμβαίνει με εντελώς τυχαίο τρόπο. Στην δεύτερη κατηγορία από την άλλη, όπου ανήκει το υπόλοιπο 67%, η κινητικότητα των πελατών μέσα στον χώρο δεν είναι τυχαία, αλλά υπάρχει ένα πλήθος σεναρίων όπου ο κάθε πελάτης ακολουθεί ένα από αυτά. Παρακάτω αναλύονται όλα τα επιμέρους σενάρια.

Κατηγορία 1^η: Σενάριο τυχαίας κίνησης

Σε αυτή την κατηγορία ο μοναδικός έλεγχος που γίνεται και που οδηγεί σε διαφορετικά επιμέρους σενάρια κινητικότητας, είναι για την τοποθεσία της πόρτας στο κατάστημα. Αυτό συμβαίνει γιατί ανάλογα με την τοποθεσία της, υπάρχει και η ανάλογη κατεύθυνση προς την οποία θα κινηθούν με τυχαίο τρόπο οι πελάτες. Συνεπώς σε αυτή την κατηγορία, οι κινήσεις που δημιουργούνται είναι τυχαίες, με τυχαίο βηματισμό, τυχαία ταχύτητα και προς τυχαία κατεύθυνση για κάθε πελάτη. Τα επιμέρους σενάρια τα οποία επιλέγονται τυχαία, και τα οποία μπορούν να επαναλαμβάνονται, αναφέρουν κινήσεις όπως η τυχαία περιπλάνηση του πελάτη μέσα στο κατάστημα, η επίσκεψη του σε διαφορετικούς πάγκους, η κατεύθυνση του προς τα ταμεία και η έξοδος του από την πόρτα. Επομένως μας παρέχεται η δυνατότητα μέσω αυτής της κατηγορίας να καλύψουμε τις κινήσεις των πελατών οι οποίες είναι απρόβλεπτες και είτε δεν ακολουθούν κάποιο συγκεκριμένο μοτίβο είτε δεν έχουν κάποιο συγκεκριμένο προορισμό είτε εμείς δεν διαθέτουμε την γνώση που απαιτείται για να γνωρίζουμε ποια περιοχή μέσα στο κατάστημα υπάρχει μεγαλύτερη πιθανότητα να επισκεφθούν. Κάτι τέτοιο είναι σημαντικό διότι καθιστά εφικτή την αντιστοίχιση με τον πραγματικό κόσμο, στον οποίο υπάρχουν ανάλογες απρόοπτες κινητικές συμπεριφορές, επιτυγχάνοντας έτσι μια προσομοίωση που προσεγγίζει ακόμα περισσότερο την πραγματικότητα.

Κατηγορία 2^η: Ανάλυση επιμέρους σεναρίων κίνησης με προορισμό

Σε αυτή την κατηγορία ο πελάτης δεν κινείται τυχαία μέσα στον χώρο αλλά έχει έναν συγκεκριμένο προορισμό. Εδώ υπάρχει ένας επιμέρους βασικός διαχωρισμός ανάλογα με το αν ο πελάτης κατέχει κάποιο προφίλ ή όχι. Δηλαδή ουσιαστικά η διαφορά παρουσιάζεται στον τρόπο με τον οποίο επιλέγεται ο προορισμός στην διαδρομή του κάθε πελάτη. Επομένως, στην περίπτωση κατά την οποία ο πελάτης δεν διαθέτει προφίλ η επιλογή του προορισμού επιλέγεται τυχαία, ενώ στην αντίθετη περίπτωση γίνεται με βάση τις πληροφορίες του προφίλ του. Αναφέρονται παρακάτω με περισσότερες λεπτομέρειες τα σενάρια διαχωρισμών των πελατών τόσο σε σχέση με την επιλογή του προορισμού τους μέσα στο κατάστημα, όσο και με τις κινήσεις τους και τις διαδρομές που ακολουθούν κατά την παραμονή τους σε αυτό. Στο σημείο αυτό, πριν περάσουμε στην λεπτομερή ανάλυση τους, αξίζει να σημειωθούν δύο σημεία. Το πρώτο είναι πως στην περίπτωση που δεν υπάρχουν προφίλ, οι μόνες περιοχές στις οποίες στις οποίες εμφανίζεται μεγαλύτερη πιθανότητα επιλογής τους, είναι αυτές στις οποίες υπάρχουν τα προϊόντα με τις προσφορές, καθώς αντιπροσωπεύουν περιοχές με μεγαλύτερη επισκεψιμότητα. Το δεύτερο σημείο είναι πως η επιμέρους αντιστοίχιση πελάτη με σενάριο κίνησης γίνεται τυχαία σύμφωνα με μια πιθανότητα η οποία επηρεάζεται και αυξομειώνεται ανάλογα με το αν ο πελάτης διαθέτει προφίλ ή όχι.

Σενάριο 1: Επιλογή προορισμού

Σε αυτό το σενάριο γίνεται ο διαχωρισμός των πελατών σύμφωνα με τον τρόπο κατά τον οποίο τους αντιστοιχίζεται η επιλογή προορισμού. Οι δύο επιμέρους κατηγορίες πελατών υπάγονται σε αυτούς που διαθέτουν προφίλ και σε αυτούς που όχι. Έτσι αναλύονται παρακάτω οι πελάτες που ανήκουν σε κάθε σενάριο και ο τρόπος που επιλέγουν προορισμό.

Σενάριο 1.1

Σε αυτό το σενάριο ανήκουν όσοι πελάτες εισέρχονται στο κατάστημα δίχως να διαθέτουν προφίλ. Συνεπώς η επιλογή του προορισμού τους κατά την παραμονή τους στο κατάστημα γίνεται με τυχαίο τρόπο. Για αυτή την κατηγορία πελατών ο τρόπος επι-

λογής των προορισμών τους προκύπτει μέσω των παραμέτρων με το πλήθος των περιοχών και των όποιων περιοχών επισκέπτεται κάποιος πελάτης, τα οποία περιγράφηκαν αναλυτικά παραπάνω. Συνεπώς, εφόσον για όλες τις περιοχές του καταστήματος έχουν υπολογιστεί οι αντίστοιχες πιθανότητες επισκεψιμότητας ο κάθε πελάτης επιλέγει με τυχαίο τρόπο κάποια από αυτές. Στο σημείο αυτό να αναφερθεί, πως, εάν υπάρχει περιοχή στο κατάστημα η οποία αναφέρεται σε κατηγορία με προσφορές προϊόντων, τότε η αντίστοιχη πιθανότητα αυτής της περιοχής αυξάνεται κατά 0.18 σε σχέση με τις πιθανότητες των υπόλοιπων κατηγοριών.

Σενάριο 1.2

Αυτό το σενάριο αναφέρεται σε όσους πελάτες διαθέτουν προφίλ και ουσιαστικά στη συνέχεια γίνεται επιμέρους διαχωρισμός για τον τρόπο που θα επιλεγεί ο προορισμός τους μέσα στο κατάστημα. Έτσι έχουμε δύο υποσενάρια τα οποία ανάγονται σε αυτό και αναφέρονται σε αυτούς τους πελάτες, για τους οποίους επιλέγεται ο προορισμός τους κατά την παραμονή τους στο κατάστημα, αξιοποιώντας τα προφίλ τους, και σε αυτούς που αγνοούν τις πληροφορίες που τους παρέχονται και επιλέγεται τυχαία. Σημειώνεται πως στο υποσενάριο 1.2.2 (αναλύεται παρακάτω) κατά το οποίο οι πελάτες διαθέτουν προφίλ αλλά η επιλογή του προορισμού γίνεται τυχαία, είναι κατανοητό πως ακολουθεί τον τρόπο επιλογής προορισμού του Σεναρίου 1.1 που προαναφέρθηκε.

Υποσενάριο 1.2.1

Αν είμαστε στο σενάριο που έχουμε στην διάθεση μας προφίλ για κάποιον πελάτη, τότε πρέπει να ελέγξουμε τις πληροφορίες αυτές που μας παρέχονται από αυτό το προφίλ και να τις αξιοποιήσουμε αναλόγως. Στο μεγαλύτερο ποσοστό (περίπου 80%) η κινητικότητα των πελατών μέσα στο κατάστημα, οι οποίοι διαθέτουν προφίλ, θα προσομοιωθεί αυξάνοντας αναλόγως την πιθανότητα, η οποία βασίζεται στις πληροφορίες των προφίλ. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε δύο επιμέρους συμπεράσματα. Το πρώτο είναι είτε ότι μπορεί να σημαίνει πως όσες περισσότερες φορές έχει επισκεφθεί κάποιος πελάτης μια κατηγορία προϊόντων σύμφωνα με το προφίλ του, τόσο περισσότερο αυξάνεται η πιθανότητα να ξανά επισκεφθεί αυτή την περιοχή. Και το δεύτερο είναι ότι είτε μπορεί να σημαίνει πως όσες περισσότερες φορές έχει αγοράσει προϊόντα μιας

συγκεκριμένης κατηγορίας, τόσο πιθανότερο είναι να μεταβεί ξανά προς την αντίστοιχη περιοχή. Επιπλέον σημειώνεται πως σε αυτό το σενάριο, υπάρχει διαδοχή στους πάγκους που επισκέπτεται, ανάλογα με το αν του έχει τύχει να πάει και σε άλλους πάγκους, λόγω της ανάλογης παραμέτρου, ακολουθώντας την ίδια λογική. Δηλαδή ο αμέσως επόμενος πάγκος που θα επισκεφθεί θα είναι αυτός με την αμέσως μεγαλύτερη επισκεψιμότητα σύμφωνα με τις πληροφορίες του προφίλ του κ.ο.κ.

Υποσενάριο 1.2.2

Το υπόλοιπο περίπου 20%, ακολουθεί τυχαία κάποιο από τα υπόλοιπα σενάρια κίνησης, τα οποία προκύπτουν αγνοώντας την ύπαρξη των πληροφοριών που παρέχουν αυτά τα προφίλ. Αυτό το ποσοστό υπάρχει για να καλυφθούν δύο επιμέρους περιπτώσεις. Η πρώτη είναι αυτή κατά την οποία οι πελάτες παρόλο που διαθέτουν προφίλ, και παρόλο που σε αυτές τις πληροφορίες αναφέρεται η συχνή επισκεψιμότητα τους σε συγκεκριμένες κατηγορίες προϊόντων, έχουν ως σκοπό κατά την άφιξη τους στο κατάστημα να αγοράσουν ή να κάνουν έρευνα αγοράς για κάποιο εντελώς διαφορετικό προϊόν. Και η δεύτερη είναι για αυτούς που διαθέτουν προφίλ, όμως οι πληροφορίες που αναγράφονται δεν είναι χρήσιμες και επομένως δεν ασκούν καμία επιρροή. Αυτό συμβαίνει επειδή δεν υπάρχει κάποιο μοτίβο είτε στις αγορές αυτών των πελατών, είτε στις διαδρομές τους μέσα στο κατάστημα, και επομένως δεν μπορούμε να αξιοποιήσουμε αυτές τις πληροφορίες (για παράδειγμα κάποιος πελάτης μπορεί να έχει αγοράσει μια φορά προϊόντα από διαφορετικές κατηγορίες). Φυσικά γίνεται αντιληπτό πως αυτός ο διαχωρισμός των ποσοστών κάθε φορά δεν είναι σταθερός, καθώς επηρεάζεται από το αν υπάρχουν αυτές οι χρήσιμες πληροφορίες στα προφίλ των πελατών που έτυχε να επιλεχθούν.

Υποσημείωση: Στα σενάρια που περιγράφονται παρακάτω το πλήθος των περιοχών που επισκέπτεται ο κάθε πελάτης παίρνει μια ενδεικτική τιμή, την μοναδιαία. Αυτό όμως δεν ισχύει στον τρόπο που έχει υλοποιηθεί η γεννήτρια μας. Καθώς σε κάθε επιμέρους σενάριο, το πλήθος αυτό παίρνει τιμή από την αντίστοιχη παράμετρο η οποία έχει αναλυθεί παραπάνω στο υποκεφάλαιο 3.3.1. Ο λόγος που αποφασίσαμε να συμβεί αυτό, είναι για να μην υπάρχει η επανάληψη πληροφορίας.

Σενάριο 2: Επιλογή κινήσεων

Σε αυτό το σενάριο γίνεται διαχωρισμός των επιμέρους σεναρίων κινητικότητας που μπορεί να ακολουθήσει ο κάθε πελάτης κατά την παραμονή του στο κατάστημα. Παρακάτω αναφέρονται διαφορετικά σενάρια τα οποία περιγράφουν τις διαφορετικές διαδρομές που μπορεί να ακολουθήσει κάποιος πελάτης μέσα σε ένα κατάστημα.

Σενάριο 2.1

Σε αυτό το σενάριο ο πελάτης κινείται προς μια συγκεκριμένη κατηγορία προϊόντων. Αυτή η κατηγορία αποτελεί τον προορισμό του πελάτη και συνεπώς με το που εισέρχεται στο κατάστημα κινείται προς αυτή την περιοχή. Σε αυτό το σενάριο ο πελάτης επιθυμεί να αγοράσει κάποιο προϊόν από την συγκεκριμένη κατηγορία-προορισμό. Υπενθυμίζεται πως η διάρκεια που μένει στον πάγκο με προϊόντα της συγκεκριμένης κατηγορίας, ορίζεται ανάλογα με την ανάθεση τιμής στην συγκεκριμένη παράμετρο. Έτσι αναλόγως αυτής της διάρκειας οδηγούμαστε σε δύο επιμέρους πιθανές εκδοχές αυτής της κίνησης. Στην περίπτωση που η διάρκεια είναι πολύ μικρή, μάλλον η επιμέρους εκδοχή είναι πως ο πελάτης ήξερε ακριβώς ποιο προϊόν επιθυμούσε και επομένως το πήρε από τον αντίστοιχο πάγκο και έφυγε. Από την άλλη, στην περίπτωση που η διάρκεια της παραμονής του στο πάγκο είναι σχετικά μεγάλη, πιθανότατα η εκδοχή είναι πως ο πελάτης ήξερε τι είδους προϊόν ήθελε να αγοράσει, όμως χρειαζόταν να κάνει έρευνα εκείνη την στιγμή για να δει από ποια εταιρεία, με ποια τιμή κλπ.

Στην συνέχεια εφόσον ο πελάτης απομακρυνθεί από τον προορισμό/στόχο, έχοντας πάρει το προϊόν που επιθυμούσε, κατευθύνεται προς το ταμείο για να ολοκληρώσει την αγορά του. Έτσι μένοντας ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα εκεί, το οποίο παίρνει και αυτό κάποια τυχαία τιμή ανάλογα με την συγκεκριμένη παράμετρο, μένει για μεγαλύτερο ή μικρότερο χρονικό διάστημα στα ταμεία, αναπαριστώντας τον χρόνο που κάνει για να πληρώσει, και ο οποίος φυσικά μπορεί να δείξει εάν είχε ακριβώς τα χρήματα, εάν πληρώνει με κάρτα, εάν έχει ξεχάσει το PIN της κάρτας του κ.ά. πιθανά υποθετικά σενάρια, τα οποία όμως δεν μας ενδιαφέρει η ανάλυση τους στην συγκεκριμένη διπλωματική εργασία. Τέλος, εφόσον ολοκληρωθεί και η παραμονή του στο ταμείο κατευθύνεται προς την πόρτα για να φύγει από το κατάστημα.

Σενάριο 2.2

Η διαδρομή που ακολουθεί ο πελάτης στο συγκεκριμένο σενάριο είναι σχεδόν παρόμοια με το Σενάριο 2.1 που αναλύθηκε ακριβώς παραπάνω. Η διαφορά έγκειται στο γεγονός πως από την στιγμή που θα επιλέξει το προϊόν μέχρι να πάει στο ταμείο και να το αγοράσει μεσολαβεί ένα διάστημα κατά το οποίο θα κάνει μια βόλτα μέσα στο υπόλοιπο κατάστημα. Σε αυτό το διάστημα υπάρχει η περίπτωση να επισκεφθεί κάποιον άλλο πάγκο ή απλά να κινείται σε τυχαίες διαδρομές. Αυτές οι περιπτώσεις προκύπτουν από τις παραμέτρους κινήσεων και τα επιμέρους σενάρια κίνησης.

Έτσι, εάν με πιθανότητα 0.5 επιλεγθεί να κινηθεί ο πελάτης ακολουθώντας τυχαίες διαδρομές μέσα στο κατάστημα, τότε επιλέγεται τυχαία η κατεύθυνση προς την οποία θα κινηθεί με ισοπίθανη πιθανότητα ίση με $1/4$ (αριστερά, δεξιά, πάνω, κάτω), η οποία ορίζεται ξανά τυχαία όταν φτάσει σε κάποιο εμπόδιο. Επιπλέον ορίζεται με τυχαίο τρόπο και η ταχύτητα της κίνησης του, όπως αναφέρθηκε αναλυτικά στην περιγραφή της συγκεκριμένης παραμέτρου. Από την άλλη εάν πηγαίνει προς κάποιο συγκεκριμένο προϊόν, τότε εφόσον ο πελάτης διαθέτει προφίλ, λαμβάνονται υπόψιν οι πληροφορίες του προφίλ του. Συνεπώς, εάν υπάρχει σε αυτό κάποια επιπλέον κατηγορία προϊόντων που έχει εμφανιστεί εξίσου πολλές φορές με την πρώτη που είχε επιλεγεί, τότε αυξάνεται η πιθανότητα της αντίστοιχης κατηγορίας, και έτσι πιθανότερο να κινηθεί προς εκείνη την κατηγορία. Εάν ο πελάτης αυτός δεν διαθέτει προφίλ, τότε με πιθανότητα 0.5 επιλέγει τυχαία μια κατηγορία προϊόντων όπως έχει αναφερθεί παραπάνω. Όπως γίνεται αντιληπτό η κατεύθυνση αυτής της περιπλάνησης ορίζεται με τυχαιότητα, όπως και η διάρκεια.

Πιο λεπτομερώς, όσον αφορά την διάρκεια, εάν η βόλτα του πελάτη είναι τυχαία, τότε κινείται μέσα στο κατάστημα για ένα διάστημα το οποίο επιλέγεται τυχαία από ένα εύρος τιμών από t_1 έως t_1+t_2 δευτερόλεπτα αξιοποιώντας την μέθοδο $t_1+nextInt(t_2)$, όπου στα t_1 και t_2 έχουμε δώσει τις τιμές 3 και 12 (όμως μπορούν να πάρουν οποιοσδήποτε τιμές επιθυμεί ο χρήστης, προσαρμόζοντας τις στις ανάγκες του). Από την άλλη, εάν η βόλτα του πελάτη είναι προγραμματισμένη και κατευθύνεται προς μια συγκεκριμένη κατηγορία προϊόντων, τότε επιλέγεται με τον ίδιο τυχαίο τρόπο η τιμή αυτής της διάρκειας, με την διαφορά ότι στην συνολική διάρκεια προστίθενται το διάστημα κατά το οποίο μπορεί να περιμένει στον συγκεκριμένο πάγκο της περιοχής των προϊόντων που επέλεξε. Στο τέλος του σεναρίου, αφού ολοκληρώσει ο πελάτης την αγορά του προϊόντος στο ταμείο κατευθύνεται προς την έξοδο του καταστήματος.

Σενάριο 2.3

Σε αυτό το σενάριο ο πελάτης αρχικά, αφού εισέλθει στο κατάστημα, κινείται προς έναν συγκεκριμένο προορισμό, δηλαδή μια περιοχή με μια συγκεκριμένη κατηγορία προϊόντων. Αφού φτάσει σε αυτήν την περιοχή/προορισμό, παραμένει για τυχαίο χρονικό διάστημα, το οποίο ορίζεται και αυτό τυχαία από την ειδική παράμετρο και στη συνέχεια απομακρύνεται από αυτή. Αφού φύγει από αυτή την περιοχή κατευθύνεται κατευθείαν προς την πόρτα για να φύγει από το κατάστημα. Αυτό το σενάριο, θα μπορούσαμε να υποθέσουμε πως αντιπροσωπεύει εκείνους τους πελάτες οι οποίοι σκέφτονται να αγοράσουν ένα συγκεκριμένο προϊόν και αφού κάνουν την έρευνα και πάρουν τις πληροφορίες που ήθελαν, δεν το αγοράζουν και φεύγουν.

Σενάριο 2.4

Εδώ ο πελάτης κατευθύνεται και πάλι προς μια περιοχή/προορισμό με προϊόντα της ίδιας κατηγορίας και μετά κινείται τυχαία στο κατάστημα μέχρις ότου εξέλθει από αυτό. Εφόσον παραμένει στην συγκεκριμένη περιοχή για τυχαίο χρονικό διάστημα, απομακρύνεται συνεχίζοντας την διαδρομή του μέσα στο κατάστημα. Σε αυτή την διαδρομή, μπορεί να σταματήσει σε διάφορους πάγκους και για διαφορετικά χρονικά διαστήματα, τα οποία ορίζονται τυχαία από τις αντίστοιχες παραμέτρους. Σε αυτό το σενάριο ο πελάτης φεύγει από το κατάστημα μετά από τυχαίο χρονικό διάστημα, το οποίο παίρνει τιμή από το εύρος [5,15]. Αυτό το σενάριο αντιπροσωπεύει πολλά πιθανά σενάρια και μπορεί να καλύψει όλες τις πιθανές κινητικές συμπεριφορές ενός πελάτη. Δηλαδή αφού έχει επισκεφθεί μια συγκεκριμένη κατηγορία προϊόντων μετά μπορεί να επισκεφθεί και άλλη/ες, ή να πάει στο ταμείο για να το αγοράσει, ή να φύγει.

Σενάριο	Κατηγορία χρηστών που αντιπροσωπεύει
Σενάριο 1.1	Πελάτες δίχως προφίλ όπου ο προορισμός τους μέσα στο κατάστημα προκύπτει τυχαία
Υποσενάριο 1.2.1	Πελάτες με προφίλ όπου ο προορισμός τους μέσα στο κατάστημα προκύπτει από τις πληροφορίες του προφίλ τους
Υποσενάριο 1.2.2	Πελάτες με προφίλ όπου ο προορισμός τους μέσα στο κατάστημα προκύπτει τυχαία
Σενάριο 2.1	Πελάτες που αγοράζουν προϊόν/ντα και φεύγουν
Σενάριο 2.2	Πελάτες που κάνουν βόλτα, αγοράζουν προϊόν/ντα και φεύγουν
Σενάριο 2.3	Πελάτες που κάνουν βόλτα και φεύγουν
Σενάριο 2.4	Πελάτες που έχουν προορισμό, μετά κινούνται τυχαία και φεύγουν

Πίνακας 3. Σε αυτόν τον πίνακα αναφέρονται περιληπτικά τα σενάρια κινητικότητας και η κατηγορία πελατών που αντιπροσωπεύει καθένα από αυτά. Οι πελάτες που αναγράφονται στον συγκεκριμένο πίνακα αναφέρονται στην Κατηγορία 2η, κατά την οποία δεν προκύπτει με τυχαίο τρόπο η κινητικότητα τους μέσα στο κατάστημα. Παρατηρούμε πως σε όλα τα σενάρια οι πελάτες πρέπει να φεύγουν κάποια στιγμή από το κατάστημα, καθώς δεν πρέπει να κινούνται επ' άπειρον σε αυτό, διότι κάποια στιγμή το κατάστημα κλείνει.

Οι κατηγορίες των πελατών που εμφανίζονται επιγραμματικά στον Πίνακα 3 και αποτελούν το κύριο αντιπροσωπευτικό δείγμα των σεναρίων αυτών, κατανοούμε πως αναλόγως της επιμέρους επιλογής του Σεναρίου 1, μπορούν να διοχετευτούν περισσότερες λεπτομέρειες και πληροφορίες σχετικά τις κατηγορίες των πελατών και της κινητικότητας τους μέσα στο κατάστημα. Για παράδειγμα ένας πελάτης του Σεναρίου 2.3 ο οποίος ανήκει στο υποσενάριο 1.1.1 μας παρέχει την γνώση πως κατά πάσα πιθανότητα η κινητικότητα του μέσα στο κατάστημα αντιπροσωπεύει έναν πελάτη ο οποίος είτε έκανε έρευνα αγοράς για ένα προϊόν συγκεκριμένης κατηγορίας, όπου όταν έλαβε τις πληροφορίες που ήθελε έφυγε από το κατάστημα, είτε έψαχνε ένα συγκεκριμένο προϊόν, και επειδή πιθανότητα δεν το βρήκε έφυγε. Επιπλέον γίνεται κατανοητό πως στην 2η Κατηγορία, κατά την οποία δεν προκύπτουν με τυχαίο τρόπο οι κινήσεις των πελατών μέσα στο κατάστημα, είναι απαραίτητη η επιλογή τόσο του Σεναρίου 1 όσο και του Σεναρίου 2. Κάτι τέτοιο υφίσταται καθώς το πρώτο σενάριο αναφέρεται στον τρόπο επιλογής του προορισμού του πελάτη και το δεύτερο σενάριο στις κινήσεις που θα ακολουθήσει ο πελάτης μέσα στο κατάστημα.

Συνοψίζοντας, κατανοείται πως τα σενάρια που μπορεί να ακολουθήσει κάποιος μέσα σε ένα φυσικό κατάστημα είναι πολλά. Εμείς φυσικά δεν μπορέσαμε να καλύψουμε όλες τις περιπτώσεις, προσπαθήσαμε όμως να υλοποιήσουμε ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα, το οποίο θα αποτελούταν από τα κύρια μοτίβα κινητικότητας μέσα στον εσωτερικό χώρο ενός φυσικού καταστήματος. Επιπλέον, όπως αναφέραμε και στην Υποσημείωση, τα σενάρια αυτά εμφανίζουν μεγαλύτερη πολυπλοκότητα καθώς υπάρχει ο συνδυασμός τους αλλά και η επαναληπτικότητα των επιμέρους κινήσεων τους. Συνεπώς με αυτόν τον τρόπο προσδίδεται μεγαλύτερη ακρίβεια και προσέγγιση της πραγματικότητας στην προσομοίωση μας.

3.4 Έξοδος της γεννήτριας

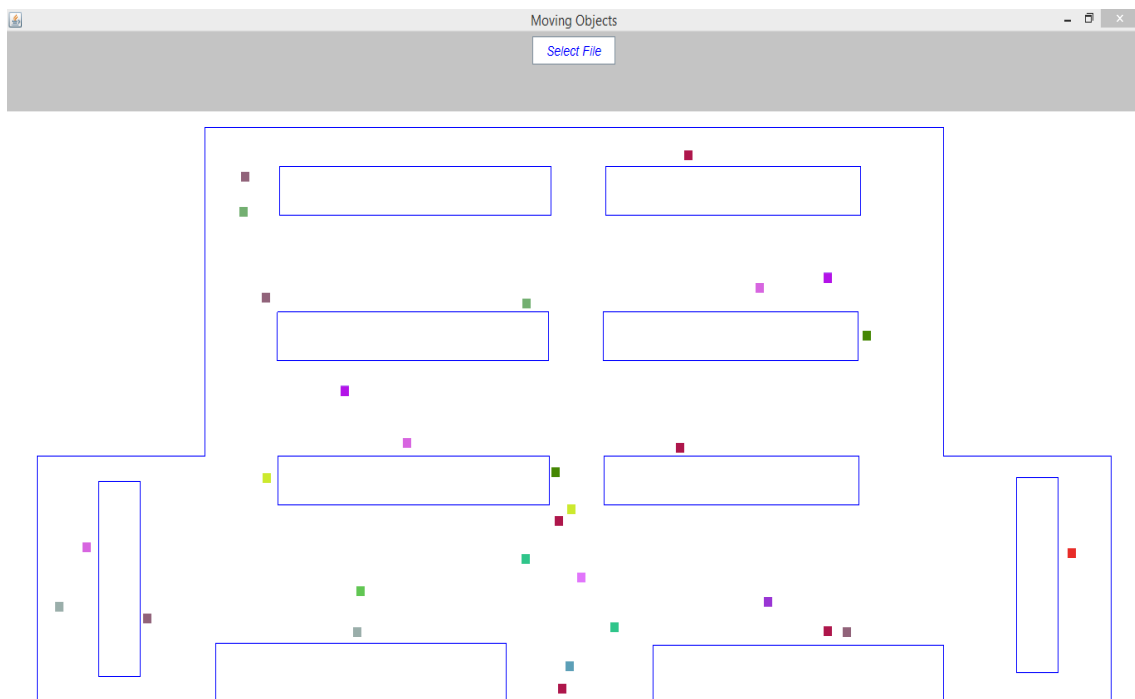
Η γεννήτρια μας γνωρίζουμε πως έχει πετύχει τον κύριο λόγο για τον οποίο δημιουργήθηκε, εφόσον έχει καταφέρει να παράγει συνθετικά δεδομένα, τα οποία περιγράφονται σε αρχεία εξόδου που εξάγει, και τα οποία περιέχουν τις πληροφορίες της κινητικότητας των πελατών μέσα σε ένα κατάστημα. Επιπλέον αυτά τα προσομοιωμένα δεδομένα οπτικοποιούνται παρέχοντας στον χρήστη μια διαδραστική εμπειρία μελέτης των κινήσεων των πελατών μέσα στο κατάστημα. Συνεπώς μέσω αυτών των δύο δυνατοτήτων που παρέχονται με την λειτουργία της γεννήτριας μας μπορεί να επιτευχθεί και η αποτίμηση της αποτελεσματικότητας της. Σαφώς γίνεται αντιληπτό πως ο ακριβέστερος έλεγχος της ορθότητας μπορεί να προκύψει κατά κύριο λόγο έπειτα από την μελέτη του αρχείου εξόδου. Καθώς, η οπτικοποίηση μας παρέχει ναί μεν μια πιο άμεση κριτική της εγκυρότητας των κινήσεων που παράγονται μέσω της γεννήτριας, ωστόσο δεν μπορεί να διαπιστωθεί με ακρίβεια η ταύτιση των κινήσεων αυτών, τόσο με την προσέγγιση της πραγματικότητας, όσο και με την επιβεβαίωση της ακολουθίας των τεχνικών και των αλγορίθμων που αναπτύξαμε. Έτσι παρακάτω αναφέρουμε τους δύο αυτούς τρόπους αποτίμησης της αποτελεσματικότητας της γεννήτριας μας αναλυτικότερα.

3.4.1 Οπτικοποίηση της προσομοίωσης

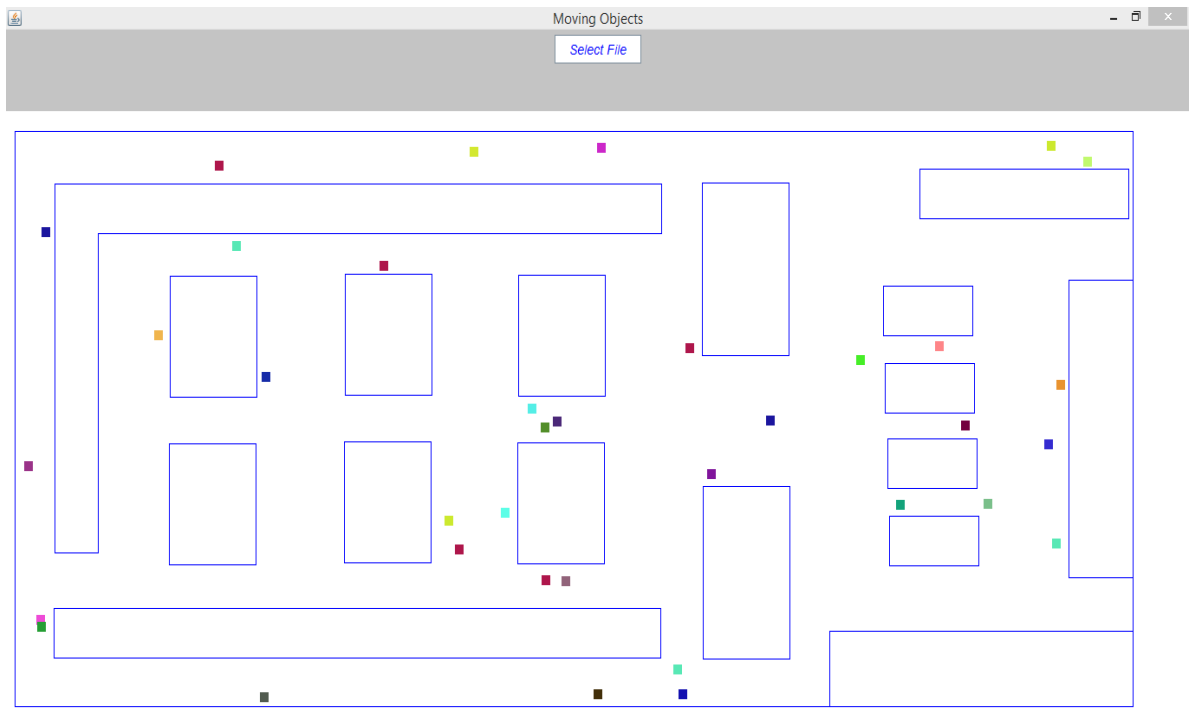
Κατά την λειτουργία της γεννήτριας μας παρέχεται στον χρήστη η δυνατότητα οπτικοποίησης των παραγόμενων κινήσεων των πελατών μέσα στο κατάστημα. Όπως

προαναφέρθηκε, η οπτικοποίηση των προσομοιωμένων αυτών κινήσεων παρέχει έναν διαδραστικό τρόπο μελέτης της ορθότητας των αποτελεσμάτων. Μέσω της οπτικοποίησης δίνεται η δυνατότητα να πάρουμε μια ιδέα για τα μοτίβα κίνησης που ακολουθούνται κατά την προσομοίωση των πελατών. Επιπλέον παρατηρώντας κάθε πελάτη στην προσομοίωση μπορούμε να δούμε τον χρόνο άφιξης του σε σχέση με τον χρόνο άφιξης των υπόλοιπων πελατών. Επίσης μπορούμε να παρατηρήσουμε τα διαφορετικά σενάρια κινητικότητας και τις διαδρομές που ακολουθεί μέσα στο κατάστημα ο πελάτης, καθώς και τον διαφορετικό χρόνο που περιμένει σε κάποια περιοχή του καταστήματος, όπως και τις διαφορετικές περιοχές που επισκέπτεται μέσα στο κατάστημα.

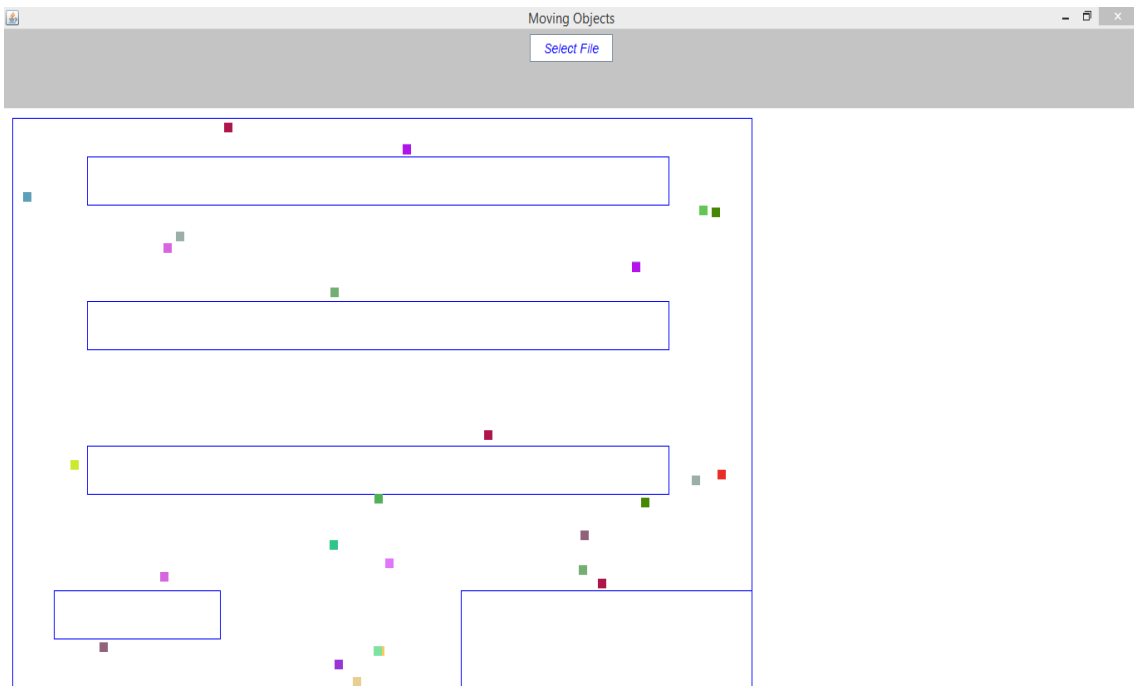
Ο τρόπος αυτός όμως δεν παρέχει ακρίβεια στην κριτική της εγκυρότητας των αποτελεσμάτων που παράγει η γεννήτρια και στο κατά πόσο ακολουθούνται σωστά οι κατάλληλοι αλγόριθμοι και οι κατάλληλες τεχνικές για την κινητικότητα των πελατών. Συνεπώς για να πραγματοποιηθεί μια αντικειμενική κριτική των αποτελεσμάτων της γεννήτριας μας είναι απαραίτητη η μελέτη των συνθετικών δεδομένων που παράγονται, και τα οποία εξάγονται σε αρχείο εξόδου το οποίο αναλύεται ενδελεχώς παρακάτω.



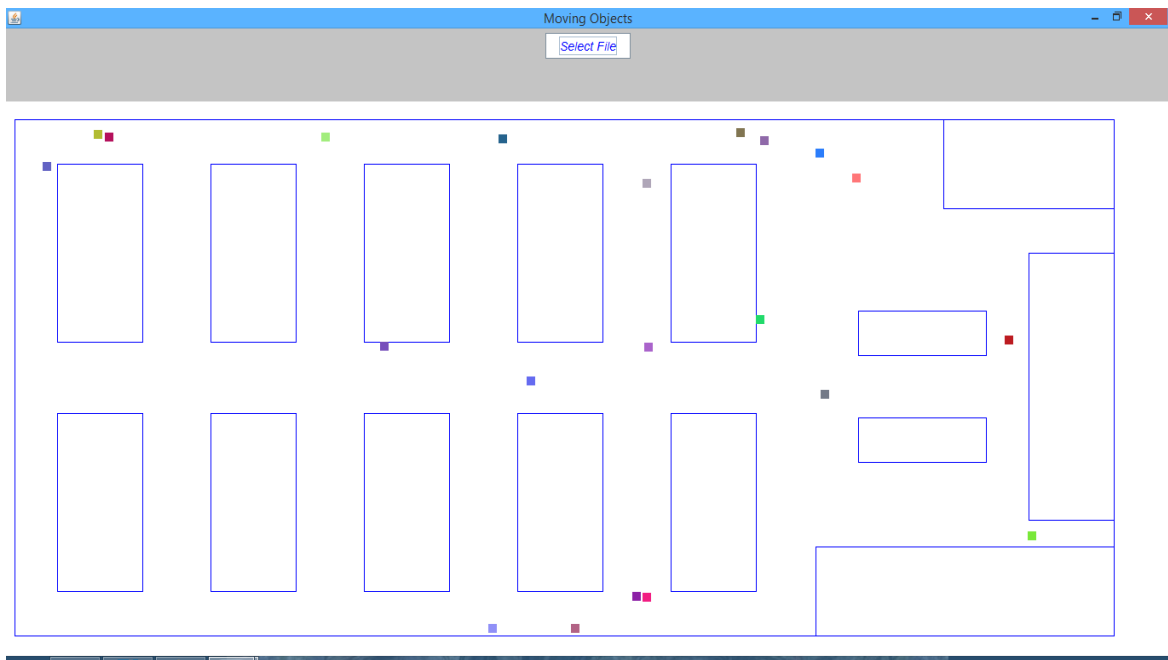
(6α)



(6β)



(6γ)



(6δ)

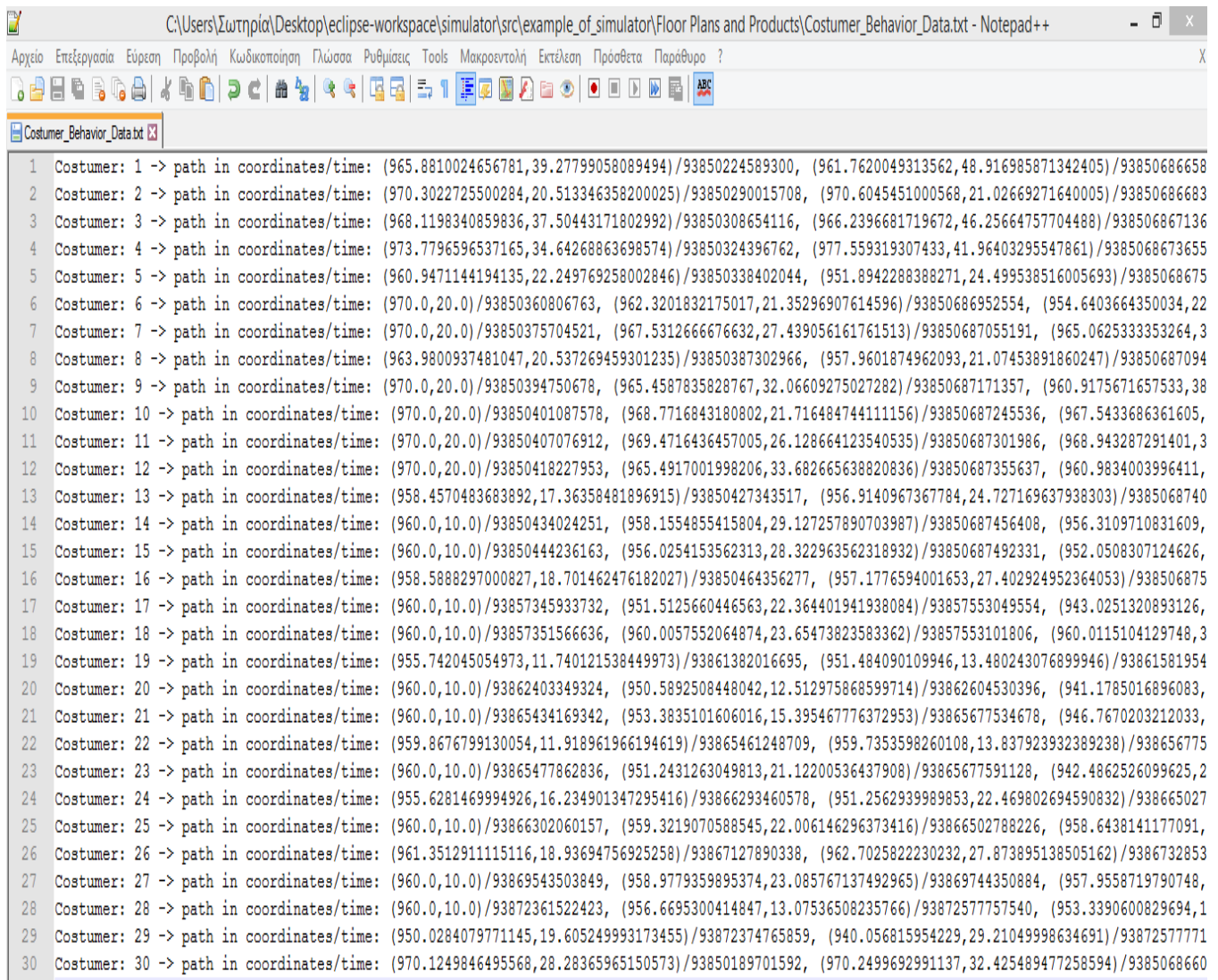
Εικόνες 6α)β)γ)δ). Σε αυτές τις τέσσερις εικόνες αποτυπώνονται διαφορετικά στιγμιότυπα της οπτικοποίησης των προσομοιωμένων συνθετικών δεδομένων κινητικότητας των πελατών μέσα σε τέσσερα διαφορετικά καταστήματα. Τα χρωματιστά κυβάρια αναπαριστούν, φυσικά, τους πελάτες μέσα στο κατάστημα.

3.4.2 Αρχείο εξόδου συνθετικών δεδομένων κινητικότητας

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, ο ακριβέστερος και εγκυρότερος τρόπος για να αποτιμήσουμε την αποτελεσματικότητα της γεννήτριας μας είναι η μελέτη του αρχείου εξόδου που παράγει μετά την διακοπή της προσομοίωσης. Πιο συγκεκριμένα, παρέχεται η δυνατότητα στον εκάστοτε χρήστη της γεννήτριας, να έχει στα χέρια του αυτό το αρχείο εξόδου, για κάθε οπτικοποίηση, στο οποίο αποτυπώνονται τα συνθετικά δεδομένα της κίνησης των πελατών μέσα στο κατάστημα, κατά το διάστημα της προσομοίωσης. Αναλυτικότερα, την στιγμή που ο χρήστης κλείσει το παράθυρο της προσομοίωσης και συνεπώς ολοκληρωθεί η παραγωγή δεδομένων της γεννήτριας, η γεννήτρια ολοκληρώνει την κατασκευή των ζητούμενων δεδομένων, τα οποία απεικονίζουν την κίνηση του κάθε πελάτη που πέρασε από το κατάστημα, από την εκκίνηση της προσομοίωσης μέχρι την στιγμή που ολοκληρώθηκε.

Τα δεδομένα αυτά περιέχουν χωροχρονική πληροφορία για κάθε πελάτη, δηλαδή τόσο τη θέση του μέσα στο κατάστημα σε κάθε στιγμή, όσο και τον χρόνο που αντιστοιχεί στην συγκεκριμένη στιγμή. Αναλυτικότερα, οι πληροφορίες που παράγονται για κάθε πελάτη είναι το id του, η διαδρομή με συντεταγμένες που ακολούθησε όλη αυτή την ώρα της προσομοίωσης και ο χρόνος σε κάθε βήμα του, ο οποίος μετράται σε nanoseconds για μεγαλύτερη ακρίβεια. Να σημειωθεί πως ο χρόνος εκκίνησης αυτών των μετρήσεων είναι κοινός για όλους τους πελάτες και θεωρείται η στιγμή που ξεκινάει η προσομοίωση, και όχι ο χρόνος άφιξης του κάθε πελάτη ξεχωριστά μέσα στο κατάστημα.

Όπως προαναφέρθηκε, για να γίνει ο έλεγχος της ορθότητας αυτών των παραγόμενων κινήσεων, οι οποίες αποτυπώνονται σε αυτό το αρχείο εξόδου της γεννήτριας, πρέπει να πραγματοποιηθεί η εκτενέστερη μελέτη αυτών των δεδομένων. Δηλαδή η μελέτη αυτή μπορεί να μας επιβεβαιώσει ότι οι κινήσεις των πελατών ακολουθούν και ταυτίζονται με τα μοντέλα κινητικής συμπεριφοράς που ορίσαμε, έπειτα από έρευνα άλλων σχετικών εργασιών και χρήση των επιπρόσθετων πληροφοριών που αξιοποιήσαμε (προφίλ πελατών κλπ). Στα πλαίσια της διπλωματικής μας εργασίας φυσικά αυτή η μελέτη περιορίζεται μόνο στον έλεγχο της αντικειμενικότητας των κινήσεων και στην ταύτιση τους με τις τεχνικές που αναπτύξαμε. και συνεπώς στην ορθότητα της λειτουργίας της γεννήτριας μας. Σε ένα μελλοντικό πλαίσιο όμως, η μελέτη αυτών των δεδομένων θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την αξιοποίηση τους από φυσικά πολύ-καταστήματα τα οποία δεν έχουν την δυνατότητα να αντλήσουν πραγματικά δεδομένα για τις κινήσεις των πελατών τους μέσα στο κατάστημα και που όμως θέλουν να βελτιστοποιήσουν την λειτουργία του καταστήματος τους.



```
1 Customer: 1 -> path in coordinates/time: (965.8810024656781,39.27799058089494)/93850224589300,(961.7620049313562,48.916985871342405)/93850686658
2 Customer: 2 -> path in coordinates/time: (970.3022725500284,20.513346358200025)/93850290015708,(970.6045451000568,21.02669271640005)/93850686683
3 Customer: 3 -> path in coordinates/time: (968.1198340859836,37.50443171802992)/93850308654116,(966.2396681719672,46.25664757704488)/938506867136
4 Customer: 4 -> path in coordinates/time: (973.7796596537165,34.64268863698574)/93850324396762,(977.559319307433,41.96403295547861)/9385068673655
5 Customer: 5 -> path in coordinates/time: (960.9471144194135,22.249769258002846)/93850338402044,(951.8942288388271,24.499538516005693)/9385068675
6 Customer: 6 -> path in coordinates/time: (970.0,20.0)/93850360806763,(962.3201832175017,21.35296907614596)/93850686952554,(954.6403664350034,22
7 Customer: 7 -> path in coordinates/time: (970.0,20.0)/93850375704521,(967.5312666676632,27.439056161761513)/93850687055191,(965.0625333353264,3
8 Customer: 8 -> path in coordinates/time: (963.9800937481047,20.537269459301235)/93850387302966,(957.9601874962093,21.07453891860247)/93850687094
9 Customer: 9 -> path in coordinates/time: (970.0,20.0)/93850394750678,(965.4587835828767,32.06609275027282)/93850687171357,(960.9175671657533,38
10 Customer: 10 -> path in coordinates/time: (970.0,20.0)/93850401087578,(968.7716843180802,21.716484744111156)/93850687245536,(967.5433686361605,
11 Customer: 11 -> path in coordinates/time: (970.0,20.0)/93850407076912,(969.4716436457005,26.128664123540535)/93850687301986,(968.943287291401,3
12 Customer: 12 -> path in coordinates/time: (970.0,20.0)/93850418227953,(965.4917001998206,33.682665638820836)/93850687355637,(960.9834003996411,
13 Customer: 13 -> path in coordinates/time: (958.4570483683892,17.36358481896915)/93850427343517,(956.9140967367784,24.727169637938303)/9385068740
14 Customer: 14 -> path in coordinates/time: (960.0,10.0)/93850434024251,(958.1554855145804,29.127257890703987)/93850687456408,(956.3109710831609,
15 Customer: 15 -> path in coordinates/time: (960.0,10.0)/93850444236163,(956.0254153562313,28.322963562318932)/93850687492331,(952.0508307124626,
16 Customer: 16 -> path in coordinates/time: (958.5888297000827,18.701462476182027)/93850464356277,(957.1776594001653,27.402924952364053)/938506875
17 Customer: 17 -> path in coordinates/time: (960.0,10.0)/93857345933732,(951.5125660446563,22.364401941938084)/93857553049554,(943.0251320893126,
18 Customer: 18 -> path in coordinates/time: (960.0,10.0)/93857351566636,(960.0057552064874,23.65473823583362)/93857553101806,(960.0115104129748,3
19 Customer: 19 -> path in coordinates/time: (955.742045054973,11.740121538449973)/93861382016695,(951.484090109946,13.480243076899946)/93861581954
20 Customer: 20 -> path in coordinates/time: (960.0,10.0)/93862403349324,(950.5892508448042,12.512975868599714)/93862604530396,(941.1785016896083,
21 Customer: 21 -> path in coordinates/time: (960.0,10.0)/93865434169342,(953.3835101606016,15.395467776372953)/93865677534678,(946.7670203212033,
22 Customer: 22 -> path in coordinates/time: (959.8676799130054,11.918961966194619)/93865461248709,(959.7353598260108,13.837923932389238)/938656775
23 Customer: 23 -> path in coordinates/time: (960.0,10.0)/93865477862836,(951.2431263049813,21.12200536437908)/93865677591128,(942.4862526099625,2
24 Customer: 24 -> path in coordinates/time: (955.6281469994926,16.234901347295416)/93866293460578,(951.2562939989853,22.469802694590832)/938665027
25 Customer: 25 -> path in coordinates/time: (960.0,10.0)/93866302060157,(959.3219070588545,22.006146296373416)/93866502788226,(958.6438141177091,
26 Customer: 26 -> path in coordinates/time: (961.3512911115116,18.93694756925258)/93867127890338,(962.7025822230232,27.873895138505162)/9386732853
27 Customer: 27 -> path in coordinates/time: (960.0,10.0)/93869543503849,(958.9779359895374,23.085767137492965)/93869744350884,(957.9558719790748,
28 Customer: 28 -> path in coordinates/time: (960.0,10.0)/93872361522423,(956.6695300414847,13.07536508235766)/93872577757540,(953.3390600829694,1
29 Customer: 29 -> path in coordinates/time: (950.0284079771145,19.605249993173455)/93872374765859,(940.056815954229,29.21049998634691)/93872577771
30 Customer: 30 -> path in coordinates/time: (970.1249846495568,28.28365965150573)/93850189701592,(970.2499692991137,32.425489477258594)/93850686660
```

Εικόνα 7. Σε αυτή την εικόνα αποτυπώνεται ένα ενδεικτικό στιγμιότυπο από κάποιο τέτοιο αρχείο εξόδου, το οποίο κατασκεύασε η γεννήτρια μας. Παρατηρούμε πως η κάθε γραμμή αυτού του αρχείου αναφέρεται σε κάθε πελάτη και αναγράφονται οι πληροφορίες για την διαδρομή που ακολούθησε κατά την διάρκεια της παραμονής του στο κατάστημα, τόσο για την θέση του σε κάθε βήμα όσο και την στιγμή που βρισκόταν εκεί. Έτσι αναφέρονται πληροφορίες τόσο για τις συντεταγμένες της κάθε διαφορετικής του θέσης, όσο και για την χρονική στιγμή σε nanoseconds όπου βρισκόταν στην συγκεκριμένη θέση.

Κεφάλαιο 4.

Υλοποίηση και έλεγχος της γεννήτριας

Σε αυτό το κεφάλαιο περιγράφονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά της γεννήτριας μας, πληροφορίες σχετικές με την υλοποίηση της, αναλυτική περιγραφή του τρόπου εκτέλεσης της, η χρησιμότητα της, καθώς και οι δυνατότητες που παρέχει, ώστε να προσαρμοστεί σύμφωνα με τις ανάγκες του κάθε χρήστη, και να καταστεί περισσότερο λειτουργική.

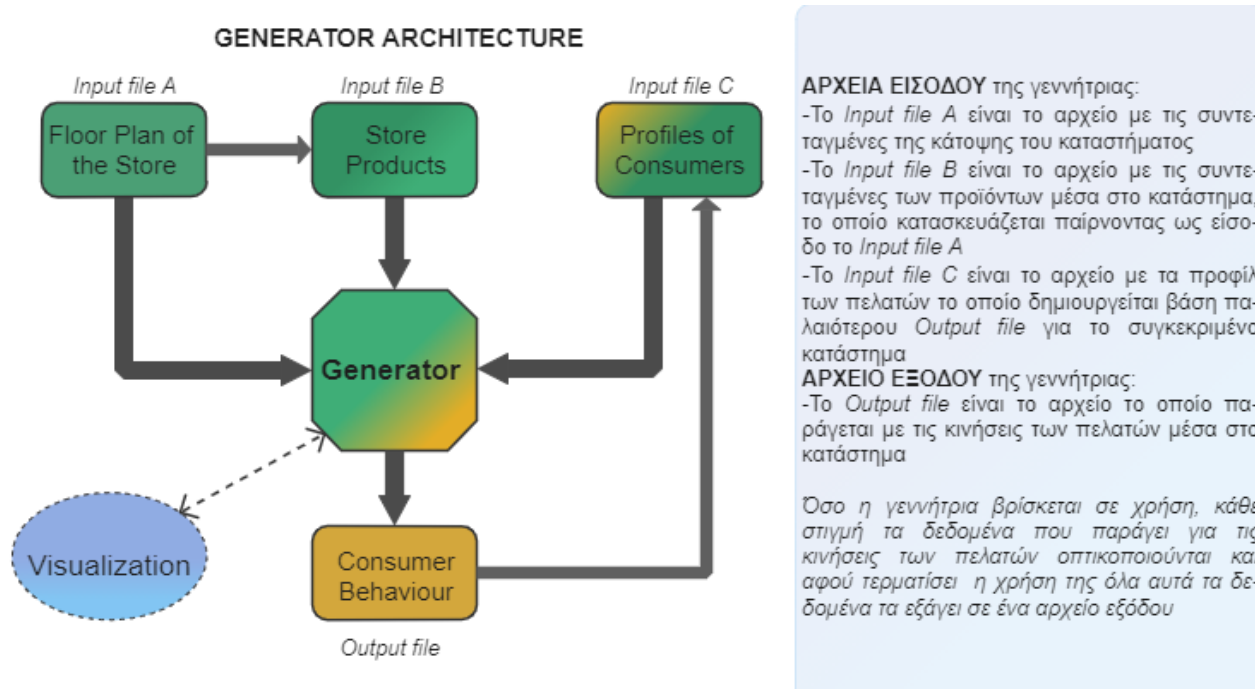
4.1 Τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση της γεννήτριας

Για την υλοποίηση της συγκεκριμένης γεννήτριας ο κώδικας που κατασκευάσαμε γράφτηκε σε γλώσσα προγραμματισμού Java 8 και το περιβάλλον στο οποίο αναπτύχθηκε η υλοποίηση της είναι το eclipse IDE 2021-03. Για το γραφικό περιβάλλον και την επιτυχή δισδιάστατη γραφική απεικόνιση των κινήσεων που παράγει η γεννήτρια μας, επεκτείναμε από το πακέτο Java Swing την κλάση JPanel (περιοχή στην οποία μπορούν να εμφανιστούν στοιχεία ελέγχου -κουμπιά, περιοχές κειμένου κλπ- και οπτικοποιήσεις -σχήματα, εικόνες κλπ-) και χρησιμοποιήσαμε κατάλληλα την κλάση Graphics2D (επέκταση της κλάσης Graphics η οποία παρέχει πιο εξελιγμένες λειτουργίες). Έπειτα για την σωστή διαχείριση των JPanel κλάσεων και των λειτουργιών των στοιχείων που περιέχονται σε αυτές (πχ κουμπί επιλογής αρχείου) ήταν απαραίτητη η υλοποίηση κατάλληλων ActionListener (κλάση υπεύθυνη για τον χειρισμό όλων των συμβάντων δράσης). Τέλος απαραίτητη προϋπόθεση για την εύρυθμη λειτουργία της

γεννήτριας μας ήταν η σωστή χρονική σειρά εκτέλεσης του κάθε βήματος για κάθε πελάτη, τα οποία στο σύνολο τους συνθέτουν την ολοκληρωμένη κινητική του συμπεριφορά μέσα στο κατάστημα. Αυτό το επιτύχαμε με την δημιουργία και την εκτέλεση νημάτων(threads) μέσω δύο κλάσεων όπου υλοποιήσαμε την διεπαφή Runnable. Έτσι με την βοήθεια αυτών των κλάσεων εκτελούνται χρονικά σωστά και με την σωστή προτεραιότητα οι κινήσεις των πελατών.

4.2 Σχεδιασμός και αρχιτεκτονική της γεννήτριας

Η συγκεκριμένη γεννήτρια έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να καθίσταται η αρχιτεκτονική της όσο το δυνατόν πιο απλή. Στόχος μας ήταν να υλοποιήσουμε μια γεννήτρια η οποία αρχικά θα ήταν εύκολη στην χρήση και φυσικά θα παρήγαγε προσομοιωμένα δεδομένα που προσεγγίζουν την πραγματικότητα. Έτσι, αρχικά κατασκευάσαμε αρχεία τα οποία περιέχουν πληροφορίες για τις κατόψεις των καταστημάτων, για τα προϊόντα που υπάρχουν σε κάθε κάτοψη και για τα προφίλ που διαθέτουν κάποιοι από τους πελάτες. Αυτά τα αρχεία αποτελούν την είσοδο της γεννήτριας μας, όπου τα αρχεία των κατόψεων επιλέγονται από τον χρήστη, ενώ τα άλλα δύο επιλέγονται αυτόματα από την ίδια την γεννήτρια μετά την επιλογή του καταστήματος από τον χρήστη. Έπειτα η γεννήτρια μας επεξεργάζεται κατάλληλα αυτά τα αρχεία και μέσω απλών αλγορίθμων, που αναπτύξαμε, παράγει για κάθε πελάτη και μια διαφορετική κίνηση μέσα στο κατάστημα. Επιπλέον, καθώς παράγει για κάθε πελάτη, κάθε στιγμή, το επόμενο του βήμα, την ίδια στιγμή οπτικοποιείται για να μπορέσει ο χρήστης ταυτόχρονα να παρατηρεί την κινητικότητα μέσα στο κατάστημα. Αυτή η διαδικασία παραγωγής κινήσεων για τους πελάτες συνεχίζεται μέχρις ότου ο χρήστης κλείσει το παράθυρο της οπτικοποίησης και επομένως σταματήσει και η παραγωγή δεδομένων. Στο τέλος, μετά τον τερματισμό της προσομοίωσης, κατασκευάζεται ένα αρχείο στο οποίο υπάρχει η χωροχρονική πληροφορία για κάθε πελάτη που συμμετείχε στην προσομοίωση. Με αυτόν τον τρόπο παρέχει την γνώση της θέσης και του χρόνου που βρισκόταν ανά πάσα στιγμή αυτός ο πελάτης κατά την διάρκεια της συγκεκριμένης προσομοίωσης.

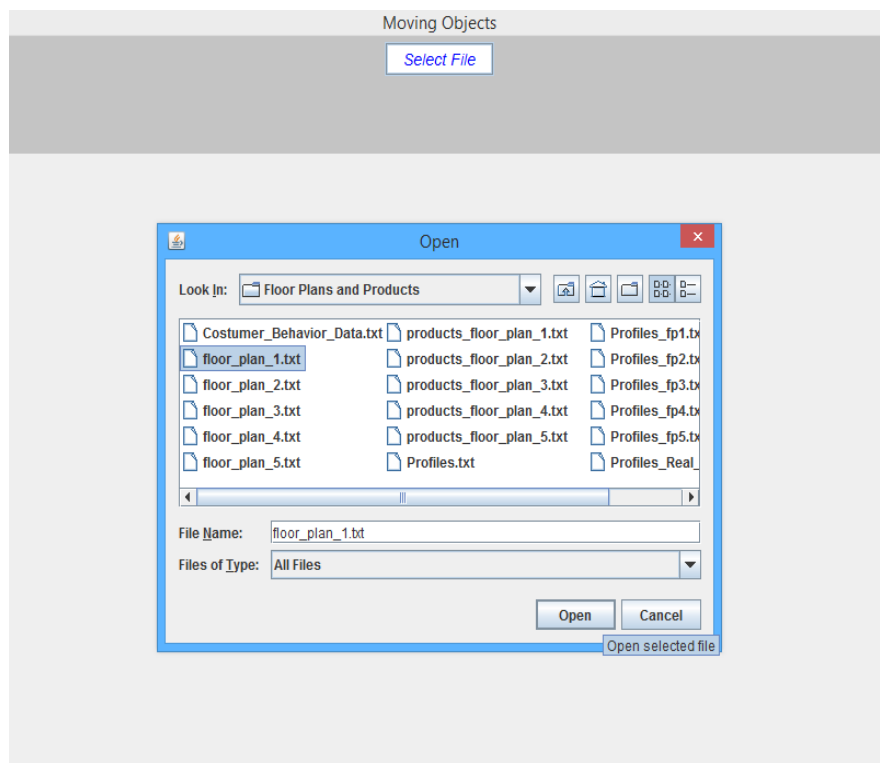


Εικόνα 8. Σε αυτή την εικόνα αναπαρίσταται η αρχιτεκτονική της γεννήτριας

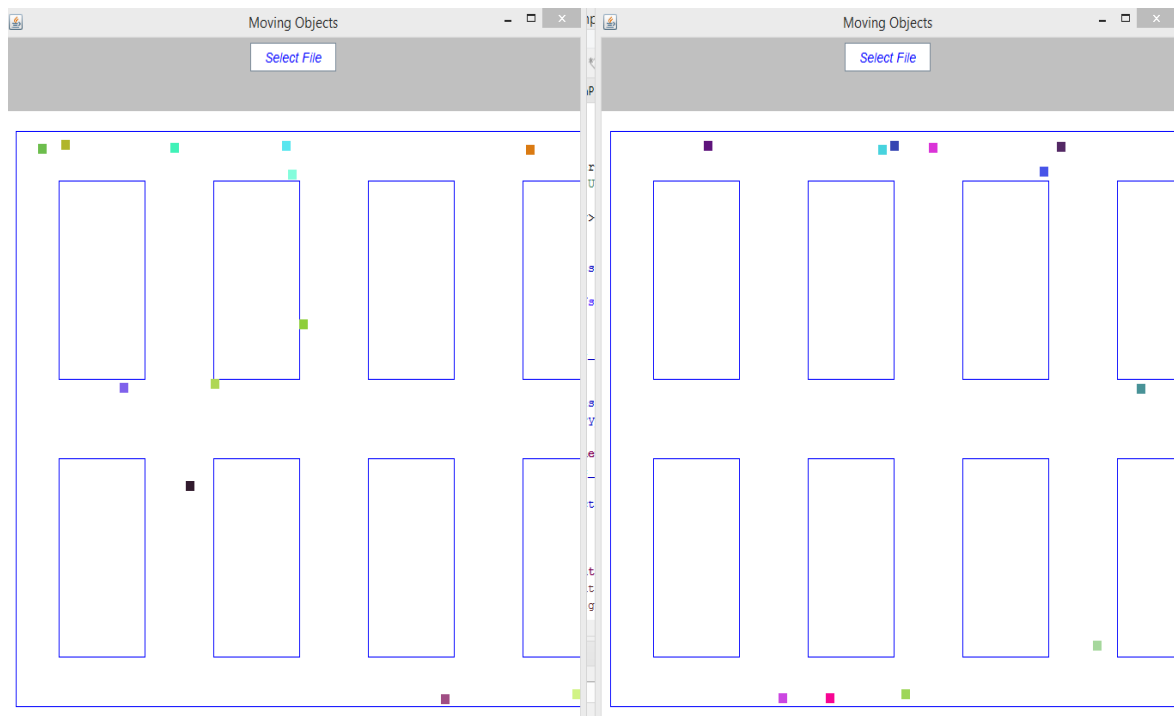
4.3 Χρήση της γεννήτριας

Η γεννήτρια είναι ιδιαίτερα εύκολη και απλή ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί από οποιονδήποτε έχει απλά εγκατεστημένες στον υπολογιστή του την java 8 και τις κατάλληλες βιβλιοθήκες. Σε αυτή την περίπτωση ο τρόπος είναι πολύ απλός και εύκολος. Μέσα στον κατάλληλο φάκελο εκτελείται από την γραμμή εντολών το κατάλληλο αρχείο (>javac MovingCustomers.java >java MovingCustomers). Έπειτα για όποιον χρησιμοποιεί το eclipse η εκτέλεση είναι ακόμα ευκολότερη, πατώντας απλά το κουμπί για να εκτελεστεί η κατάλληλη κλάση. Και στις δύο περιπτώσεις με το που αρχίσει η εκτέλεση της γεννήτριας εμφανίζεται ένα παράθυρο που περιέχει το κουμπί “Select”. Πατώντας αυτό το κουμπί εμφανίζονται στον χρήστη τα αρχεία του ώστε να επιλέξει την κάτοψη καταστήματος στην οποία επιθυμεί να γίνει η προσομοίωση (Εικόνα 9). Με το που επιλέξει ο χρήστης κάποιο αρχείο, τότε ξεκινάει και η προσομοίωση της κινητικότητας των πελατών. Για όση ώρα θέλει ο χρήστης μπορεί να παρατηρεί αυτή την οπτικοποίηση. Έπειτα όποτε το επιθυμεί μπορεί να τερματίσει την λειτουργία της γεννήτριας με το κατάλληλο κουμπί. Την στιγμή που σταματάει η προσομοίωση η γεννήτρια παράγει το αρχείο εξόδου, στο οποίο αποτυπώνονται οι κινήσεις όλων των πελατών από την αρχή μέχρι και το τέλος της οπτικοποίησης. Αυτό το αρχείο έχει ορισ-

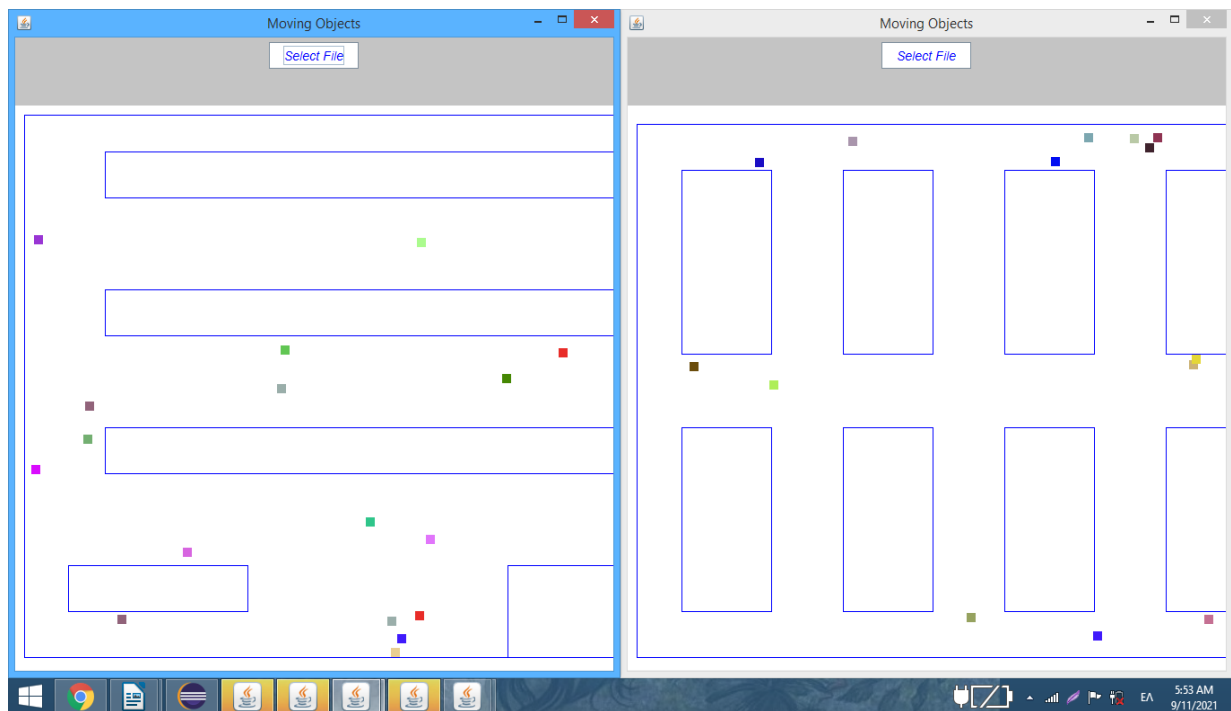
εί να αποθηκεύεται στον φάκελο όπου υπάρχουν όλα τα απαραίτητα αρχεία για την λειτουργία της γεννήτριας, όμως είναι κάτι που εύκολα ο χρήστης μπορεί εάν επιθυμεί να το αλλάξει, βάζοντας το path του προορισμού αποθήκευσης που επιθυμεί μέσα στο πρόγραμμα. Επίσης μια ακόμα δυνατότητα που παρέχεται στον χρήστη είναι η απεικόνιση της θέσης των προϊόντων μέσα στο κατάστημα. Τέλος την ώρα που η γεννήτρια παράγει δεδομένα, τα οποία την ίδια στιγμή οπτικοποιούνται, ο χρήστης συνεχίζει να έχει πρόσβαση στο κουμπί “Select” και επομένως έχει την δυνατότητα να επιλέξει την εκκίνηση μιας ή και περισσότερων νέων προσομοιώσεων, οι οποίες θα εκτελούνται ταυτόχρονα. Κάτι τέτοιο είναι μια σημαντική λειτουργία που παρέχεται στον χρήστη, καθώς μπορεί για παράδειγμα είτε να την χρησιμοποιήσει για να συγκρίνει την κινητικότητα των πελατών στο ίδιο κατάστημα (Εικόνα 10), είτε σε διαφορετικά καταστήματα, στα οποία παίζει ρόλο και η εσωτερική διαρρύθμιση, την οποία μπορεί να επιθυμεί να μελετήσει για να μελετήσει πως επηρεάζονται οι κινήσεις των πελατών (Εικόνα 11).



Εικόνα 9. Ενδεικτικό στιγμιότυπο επιλογής αρχείου κάτοψης



Εικόνα 10. Τυχαίο στιγμιότυπο ταυτόχρονης εκτέλεσης δύο προσομοιώσεων στο ίδιο κατάστημα, όπου μας επιτρέπεται η μεταξύ τους σύγκριση. Στο συγκεκριμένο κατάστημα η πόρτα βρίσκεται πάνω δεξιά και τα ταμεία βρίσκονται δεξιά. Επιπλέον στην πάνω πλευρά είναι τοποθετημένοι οι πάγκοι με τις προσφορές των προϊόντων, πράγμα που δικαιολογεί την συσσώρευση των πελατών στη συγκεκριμένη περιοχή και στα δύο στιγμιότυπα.



Εικόνα 11. Τυχαίο στιγμιότυπο ταυτόχρονης εκτέλεσης δύο προσομοιώσεων σε διαφορετικά καταστήματα.

4.4 Ευχρηστία και προσαρμογή της γεννήτριας

Ο τρόπος που έχει υλοποιηθεί η συγκεκριμένη γεννήτρια δεν την καθιστά μόνο ιδιαίτερα εύχρηστη αλλά και πολύ ευέλικτη στην προσαρμογή νέων δεδομένων σύμφωνα με τις ανάγκες του κάθε χρήστη. Συγκεκριμένα, ο βασικός λόγος που καθιστά χρήσιμη την γεννήτρια μας, είναι η παραγωγή συνθετικών δεδομένων σε μια περίοδο που όπως έχει αναφερθεί, η έλλειψη πραγματικών δεδομένων είναι μεγάλη. Αυτά τα δεδομένα είναι πολύ σημαντικά, όχι μόνο για την μελέτη και την αξιοποίηση τους από διαφορετικούς κλάδους στο πλαίσιο της επιστημονικής έρευνας, αλλά και για την αξιοποίηση τους από ιδιοκτήτες καταστημάτων, με σκοπό την αύξηση των κερδών της επιχείρησής τους. Ωστόσο στο σημείο αυτό οφείλουμε να σημειώσουμε πως την δεδομένη χρονική στιγμή, τα αρχεία κατόψεων των καταστημάτων που δέχεται η γεννήτρια μας πρέπει να ακολουθούν την συγκεκριμένη μορφή, η οποία και περιγράφηκε στο υποκεφάλαιο 3.2.1.. Στην περίπτωση που ο χρήστης της γεννήτριας θέλει να την προσαρμόσει ώστε να δέχεται και να επεξεργάζεται αρχεία με διαφορετική μορφοποίηση, τότε πρέπει να κάνει αλλαγές στο συγκεκριμένο κομμάτι κώδικα, του αρχείου `MovingCustomers.java`. Πρώτον, πρέπει να αλλάξει τον τρόπο που διαχωρίζονται τα δεδομένα σε κάθε γραμμή του αρχείου. Δεύτερον, αναλόγως με την μορφή που έχουν αποθηκευτεί τα δεδομένα και την αντιστοίχιση τους στα τμήματα της κάτοψης, πρέπει να προσαρμοστούν αναλόγως οι διαστάσεις και το πλήθος των θέσεων στην δομή, όπου αποθηκεύονται αυτά τα δεδομένα.

Στη συνέχεια η συγκεκριμένη γεννήτρια είναι πολύ χρήσιμη, καθώς οπτικοποιεί τα παραγόμενα δεδομένα κινητικότητας, γεγονός που παρέχει την δυνατότητα στον χρήστη να βιώσει μια πιο εύκολη, άμεση, ενδιαφέρουσα και διαδραστική εμπειρία μελέτης των δεδομένων αυτών. Επιπλέον παρέχεται η ικανότητα της απεικόνισης των θέσεων των προϊόντων στο κατάστημα, πράγμα που είναι χρήσιμο τόσο για τον έλεγχο της σωστής τοποθέτησής τους στον χώρο, όσο και για την μετέπειτα παρατήρηση του κατά πόσο επηρεάζει η θέση των προϊόντων και διαρρύθμιση του χώρου την κίνηση των πελατών μέσα στο κατάστημα και τις αγοραστικές τους διαθέσεις. Αναφέρεται πως η γεννήτρια μας χρησιμοποιεί αυτά τα αρχεία εισόδου, με τις πληροφορίες των προϊόντων, τα οποία έχουν κατασκευαστεί μέσω μιας άλλης γεννήτριας σύμφωνα με την εκάστοτε κάτοψη. Για λόγους ευκολίας, έχουμε ορίσει οχτώ προκαθορισμένες κατηγορίες προϊόντων, από τις οποίες δημιουργούνται τα αρχεία προϊόντων στο κάθε κατάστημα.

Ωστόσο ο χρήστης μπορεί πολύ εύκολα μέσω επεξεργασίας του αντίστοιχου αρχείου (`DataProducts.java`) να αλλάξει ή να προσθέσει τα στοιχεία που θέλει στη λίστα `"categories_products"` και τα οποία αντιπροσωπεύουν το καθένα από αυτά και μια κατηγορία προϊόντων.

Μια άλλη χρήσιμη δυνατότητα που παρέχει η γεννήτρια μας στον χρήστη, είναι πως μπορεί εύκολα να προσαρμόσει, επεμβαίνοντας και αλλάζοντας τον κώδικα της γεννήτριας, τις τιμές των μεταβλητών: 1) συνολικό πλήθος των πελατών, 2) εύρη τιμών από τα οποία επιλέγονται τυχαία τιμές για τα χρονικά διαστήματα άφιξης των πελατών στο κατάστημα, 3) πλήθος πελατών αλλά και 4) χρόνος αναμονής αυτών σε διάφορους πάγκους στο κατάστημα. Αναλυτικότερα, εμείς έχουμε ορίσει ένα άνω κατώφλι(X) για το πλήθος των πελατών, που μπορούν κατά το μέγιστο να εμφανιστούν στην προσομοίωση μας συνολικά. Αυτό το άνω κατώφλι αντιπροσωπεύει το μέγιστο σύνολο των πελατών που μπορούν να υπάρχουν οποιαδήποτε στιγμή στο κατάστημα. Το συγκεκριμένο άνω κατώφλι είναι μια σταθερά η οποία ορίζεται στις πρώτες γραμμές του αρχείου `MovingCustomers.java`, και η οποία μπορεί εύκολα να προσαρμοστεί αναλόγως των αναγκών του εκάστοτε χρήστη. Επίσης το τυχαίο πλήθος πελατών, αλλά και τα τυχαία χρονικά διαστήματα που εισέρχονται στο κατάστημα οι πελάτες, μπορούν να διαμορφωθούν εύκολα τα όρια της τυχειότητας τους από τον χρήστη. πειράζοντας το αρχείο `ObjectsRun.java`. Ακολούθως, ο χρήστης μπορεί να προσαρμόσει στις ανάγκες του το εύρος τιμών από το οποίο επιλέγεται τυχαία ο χρόνος αναμονής σε κάθε πάγκο, αλλάζοντας την αντίστοιχη γραμμή στο αρχείο `Object.java`. Ωστόσο μια μελλοντική βελτιωμένη εκδοχή της γεννήτριας μας πρόκειται να παρέχει στον χρήστη την δυνατότητα επιλογής όλων αυτών των τιμών για αυτές τις παραμέτρους από το γραφικό περιβάλλον, αφού επιλέξει το αρχείο κάτοψης του καταστήματος και πριν την εκκίνηση της οπτικοποίησης της προσομοίωσης.

Φυσικά, λόγω των παραπάνω, είναι αξιοσημείωτη η παρατήρηση πως εφόσον η γεννήτρια μας επιδέχεται βελτιώσεις, οι οποίες πρόκειται να της προσφέρουν νέες δυνατότητες και να την εξελίσουν, αντιλαμβανόμαστε τον νέο ορίζοντα λειτουργιών που χαράζεται, και ο οποίος αναλύεται περαιτέρω στο επόμενο κεφάλαιο.

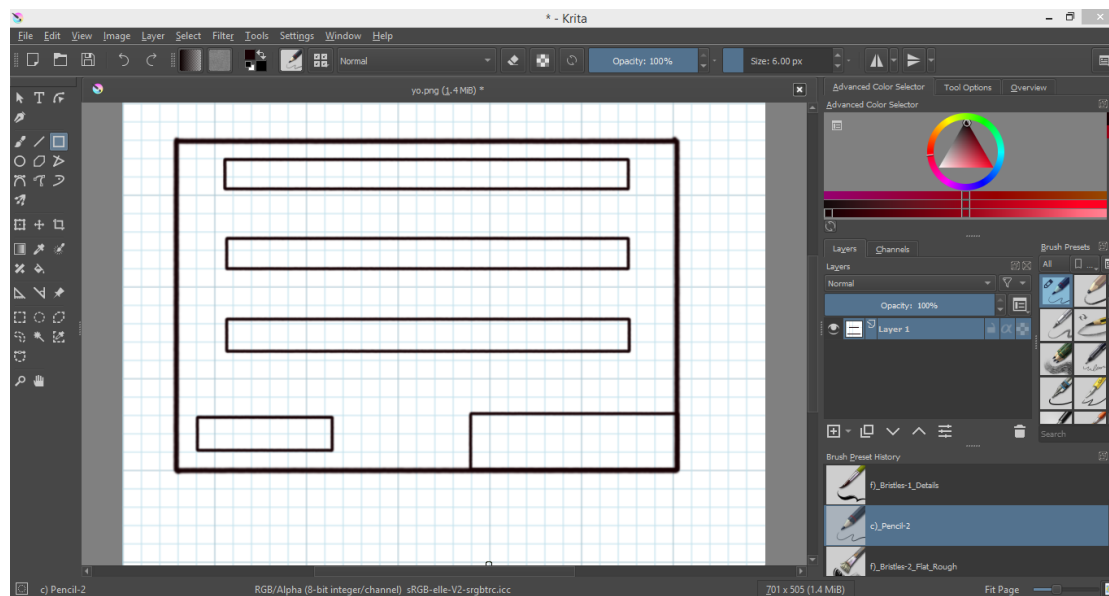
4.5 Έλεγχος της γεννήτριας

Για την επιτυχή υλοποίηση της γεννήτριας δεν αρκεί μόνο να λειτουργεί με τον τρόπο που αναμένουμε, ώστε να παράγει τα συνθετικά δεδομένα, αλλά πρέπει να γίνουν διάφοροι έλεγχοι, για να αποτιμηθεί η αποτελεσματικότητα της και να διαπιστωθεί ότι λειτουργεί ορθά, με ταχύτητα και ότι τα αποτελέσματα που παράγει είναι έγκυρα.

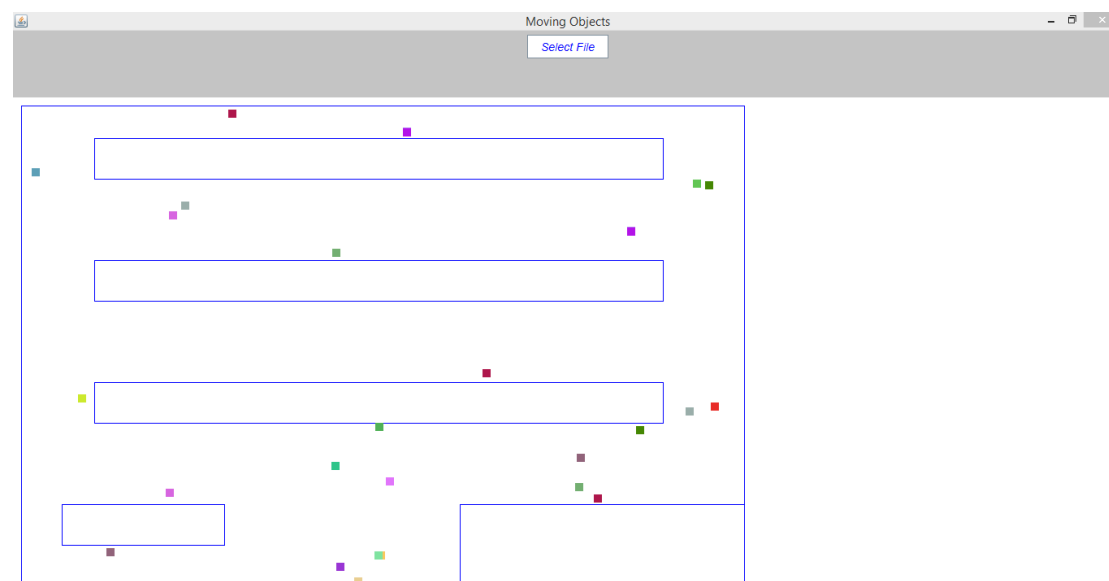
Αρχικά, για να ελεγχθεί η αποτελεσματικότητας της γεννήτριας, αρκεί να μελετήσουμε εάν τα παραγόμενα δεδομένα συμπίπτουν με αυτά τα οποία έχει στόχο η γεννήτρια να κατασκευάζει. Η γεννήτρια έχει σχεδιαστεί ώστε να παράγει συνθετικά δεδομένα κινητικότητας των πελατών μέσα σε καταστήματα, τα οποία είναι προσομοιωμένα και προσεγγίζουν την πραγματικότητα. Σαφώς, εάν εξακριβωθεί ότι τα παραγόμενα δεδομένα της γεννήτριας όντως πλησιάζουν τις κινήσεις των πελατών μέσα στα καταστήματα του πραγματικού κόσμου, τότε έπεται η αποτελεσματική λειτουργία της γεννήτριας. Ο συγκεκριμένος έλεγχος, όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω στο κείμενο, μπορεί να επιτευχθεί είτε μέσω της μελέτης του αρχείου εξόδου είτε μέσω της οπτικοποίησης της προσομοίωσης. Και στις δύο περιπτώσεις, παρατηρούμε, πως υπάρχουν οι πελάτες που κινούνται τυχαία μέσα στο κατάστημα βλέποντας διαφορετικούς πάγκους, αυτοί που πηγαίνουν προς το ταμείο για να αγοράσουν κάποιο/α προϊόν/τα, αυτοί που φεύγουν κ.ο.κ. Έπειτα, εκτός από τα μονοπάτια που χαράζει ο κάθε πελάτης μέσα στο κατάστημα, είναι σημαντικό να σημειώσουμε πως κινείται και με διαφορετική ταχύτητα, προς διαφορετική κατεύθυνση και περιμένει στους πάγκους τους καταστήματος για διαφορετική διάρκεια και ουσιαστικά η διαδρομή που ακολουθεί ο κάθε πελάτης είναι εντελώς διαφορετική από των υπολοίπων. Συνεπώς κατανοούμε πως τα αποτελέσματα που εξάγονται από την γεννήτρια και τα οποία οπτικοποιούνται, όντως συμβαδίζουν με τις κινήσεις των πελατών μέσα στα καταστήματα του πραγματικού κόσμου.

Στην συνέχεια, για να ελέγξουμε την ορθότητα της γεννήτριας, αρχικά πρέπει να ελεγχθεί κατά πόσο μετά την εκτέλεση της τα αρχεία εισόδου έχουν επεξεργαστεί σωστά. Όσον αφορά τα αρχεία με τα προϊόντα του κάθε καταστήματος, η γεννήτρια μας παρέχει την δυνατότητα να παρατηρήσουμε την θέση τους μέσα στο κατάστημα μέσω οπτικοποίησης. Έτσι μέσω αυτής της οπτικοποίησης, η οποία έχει περιγραφεί εκτενώς στην υπόενότητα 3.2.3., αποτιμούμε και επιβεβαιώνουμε την ορθότητα τοποθέτησης τους στην κάτοψη. Σχετικά με τις κατόψεις των καταστημάτων, διαπιστώνεται πως ο τρόπος που επεξεργάζεται το αρχείο εισόδου με τις συντεταγμένες αυτών, με σκοπό την

απεικόνιση του, είναι σωστός. Αυτή η διαπίστωση προκύπτει έπειτα από σύγκριση του σχεδίου της κάθε κάτοψης στο πρόγραμμα Krita και του σχεδίου της αντίστοιχης κάτοψης που έχει οπτικοποιηθεί από την γεννήτρια. Ένα τέτοιο παράδειγμα σύγκρισης παρατίθεται παρακάτω.



Εικόνα 12. Στιγμιότυπο το οποίο αναπαριστά το σχέδιο μιας κάτοψης στο Krita

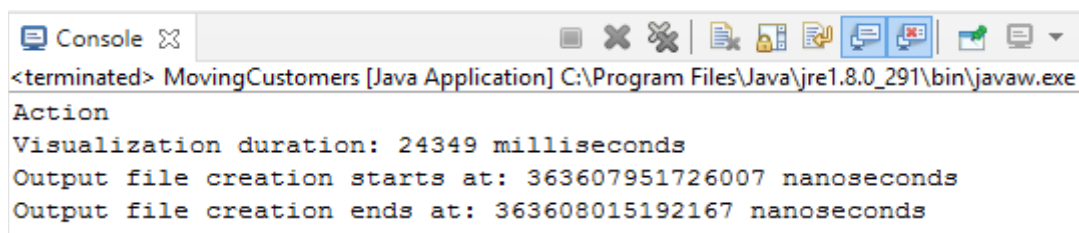


Εικόνα 13. Στιγμιότυπο οπτικοποίησης στην οποία προσομοιώνονται κινήσεις πελατών μέσα στο κατάστημα το οποίο αντιστοιχεί στην κάτοψη της εικόνας 12

Ύστερα ελέγχουμε την ορθότητα της γεννήτριας μας σχετικά με την ευελιξία της να δέχεται και να επεξεργάζεται διαφορετικές κατόψεις καταστημάτων με διαφορετική εσωτερική διαμόρφωση του χώρου και διαφορετικό σχήμα. Εκτελώντας την γεννήτρια

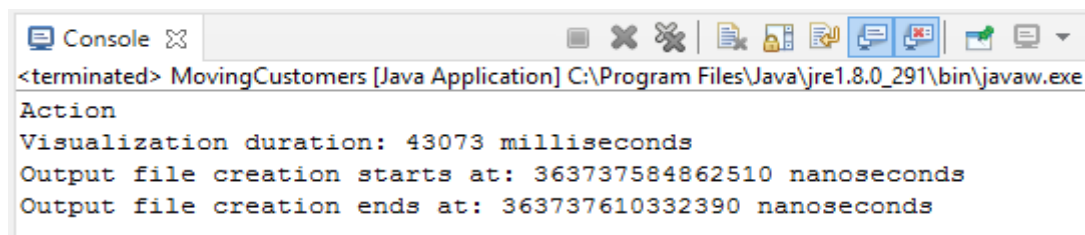
και έχοντας ως είσοδο κάθε φορά πέντε διαφορετικές κατόψεις, παρατηρούμε πως λειτουργεί χωρίς λάθη, για κάθε κάτοψη, και πως τα δεδομένα που παράγονται έχουν ίδια μορφή. Κατόπιν ελέγχουμε εάν είναι ορθή η αντιστοίχιση των κινήσεων των πελατών που αποθηκεύονται στο αρχείο εξόδου με αυτών που οπτικοποιούνται κάθε στιγμή. Μετά από αυτό τον έλεγχο, και συγκρίνοντας μέσω παρατήρησης διάφορα σημεία (πχ στην οπτικοποίηση όλοι οι πελάτες ξεκινάνε την διαδρομή τους από την πόρτα, οπότε ελέγχουμε στο αρχείο εξόδου αν για όλους τους πελάτες οι πρώτες συντεταγμένες των διαδρομών τους είναι ανάμεσα στο εύρος των συντεταγμένων που αναφέρονται στην πόρτα) συμπεραίνουμε πως όντως αυτή η αντιστοίχιση είναι ίδια και επομένως σωστή.

Τέλος για να ελέγξουμε την ταχύτητα της γεννήτριας, παρατηρούμε τον χρόνο που χρειάζεται για να κατασκευάσει το αρχείο εξόδου. Για αυτόν τον σκοπό εκτελέσαμε πέντε διαφορετικά πειράματα διαφορετικής διάρκειας και μελετήσαμε τα αποτελέσματά τους. Ο λόγος για την διαφορετική χρονική διάρκεια των πειραμάτων ήταν για να υπάρχει μεγαλύτερη αντικειμενικότητα στα αποτελέσματα. Έτσι όπως παρουσιάζεται και παρακάτω στον Πίνακα 4, καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως κατά μέσο όρο ο χρόνος που χρειάζεται για να δημιουργηθεί το αρχείο εξόδου είναι 0.039623 sec. Εφόσον αυτός ο χρόνος είναι πολύ μικρός, σημαίνει πως η ταχύτητα κατασκευής του αρχείου είναι μεγάλη, και συνεπώς ο χρήστης δεν χρειάζεται να περιμένει για να παραχθούν τα αποτελέσματα. Παρακάτω παρατίθενται στιγμιότυπα των πειραμάτων αυτών:



```
<terminated> MovingCustomers [Java Application] C:\Program Files\Java\jre1.8.0_291\bin\javaw.exe
Action
Visualization duration: 24349 milliseconds
Output file creation starts at: 363607951726007 nanoseconds
Output file creation ends at: 363608015192167 nanoseconds
```

Πείραμα 1.



```
<terminated> MovingCustomers [Java Application] C:\Program Files\Java\jre1.8.0_291\bin\javaw.exe
Action
Visualization duration: 43073 milliseconds
Output file creation starts at: 363737584862510 nanoseconds
Output file creation ends at: 363737610332390 nanoseconds
```

Πείραμα 2.

```

Console
<terminated> MovingCustomers [Java Application] C:\Program Files\Java\jre1.8.0_291\bin\javaw.exe
Action
Visualization duration: 54939 milliseconds
Output file creation starts at: 363989294546747 nanoseconds
Output file creation ends at: 363989325487654 nanoseconds

```

Πείραμα 3.

```

Console
<terminated> MovingCustomers [Java Application] C:\Program Files\Java\jre1.8.0_291\bin\javaw.exe
Action
Visualization duration: 72263 milliseconds
Output file creation starts at: 364094988500904 nanoseconds
Output file creation ends at: 364095013180945 nanoseconds

```

Πείραμα 4.

```

Console
<terminated> MovingCustomers [Java Application] C:\Program Files\Java\jre1.8.0_291\bin\javaw.exe
Action
Visualization duration: 121863 milliseconds
Output file creation starts at: 363887361670056 nanoseconds
Output file creation ends at: 363887415226130 nanoseconds

```

Πείραμα 5.

Σύμφωνα με τα παραπάνω πειράματα κατασκευάζεται ο εξής πίνακας:

Πείραμα	Χρονική διάρκεια οπτικοποίησης (ms)	Χρονική διάρκεια κατασκευής αρχείου (ns)
1	24349	63466160
2	43073	25469880
3	54939	30940907
4	72263	24680041
5	121863	53556074
ΜΟ:	63297.4	39622612.4

Πίνακας 4. Σε αυτόν τον πίνακα παρουσιάζονται οι τιμές της διάρκειας της οπτικοποίησης και της παραγωγής του αρχείου εξόδου για κάθε πείραμα. Παρατηρούμε πως η χρονική διάρκεια της παραγωγής των αποτελεσμάτων κυμαίνεται στο εύρος δευτερολέπτων μεταξύ [0.02468,0.063466]. Επιπλέον παρατηρούμε ότι η αύξηση στην διάρκεια της οπτικοποίησης δεν είναι ανάλογη με αυτή της κατασκευής του αρχείου, το οποίο είναι λογικό και αναμενόμενο, καθώς υπάρχουν τρεις παράμετροι που επηρεάζουν το πλήθος των δεδομένων που θα παραχθούν (ακολουθώς και τον χρόνο που χρειάζεται για να γραφτούν στο αρχείο) και που οι τιμές που παίρνουν αυτές σε κάθε προσομοίωση είναι διαφορετικές και τυχαίες. Αυτές οι παράμετροι είναι α) το πλήθος των πελατών που εισέρχονται στο κατάστημα β) ο χρόνος άφιξης τους και γ) τα μονοπάτια που ακολουθούν μέσα στο κατάστημα.

Κεφάλαιο 5. Επίλογος

5.1 Μελλοντικές επεκτάσεις

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία επιδέχεται και άλλες βελτιώσεις και επεκτάσεις στο μέλλον με αποτέλεσμα να προσφέρει το μέγιστο πλήθος αξιοποιήσιμων δυνατοτήτων στον χρήστη. Αρχικά αξίζει να αναφερθεί πως η συγκεκριμένη γεννήτρια έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο, ώστε καθίσταται ιδιαίτερα ευέλικτη στην προσθήκη νέων σεναρίων κινήσεων των πελατών. Συνεπώς παρέχεται η δυνατότητα να προσαρμοστούν τα δημοσιευμένα αποτελέσματα πιθανών σχετικών μελλοντικών ερευνών, τα οποία θα παρουσιάζουν νέα δεδομένα για την κινητική συμπεριφορά των καταναλωτών μέσα στο κατάστημα. Κάτι το οποίο είναι ιδιαίτερα σημαντικό, καθώς θα διατηρεί τα παραγόμενα συνθετικά δεδομένα της γεννήτριας ενημερωμένα σύμφωνα με τις επιστημονικές εξελίξεις του πραγματικού κόσμου και επομένως όσο το δυνατόν ρεαλιστικότερα είναι εφικτό να προκύψουν.

Έπειτα μια άλλη επέκταση θα μπορούσε να είναι η προσαρμογή της γεννήτριας μας, ώστε να δέχεται πραγματικά δεδομένα κατόψεων κτηρίων, προϊόντων ή σε ένα μεταγενέστερο στάδιο ακόμα και συνθετικά δεδομένα κινήσεων των πελατών μέσα σε καταστήματα του πραγματικού κόσμου. Σε αυτές τις περιπτώσεις αναδύεται η σπουδαιότητα τέτοιων βελτιώσεων για τους δύο πιθανούς λόγους που αναφέρονται στην συνέχεια. Πρώτον εφόσον έχει παραχθεί η οπτικοποίηση των μοντελοποιημένων κινήσεων βασιζόμενη στα πραγματικά δεδομένα (για τις κατόψεις και τα προϊόντα) ενός υπαρκτού φυσικού καταστήματος, τότε τα δεδομένα που πρόκειται να κατασκευαστούν, θα αναφέρονται ειδικά στο συγκεκριμένο κατάστημα, και συνεπώς θα του προσφέρουν μια πιο ρεαλιστική και εξειδικευμένη εμπειρία, την οποία θα μπορεί να αξιοποιεί στον μέγιστο βαθμό προς όφελος του. Το δεύτερο είναι πως η παραγωγή των δεδομένων που προκύπτουν από τις πραγματικές κινήσεις πελατών μέσα στο κατάστη-

μα, θα οδηγήσει σε μια ρεαλιστική απεικόνιση, η μελέτη της οποίας θα αναδείξει συμπεράσματα, τα οποία θα προσεγγίζουν περισσότερο την πραγματικότητα.

Μια άλλη βελτίωση θα μπορούσε να δίνει στον χρήστη την επιλογή να επιλέξει ο ίδιος ποια ημερομηνία θα τον ενδιέφερε να παρατηρήσει την προσομοίωση και την ταχύτητα της μετακίνησης των πελατών μέσα στο κατάστημα. Έπειτα θα ήταν εφικτό να εξάγει μαζί με τα δεδομένα των κινήσεων και τις περιοχές οι οποίες είχαν την μεγαλύτερη επισκεψιμότητα, αλλά και αυτές με τα προϊόντα των οποίων οδήγησαν τόσο στις μεγαλύτερες όσο και στις περισσότερες πωλήσεις.

Τέλος σε μια πολύ βελτιωμένη εκδοχή της γεννήτριας μας αναδύεται η προοπτική αναπαράστασης της προσομοίωσης με 3D γραφικά. Αυτή η μορφή της γεννήτριας θα επέτρεπε μια πιο διαδραστική, συναρπαστική και ενδιαφέρουσα εμπειρία για τον χρήστη. Σημειώνεται πως σε αυτή την περίπτωση οι κινήσεις των πελατών θα διέφεραν και η οπτικοποίηση τους θα προσέγγιζε περισσότερο την πραγματικότητα, καθώς υπάρχουν ήδη πολλές έρευνες οι οποίες αναφέρονται διεξοδικά στην σημασία της θέσης των προϊόντων όχι μόνο στον δισδιάστατο χώρο, αλλά και στον τρισδιάστατο (πχ σε ποιο ράφι είναι τοποθετημένο κάποιο προϊόν). Όσον αφορά τον χρήστη, μια τέτοια εμπειρία θα του προσέφερε πολλαπλά οφέλη, όχι μόνο στο επίπεδο της οπτικοποίησης, αλλά και τελικά στο επίπεδο των αρχείων με τα παραγόμενα δεδομένα, τα οποία θα περιείχαν περισσότερες πληροφορίες για μελέτη και επομένως βάσει αυτών θα μπορούσαν να προκύψουν περισσότερα συμπεράσματα.

Όλες οι παραπάνω επεκτάσεις είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρουσες για να υλοποιηθούν στο μέλλον και να μελετηθούν σχετικά, καθώς ενισχύουν τον σκοπό δημιουργίας της συγκεκριμένης γεννήτριας. Παρέχοντας αυτές τις επιπλέον λειτουργίες στην γεννήτρια μας επιτυγχάνεται μια πιο αληθινή απεικόνιση των κινήσεων των πελατών με μεγαλύτερη ακρίβεια και περισσότερες λεπτομέρειες. Αυτό δίνει την δυνατότητα ώστε να αξιοποιηθεί καταλλήλως τόσο από την επιστημονική κοινότητα όσο ακόμα και από τους ιδιοκτήτες φυσικών καταστημάτων με σκοπό την αύξηση των κερδών της επιχείρησής τους. Συνοψίζοντας, θεωρούμε πως η συγκεκριμένη εργασία έχει προοπτικές για να την εξελίξουμε και να προσθέσουμε περισσότερες λειτουργίες, ώστε να φτάσουμε στη μέγιστη δυνατή αξιοποίηση της από τους χρήστες της, είτε για ερευνητικούς σκοπούς, είτε για όσους χρειάζονται ένα τέτοιου είδους εργαλείο το οποίο θα μπορεί να βελτιώσει κατά πολύ την λειτουργία των καταστημάτων τους.

Παράρτημα

Σε αυτή την ενότητα γίνεται αναλυτική περιγραφή των κλάσεων (αρχείων Java) που δημιουργήθηκαν για την υλοποίηση της γεννήτριας, καθώς και μια παράθεση του διαγράμματος UML αυτών των κλάσεων για μια γρηγορότερη παρατήρηση.

Κλάση MoovingPanel:

Σε αυτή την κλάση δημιουργείται ένα JPanel στο οποίο πραγματοποιείται η οπτικοποίηση της προσομοίωσης, με αποτέλεσμα κάθε στιγμή να σχεδιάζονται οι πελάτες και η κάτοψη του καταστήματος. Για τον λόγο αυτό υπάρχει μια μέθοδος `paintComponent(Graphics g)`, η οποία αρχικά σχεδιάζει ένα λευκό ορθογώνιο (ο “καμβάς” της κάτοψης), έπειτα διαβάζοντας το αρχείο της κάτοψης ζωγραφίζει με μπλε χρώμα τις γραμμές που ορίζουν την κάτοψη του καταστήματος και στην συνέχεια ζωγραφίζει όλους τους πελάτες καλώντας για κάθε πελάτη την μέθοδο `draw(g)` που αναλύεται στην κλάση `Object`.

Κλάση RunBefore:

Για την επιτυχή υλοποίηση της οπτικοποίησης, απαιτούταν η εκτέλεση ενός νήματος, το οποίο “κοιμάται”, μέχρις ότου ο χρήστης επιλέξει το κουμπί ‘Select’ ώστε να διαλέξει το αρχείο της κάτοψης που επιθυμεί. Έτσι αυτή η κλάση έχει κατασκευαστεί για να μπορεί να παρέχει στο νήμα την μέθοδο `run()`, την οποία εκτελεί για να μπορεί να “κοιμάται”. Όταν ο χρήστης πατήσει click στο κουμπί ‘Select’, το νήμα αυτό σταματάει να εκτελείται, με κλήση της μεθόδου `stop()`, με σκοπό της εκτέλεση του επόμενου νήματος, το οποίο σχετίζεται με την κίνηση των πελατών.

Κλάση ObjectsRun:

Αυτή η κλάση δημιουργείται για να κληθεί η μέθοδος της `run()` με το που επιλεγθεί το κουμπί ‘Select’ και να ξεκινήσει την εκτέλεση του το νήμα που σχετίζεται με τις κινήσεις των πελατών. Σε αυτή την μέθοδο `run()`, η οποία κινεί τους πελάτες κάθε στιγμή, αρχικά για την πρώτη φορά που δημιουργείται ο πελάτης καλείται η μέθοδος `initialize-`

Objects(), και στην συνέχεια για κάθε βήμα καλείται η αλληλουχία μεθόδων: updateObjects() -> xxx() → sleep(). Η initializeObjects() αρχικοποιεί την θέση του πελάτη κατά την είσοδο του στο κατάστημα να είναι πάντα αυτή της πόρτας, καλώντας την μέθοδο init_move της κλάσης Object. Έπειτα, η updateObjects() δημιουργεί την κίνηση του κάθε πελάτη καλώντας την μέθοδο move() της κλάσης Object. Εδώ γίνεται ο διαχωρισμός στον χρόνο άφιξης των πελατών, όπου υπολογίζεται ο elapsedTime κάθε φορά σε milliseconds, μέσω της αφαίρεσης κάθε φορά του εκάστοτε τωρινού χρόνου και του αρχικού χρόνου που έχει προκύψει την στιγμή της αρχικοποίησης των πελατών και ο οποίος elapsedTime πρέπει να γίνει ίσος με ένα τυχαίο χρονικό διάστημα time, το οποίο προκύπτει μέσω μιας μαθηματικής συνάρτησης η οποία επιστρέφει τυχαία χρονικά διαστήματα σε ένα εύρος τιμών [4,9] δευτερολέπτων (το οποίο εύρος φυσικά προσαρμόζεται αναλόγως τις ανάγκες του χρήστη) και το οποίο ορίζεται εκ νέου κάθε φορά που εισέλθει στο κατάστημα το νέο τυχαίο πλήθος πελατών. Έτσι, ανά τυχαία τέτοια elapsedTime χρονικά διαστήματα καλείται η move() για τυχαίο πλήθος πελατών, το οποίο και αυτό προκύπτει τυχαία μέσω μιας μαθηματικής συνάρτησης η οποία επιστρέφει αριθμούς τυχαία από ένα εύρος τιμών [3,10] (ευρός το οποίο και αυτό προσαρμόζεται ανάλογα με τις ανάγκες του χρήστη).

Κλάση Object:.

Το αντικείμενο που δημιουργείται και αναφέρεται σε αυτή την κλάση αντιπροσωπεύει έναν πελάτη. Σε αυτή την κλάση ορίζονται κάθε φορά οι συντεταγμένες της θέσης του πελάτη (x,y) μέσω διαφορετικών υπολογισμών και των κατάλληλων αυξομειώσεων στην ήδη υπάρχουσα θέση του τυχαίων μετατοπίσεων dx και dy αλλά και ο διαφορετικός και τυχαίος χρόνος αναμονής του κάθε πελάτη σε κάθε πάγκο όπου επισκέπτεται. Γενικά αυτή είναι η κλάση η οποία παράγει την κίνηση μέσα στο κατάστημα που πρόκειται να ακολουθήσει ο πελάτης.

Αρχικά μέθοδος inti_move() είναι υπεύθυνη ώστε να αρχικοποιεί το σημείο εκκίνησης όλων των πελατών ως την πόρτα του καταστήματος. Στη συνέχεια στην μέθοδο move(i) (όπου i το id του κάθε πελάτη), η οποία σημειώνεται πως καλείται σε κάθε βήμα για κάθε πελάτη, αρχικά αποθηκεύονται σε μεταβλητές τα όρια των εξωτερικών τοίχων μέσω ενός arraylist floorlimits που δημιουργήθηκε μετά από ανάγνωση του αρχείου της κάτοψης. Σε αυτό το σημείο, για κάθε πελάτη γίνεται ο διαχωρισμός για το αν ο πελάτης ανήκει στην κατηγορία random που κινείται τυχαία στο κατάστημα (ποσ-

οστό περίπου 33%) ή έχει συγκεκριμένο προορισμό (ποσοστό 67%). Για να επιτευχθεί αυτό, γίνεται απλά ένας έλεγχος του μαθηματικού υπολοίπου της διαίρεσης του id του με το 3 (το οποίο id είναι διαφορετικό για κάθε πελάτη και είναι ο αριθμός της σειράς που μπήκε στο κατάστημα). Γνωρίζοντας πως ένα πλήθος αριθμών με ακολουθιακή σειρά(πχ 1,2,3,4,5,...), μπορεί να χωριστεί σε 3 ίσα κομμάτια αναλόγως του υπολοίπου της διαίρεσης του κάθε αριθμού με το 3, για το 33.33..%(πελάτες που κινούνται τυχαία) γίνεται έλεγχος εάν η διαίρεση του id του κάθε πελάτη με το 3 δίνει 0 (το 1/3 δηλαδή=33.33%). Διαφορετικά, όλοι οι υπόλοιποι πελάτες, δηλαδή αυτοί που το υπόλοιπο της διαίρεσης τους με το 3 δίνει είτε 1 είτε 2, είναι το 66.666..% και συνεπώς το ζητούμενο ποσοστό των πελατών που έχουν κάποιο προορισμό-στόχο. Έπειτα γίνεται έλεγχος αν είναι η πρώτη φορά που καλείται η move για τον πελάτη, το οποίο ελέγχεται μέσω μιας boolean μεταβλητής first. Εάν είναι η πρώτη φορά, τότε αποθηκεύονται σε ένα arraylist products τα προϊόντα της κάτοψης. Στη συνέχεια δημιουργείται ένας boolean πίνακας 4 θέσεων stage όπου η κάθε θέση του αντιστοιχεί σε μια διαφορετική κίνηση του πελάτη μέσα στο κατάστημα. Πιο συγκεκριμένα, αν η πρώτη θέση είναι true αναφέρεται στο στάδιο μέχρι να φτάσει στο προϊόν, η δεύτερη θέση αναφέρεται στο στάδιο που περιφέρεται μέσα στο κατάστημα, η τρίτη θέση αναφέρεται στο στάδιο μέχρι να φτάσει στο ταμείο και η τέταρτη θέση αναφέρεται στο στάδιο που κατευθύνεται προς την πόρτα ώστε να φύγει. Αυτές οι 4 κινήσεις είναι οι κινήσεις που επαναλαμβάνει κάθε πελάτης ανάλογα με το ποιο σενάριο έχει επιλεγεί να ακολουθήσει. Ο λόγος που δημιουργήθηκε αυτός ο πίνακας είναι για να μπορεί να "θυμάται" ο κάθε πελάτης ποιο είναι το στάδιο της κίνησης του στο οποίο βρίσκεται. Έτσι γίνεται κατανοητό ότι κάθε φορά από αυτές τις 4 θέσεις μόνο μια θέση έχει την τιμή true και οι υπόλοιπες την τιμή false και με το που πραγματοποιηθεί το στάδιο που αντιπροσωπεύει η κάθε θέση τότε και αυτή η θέση γίνεται false και ανάλογα με το πως πρέπει να κινηθεί στην συνέχεια κάνει true την ανάλογη θέση. Στην συνέχεια πρέπει να επιλεγεί ποιο σενάριο κίνησης πρόκειται να ακολουθήσει. Υπάρχουν 4 βασικές κατηγορίες και έτσι επιλέγοντας έναν τυχαίο double αριθμό μέσω της random() ελέγχει σε ποιες τιμές βρίσκεται ανάμεσα και επιλέγει την αντίστοιχη κατηγορία. Δηλαδή εάν ο αριθμός rn είναι ανάμεσα σε: (rn>=0.0 && rn<0.25) τότε επιλέγει την κατηγορία 1, εάν: (rn<=0.25 && rn<0.5) κ.ο.κ. Κατόπιν αποθηκεύονται σε ένα arraylist profs το αρχείο με τα προφίλ των πελατών και σε ένα άλλο arraylist profile_ids τα id των πελατών που έχουν προφίλ, όπου μετά από αυτό η μεταβλητή first γίνεται false. Ύστερα και για κάθε φορά που καλείται η move() γίνεται έλεγχος για το

ποια τιμή παίρνει η μεταβλητή `rand`, που δέχεται ως όρισμα με κάθε κλήση της. Αν έχει την τιμή `true` τότε αυτό σημαίνει ότι ο πελάτης θα ακολουθήσει τυχαία πορεία μέσα στο κατάστημα και καλεί την μέθοδο `random()` με ορίσματα τα εξωτερικά όρια της κάτοψης, αλλιώς καλεί με τα ίδια ορίσματα την μέθοδο `search()`. Στο τέλος αυτής της μεθόδου προστίθενται κάθε φορά σε ένα `arraylist` `coordinates_products` οι συντεταγμένες της κάθε θέσης και η χρονική στιγμή με σκοπό να γραφτούν στο τέλος στο αρχείο εξόδου.

Η μέθοδος `random()` καλείται για τους πελάτες οι οποίοι κινούνται με τυχαίο τρόπο στο κατάστημα. Αρχικά γίνεται έλεγχος για την θέση της πόρτας, έτσι μέσα σε μια `if` με 4 διακλαδώσεις γίνεται έλεγχος αν το `y` της πόρτας είναι ίσο με το `top y` της κάτοψης, άρα τότε η πόρτα είναι πάνω, αλλιώς αν το `y` είναι ίσο με το `bottom y` τότε η πόρτα είναι στην κάτω πλευρά, αλλιώς αν το `x` της πόρτας είναι ίσο με το `top x` είναι αριστερά, αλλιώς αν είναι ίσο με το `bottom x` σημαίνει ότι η πόρτα είναι δεξιά. Αυτός ο έλεγχος είναι απαραίτητος καθώς η θέση της πόρτας μας δείχνει προς τα που μπορούν να κινηθούν οι πελάτες. Δηλαδή αν η πόρτα είναι πάνω τότε η μεταβλητή του `y` σίγουρα θα πρέπει να αυξηθεί (αύξηση γιατί έτσι όπως βλέπουμε το παράθυρο της οπτικοποίησης στον άξονα `y` το 0 θεωρείται ότι είναι πάνω και όσο πηγαίνουμε προς τα κάτω αυξάνεται). Έτσι εφόσον ξέρουμε για μια από τις δύο μεταβλητές ανάλογα την θέση της πόρτας πως θα την αυξομειώσουμε ελέγχουμε εάν η πόρτα βρίσκεται ως προς τον κάθετο άξονα, σε σχέση με το κέντρο (μήκος αντίστοιχης πλευράς κάτοψης/2), προς τα δεξιά ή αριστερά αν η πόρτα βρίσκεται πάνω/κάτω και προς τα πάνω ή κάτω εάν η πόρτα βρίσκεται αριστερά/δεξιά. Έτσι αφού ξεκινήσουμε να αυξομειώνουμε τις συντεταγμένες της θέσης κάθε πελάτη (`x,y`) κατά `dx,dy` το οποίο υπολογίζουμε τυχαία μέσω της `random()` ελέγχουμε κάθε φορά εάν μετά την πρόσθεση/αφαίρεση της μετατόπισης ο πελάτης συγκρούστηκε σε κάποιο εμπόδιο. Εάν είναι εσωτερικό εμπόδιο τότε αυξάνει ή μειώνει την κατάλληλη συντεταγμένη μέχρις ότου το ξεπεράσει και συνεχίσει την πορεία του. Εάν είναι εξωτερικό εμπόδιο τότε τυχαία τον βάζουμε να πηγαίνει είτε προς κάποιο άλλο πάγκο, είτε προς την πόρτα, είτε προς το ταμείο ώστε να αλλάξει την κατεύθυνση του ή να φύγει.

Η μέθοδος `search()` αναφέρεται σε όσους πελάτες έχουν συγκεκριμένο προορισμό μέσα στο κατάστημα. Αρχικά, αν είναι η πρώτη φορά και επομένως η μεταβλητή `initialize_products` έχει τιμή `true` για όλους τους πελάτες κρατάμε μέσα σε έναν πίνα `sel` στο `arraylist` `select_product` την λέξη “no” για να μπορούμε να ξεχωρίσουμε αν έχει επιλ-

εχθεί προϊόν ή όχι, γιατί αυτό θα μας βοηθήσει για όσους πελάτες δεν έχουν προφίλ ώστε να επιλέξουμε προορισμό για αυτούς. Στη συνέχεια γίνεται έλεγχος αν για τον πελάτη υπάρχει αυτή η μεταβλητή “no” ή όχι. Αν υπάρχει, πρέπει να του δοθεί κάποιο προϊόν ως προορισμός του. Έτσι χρησιμοποιώντας την `(int)(random()*lines)` επιλέγεται ένας ακέραιος, όπου `lines=# γραμμών αρχείου προϊόντων`, και ο οποίος αντιστοιχεί στο προϊόν-στόχο του πελάτη και για να το βρει δεν χρειάζεται να διατρέξει όλο το `arraylist` με τα `products` αλλά πηγαίνει απευθείας. Διαφορετικά, αν δεν υπάρχει η μεταβλητή “no”, σημαίνει πως ήδη έχει οριστεί, οπότε απλά παίρνει τις μεταβλητές του προϊόντος-στόχου (`dx,dy`) ώστε να τις χρησιμοποιήσει παρακάτω. Τώρα στη περίπτωση που ο πελάτης έχει προφίλ τα πράγματα είναι διαφορετικά, εκτός από 2/10 οι οποίοι κάνουν την διαδικασία που περιγράφηκε παραπάνω, δηλαδή με έναν counter μετράμε πόσοι έχουν προφίλ και από αυτούς τα 2/10 τα χειριζόμαστε όπως πριν. Για αυτούς που έχουν προφίλ πρέπει να βρούμε είτε την πολυσύχναστη κατηγορία προϊόντων που επισκέφθηκε είτε το προϊόν που έχει αγοράσει περισσότερες φορές. Και φυσικά και στα δύο γίνεται μέτρηση των πληθών τους και αφού ταξινομηθεί και βρεθεί το πιο διάσημο προϊόν και κατηγορία αντίστοιχα για τον πελάτη, ελέγχουμε πιο από τα δύο είναι μεγαλύτερο και μετά βλέπουμε αν είναι ≥ 2 αν είναι προϊόν και ≥ 3 αν είναι περιοχή, αλλιώς αν δεν είναι επιστρέφουμε στην προηγούμενη περίπτωση και επιλέγει προϊόν σαν να μην είχε προφίλ. Στη περίπτωση που επιλεχθεί κατηγορία αντί για προϊόν επιλέγεται ένα προϊόν τυχαία από αυτήν την κατηγορία για να είναι πιο εύκολο στην υλοποίηση. Έτσι εφόσον με έναν από τους δύο τρόπους έχει βρει τις μεταβλητές του προϊόντος-προορισμού, καλεί ανάλογα με την μεταβλητή που είχε αποθηκεύσει για τις κατηγορίες την αντίστοιχη συνάρτηση και συνεχίζει την πορεία του.

Η μέθοδος `category1()` είναι για το σενάριο που επιλέγει προϊόν/τα, δηλαδή φτάνει στον στόχο προορισμό του, το αγοράζει και φεύγει. Έτσι αρχικά γίνεται έλεγχος που βρίσκεται το/α προϊόν/τα σε σχέση με την πόρτα ώστε να ξέρει προς τα που πρέπει να κατευθυνθεί. Εφόσον μπει στην κατάλληλη διακλάδωση της `if` ανάλογα με την θέση του γίνεται έλεγχος σε ποιο στάδιο βρίσκεται και ανάλογα προσαρμόζει τις κινήσεις του. Όταν φτάνει στον πάγκο με το προϊόν [πχ αν το προϊόν ήταν αριστερότερα της πόρτας `-> (x<=dxc && y>=dyp)`]] περιμένει εκεί για κάποια δευτερόλεπτα και για να μείνει ακίνητος την στιγμή που αυξάνει τα `x` και `y` του κατά 0.1, ταυτόχρονα τα μειώνει κατά το ίδιο ώστε να φαίνεται ακίνητος. Αφού μείνει εκεί για αυτό το διάστημα είτε κάνει το `stage[0]=false`, το οποίο ήταν αυτό που έδειχνε ότι κινείται προς προϊόν και κάνει `true`

την `stage[2]` ή εκ νέου ορίζει το επόμενο προορισμό-στόχο του προϊόντος που θα επισκεφθεί. Επαναλαμβάνεται αυτή η διαδικασία για όσες φορές επισκεφθεί προϊόντα-στόχους. Αφού πια είναι στο στάδιο που πρέπει να πάει στο ταμείο, εφόσον είναι γνωστό ποιες είναι οι συντεταγμένες του ταμείου, αν είναι πχ δεξιά και πάνω θα μειώνει το `y` και θα αυξάνει το `x` μέχρις ότου φτάσει, όπου συνεπώς θα γίνεται έλεγχος μέχρι να το φτάσει. Όταν βρεθεί στο ταμείο θα κάνει το `stage[2]=false` και θα κάνει `true` το `stage[3]` για να κατευθυνθεί προς την πόρτα. Και στο ταμείο θα περιμένει με τον ίδιο τρόπο για τυχαίο χρονικό διάστημα. Καθώς πηγαίνει προς την πόρτα, εφόσον πάλι γνωρίζει που είναι, σε κάθε περίπτωση αυξομειώνει αντίστοιχα τις συντεταγμένες και κάθε φορά ελέγχει εάν την έφτασε ή όχι και αν την φτάνει κάνει `y=-15` (αν πόρτα πάνω) ή `y+=15` (αν πόρτα κάτω) ή `x=-15` (αν πόρτα αριστερά) ή `x+=15` (αν πόρτα δεξιά) ώστε να βγει έξω από τα όρια της κάτοψης και δηλαδή να φύγει από το κατάστημα.

Το σενάριο που υλοποιεί η μέθοδος `category2()` είναι το ίδιο με αυτό της `category1` με την διαφορά ότι εφόσον διαλέξει προϊόν/τα, πριν πάει στο ταμείο, κάνει μια τυχαία βόλτα για τυχαίο χρονικό διάστημα στο κατάστημα. Έτσι, η διαδικασία είναι ακριβώς η ίδια μόνο που γίνεται `true` το `stage[1]` και κατά την εκτέλεση του οποίου για τυχαίο χρονικό διάστημα καλεί και κινείται σύμφωνα με την `random()`. Φυσικά ελέγχεται αν η `random()` τον οδηγεί στο ταμείο ή την πόρτα και τότε αυτή η κίνηση απορρίπτεται.

Η μέθοδος `category3()` απεικονίζει το σενάριο κατά το οποίο ο πελάτης απλά επισκέπτεται το/α προϊόν/τα που επιθυμούσε και φεύγει χωρίς να το/α αγοράσει. Η υλοποίηση είναι ακριβώς αυτή που περιγράφηκε στην `category1()` με την διαφορά πως προσπερνάει το `stage[3]`.

Η μέθοδος `category4()` αναφέρεται στους πελάτες που κατευθύνονται προς κάποιο προϊόν `stage[1]` και στη συνέχεια συνεχίζουν την βόλτα τους στο κατάστημα μέχρι να φύγουν. Γίνεται αντιληπτό πως εδώ εφόσον φτάσουν στο προϊόν-προορισμό τους, στην συνέχεια επιλεγούν να κινηθούν με τυχαίες κινήσεις μέσα στο κατάστημα για ένα χρονικό διάστημα μέχρι ότου φύγουν. Έτσι μπορεί είτε να κινούνται κάνοντας τυχαίες βόλτες και χρησιμοποιώντας την `random()`, είτε να πάνε προς κάποιο άλλο συγκεκριμένο προϊόν `stage[1]`, είτε να κατευθυνθούν προς το ταμείο `stage[2]`. Τέλος όταν περάσει αυτό το χρονικό διάστημα βγαίνουν από το κατάστημα `stage[3]`.

Οι μέθοδοι `category1/2/3/4()` σημειώνεται ότι η κλήση τους μπορεί να είναι επαναλαμβανόμενη ανάλογα το σενάριο κίνησης που πρόκειται να ακολουθήσει ο κάθε πελάτης.

Η μέθοδος `writeFile()` απλά γράφει το αρχείο εξόδου αξιοποιώντας το `array list coordinates_products`.

Η μέθοδος `draw(g)` ζωγραφίζει τις απεικονίσεις των πελατών με διαφορετικά τυχαία χρώματα καλώντας την `generateRandomColor()` η οποία απλά επιστρέφει ένα τυχαίο χρώμα.

Κλάση `MovingCustomers`:

Αυτή είναι η κλάση η οποία εκτελείται ως Java Application για να ξεκινήσει η χρήση της γεννήτριας. Εδώ αρχικοποιείται το συνολικό πλήθος των πελατών και το οποίο μπορεί να αλλάξει τιμή πολύ εύκολα από τον κάθε χρήστη. Αυτή η κλάση χρησιμοποιεί `listeners` διότι διαχειρίζεται το τι συμβαίνει όταν ο χρήστης πατήσει το κουμπί 'Select' για να επιλέξει αρχείο κάτοψης ή το κουμπί του τερματισμού της οπτικοποίησης. Επίσης αυτή η κλάση δημιουργεί νήματα τα οποία εκτελεί και σταματάει αναλόγως του τι θέλει να πετύχει κάθε φορά. Αναλυτικότερα αρχικά υπάρχει η μέθοδος `run()` στην οποία κάθε στιγμή γίνεται έλεγχος αν έχει πατηθεί το κουμπί 'Selection' ή όχι. Αν δεν έχει πατηθεί ακόμα τότε δημιουργείται και υπάρχει μόνο το `JPanel` της κλάσης `SelectPanel`, στο οποίο δημιουργείται το κουμπί 'Select' και του προστίθεται ο κατάλληλος `Action Listener`, επιπλέον προστίθεται αυτό το `JPanel` στο `frame` (τύπου `JFrame`) και δημιουργείται ένα αντικείμενο τύπου `RunBefore` ώστε να μπορέσει το νήμα που δημιουργείται να εκτελέσει την `run()` μέθοδο αυτού του αντικειμένου, στην οποία βέβαια απλά "κοιμάται". Όταν τελικά πατηθεί το κουμπί 'Selection' από τον χρήστη, τότε δημιουργείται ένα ακόμα `JPanel` στο οποίο πρόκειται να οπτικοποιηθεί η προσομοίωση και το οποίο είναι τύπου `MoovingPanel` και ενώνεται με το `JPanel` τύπου `SelectPanel` σε ένα νέο `JPanel` το `mainPanel` και το οποίο προστίθεται στο `frame` (τύπου `JFrame`). Στην συνέχεια δημιουργείται ένα αντικείμενο τύπου `ObjectRun` ώστε να εκτελεστεί η `run()` μέθοδος του από το νήμα που δημιουργείται εκείνη την στιγμή.

Ακολουθώς υπάρχει η μέθοδος `exitProcedure()` η οποία καλείται όταν πατηθεί το κουμπί X. Έτσι ανάλογα με το αν ο χρήστης έχει επιλέξει να ξεκινήσει η οπτικοποίηση ή όχι, σταματάνε και τα αντίστοιχα νήματα. Κατόπιν πραγματοποιείται η εγγραφή των δεδομένων κινητικότητας των πελατών στο αρχείο εξόδου. Υπάρχει στη συνέχεια η μέθοδος `repaintMovingPanel()` όπου ζωγραφίζει κάθε φορά το `moovingPanel` και μια μέθοδος `getDoor()` που απλά επιστρέφει τις συντεταγμένες της πόρτας.

Τέλος σε αυτή την κλάση υπάρχει η μέθοδος `actionPerformed(ActionEvent e)` η οποία διαχειρίζεται τις ενέργειες όταν πατηθούν τα κουμπιά. Έτσι όταν πατηθεί το κουμπί με το οποίο επιλέγεται το αρχείο της κάτοψης, αρχικά σταματάει το νήμα `beforeRun`, έπειτα διαβάζει το αρχείο με τις συντεταγμένες της κάτοψης, όπου τις αποθηκεύει στο `arraylist floor`, μέσω του οποίου βρίσκει και αποθηκεύει τις συντεταγμένες της πόρτας και του ταμείου και επίσης βρίσκει και αποθηκεύει τα `x` και `y` που ορίζουν τους εξωτερικούς τοίχους της κάτοψης.

Κλάση DataProducts:

Αυτή η κλάση είναι πολύ απλή, έχει απλά μια `main` και παράγει το αρχείο με τα προϊόντα για κάθε κάτοψη. Αυτό που κάνει είναι ότι σε `N` πλήθος `while loops` (`N`: # υποχώρων που θα τοποθετηθούν προϊόντα) παράγει τα δεδομένα της κάθε κατηγορίας. Ουσιαστικά γνωρίζοντας τις συντεταγμένες της κάθε κάτοψης, από το αντίστοιχο αρχείο, δημιουργεί για κάθε υπόχωρο συντεταγμένων τις συντεταγμένες των προϊόντων. Το πλήθος προϊόντων που έχει δοθεί για κάθε κατηγορία ορίζεται τόσο με βάση την έκταση του στην κάτοψη (# πάγκων που θα έχουν αυτό το προϊόν) όσο και με βάση την κατηγορία που ανήκει, πχ τα βιβλία και τα `comics` επειδή πιάνουν λιγότερο χώρο είναι περισσότερα..

Επειδή έπρεπε το `id` των προϊόντων να είναι διαφορετικό και μοναδικό για όλα τα προϊόντα υπάρχουν δύο μετρητές, ένας που αντιπροσωπεύει το `id` των προϊόντων και ο οποίος αυξάνεται για κάθε νέα δημιουργία ενός προϊόντος και ένας άλλος μετρητής ο οποίος μηδενίζεται για κάθε υπόχωρο στο κατάστημα.

Τα προϊόντα τοποθετούνται σε κάθε υπόχωρο κάθε φορά κατά άξονα. Έτσι γνωρίζοντας ότι πχ ένας υπόχωρος έστω ορίζεται από τα σημεία (x,y) και $(x,y+Y)$ και έστω `W` το πλήθος προϊόντων που επιθυμούμε να τοποθετήσουμε σε αυτόν τον υπόχωρο, εφόσον αυτός ο υπόχωρος ορίζει ένα ευθύγραμμο τμήμα κατά μήκος του άξονα `y`, σημαίνει ότι τα προϊόντα πρέπει να τα τοποθετήσουμε αυξάνοντας την συντεταγμένη `y` και διατηρώντας ίδια την `x`, για κάθε προϊόν. Την μεταβλητή `y` την αυξάνουμε κατά `Y/W` καθώς επιθυμούμε τα προϊόντα να είναι σε διαφορετικές συντεταγμένες το καθένα και το ένα δίπλα στο άλλο. Αυτό συμβαίνει σε κάθε `while` του υπόχωρου, όπου η `while` εκτελείται τόσες φορές όσες είναι και το πλήθος των προϊόντων που δημιουργούνται για κάθε υπόχωρο. Φυσικά, μέσα σε κάθε τέτοια `while`, σε κάθε εκτέλεση της, γράφονται στο αρχείο οι πληροφορίες για το κάθε προϊόν. Ουσιαστικά αυτό που γίνεται είναι ότι αν για

παράδειγμα έχουμε ένα ορθογώνιο “stand” στην κάτοψη, όπου και στις 4 πλευρές του θα τοποθετηθούν προϊόντα της ίδιας κατηγορίας (έστω τα πλήθη τους σε κάθε πλευρά: N1,N2,N1,N2) τότε αυτό επιτυγχάνεται μέσω 4 τέτοιων while loops.

Κλάση VisualizationProducts:

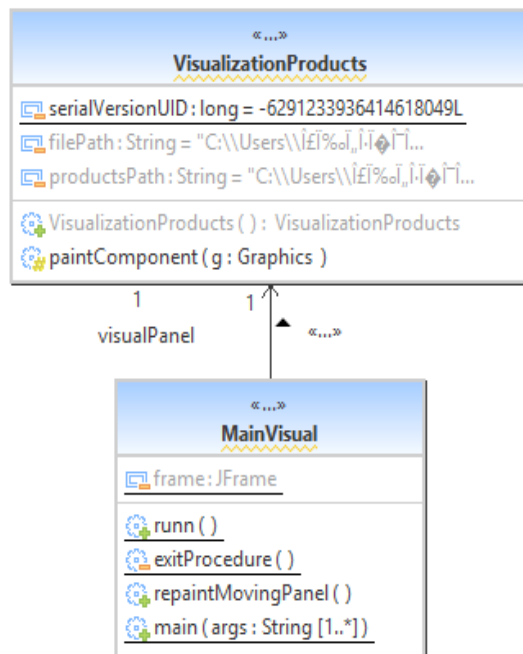
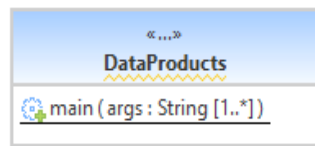
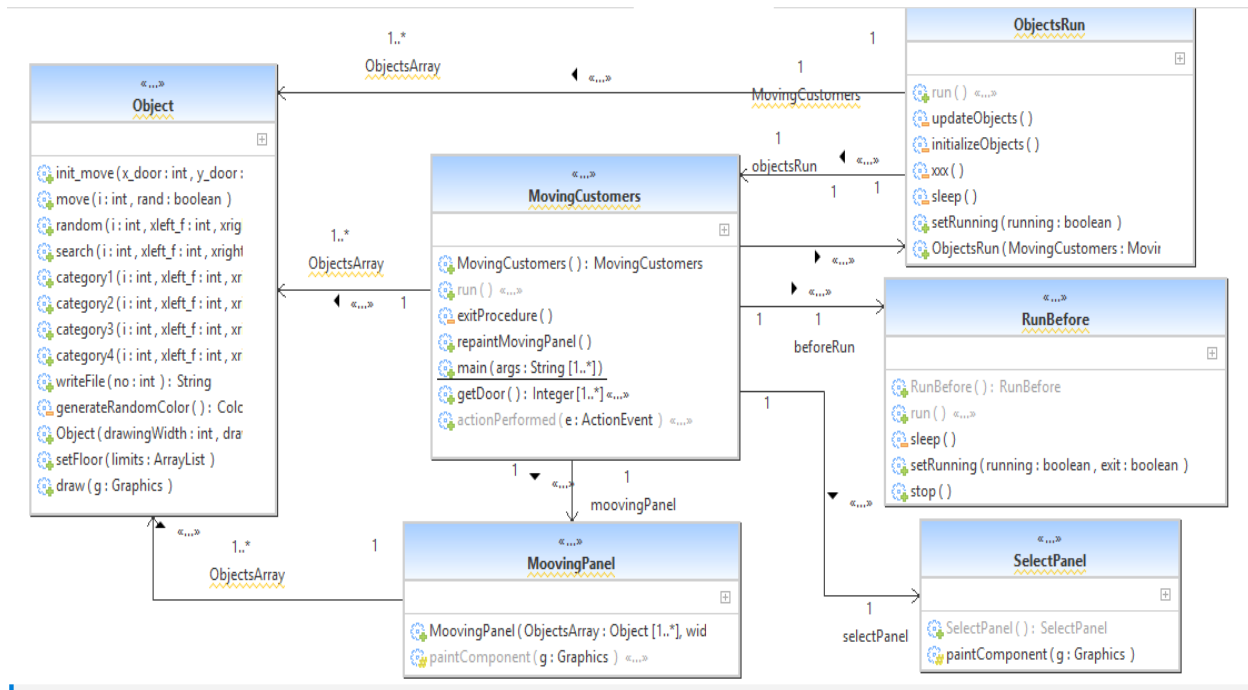
Σε αυτή την κλάση αναπαρίσταται το JPanel στο οποίο ζωγραφίζεται μέσω της Graphics η οπτικοποίηση της θέσης των προϊόντων μέσα στο κατάστημα. Το πεδίο της productsPath περιέχει το path του αρχείου των προϊόντων.. Σε ένα arraylist products αποθηκεύει τις πληροφορίες του αρχείου. Επομένως εφόσον γνωρίζει για κάθε προϊόν τόσο τις συντεταγμένες του στην κάτοψη όσο και την κατηγορία στην οποία ανήκει, πηγαίνει και ζωγραφίζει για κάθε προϊόν ένα σημείο το οποίο χρωματίζεται διαφορετικά αναλόγως την κατηγορία στην οποία ανήκει:

Κατηγορία προϊόντων	Χρώμα
Offers	red
TV & Image	cyan
Books & Comics	yellow
CDs & Vinyls	orange
Gaming	magenta
Computers & Peripherals	blue
Photos & Videos	pink
Mobile phones & Tablets	green

Κλάση MainVisual:

Με την κλήση αυτής της κλάσης ως Java Application εμφανίζεται η οπτικοποίηση της αναπαράστασης της θέσης των προϊόντων μέσα στην κάτοψη. Αυτή η κλάση δημιουργεί δύο αντικείμενα, ένα τύπου JFrame και ένα τύπου VisualizationProducts. Το μόνο που κάνει είναι ότι διαχειρίζεται αυτό το frame στο οποίο προστίθεται το περιεχόμενο του αντικειμένου visualPanel εκτελώντας την run() μέθοδο της όπου και προσθέτει στο frame τίτλο και WindowListener(για να απορριφθεί το frame και να επιτευχθεί η έξοδος του συστήματος) και καλεί την repaint() μέθοδο του visualPanel.

UML diagram:



Βιβλιογραφία

- [1] Aveek Purohit, Zheng Sun, Shijia Pan, Pei Zhang, *SugarTrail: Indoor Navigation in Retail Environments without Surveys and Maps*
- [2] Avi Yaeli, Peter Bak, G. Feigenblat, S. Nadler, Haggai Roitman, G. Saadoum, Harold Ship, David Cohen, O. Fuchs, S. Ofek-Koifman (September 2014), *Understanding customer behavior using indoor location analysis and visualization*
- [3] Huan Li, Hua Lu, Xin Chen, Gang Chen, Ke Chen, Lidan Shou, *Vita: A Versatile Toolkit for Generating Indoor Mobility Data for Real-World-Buildings*
- [4] Hyunwoo Hwangbo, Jonghyuk Kim, Zoonky Lee, Soyeon Kim (February 2017), *Store layout optimization using indoor positioning system*
- [5] Katsutoshi Yada (June 2011), *String analysis technique for shopping path in a supermarket*
- [6] Xiaochen Liu, Puneet Jain, Yurong Jiang, Kyu-Han Kim, *TAR – Enabling Fine-Grained Targeted Advertising in Retail Stores*
- [7] Yi Zuo, A.B.M. Shawkat Ali, Katsutoshi Yada, *Consumer Purchasing Behavior Extraction Using Statistical Learning Theory*
- [8] Zengwei Zheng, Yuanyu Chen, Sinong Chen, Lin Sun, Dan Chen (July 2017), *Location-Aware POI Recommendation for Indoor Space by Exploiting WiFi Logs*