



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**ΘΕΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΕΣΗΟΡΣ ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΤΗΝ
ΨΗΦΙΑΚΗ ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ-ΔΙΑΝΟΜΗΣ**

υπό
ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ ΤΣΑΜΑΔΙΑ

Επιβλέπων καθηγητής : Δρ. Αθανάσιος Ζηλιασκόπουλος

Διπλωματική Εργασία

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των απαιτήσεων για
την απόκτηση του Διπλώματος Μηχανολόγου Μηχανικού

Βόλος, 2022



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**ΘΕΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΕΣΗΟΡΣ ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΤΗΝ
ΨΗΦΙΑΚΗ ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ-ΔΙΑΝΟΜΗΣ**
υπό
ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ ΤΣΑΜΑΔΙΑ

Επιβλέπων καθηγητής : Δρ. Αθανάσιος Ζηλιασκόπουλος

Διπλωματική Εργασία

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των απαιτήσεων για
την απόκτηση του Διπλώματος Μηχανολόγου Μηχανικού

Βόλος, 2022

© 2022 Αθανάσιος Τσαμαδιάς

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Ν. 5343/32 αρ. 202 παρ. 2).

Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

Πρώτος Εξεταστής Δρ. Αθανάσιος Ζηλιασκόπουλος
(Επιβλέπων) Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο
 Θεσσαλίας

Δεύτερος Εξεταστής Δρ. Αθανάσιος Λόης
 Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο
 Θεσσαλίας

Τρίτος Εξεταστής Δρ. Ευαγγελία Χρυσόχου
 Καθηγήτρια, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο
 Θεσσαλίας

ΘΕΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΕΣΗΟΡΣ ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΤΗΝ ΨΗΦΙΑΚΗ ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ-ΔΙΑΝΟΜΗΣ

Αθανάσιος Τσαμαδιάς

Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας 2022

Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ. Αθανάσιος Ζηλιασκόπουλος

Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Περίληψη

Η έρευνα που γίνεται τα τελευταία χρόνια πάνω στην εφοδιαστική αλυσίδα για την επίλυση των προβλημάτων της είναι λεπτομερής. Η ραγδαία αύξηση του ηλεκτρονικού εμπορίου σε συνδυασμό με την ταχεία τεχνολογική ανάπτυξη έφερε νέες προκλήσεις στον σχεδιασμό και την οργάνωση της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Τεράστια σημασία για την εξέλιξη της εφοδιαστικής έχει η λήψη αποφάσεων. Μία από αυτές είναι η απόφαση για την χωροθέτηση εγκατάστασης επιχειρήσεων (facility location decisions). Οι αποφάσεις που έχουν να κάνουν με την χωροθέτηση αποτελούν βασικό παράγοντα στον στρατηγικό σχεδιασμό των επιχειρήσεων. Τέτοιου είδους αποφάσεις απασχολούν όχι μόνο μεγάλες επιχειρήσεις, όπως εργοστάσια αλλά και μία αποθήκη ή μια αλυσίδα καταστημάτων που απευθύνονται σε πελάτες λιανικής.

Η απόφαση για την χωροθέτηση εγκαταστάσεων είναι τόσο σημαντική που επηρεάζει μεγάλο πλήθος λειτουργικών αποφάσεων. Για να μπορέσει λοιπόν μία επιχείρηση να καταστεί κερδοφόρα θα πρέπει οι ιθύνοντες να λάβουν υπόψιν μια μεγάλη σειρά από αβέβαια γεγονότα. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι όταν μια επιχείρηση αποφασίσει να εγκατασταθεί σε ένα σημείο, αυτό δεν θα επηρεάσει την επιχείρηση μελλοντικά ακόμα και αν αλλάξουν οι περιβαλλοντικοί νόμοι, ο πληθυσμιακός παράγοντας αλλά και οι τάσεις της αγοράς κτλ.

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η επιλογή της κατάλληλης τοποθεσίας για την εγκατάσταση αποθήκης εταιρίας e-commerce που θα απευθύνεται σε περιοχές των Βορείων και Νοτίων Προαστίων της Αττικής και έχει ως στόχο την απευθείας διάθεση προϊόντων σε πελάτες λιανικής, χρησιμοποιώντας το πρόβλημα χωροθέτησης – δρομολόγησης.

Λέξεις-κλειδιά : εφοδιαστική αλυσίδα, logistics, χωροθέτηση, πρόβλημα χωροθέτησης - δρομολόγησης

ESHOPS SUPPLY CHAIN MANAGEMENT ISSUES ON DIGITAL – DISTRIBUTION INTEGRATION

Athanasios Tsamadias

Department of Mechanical Engineering, University of Thessaly, 2022

Supervisor: Dr Athanasios Ziliaskopoulos

Professor, Department of Mechanical Engineering, University of Thessaly

Abstract

The research done in recent years on the supply chain to solve its problems is detailed. The rapid growth of e-commerce combined with the rapid technological development has brought new challenges in the design and organization of the supply chain.

Decision making is extremely important for the development of logistics. One of these is facility location decisions. Location decisions are a key factor in strategic business planning. Such decisions concern not only large companies such as factories, but also a warehouse or a chain of stores aimed at retail customers.

The decision to locate a facility is so important that it affects a large number of operational decisions. In order for a business to become profitable, managers must take into account a large number of uncertain facts. This practically means that when a company decides to settle in a place which will not affect the company in the future even if the environmental laws, the population factor and the market trends change.

The aim of this work is to select the appropriate location for the installation of an e-commerce company warehouse that will be addressed to areas of the Northern and Southern suburbs of Attica and aims to directly sell products from to retail customers, using the problem routing - location

Keywords: supply chain, logistics, location, location - routing problem

Πίνακας περιεχομένων

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή	1
1.1 Ορισμός Industry 4.0 - Βιομηχανία 4.0.....	1
1.2 Ορισμός Logistics.....	2
1.3 Ορισμός Supply Chain 4.0.....	2
1.4 Ορισμός Logistics 4.0.....	3
1.5 Η διοίκηση της εφοδιαστικής αλυσίδας.....	4
1.6 Ορισμοί City Logistics & Urban Distribution Centers.....	5
Κεφάλαιο 2. Αναφορές για την χωροθέτηση	7
2.1 Η θεωρία της χωροθέτησης.....	7
2.2 Κριτήρια Ταξινόμησης Προβλημάτων Χωροθέτησης.....	9
2.3 Προσδιοριστικοί παράγοντες χωροθέτησης εγκαταστάσεων.....	11
2.4 Ταξινόμηση των μοντέλων χωροθέτησης.....	11
2.5 Το Πρόβλημα του Weber.....	16
2.6 Προβλήματα διαμέσων (p-Median).....	16
2.7 Το πρόβλημα κάλυψης (covering problem).....	18
2.8 Μοντέλο συνόλου κάλυψης (Location Set Covering Model).....	19
2.9 Μοντέλο μέγιστης κάλυψης (Maximal Covering Location Model).....	20
2.10 Απλό πρόβλημα χωροθέτησης (Simple Location Problem — SLP).....	22
2.11 Πρόβλημα χωροθέτησης — δρομολόγησης (Location Routing Problem — LRP).....	23
Κεφάλαιο 3. Προτεινόμενη Μεθοδολογία	28
Κεφάλαιο 4. Δημιουργία συντεταγμένων και δρομολόγηση	30
4.1 Δημιουργία συντεταγμένων.....	30
4.2 Αποτελέσματα δρομολόγησης.....	35
Κεφάλαιο 5. Συμπεράσματα	39
Βιβλιογραφία	40

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1.1 Supply Chain 4.0	2
Εικόνα 1.2 Η Διοικητική Πυραμίδα μιας επιχείρησης	4
Εικόνα 1.3 Σχηματική αναπαράσταση αστικού κέντρου διανομής.....	6
Εικόνα 2.1 Ο ρόλος των αποφάσεων χωροθέτησης	8
Εικόνα 2.2 Ταξινόμηση μοντέλων χωροθέτησης των Francis και White	13
Εικόνα 2.3 Μορφολογία συνεχούς μοντέλου χωροθέτησης	14
Εικόνα 2.4 Μορφολογία δικτυακού μοντέλου χωροθέτησης	14
Εικόνα 2.5 Μορφολογία διακριτού μοντέλου χωροθέτησης	15
Εικόνα 2.6 Διάρθρωση διακριτών μοντέλων χωροθέτησης.....	15
Εικόνα 2.7 Η αλληλεξάρτηση των 3 βασικών στοιχείων του LRP	24
Εικόνα 3.1 Περιοχή εξυπηρέτησης Βορείων Προαστίων και Ανατολικής Αττικής	29
Εικόνα 3.2 Περιοχή εξυπηρέτησης νοτίων προαστίων	29

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1.1 Εξέλιξη των Βιομηχανικών Επαναστάσεων.....	1
Πίνακας 1.2 Εξέλιξη ψηφιακής εποχής στην Εφοδιαστική Αλυσίδα.....	3
Πίνακας 1.3 Η επεξήγηση της διοικητικής πυραμίδας.....	4
Πίνακας 2.1 Ταξινόμηση Daskin	13
Πίνακας 4.1 Συντεταγμένες για τα Νότια Προάστια	30
Πίνακας 4.2 Συντεταγμένες για το Βόρεια Προάστια και Ανατολική Αττική.....	32
Πίνακας 4.3 Αποτελέσματα πρώτου σεναρίου	35
Πίνακας 4.4 Αποτελέσματα δεύτερου σεναρίου	36
Πίνακας 4.5 Αποτελέσματα τρίτου σεναρίου	36
Πίνακας 4.6 Αποτελέσματα τέταρτου σεναρίου	37
Πίνακας 4.7 Αποτελέσματα πέμπτου σεναρίου.....	37
Πίνακας 4.8 Αποτελέσματα έκτου σεναρίου	38






Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

Η εφοδιαστική αλυσίδα ως μια γενική ιδέα έχει σαν στόχο τη μεταφορά αγαθών, την αποθήκευση, τη συσκευασία και διάφορες άλλες δραστηριότητες που έχουν να κάνουν με το απόθεμα. Η ιδέα ξεκίνησε τη ζωή στη στρατιωτική επιστήμη, αλλά γρήγορα έγινε κοινή και στον επιχειρηματικό κόσμο.

1.1 Ορισμός Industry 4.0 - Βιομηχανία 4.0

Οι σύγχρονες μέθοδοι και τεχνολογίες που χρησιμοποιούν τα δίκτυα της εφοδιαστικής αλυσίδας περιγράφονται συχνά με τον όρο Industry 4.0 - Βιομηχανία 4.0. Οι Frazzon et al. (2019), δίνουν τον ακόλουθο ορισμό για την Industry 4.0 - Βιομηχανία 4.0: «Το άθροισμα όλων των καινοτομιών που προέρχονται και εφαρμόζονται σε μια αλυσίδα αξίας για την αντιμετώπιση των τάσεων του ψηφιακού μετασχηματισμού, της αυτονομίας, της διαφάνειας, της συνεργασίας και της διαθεσιμότητας πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο για προϊόντα και διαδικασίες».

Πίνακας 1.1 Εξέλιξη των Βιομηχανικών Επαναστάσεων (Μενγκέζι Γκένα, 2020)

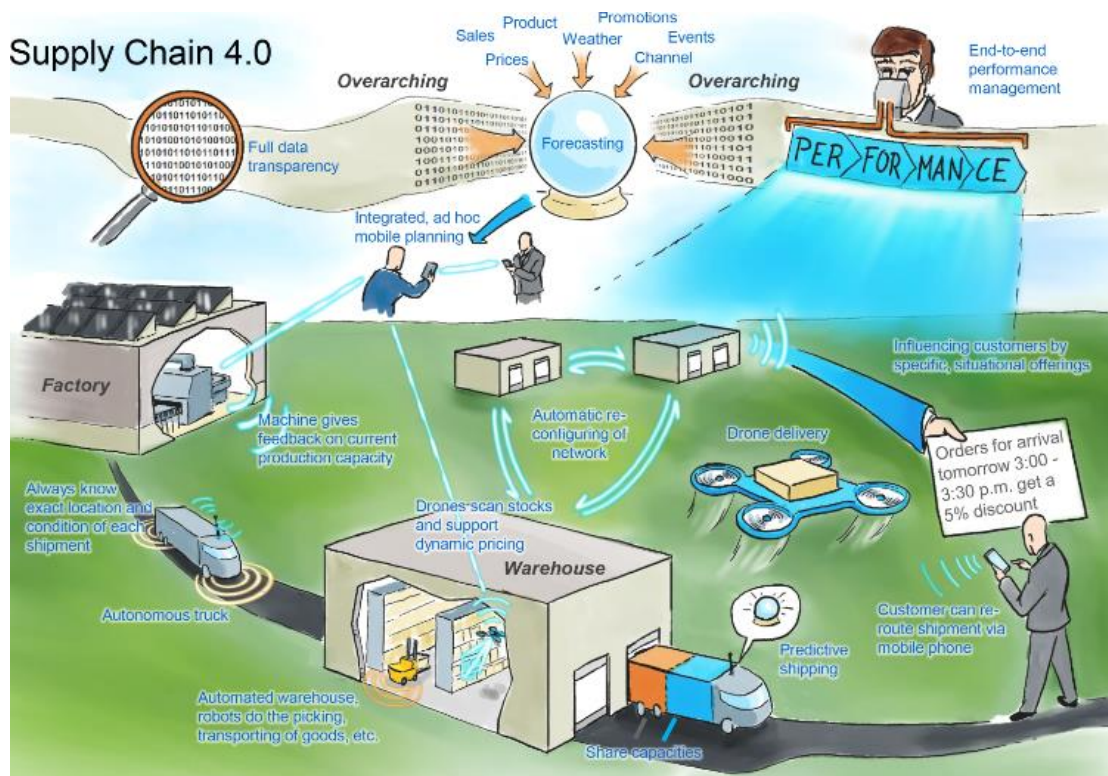
1800	1900	1970	2015+	2030+
Βιομηχανία 1.0	Βιομηχανία 2.0	Βιομηχανία 3.0	Βιομηχανία 4.0	Ψηφιακό οικοσύστημα
Εφεύρεση μαζικής μηχανικής παραγωγής με νερό και ατμό Εφεύρεση ατμομηχανής, σιδηροδρόμου, ατμόπλοιου Ηλεκτρισμός, τηλεγράφος	Μαζική παραγωγή, με μηχανήματα που κινούνται με ηλεκτρισμό και κινητήρες καύσης Εισαγωγή γραμμών συναρμολόγησης και ανάπτυξη βιομηχανιών Δημιουργία αυτοκινήτου και ιπτάμενων μηχανών Μέσα μετάδοσης ήχου σε μεγάλες αποστάσεις (ηλεκτρικός τηλεγράφος, τηλέφωνο, ασύρματος τηλεγράφος)	Αρχή της εποχής της πληροφορίας Ψηφιακή επανάσταση : Εφαρμογή ψηφιακών υπολογιστών και υπολογιστικής ισχύος Βιομηχανική ρομποτική για προηγμένο αυτοματισμό των διαδικασιών παραγωγής Internet	Ψηφιακή αλυσίδα εφοδιασμού Εξυπνη κατασκευή, Ψηφιακά προϊόντα, υπηρεσίες και επιχειρηματικά μοντέλα Αναλυτικά δεδομένα και δράση ως βασική ικανότητα Αποκεντρωμένες αποφάσεις μέσω μηχανισμών αυτο-οργάνωσης	Ευέλικτα και ολοκληρωμένα δίκτυα αξίας Εικονικοποιημένες διαδικασίες Εικονικοποιημένη διεπαφή πελατών Η βιομηχανική συνεργασία ως βασικός παράγοντας αξίας
				

1.2 Ορισμός Logistics

Σύμφωνα με το supplychain.gr «Logistics είναι η φυσική διανομή των προϊόντων και συγκεκριμένα εκείνο το τμήμα της Διαχείρισης Εφοδιαστικής Αλυσίδας που σχεδιάζει, υλοποιεί και ελέγχει την αποδοτική και αποτελεσματική κανονική και αντίστροφη ροή και αποθήκευση των προϊόντων, υπηρεσιών και των σχετικών πληροφοριών από το σημείο προέλευσης τους έως το σημείο κατανάλωσής τους, ώστε να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις των πελατών.» (supplychain.gr, 2022)

1.3 Ορισμός Supply Chain 4.0

Οι Frazzon et al. (2019) ορίζουν το Supply Chain 4.0, ως: «Ένα ολοκληρωμένο επιχειρηματικό σύστημα που επεκτείνει τις εφαρμογές στην αλυσίδα εφοδιασμού με συστηματικές έξυπνες υλοποιήσεις, συμπεριλαμβανομένων ενδεικτικά, του Διαδικτύου των πραγμάτων, της έξυπνης υποδομής, των έξυπνων προϊόντων, των έξυπνων μηχανών και διασυνδέσεων που παρέχουν επικοινωνίες σε πραγματικό χρόνο σε όλα τα στάδια της αλυσίδας εφοδιασμού με έξυπνη και ανταποκρινόμενη διαδικασία» (Frazzon et al., 2019).



Εικόνα 1.1 Supply Chain 4.0 (McKinsey & Company, 2016)

1.4 Ορισμός Logistics 4.0

Logistics 4.0 μπορεί να οριστεί ως : «Ένας συλλογικός όρος για τεχνολογίες και έννοιες της οργάνωσης της αλυσίδας αξίας. Μέσα στην εφοδιαστική αλυσίδα, τα κυβερνοφυσικά συστήματα (Cyber Physical System – CPS) παρακολουθούν φυσικές διαδικασίες, δημιουργούν ένα εικονικό αντίγραφο του φυσικού κόσμου και λαμβάνουν αποκεντρωμένες αποφάσεις. Πάνω από το διαδίκτυο των πραγμάτων, στον κυβερνοχώρο, τα κυβερνοφυσικά συστήματα επικοινωνούν, συνεργάζονται και αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους και με ανθρώπους σε πραγματικό χρόνο. Η εξόρυξη δεδομένων (Data Mining – DM) ανακαλύπτει την απαιτούμενη γνώση για τη διαδικασία λήψης αποφάσεων, μέσω του διαδικτύου της υπηρεσίας (Internet of Service), τόσο σε εσωτερικές όσο και διεταιρικές υπηρεσίες που προσφέρονται και χρησιμοποιούνται από τους συμμετέχοντες της αλυσίδας αξίας » (Frazzon et al., 2019).

Πίνακας 1.2 Εξέλιξη ψηφιακής εποχής στην Εφοδιαστική Αλυσίδα (Μενγκέζι Γκένα 2020)

1780	1960	1980-2000	2010+
Logistics 1.0	Logistics 2.0	Logistics 3.0	Logistics 4.0
Μηχανισμός μεταφορών Αυξημένη ταχύτητα και χωρητικότητα	Αυτοματοποίηση συστήματος διαχείρισης και κίνησης φορτίου Τυποποίηση μεταφορών με χρήση εμπορευματοκιβωτίων Χρήση περνοφόρων οχημάτων στις αποθήκες	Σύστημα Διαχείρισης Logistics με τη χρήση WMS και TMS Ψηφιοποίηση εγγράφων και διαδικασιών Πάροχοι υπηρεσιών 3PL	Τυποποίηση διαδικασιών, Ευφυή συστήματα μεταφοράς, Συστήματα εντοπισμού σε πραγματικό χρόνο, αυτοματοποιημένες αποθήκες και οχήματα με μειωμένο ανθρώπινο δυναμικό
<i>Δεν υπάρχει η έννοια σε αυτήν την περίοδο</i>		Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας 3.0 Ενσωμάτωση μεταξύ δύο κόμβων Οριζόντια και κάθετη ολοκλήρωση	Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας 4.0 Συνολική διατεμαχτική ολοκλήρωση δικτύου

«Η σύγχρονη εφοδιαστική αλυσίδα χαρακτηρίζεται από τον υπερανταγωνισμό και πολυπλοκότητα της, με τις σχετιζόμενες επιχειρήσεις να αναζητούν συνεχώς την καλύτερη τεχνολογία, η οποία θα τους εξασφαλίσει το ανταγωνιστικό πλεονέκτημα βελτιώνοντας την ταχύτητα, απόδοση και ποιότητα των προϊόντων και υπηρεσιών που προσφέρουν στους πελάτες τους μέσω της εφοδιαστικής τους αλυσίδας. » (Αθανάσιος Παντόπουλος, 2021)

Το Συμβούλιο των Επαγγελματιών Διαχείρισης της Εφοδιαστικής Αλυσίδας (Council of Supply Chain Management Professionals CSCPM) ορίζει: «Η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας περιλαμβάνει το σχεδιασμό και τη διαχείριση όλων των δραστηριοτήτων που

σχετίζονται με την αναζήτηση πηγών και την προμήθεια, τη μετατροπή και όλες τις δραστηριότητες διαχείρισης εφοδιαστικής. Συγκεκριμένα, περιλαμβάνει το συντονισμό και τη συνεργασία με εταίρους δικτύων διάθεσης, οι οποίοι μπορεί να είναι προμηθευτές, ενδιάμεσοι, τρίτοι πάροχοι υπηρεσιών και πελάτες. Στην ουσία, η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας ενσωματώνει τη διαχείριση της προσφοράς και της ζήτησης εντός και μεταξύ των εταιρειών.»

1.5 Η διοίκηση της εφοδιαστικής αλυσίδας



Εικόνα 1.2 Η διοίκηση μιας εφοδιαστικής αλυσίδας

Πίνακας 1.3 Η επεξήγηση της διοικητικής πυραμίδας

Επεξήγηση της Διοικητικής πυραμίδας	
Διοικητικό Επίπεδο	Αρμοδιότητα
Στρατηγικό	<ul style="list-style-type: none"> • Προσδιορίζει στόχους του οργανισμού και καταστρώνει το στρατηγικό σχέδιο για την επίτευξη των στόχων. • Διανέμει τους απαιτούμενους πόρους στις διάφορες κάθετες διαιρέσεις (τμήματα) • Αποφασίζει για την χωροθέτηση μίας εγκατάστασης
Τακτικό	<ul style="list-style-type: none"> • Αναπτύσσει, διευθύνει και ελέγχει τους στόχους του τμήματος ώστε να εναρμονίζονται με τους στόχους του οργανισμού. • Συντονίζει τα διάφορα τμήματα της επιχείρησης
Λειτουργικό	<ul style="list-style-type: none"> • Επιβλέπει την καθημερινή παραγωγή αγαθών και υπηρεσιών ώστε να είναι συνεπής με τους στόχους που τέθηκαν από το τακτικό επίπεδο

1.6 Ορισμοί City Logistics & Urban Distribution Centers

Οι Taniguchi et al.(2001), ορίσαν το City Logistics ως «τη διαδικασία πλήρους βελτιστοποίησης των δραστηριοτήτων logistics και μεταφορών από ιδιωτικές εταιρείες σε αστικές περιοχές, λαμβάνοντας υπόψη το κυκλοφοριακό περιβάλλον, την κυκλοφοριακή συμφόρηση και την κατανάλωση ενέργειας στο πλαίσιο της οικονομίας της αγοράς».

Σύμφωνα με τους Taniguchi et al (2001) τα συστήματα City Logistics έχουν πολλά στοιχεία που συνήθως σχετίζονται με τα ενδιαφερόμενα μέρη που παίζουν ρόλο στο σύστημα, των οποίων οι σχέσεις μπορούν να περιγραφούν σε τους ακόλουθους όρους:

Αποστολείς, όπως για παράδειγμα κατασκευαστές, χονδρέμποροι, λιανοπωλητές που δραστηριοποιούνται σε αποθήκες και κέντρα Logistics μιας πόλης, των οποίων η τοποθεσία θα πρέπει να προσδιορίζεται κατάλληλα όταν αναζητούνται οι βέλτιστες λειτουργίες.

Μεταφορείς εμπορευμάτων δηλαδή μεταφορικές εταιρείες ή εταιρείες logistics που εκμεταλλεύονται τους στόλους που καλύπτουν τη ζήτηση του πελάτη, των οποίων η βέλτιστη λειτουργία απαιτεί τις κατάλληλες αποφάσεις σχετικά με τα μεγέθη του στόλου, τους τύπους οχημάτων, τις διαδρομές των οχημάτων και τα συστήματα προγραμματισμού, αποστολής και παρακολούθησης.

Οι πελάτες στην αστική περιοχή που βρίσκονται σε συγκεκριμένα σημεία των οποίων οι απαιτήσεις πρέπει να καλύπτονται έγκαιρα.

Διαχειριστές, σε επίπεδο πόλης οι οποίοι καθορίζουν τις επιχειρησιακές πολιτικές κυκλοφορίας και ανεφοδιασμού στην επιχειρησιακή περιοχή.

Urban Distribution Centers (UDC) σύμφωνα με τους Taniguchi et al. (1999) είναι γνωστό στην βιβλιογραφία ως η δημιουργία πλατφόρμων ενοποίησης εμπορευμάτων εντός αστικών ιστών. Γενικός στόχος είναι η μείωση των κυκλοφοριακών προβλημάτων εντός αστικών περιοχών λαμβάνοντας υπόψη ορισμένες επιπλέον μεταβλητές όπως η περιβαλλοντική ρύπανση και η υπερβολική κατανάλωση ενέργειας. (Muñoz-Villamizar et.al 2013)

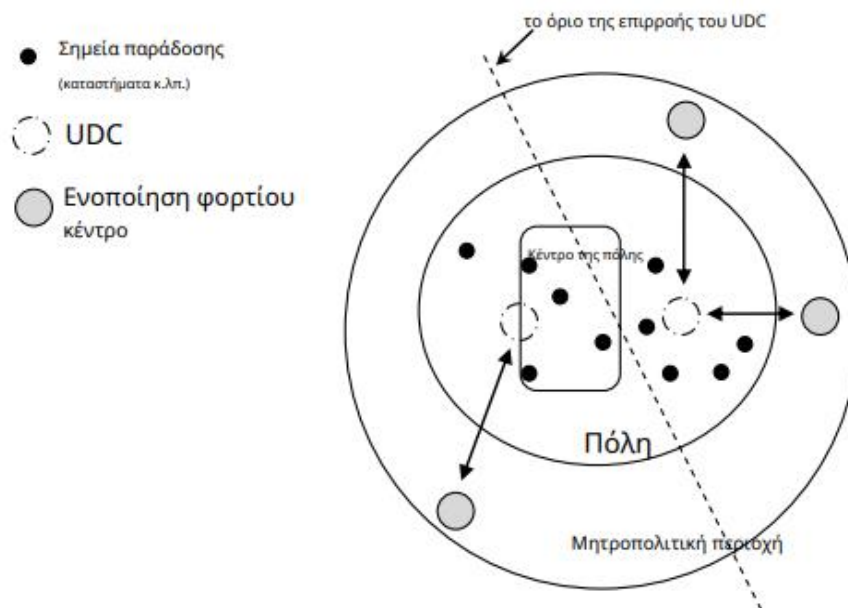
Σύμφωνα με μας Taniguchi et al. (1999) η δημιουργία UDC επιτρέπει την εφαρμογή ενός πολύ πιο αποτελεσματικού συστήματος αστικών logistics, με την ίδια ικανότητα εξυπηρέτησης από τα συμβατικά συστήματα, αλλά με χαμηλότερο περιβαλλοντικό κόστος.

Έτσι, αρκετές πόλεις αποφάσισαν να εφαρμόσουν αυτά τα UDC προκειμένου να επωφεληθούν. Ορισμένα από τα οφέλη που προσφέρουν είναι :

- Ο προγραμματισμός πολλών διαδοχικών παραδόσεων ή διαδρομών συλλογής, που δεν μπορούν εύκολα να προγραμματιστούν εκτός πόλης (Guyon et al. 2012).

- Η εφαρμογή συστημάτων για τη μεταφορά εμπορευμάτων (Nemoto 1997, Yang et al. 2006).

Είναι γνωστό σε όλους ότι στις μεγάλες πόλεις υπάρχουν τεράστιες καθυστερήσεις στους χρόνους παράδοσης των παραγγελιών εξαιτίας της κυκλοφοριακής συμφόρησης. Τα UDC μπορούν να βοηθήσουν όχι μόνο μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις αλλά και μεγαλύτερες να πραγματοποιούν αποτελεσματικές μεταφορές αγαθών μέσω της μηχανοποίησης και της αυτοματοποίησης του χειρισμού των εμπορευμάτων. Αυτοί οι τερματικοί σταθμοί μπορούν να διευκολύνουν την εφαρμογή ομαδικών συστημάτων μεταφοράς εμπορευμάτων, τα οποία επιτρέπουν την κατανομή και την απορρόφηση του κόστους που δημιουργείται από τη διανομή των προϊόντων, μειώνοντας έτσι το κόστος συλλογής ή/και παράδοσης αγαθών και το κόστος αγοράς και συντήρησης οχημάτων αλλά και απαραίτητων αναγκών για τη λειτουργία. (Muñoz-Villamizar et.al. 2013)



Εικόνα 1.3 Σχηματική αναπαράσταση αστικού κέντρου διανομής (Montoya-Torres et al. 2012)

Κεφάλαιο 2. Αναφορές για την χωροθέτηση

2.1 Η θεωρία της χωροθέτησης

Η μελέτη της «θεωρίας χωροθέτησης» ξεκίνησε επίσημα το 1909 όταν ο Alfred Weber εξέτασε το πώς μπορεί να χωροθετηθεί μία αποθήκη έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθεί η συνολική απόσταση μεταξύ μιας αποθήκης και των πελατών.

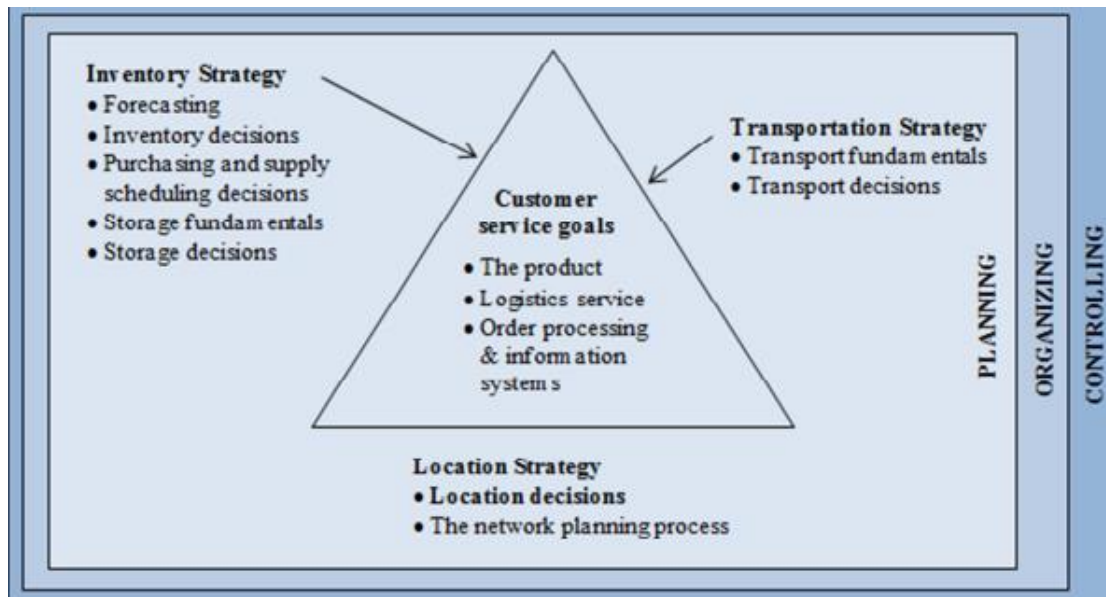
Σύμφωνα με το Snyder (2010), τα προβλήματα χωροθέτησης έχουν να κάνουν με την επιλογή τοποθεσιών για εγκαταστάσεις με στόχο την εξυπηρέτηση πελατών πετυχαίνοντας ταυτόχρονα ισορροπία μεταξύ κόστους και υπηρεσίας. Αν κατασκευαστούν λιγότερες εγκαταστάσεις σε σχέση με το βέλτιστο αριθμό, κάποιοι πελάτες θα βρίσκονται μακριά από την πιο κοντινή σε αυτούς εγκατάσταση, ενώ αν κατασκευαστούν περισσότερες το συνολικό κόστος θα είναι πολύ μεγάλο. Οι εγκαταστάσεις μπορεί να είναι αποθήκες, κέντρα διανομής, και πολλά άλλα, ενώ οι πελάτες μπορεί να είναι απλοί καταναλωτές ή εγκαταστάσεις κάποιου άλλου κρίκου της εφοδιαστικής αλυσίδας ή να είναι σημεία λιανικής πώλησης.

Όπως αναφέρουν οι Farahani et.al (2009), τα προβλήματα χωροθέτησης εγκαταστάσεων έχουν να κάνουν με τη χωροθέτηση του συνόλου εγκαταστάσεων έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται το κόστος από την ικανοποίηση της συνολικής ζήτησης των πελατών με την προϋπόθεση ότι ικανοποιείται ένα σύνολο περιορισμών. Οι υπεύθυνοι για τη λήψη αποφάσεων για τα προβλήματα αυτά θα πρέπει να επιλέξουν τοποθεσίες που όχι μόνο θα ανταποκρίνονται επαρκώς στις απαιτήσεις του τρέχοντος συστήματος, αλλά θα συνεχίσουν να είναι κερδοφόρες για όλη τη διάρκεια ζωής μιας επιχείρησης ακόμα και όταν αλλάζουν σημαντικοί παράγοντες όπως οι περιβαλλοντικοί, ο πληθυσμός και οι τάσεις της αγοράς. Η εύρεση βέλτιστων τοποθεσιών δεν είναι εύκολο έργο και απαιτεί από τον καθένα να συνυπολογίσει μία σειρά από αβεβαιότητες του μέλλοντος. Ο Snyder (2006) επιχειρεί μία ανασκόπηση της βιβλιογραφίας σχετικά με τα μοντέλα της χωροθέτησης εγκαταστάσεων (facility location models) που έχει ως στόχο να τονίσει από την μία τη μεγάλη ποικιλία προσεγγίσεων για βελτιστοποίηση σε συνθήκες αβεβαιότητας και από την άλλη την εφαρμογή σε προβλήματα χωροθέτησης εγκαταστάσεων.

Ο Ballou (2004) υποστηρίζει ότι η χωροθέτηση σταθερών εγκαταστάσεων σε όλη την έκταση του δικτύου εφοδιαστικής αλυσίδας αποτελεί ένα πρόβλημα απόφασης (decision

problem) που δίνει μορφή, δομή και σχήμα σε όλο το σύστημα μιας εφοδιαστικής αλυσίδας. Τα τρία αυτά στοιχεία καθορίζουν τις εναλλακτικές, μαζί με το σχετικό κόστος και τα επίπεδα επένδυσης, που χρησιμοποιούνται για να λειτουργήσει το σύστημα αυτό. Οι αποφάσεις που λαμβάνονται για τη χωροθέτηση περιλαμβάνουν τον προσδιορισμό της τοποθεσίας και του μεγέθους των εγκαταστάσεων που θα δημιουργηθούν. Οι εγκαταστάσεις αυτές αποτελούν κομβικά σημεία του δικτύου εφοδιαστικής αλυσίδας όπου τα προϊόντα προσωρινά σταματούν καθώς κατευθύνονται για τους τελικούς καταναλωτές.

Στη εικόνα απεικονίζεται ο ρόλος των αποφάσεων χωροθέτησης (decisions location) ως τμήμα της στρατηγικής χωροθέτησης (location strategy) στο γενικότερο σχεδιασμό μιας εφοδιαστικής αλυσίδας.



Εικόνα 2.1 Ο ρόλος των αποφάσεων χωροθέτησης (Ballou 2004)

2.2 Κριτήρια Ταξινόμησης Προβλημάτων Χωροθέτησης

Τα κριτήρια ταξινόμησης των προβλημάτων χωροθέτησης είναι αρκετά.

Οι Ghiani et al (2004) προτείνουν μία ταξινόμηση η οποία βασίζεται στα logistics και περιλαμβάνει τα παρακάτω κριτήρια:

- **Χρονικός Ορίζοντας:** Στα προβλήματα χωροθέτησης μιας περιόδου (single-period), οι αποφάσεις πρέπει να λαμβάνονται στην αρχή του σχεδιασμού βάσει των απαιτήσεων των logistics. Στα προβλήματα πολλαπλών περιόδων (multi-period) πρέπει να αποφασιστεί, στην αρχή του σχεδιασμού, μία αλληλουχία από αλλαγές που θα γίνουν σε δεδομένες χρονικές στιγμές εντός του ορίζοντα σχεδιασμού.

- **Τυπολογία Εγκατάστασης:** Στα προβλήματα χωροθέτησης ενός τύπου (single-type), χωροθετείται ένα είδος εγκατάστασης (π.χ. κέντρα διανομής). Αντίθετα, στα προβλήματα πολλαπλών τύπων (multi-type) χωροθετούνται διάφορα είδη εγκαταστάσεων (π.χ. αποθήκες και κέντρα διανομής)

- **Ροές υλικών:** Στα προβλήματα ενός προϊόντος (single-commodity) μπορούμε να υποθέσουμε ότι στο σύστημα logistics υπάρχει μία ομοιογενής ροή υλικών, ενώ στα προβλήματα πολλαπλών προϊόντων (multi-commodity) υπάρχουν διάφορα είδη προϊόντων, το καθένα με διαφορετικά χαρακτηριστικά. Στη δεύτερη περίπτωση κάθε προϊόν συνδέεται και με ένα συγκεκριμένο πρότυπο ροής.

- **Αλληλεπίδραση μεταξύ εγκαταστάσεων:** Σε πολύπλοκα συστήματα logistics μπορεί να υπάρχουν ροές υλικών μεταξύ εγκαταστάσεων ίδιου είδους (π.χ. ροές εξαρτημάτων μεταξύ εργοστασίων). Στην περίπτωση αυτή, η βέλτιστη χωροθέτηση εγκατάστασης δεν εξαρτάται μόνο από την χωρική κατανομή της ζήτησης για τελικά προϊόντα αλλά και από τη θέση όλων των εγκαταστάσεων που αλληλοεπιδρούν.

- **Κυρίαρχες ροές υλικών:** Τα προβλήματα χωροθέτησης μίας βαθμίδας (single-echelon) είναι προβλήματα ενός τύπου, πράγμα που σημαίνει ότι η ροή υλικών που εισέρχεται ή εξέρχεται από τις εγκαταστάσεις που χωροθετούνται, δε λαμβάνεται υπόψη. Στα προβλήματα πολλαπλών βαθμίδων (multi-echelon), οι ροές και των εισερχόμενων και των εξερχόμενων προϊόντων είναι αλληλεξαρτώμενες. Αυτή είναι η περίπτωση, για

παράδειγμα, όταν πρέπει να χωροθετηθούν κάποια κέντρα διανομής λαμβάνοντας υπόψη το κόστος μεταφοράς από τα εργοστάσια στα κέντρα διανομής και από τα κέντρα διανομής στους πελάτες.

- **Διαιρετότητα ζήτησης:** Σε κάποια συστήματα διανομής απαιτείται, για διοικητικούς ή άλλους λόγους, κάθε εγκατάσταση ή κάθε πελάτης να τροφοδοτείται από μία πηγή, ενώ σε άλλα, μία εγκατάσταση ή ένας πελάτης μπορεί να εξυπηρετείται από δύο ή περισσότερες πηγές. Στην πρώτη περίπτωση η ζήτηση καλείται διαιρετή, ενώ στη δεύτερη καλείται αδιαίρετη.

- **Επιρροή της μεταφοράς στις αποφάσεις χωροθέτησης:** Τα περισσότερα μοντέλα χωροθέτησης υποθέτουν ότι το συνολικό κόστος μεταφοράς μεταξύ δύο εγκαταστάσεων υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας ένα δεδομένο μοναδιαίο κόστος μεταφοράς με τον όγκο του φορτίου και την απόσταση μεταξύ των δύο σημείων. Αυτή η προσέγγιση ενδείκνυται όταν τα οχήματα μεταφοράς ακολουθούν μία απρόσκοπτη διαδρομή. Παρ' όλα αυτά, αν κάθε όχημα εκτελεί φορτοεκφορτώσεις σε διάφορα σημεία, τότε δεν είναι εύκολο να υπολογιστεί το συνολικό κόστος με ακρίβεια. Για το λόγο αυτό, σε τέτοιες περιπτώσεις, οι διαδρομές που ακολουθούν τα οχήματα θα πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη όταν πρόκειται να χωροθετηθούν οι εγκαταστάσεις.

- **Χωροθέτηση σημείου λιανικής πώλησης:** Όταν κάνουμε το σχεδιασμό ενός δικτύου καταστημάτων λιανικής πώλησης, το βασικό μέλημα είναι η βέλτιστη χωροθέτηση των εγκαταστάσεων που θα ανταγωνίζονται άλλα καταστήματα για το ποιος θα πάρει το μεγαλύτερο μερίδιο της αγοράς. Συνεπώς, τα έσοδα που θα προκύψουν από την επιλογή του σημείου χωροθέτησης είναι δύσκολη, αφού εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως είναι η τοποθεσία, ο τομέας δραστηριοποίησης και τα επίπεδα του ανταγωνισμού. Τα προβλήματα χωροθέτησης που έχουν να κάνουν με σημεία λιανικής πώλησης μπορούν να μοντελοποιηθούν ως μοντέλα ανταγωνιστικής χωροθέτησης (competitive location models).

2.3 Προσδιοριστικοί παράγοντες χωροθέτησης εγκαταστάσεων

Οι παράγοντες που παίζουν ρόλο στην λήψη αποφάσεων για την χωροθέτηση εγκαταστάσεων είναι πολλοί. Ανάλογα με το είδος της εγκατάστασης που πρόκειται να χωροθετηθεί οι παράγοντες ποικίλουν και μπορεί να είναι είτε ποιοτικοί είτε ποσοτικοί. Σύμφωνα με την βιβλιογραφία του (Hayter, 1997, Sarkis and Sundarraj, 2002) γίνεται μια κατηγοριοποίηση κάποιων παραγόντων οι οποίοι επηρεάζουν της αποφάσεις χωροθέτησης:

- Θέματα στρατηγικής
- Παράγοντες προσβασιμότητας
- Κοινοτικοί παράγοντες
- Παράγοντες επιχειρησιακού κλίματος
- Παράγοντες εργασίας
- Βοηθητικοί παράγοντες
- Παράγοντες κινδύνου
- Παράγοντες τοποθέτησης παραγωγικής μονάδας
- Οικονομικοί παράγοντες

2.4 Ταξινόμηση των μοντέλων χωροθέτησης

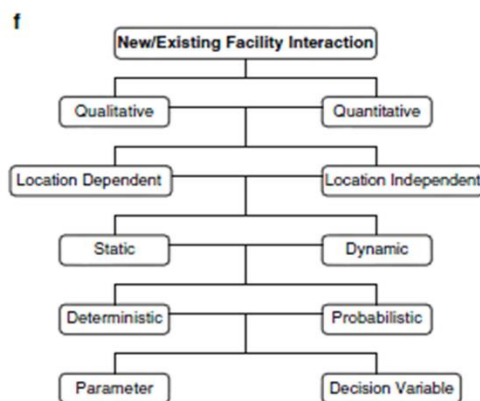
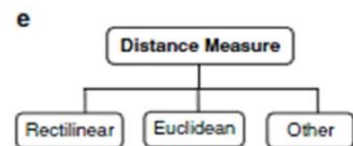
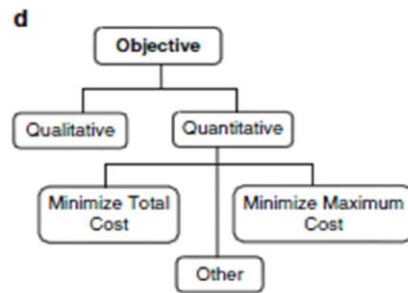
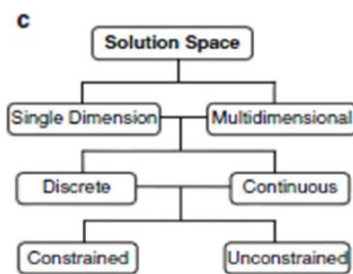
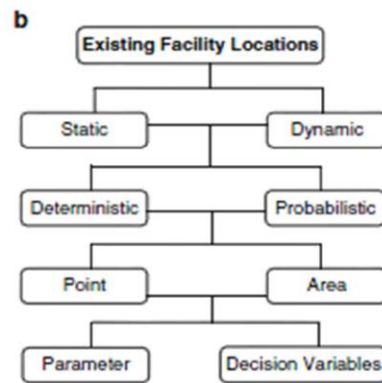
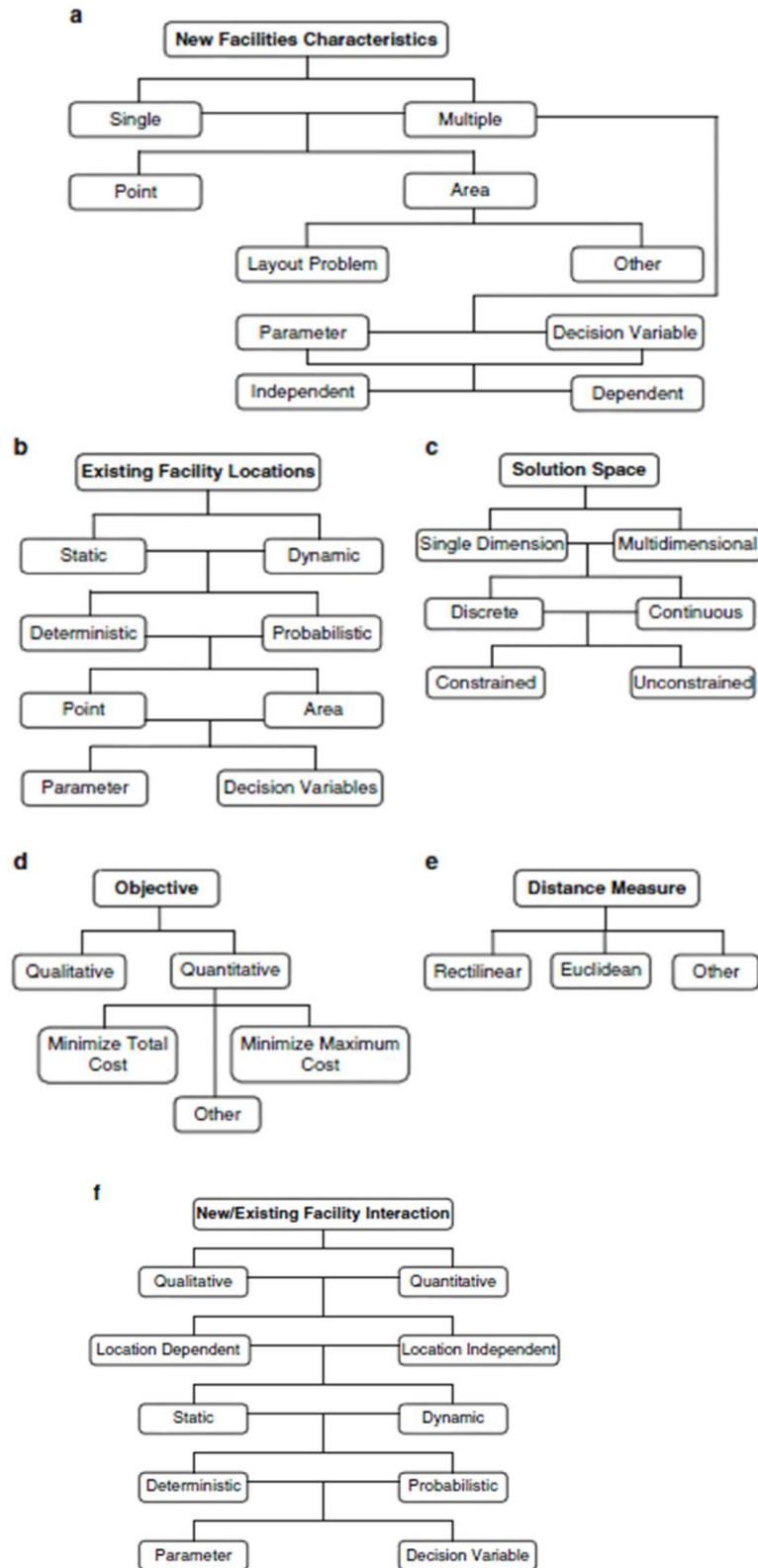
Ένα σημαντικό ερώτημα που τίθεται κάθε φορά που κάποιος θέλει να περιγράψει ένα πρόβλημα χωροθέτησης είναι το που μπορούν να τοποθετηθούν οι εγκαταστάσεις. Σύμφωνα με τους Tafazzoli και Mozafari (2009) η επιστήμη της χωροθέτησης έχει εξελιχθεί σε τέτοιο σημείο που θα ήταν αρκετά δύσκολο να συνεχιστούν σχετικές έρευνες χωρίς την συστηματική ταξινόμηση των μοντέλων χωροθέτησης.

Σύμφωνα με τους Francis and White (1974) η ταξινόμηση γίνεται βάση έξι κριτηρίων:

- Τα νέα χαρακτηριστικά των εγκαταστάσεων
- Τις υπάρχουσες θέσεις των εγκαταστάσεων
- Τα χαρακτηριστικά της τοπολογίας
- Τον στόχο
- Τον τύπο μέτρησης των αποστάσεων

- Την αλληλεπίδραση νέων και υπάρχουσών εγκαταστάσεων

Στο παρακάτω σχήμα γίνεται μια αναλυτικότερη περιγραφή της ταξινόμησης σύμφωνα με τους Francis and White (1974)



Εικόνα 2.2 Ταξινόμηση μοντέλων χωροθέτησης των Francis και White (Francis and White, 1974)

Σύμφωνα με τον Daskin η ταξινόμηση γίνεται βάση των παρακάτω κριτηρίων:

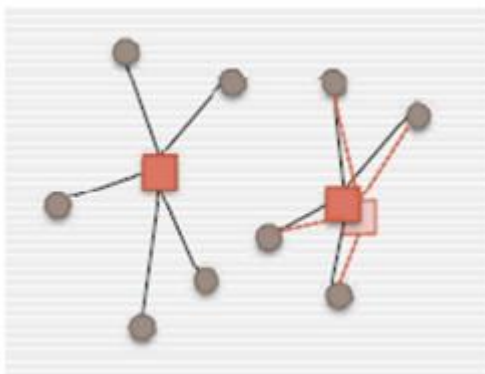
Πίνακας 2.1 Ταξινόμηση Daskin (Daskin, 1995)

Criteria	Classification		
Topological structure	Planar	Discrete	Network
Network type	Tree problems	General graph	
Distance measure	Manhattan	Euclidean	Lp
Number of facilities to locate	Single facility	Multi-facility	
Time dependency	Static	Dynamic	
Certainty	Deterministic	Probabilistic	
Product diversity	Single product	Multi product	
Public/private sector	Public	Private	
Number of objectives	Single objective	Multi objective	
Demand elasticity	Elastic	Inelastic	
Capacity of facilities	Capacitated	Uncapacitated	
Demand allocation type	Nearest facility	General allocation demand	
Hierarchical structure	Single-level	Hierarchical	
Desirability of facility	Desirable	Undesirable	

Σύμφωνα με τους C.S. ReVelle et al. (2008) γίνεται η εξής ταξινόμηση:

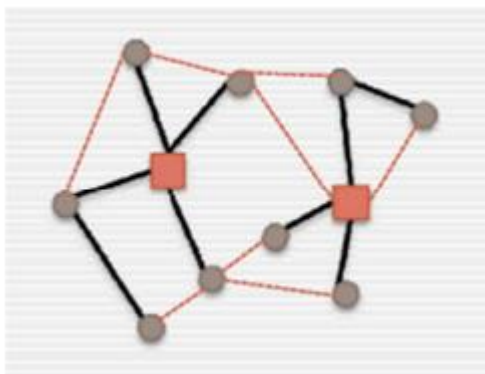
Αναλυτικά (analytics) μοντέλα: Αποτελούν τα πιο απλά μοντέλα χωροθέτησης τα οποία στηρίζονται σε απλές υποθέσεις .

Συνεχή (continuous) μοντέλα: Ο χώρος εγκατάστασης στα μοντέλα αυτά περιγράφεται από συνεχείς μεταβλητές (συντεταγμένες). Ένα παράδειγμα τέτοιου μοντέλου αποτελεί το πρόβλημα του Weber που σκοπό έχει την ελαχιστοποίηση της συνολικής απόστασης.



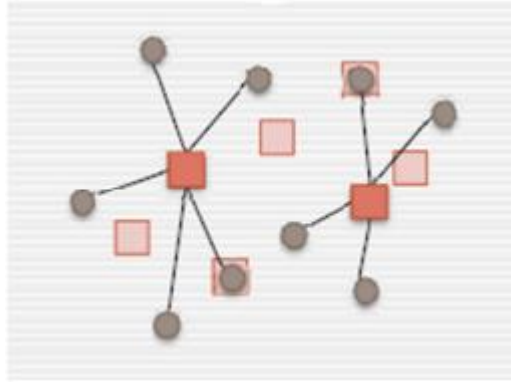
Εικόνα 2.3 Μορφολογία συνεχούς μοντέλου χωροθέτησης (Ιωάννης Χατζηγιάννης 2013)

Μοντέλα (network) δικτύου: Τα μοντέλα αυτά αποτελούνται από ένα δίκτυο γραμμών και κόμβων. Οι εγκαταστάσεις χωροθετούνται πάνω σε κόμβους ή κατά μήκος των γραμμών, και οι πελάτες πάνω μας κόμβους. Η μετακίνηση πελατών και εγκαταστάσεων μπορεί να γίνει μόνο μέσω των γραμμών.

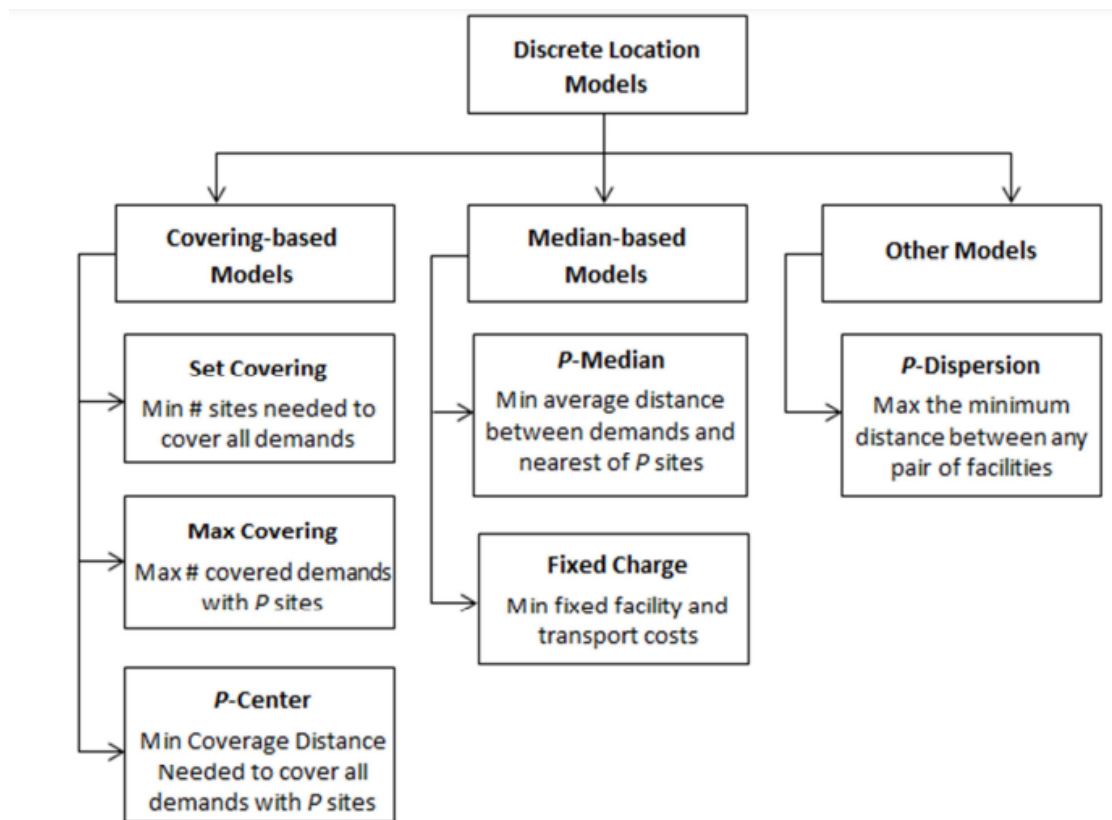


Εικόνα 2.4 Μορφολογία δικτυακού μοντέλου χωροθέτησης (Ιωάννης Χατζηγιάννης 2013)

Διακριτά (discrete) μοντέλα: Σ' αυτήν την περίπτωση βασική υπόθεση είναι ότι γνωρίζουμε τα υποψήφια σημεία χωροθέτησης. Επιλέγουμε κάποιες τοποθεσίες που θεωρούνται πιο κατάλληλες από ένα σύνολο λύσεων.



Εικόνα 2.5 Μορφολογία διακριτού μοντέλου χωροθέτησης (Ιωάννης Χατζηγιάννης 2013)



Εικόνα 2.6 Διάρθρωση διακριτών μοντέλων χωροθέτησης. (Daskin, 2008)

2.5 Το Πρόβλημα του Weber

Ένα από τα πρώτα μοντέλα χωροθέτησης όπως προαναφέρθηκε ήταν αυτό του Alfred Weber ο οποίος το 1909 ανέπτυξε την θεωρία της χωροθέτησης, εισάγοντας το πρώτο μοντέλο της θεωρίας χωροθέτησης σύμφωνα με το οποίο, κατά την χωροθέτηση ενός κέντρου διανομής στόχος είναι η ελαχιστοποίηση της απόστασης από τους πελάτες. Το μοντέλο αυτό ανήκει στα συνεχή προβλήματα χωροθέτησης. Ο Weber εισάγει τρεις βασικούς παράγοντες που επηρεάζουν την χωροθέτηση μιας αποθήκης:

Κόστος μεταφοράς

Κόστος εργατικού δυναμικού

Οικονομίες συγκέντρωσης

Στόχος του είναι η εύρεση του σημείου εκείνου με συντεταγμένες (x^*, y^*) που ελαχιστοποιεί το σύνολο των σταθμισμένων αποστάσεων μεταξύ αυτού και n σταθερών σημείων του επιπέδου με συντεταγμένες (a_i, b_i) .

2.6 Προβλήματα διαμέσων (p-Median)

Το πιο γνωστό μοντέλο σε αυτήν την κατηγορία προβλημάτων είναι το p-Median (Hakimi 1964, 1965) βασικός στόχος του οποίου είναι χωροθέτηση (p) εγκαταστάσεων έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται η συνολική σταθμισμένη σε σχέση με τη ζήτηση, απόσταση μεταξύ των κόμβων ζήτησης και των εγκαταστάσεων που έχουν ανατεθεί σε αυτούς. Αποτελεί μια προέκταση του προβλήματος Weber αφού βασικός στόχος είναι η ελαχιστοποίηση του κόστους μετακίνησης. Σύμφωνα με τον Jamshidi (2009) έχουν γίνει οι εξής παραδοχές πάνω στις οποίες στηρίζονται τα προβλήματα διαμέσων:

- Η σχέση μεταξύ κόστους και απόστασης είναι γραμμική.
- Το προϊόν της μεταφοράς βρίσκεται στις εγκαταστάσεις.
- Ο χρονικός ορίζοντας είναι άπειρος.
- Η δυναμικότητα των εγκαταστάσεων είναι απεριόριστη.

- Δεν υπάρχει αρχικό κόστος εγκατάστασης.
- Το πρόβλημα είναι εξωγενές.
- Οι εγκαταστάσεις για χωροθέτηση είναι ίδιου τύπου.
- Οι εγκαταστάσεις για χωροθέτηση είναι σταθερές.
- Η ζήτηση του κάθε σημείου είναι συνεχής και σταθερή.
- Το πρόβλημα είναι διακριτό

Η μορφοποίηση του παραπάνω προβλήματος σύμφωνα με τους ReVelle και Swain (1970) έχει ως εξής:

Σύνολα και Δείκτες

I : το σύνολο των σημείων ζήτησης — πελατών $i \in I$

J : το σύνολο των υποψηφίων σημείων χωροθέτησης εγκαταστάσεων $j \in J$

Μεταβλητές Απόφασης

$X_j = 1$ εάν μία εγκατάσταση χωροθετηθεί στο σημείο j

$X_j = 0$ εάν μία εγκατάσταση δεν χωροθετηθεί στο σημείο j

$y_{ij} = 1$ εάν η ζήτηση του πελάτη i ικανοποιείται από την εγκατάσταση j

$y_{ij} = 0$ εάν η ζήτηση του πελάτη i δεν ικανοποιείται από την εγκατάσταση j

Παράμετροι

p : ο αριθμός των εγκαταστάσεων (κέντρων εξυπηρέτησης)

h_i : η ζήτηση στο σημείο $i \in I$

d_{ij} : η απόσταση από το σημείο $i \in I$ στο σημείο $j \in J$

Αντικειμενική Συνάρτηση

$$\text{Min } z = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} h_i d_{ij} y_{ij} \quad (1)$$

Περιορισμοί

- $\sum_{j \in J} x_j = p \quad (2)$
- $\sum_{j \in J} y_{ij} = 1, \forall i \in I \quad (3)$
- $y_{ij} - x_j \leq 0, \forall i \in I, j \in J \quad (4)$
- $x_j \in \{0,1\}, \forall j \in J \quad (5)$
- $y_{ij} \in \{0,1\}, \forall i \in I, j \in J \quad (6)$

Η αντικειμενική συνάρτηση (1) ελαχιστοποιεί την συνολική απόσταση ως προς την ζήτηση. Ο περιορισμός (2) ορίζει τις ακριβείς εγκαταστάσεις p που πρόκειται να χωροθετηθούν. Σύμφωνα με τον περιορισμό (3) κάθε πελάτης θα πρέπει να αντιστοιχεί ακριβώς σε μία εγκατάσταση. Ο περιορισμός (4) δηλώνει ότι η ικανοποίηση των πελατών μπορεί να εξυπηρετηθεί αποκλειστικά από εγκαταστάσεις που έχουν χωροθετηθεί. Οι περιορισμοί (5) και (6) ορίζουν τις μεταβλητές απόφασης ως δυαδικές.

2.7 Το πρόβλημα κάλυψης (covering problem)

Βασικός στόχος στα προβλήματα χωροθέτησης είναι η ελαχιστοποίηση απόστασης - χρόνου του σημείου ζήτησης (πελάτη) από το κέντρο εγκατάστασης της αποθήκης. Για να μπορέσει να θεωρηθεί η παρεχόμενη υπηρεσία ικανοποιητική θα πρέπει το σημείο ζήτησης να βρίσκεται σε μια προκαθορισμένη απόσταση από το σημείο εξυπηρέτησης, διαφορετικά η παρεχόμενη υπηρεσία θεωρείται ανεπαρκής. Σαν παραδείγματα προβλημάτων επικάλυψης μπορούν να θεωρηθούν ο σχεδιασμός κυκλωμάτων μεταγωγής αλλά και οι εγκαταστάσεις που παρέχουν υπηρεσίες πρώτων βοηθειών.

Σύμφωνα με τον Daskin (1995) το μοντέλο κάλυψης διαχωρίζεται σε δύο επιμέρους μοντέλα:

- το μοντέλο συνόλου κάλυψης (Location Set Covering Model)
- το μοντέλο μέγιστης κάλυψης (Maximal Covering Location Model).

2.8 Μοντέλο συνόλου κάλυψης (Location Set Covering Model)

Σκοπός του προβλήματος αυτού είναι η ελαχιστοποίηση του κόστους της χωροθέτησης και του ελάχιστου αριθμού κέντρων εξυπηρέτησης με τέτοιο τρόπο ώστε να εξυπηρετείται κάθε σημείο ζήτησης. Σύμφωνα με μας Toregas et al. (1971) η μοντελοποίηση του συγκεκριμένου μοντέλου χωροθέτησης γίνεται:

Σύνολα και Δείκτες

I: το σύνολο των πελατών

$I \in I$

J: το σύνολο των υποψηφίων σημείων χωροθέτησης εγκαταστάσεων

$J \in J$

N_i : το σύνολο όλων των υποψήφιων σημείων χωροθέτησης που μπορούν να καλύψουν τη ζήτηση του σημείου i , όπου $N_i = \{j \in J: \{d_{ij} \leq D^C\}$

Παράμετροι

d_{ij} : η απόσταση μεταξύ του σημείου ζήτησης i και του υποψηφίου σημείου εγκατάστασης j

D^C : η απόσταση επικάλυψης (η μέγιστη απόσταση ανάμεσα στο σημείο i και στο j , ώστε η εξυπηρέτηση να κρίνεται επαρκής)

Μεταβλητές Απόφασης

$x_j = 1$ εάν η εγκατάσταση χωροθετηθεί στο σημείο j

$x_j = 0$ εάν η εγκατάσταση δεν χωροθετηθεί στο σημείο j

Αντικειμενική Συνάρτηση

$$\text{Min } z = \sum_{j \in J} x_j \quad (1)$$

Περιορισμοί

$$\sum_{j \in N_i} x_j \geq 1 \quad (2)$$

$$x_j \in \{0,1\}, \forall j \in J \quad (3)$$

Η αντικειμενική συνάρτηση (1) ελαχιστοποιεί το συνολικό κόστος με τέτοιο τρόπο ώστε να καλύπτεται το σύνολο των πελατών. Ο περιορισμός (2) ορίζει ότι κάθε σημείο πρέπει να καλύπτεται από ένα τουλάχιστον σημείο εγκατάστασης. Και ο περιορισμός (3) ορίζει την μεταβλητή απόφασης ως δυαδική. Το πρόβλημα συνόλου κάλυψης λύνεται συνήθως με μεθόδους ακέραιου προγραμματισμού.

2.9 Μοντέλο μέγιστης κάλυψης (Maximal Covering Location Model)

Το μοντέλο αυτό θεωρείται αντίστροφο του προηγούμενου μοντέλου (συνόλου κάλυψης). Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό όλα τα σημεία ζήτησης είναι απαραίτητο να καλυφθούν. Μεγιστοποιείται το σύνολο της ζήτησης που εξυπηρετείται από συγκεκριμένο αριθμό εγκαταστάσεων.

Το μοντέλο που προτείνουν οι Church και ReVelle (1974) για το μοντέλο μέγιστης επικάλυψης είναι το ακόλουθο:

Σύνολα και δείκτες

I: το σύνολο των σημείων ζήτησης

$i \in I$

J: το σύνολο των πιθανών σημείων χωροθέτησης των εγκαταστάσεων

$j \in J$

N_i : το σύνολο όλων των υποψήφίων σημείων χωροθέτησης που μπορούν να καλύψουν

τη ζήτηση του σημείου i , $N_i = \{ j \in J: d_{ij} \leq D^c \}$

Μεταβλητές Απόφασης

$y_i = 1$ εάν το σημείο ζήτησης i καλύπτεται

$y_i = 0$ εάν το σημείο ζήτησης i δεν καλύπτεται

Παράμετροι

w_i : η ζήτηση του πελάτη i , όπου $i \in I$ (μονάδες προϊόντος ανά μονάδα χρόνου)

p : ο αριθμός των εγκαταστάσεων μας χωροθέτηση

$a_{ij} = 1$, εάν η υποψήφια θέση j μπορεί να καλύψει τη ζήτηση του σημείου i

$a_{ij} = 0$, εάν η υποψήφια θέση j δεν μπορεί να καλύψει τη ζήτηση του σημείου i

Αντικειμενική Συνάρτηση

$$\text{Max } z = \sum_{i \in I} w_i y_i \quad (1)$$

Περιορισμοί

$$y_i \leq \sum_{j \in J} a_{ij} x_j, \quad \forall i \in I \quad (2)$$

$$\sum_{j \in J} x_j = p \quad (3)$$

$$y_i \in \{0,1\}, \quad \forall i \in I \quad (4)$$

$$x_j \in \{0,1\}, \quad \forall j \in J \quad (5)$$

Η αντικειμενική συνάρτηση (1) μεγιστοποιεί το σύνολο της ζήτησης που καλύπτεται. Ο περιορισμός (2) ορίζει ότι η θέση του πελάτη θεωρείται “καλυμμένη” μόνο όταν έχει χωροθετηθεί εγκατάσταση εντός της απόστασης επικάλυψης από αυτόν. Ο περιορισμός (3)

ορίζει ότι θα χωροθετηθούν ακριβώς p εγκαταστάσεις. Οι περιορισμοί (4) και (5) ορίζουν τις μεταβλητές απόφασης y_i και x_j ως δυαδικές.

2.10 Απλό πρόβλημα χωροθέτησης (Simple Location Problem — SLP)

Το απλό πρόβλημα χωροθέτησης ανήκει στην κατηγορία των διακριτών προβλημάτων χωροθέτησης. Στόχος του προβλήματος αυτού είναι η ελαχιστοποίηση οποιουδήποτε κόστους (κόστος χωροθέτησης εγκαταστάσεων και κόστη μετακίνησης πελατών στις εγκαταστάσεις)

Σύνολα και Δείκτες

I : το σύνολο των υποψηφίων σημείων χωροθέτησης κέντρων εξυπηρέτησης (εγκαταστάσεων)

$$I = \{1, 2, \dots, n\}$$

$$i \in I$$

J : το σύνολο των σημείων ζήτησης (πελατών) $J = \{1, 2, \dots, m\}$

$$j \in J$$

Μεταβλητές απόφασης

$y_i = 1$ αν χωροθετηθεί εγκατάσταση στο σημείο i

$y_i = 0$ αν δεν χωροθετηθεί εγκατάσταση στο σημείο i

$x_{ij} = 1$, εάν η εγκατάσταση στο σημείο i εξυπηρετεί τον πελάτη j

$x_{ij} = 0$, εάν η εγκατάσταση στο σημείο i δεν εξυπηρετεί τον πελάτη j

Παράμετροι

f_i : κόστος χωροθέτησης εγκατάστασης στην τοποθεσία i

c_{ij} : κόστος μετάβασης του πελάτη j στην τοποθεσία i

Αντικειμενική Συνάρτηση

$$\text{Min } z = \sum_{i \in I} f_i y_i + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} c_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

Περιορισμοί

$$\sum_{j \in J} x_{ij} = 1, \forall i \in I \quad (2)$$

$$x_{ij} \leq y_i, \forall i \in I, j \in J \quad (3)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}, \forall i \in I, j \in J \quad (4)$$

$$y_i \in \{0,1\}, \forall i \in I \quad (5)$$

Η αντικειμενική συνάρτηση (1) ελαχιστοποιεί το συνολικό κόστος δηλαδή το κόστος χωροθέτησης και το κόστος μετακίνησης κάθε πελάτη. Ο περιορισμός (2) εξασφαλίζει ότι κάθε πελάτης θα ανατεθεί σε μια εγκατάσταση. Ο περιορισμός (3) επιτρέπει από τον πελάτη την επιλογή των εγκαταστάσεων. Οι περιορισμοί (4) και (5) ορίζουν τις μεταβλητές απόφασης y_i και x_j ως δυαδικές.

2.11 Πρόβλημα χωροθέτησης — δρομολόγησης (Location Routing Problem — LRP)

Το LRP είναι εννοιολογικά πιο δύσκολο από το απλό πρόβλημα εγκατάστασης (SLP). Οι Perl και Daskin (1985) ορίζουν το πρόβλημα χωροθέτησης — δρομολόγησης ως εξής:

Η περιοχή του συνόλου των σημείων ζήτησης (πελατών) είναι γνωστή. Κάθε πελάτης αναθέεται σε μία τοπική εγκατάσταση η οποία ανά τακτά διαστήματα θα ικανοποιεί τη ζήτησή του. Η κάθε ζήτηση εκφράζεται σε μονάδες ενός αντιπροσωπευτικού προϊόντος.

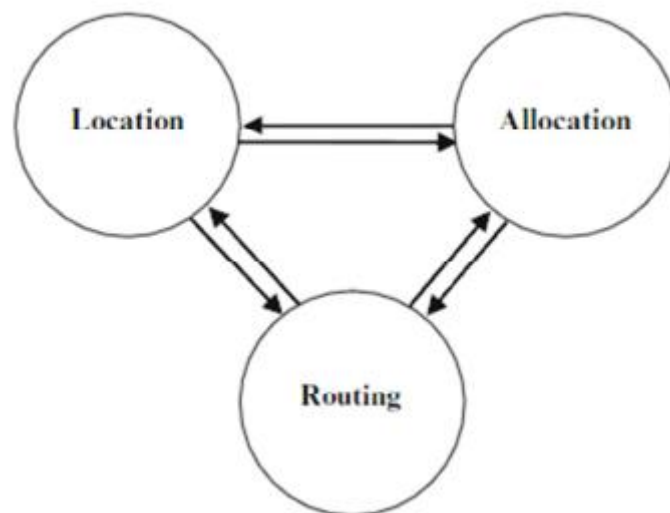
Τα πιθανά σημεία χωροθέτησης της εγκατάστασης είναι γνωστά. Κάθε πιθανό σημείο έχει σταθερό κόστος εγκατάστασης και ταυτόχρονα ένα γραμμικό μεταβλητό κόστος. Το κόστος μεταφοράς είναι γραμμικό σε σχέση με την ποσότητα που μεταφέρεται. Οι διανομές πραγματοποιούνται από οχήματα που ξεκινούν από τις εγκαταστάσεις και ακολουθούν διαδρομές που περιλαμβάνουν τα διάφορα σημεία ζήτησης. Ο μέγιστος αριθμός διαδρομών που μπορεί να εκτελέσει ο στόλος των οχημάτων είναι δεδομένος.

Το συνολικό κόστος μεταφοράς εξαρτάται από την απόσταση που διανύουν τα οχήματα του στόλου. Το πρόβλημα έχει να κάνει με τον καθορισμό του αριθμού, του μεγέθους και της θέσης των εγκαταστάσεων, την κατανομή των πελατών στις εγκαταστάσεις και των δρομολογίων, έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται το συνολικό κόστος μεταφοράς των προϊόντων και λειτουργίας των εγκαταστάσεων.

Το LRP είναι ένα πρόβλημα που αποτελείται από τρία βασικά στοιχεία που καθορίζουν τον σχεδιασμό μιας εφοδιαστικής αλυσίδας:

- A)** την χωροθέτηση των αποθηκών (facility location)
- B)** την ανάθεση ή την ταξινόμηση των πελατών στις εγκαταστάσεις (customer allocation)
- Γ)** το πρόβλημα δρομολόγησης του οχήματος (vehicle routing problem)

Η εικόνα αναπαριστά την σχέση μεταξύ των στοιχείων.



Εικόνα 2.7 Η αλληλεξάρτηση των 3 βασικών στοιχείων του LRP (Min et al., 1998)

Σύμφωνα με Perl και Daskin (1985) το LRP μοντελοποιείται ως εξής:

Σύνολα και Δείκτες

I: το σύνολο των πελατών

J: το σύνολο των υποψήφιων σημείων χωροθέτησης των εγκαταστάσεων

S: το σύνολο των προμηθευτών

K: το σύνολο των υποψήφιων οχημάτων

Μεταβλητές Απόφασης

$Z_{ijk} = 1$ εάν το όχημα k πηγαίνει κατευθείαν από τον κόμβο i στον κόμβο j

$Z_{ijk} = 0$ εάν το όχημα k δεν πηγαίνει κατευθείαν από τον κόμβο i στον κόμβο j

$Y_{ij} = 1$ εάν ο πελάτης i κατανέμεται στην εγκατάσταση j

$Y_{ij} = 0$ εάν ο πελάτης i δεν κατανέμεται στην εγκατάσταση j

$X_j = 1$ εάν μία εγκατάσταση χωροθετηθεί στον κόμβο j

$X_j = 0$ εάν μία εγκατάσταση δεν χωροθετηθεί στον κόμβο j

W_{sj} : η ποσότητα που μεταφέρεται από τον προμηθευτή s στην εγκατάσταση j

$$\forall s \in S, j \in J$$

Παράμετροι

d_{ij} : η απόσταση μεταξύ του κόμβου i και του κόμβου j, $\forall i \in I, j \in J$

v_j : το μεταβλητό κόστος για κάθε μονάδα προϊόντος που χειρίζεται η εγκατάσταση j
 $\forall j \in J$

t_j : η μέγιστη δυναμικότητα μιας εγκατάστασης j, $\forall j \in J$

c_{sj} : το μοναδιαίο κόστος μεταφοράς από τον προμηθευτή s στην εγκατάσταση j

$$\forall s \in S, j \in J$$

h_k : η χωρητικότητα του οχήματος k , $\forall k \in K$

q_i : η ζήτηση του πελάτη i , $\forall i \in I$

r_k : το μέγιστο επιτρεπόμενο μήκος μιας διαδρομής που εκτελεί το όχημα k , $\forall k \in K$

a_k : το κόστος ανά μονάδα απόστασης για τη διανομή του οχήματος k , $\forall k \in K$

f_j : το σταθερό κόστος χωροθέτησης (εγκατάστασης) μιας εγκατάστασης j , $\forall j \in J$

Αντικειμενική συνάρτηση

$$\text{Min } z = \sum_{j \in J} f_j x_j + \sum_{s \in S} \sum_{j \in J} c_{sj} w_{sj} + \sum_{j \in J} v_j \left(\sum_{i \in I} q_i Y_{ij} \right) + \sum_{k \in K} a_k \left(\sum_{j \in \{I \cup J\}} \sum_{i \in \{I \cup J\}} d_{ij} z_{ijk} \right) \quad (1)$$

Περιορισμοί

$$\sum_{k \in K} \sum_{i \in \{I \cup J\}} z_{ijk} = 1 \quad \forall i \in I \quad (2)$$

$$\sum q_i \left(\sum_{j \in \{I \cup J\}} z_{ijk} \right) \leq h_k \quad \forall k \in K \quad (3)$$

$$\sum_{j \in \{I \cup J\}} \sum_{i \in \{I \cup J\}} d_{ij} z_{ijk} \leq r_k \quad \forall k \in K \quad (4)$$

$$\sum_{j \in V} \sum_{j \in \bar{V}} \sum_{k \in K} z_{ijk} \geq 1 \quad \forall \text{ υποσύνολο } V \subset \{I \cup J\} \text{ ώστε } J \subset V \quad (5)$$

$$\sum_{j \in \{I \cup J\}} z_{ijk} - \sum_{j \in \{I \cup J\}} z_{ijk} = 0 \quad \forall i \in \{I \cup J\} \quad k \in K \quad (6)$$

$$\sum_{j \in J} \sum_{i \in I} z_{ijk} \leq 1 \quad \forall k \in K \quad (7)$$

$$\sum_{s \in S} w_{sj} - \sum_{i \in I} q_i Y_{ij} = 0 \quad \forall j \in J \quad (8)$$

$$\sum_{s \in S} w_{sj} - t_j x_j \leq 0 \quad \forall j \in J \quad (9)$$

$$\sum_{m \in \{I \cup J\}} z_{imk} + \sum_{h \in \{I \cup J\}} z_{jhk} - Y_{ij} \leq 1 \quad \forall i \in I, j \in J, k \in K \quad (10)$$

$$x_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in J \quad (11)$$

$$Y_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i \in I, j \in J \quad (12)$$

$$z_{ikj} \in \{0,1\} \quad \forall i, j \in \{I \cup J\}, k \in K \quad (13)$$

$$w_{sj} \geq 0 \quad \forall s \in S, j \in J \quad (14)$$

Η Αντικειμενική συνάρτηση (1) ελαχιστοποιεί το συνολικό άθροισμα του κόστους της εγκατάστασης, του κόστους μεταφοράς από τους προμηθευτές, του μεταβλητού κόστους διανομής στα σημεία ζήτησης και του μεταβλητού κόστους εγκατάστασης. Ο περιορισμός (2) ορίζει ότι κάθε πελάτης αντιστοιχεί σε μόνο μια διαδρομή και ταυτόχρονα προϋποθέτει ότι η ζήτηση δεν ξεπερνά την χωρητικότητα του οχήματος. Ο περιορισμός (3) εξασφαλίζει την χωρητικότητα του κάθε οχήματος. Σύμφωνα με τον περιορισμό (4) η συνολική απόσταση μιας διαδρομής δεν μπορεί να ξεπερνά την μέγιστη συνολική απόσταση. Ο περιορισμός (5) ορίζει ότι θα υπάρχει τουλάχιστον μία διαδρομή από οποιοδήποτε σύνολο V στο συμπλήρωμά του βγάζοντας εκτός διαδρομές που πηγαίνουν μόνο σε κόμβους σημείων ζήτησης. Ο περιορισμός (6) μας εξασφαλίζει ότι οποιαδήποτε διαδρομή εισέρχεται στον κόμβο i θα πρέπει να εξέρχεται από αυτόν. Σύμφωνα με τον περιορισμό (7) κάθε εγκατάσταση δεν μπορεί να καλύψει παραπάνω από μια διαδρομές. Ο περιορισμός (8) εξασφαλίζει ότι, οι εξερχόμενες ροές θα ισούνται με τις εισερχόμενες. Η σχέση (9) συνδέει τις μεταβλητές ροής με τις μεταβλητές χωροθέτησης. Πιο απλά, εάν μια εγκατάσταση δεν χωροθετηθεί, δεν υπάρχει ροή μέσα από αυτήν και εξαιτίας του περιορισμού (8) άρα δεν συμπεριλαμβάνεται η εκχώρηση του πελάτη σε αυτήν. Ο περιορισμός (10) εξασφαλίζει ότι ένας πελάτης εξυπηρετείται από μία εγκατάσταση μόνο όταν υπάρχει διαθέσιμη διαδρομή που να ξεκινά από την εγκατάσταση. Οι μεταβλητές δρομολόγησης (Z_{ikj}) συνδέονται με αυτόν τον τρόπο με τις μεταβλητές κατανομής (Y_{ij}). Οι περιορισμοί (11,12,13) ορίζουν τις μεταβλητές X_j , Y_{ij} , Z_{ikj} ως μη δυαδικές. Ο περιορισμός (14) ορίζει ως μη αρνητική την μεταβλητή W_{sj} .

Κεφάλαιο 3. Προτεινόμενη Μεθοδολογία

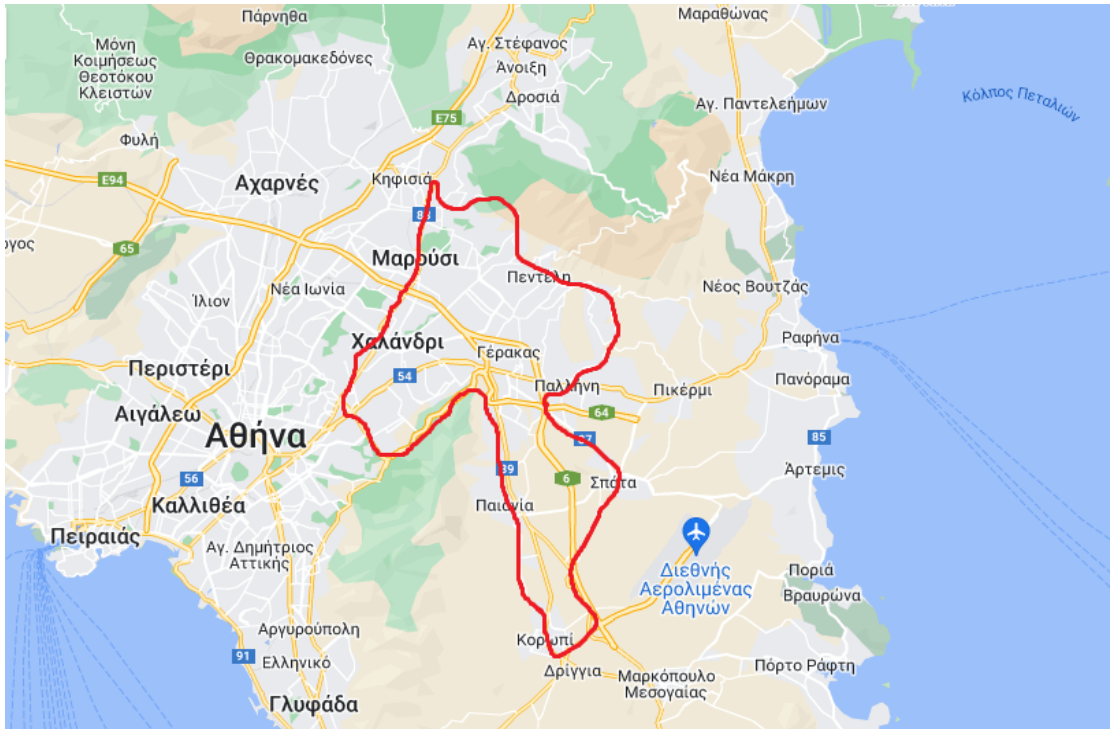
Η μεθοδολογία που προτείνεται αφορά τα αστικά logistics. Μας αναφέρθηκε και προηγουμένως ότι το LRP είναι ένα πρόβλημα που αποτελείται από τρία υποπροβλήματα. Την ταξινόμηση των σημείων ζήτησης (πελατών) σε αποθήκες, την θέση των αποθηκών και το πρόβλημα μας δρομολόγησης οχημάτων.

Τελικός στόχος του προβλήματος τοποθεσίας είναι η εύρεση του αριθμού των αποθηκών και οι πιθανές υποψήφιες τοποθεσίες προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί το κόστος. Προτείνεται μια μέθοδος Monte Carlo έτσι ώστε να έχουμε μια προκατειλημμένη τυχαιοποίηση των πελατών. Και χρήση ευρετικών αλγορίθμων με OR-tools.

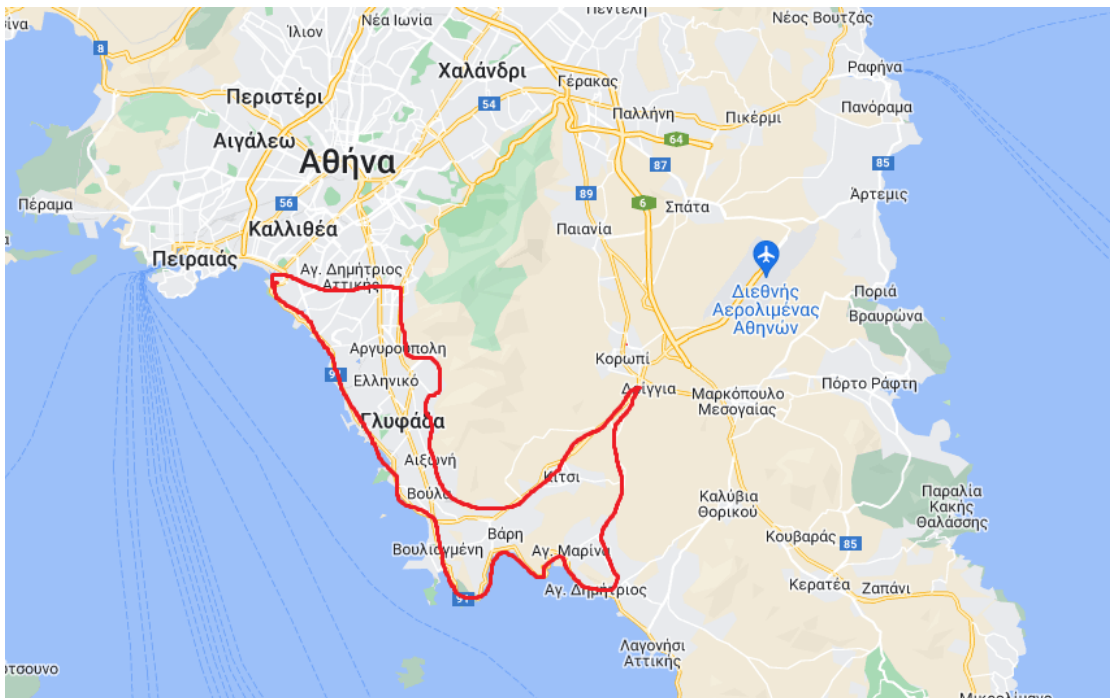
Η ευρετική διαδικασία για την θέση των αποθηκών ή της αποθήκης αναλύεται ως εξής: αρχικά λαμβάνεται το κέντρο μάζας πελατών λαμβάνοντας υπόψιν τις απαιτήσεις μας. Στη συνέχεια οι περιοχές που κατανέμονται οι πελάτες χωρίζονται σε υποπεριοχές (αυτό μπορεί να γίνει είτε χωρίζοντας τις υποπεριοχές σε δημοτικές ενότητες ή χωρίζοντας αυτές σχετικά με τον ταχυδρομικό κώδικα) . Στη συνέχεια εντοπίζονται οι πιθανές θέσεις των αποθηκών οι οποίες πληρούν τα κριτήρια σε περίπτωση πιθανής εγκατάστασης.

Μόλις ληφθεί η απόφαση για τις υποψήφιες θέσεις των αποθηκών το πρόβλημα μετατρέπεται σε πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων.

Στην περίπτωση μας γίνεται μια προσπάθεια για να εντοπιστεί η όσο το δυνατόν καλύτερη τοποθεσία για την εγκατάσταση εταιρίας e-commerce που θα απευθύνεται σε πελάτες που κατοικούν σε περιοχές βορείων , νοτίων προαστίων αλλά και κάποιες περιοχές της ανατολικής αττικής. Έχουν εντοπιστεί 3 πιθανές τοποθεσίες που τηρούν τα κριτήρια για την εγκατάσταση της επιχείρησης. Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας την μέθοδο Monte Carlo γίνεται μια τυχαία ομαδοποίηση των υποψήφιων πελατών.



Εικόνα 3.1 Περιοχή εξυπηρέτησης Βορείων Προαστίων και Ανατολικής Αττικής (google maps)



Εικόνα 3.2 Περιοχή εξυπηρέτησης νοτίων προαστίων (google maps)

Κεφάλαιο 4. Δημιουργία συντεταγμένων και δρομολόγηση

4.1 Δημιουργία συντεταγμένων

Αρχικά γίνεται επιλογή των διευθύνσεων για τα βόρεια και στη συνέχεια για τα νότια προάστια μέσα από την μέθοδο Monte Carlo. Οι τυχαίοι αριθμοί που παράχθηκαν αντιστοιχούν στις διευθύνσεις των υποψήφιων πελατών.

Πίνακας 4.1 Συντεταγμένες για τα Νότια Προάστια

1^η ημέρα συντεταγμένες (X, Y)	
37.83842	23.780322
37.92481	23.758128
37.93108	23.698465
37.84894	23.777346
37.89892	23.768000
37.92533	23.707338
37.89792	23.764364
37.88798	23.773443
37.90782	23.758222
37.89877	23.77278
2^η ημέρα συντεταγμένες (X, Y)	
37.8937	23.752326
37.91706	23.721744
37.87299	23.769801
37.88673	23.758366
37.93165	23.709270
37.82137	23.785023
37.92185	23.754596
37.92457	23.699122
37.86244	23.767693
37.91605	23.711155
3^η ημέρα συντεταγμένες (X, Y)	
37.88950	23.745238
37.88850	23.751827
37.92912	23.697152
37.92044	23.717087
37.86850	23.754523
37.81759	23.797586
37.91449	23.717875
37.91673	23.752914

37.83798	23.774775
37.81855	23.781826
4^η ημέρα συντεταγμένες (X, Y)	
37.82099	23.799929
37.83249	23.818358
37.81493	23.798053
37.82748	23.805090
37.92257	23.753979
37.91666	23.713495
37.92341	23.726150
37.92136	23.700435
37.89877	23.772773
37.83416	23.801421
5^η ημέρα συντεταγμένες (X, Y)	
37.83090	23.778831
37.89081	23.744377
37.93053	23.719925
37.90611	23.728226
37.92175	23.731691
37.91936	23.728918
37.91000	23.743858
37.93499	23.710717
37.82129	23.799715
37.91168	23.755321
6^η ημέρα συντεταγμένες (X, Y)	
37.92115	23.748627
37.92840	23.694557
37.83680	23.815464
37.93059	23.698105
37.91051	23.756017
37.89054	23.757879
37.87876	23.750928
37.82800	23.777401
37.91077	23.756053
37.82143	23.798924
7^η ημέρα συντεταγμένες (X, Y)	
37.93053	23.719955
37.92072	23.740619
37.92739	23.696000
37.87288	23.774081
37.92311	23.756708
37.91897	23.728805
37.91245	23.738811
37.86865	23.746886
37.91670	23.753408
37.83752	23.812248
8^η ημέρα συντεταγμένες (X, Y)	
37.86388	23.76312

37.82323	23.779507
37.90549	23.731085
37.92353	23.707142
37.93174	23.693395
37.82435	23.784185
37.92285	23.747751
37.86378	23.757939
37.82200	23.782958
37.87365	23.772228
9^η ημέρα συντεταγμένες (X, Y)	
37.91613	23.753585
37.91664	23.728537
37.92236	23.701503
37.91585	23.747065
37.89420	23.750992
37.91762	23.725243
37.90526	23.739202
37.92767	23.723436
37.84805	23.782920
37.91217	23.727865
10^η ημέρα συντεταγμένες (X, Y)	
37.92525	23.725785
37.92133	23.734794
37.86675	23.751391
37.83441	23.784914
37.92452	23.728519
37.86457	23.752415
37.92313	23.758022
37.84563	23.780623
37.91208	23.750858
37.82191	23.782546

Πίνακας 4.2 Συντεταγμένες για το Βόρεια Προάστια και Ανατολική Αττική

1^η ημέρα συντεταγμένες (X, Y)	
38.006256	23.817317
37.990114	23.795290
37.995295	23.806535
38.004503	23.783733
38.046482	23.771764
38.051549	23.810491
38.087928	23.804497
38.064758	23.845762
38.031135	23.840252
38.056733	23.858806

2^η ημέρα συντεταγμένες (X, Y)	
38.008029	23.829564
38.042117	23.76767
38.020232	23.772427
38.004066	23.777730
37.996833	23.798151
38.088875	23.823179
38.055791	23.834534
38.042310	23.844062
38.000603	23.875535
38.051049	23.84317
3^η ημέρα συντεταγμένες (X, Y)	
37.995434	23.804642
37.982647	23.792641
37.997482	23.773071
38.004964	23.778355
38.027887	23.778339
38.048681	23.773643
38.056062	23.794470
38.068996	23.822259
38.087814	23.803775
38.059084	23.861674
4^η ημέρα συντεταγμένες (X, Y)	
38.077123	23.831310
38.060768	23.855149
38.038906	23.810347
38.025194	23.825982
38.023577	23.799541
38.000572	23.800143
38.077224	23.805793
38.046931	23.784901
37.987060	23.793650
38.019847	23.778431
5^η ημέρα συντεταγμένες (X, Y)	
37.987702	23.797189
37.996372	23.807334
38.005100	23.821139
38.018842	23.768012
38.040864	23.773116
38.050079	23.789631
38.067118	23.803437

38.083433	23.812074
38.045786	23.865724
37.988978	23.848396
6^η ημέρα συντεταγμένες (X, Y)	
38.080801	23.81762
38.074635	23.795075
38.018194	23.771944
37.983811	23.790245
38.002214	23.780000
38.012562	23.851818
38.009582	23.836899
37.991790	23.845630
37.896254	23.874219
38.047570	23.795943
7^η ημέρα συντεταγμένες (X, Y)	
38.052868	23.858774
38.080637	23.817552
38.093180	23.816223
38.106155	23.823552
38.004024	23.779534
38.003444	23.767148
37.989105	23.798551
37.995053	23.805244
37.999798	23.849470
38.004524	23.859798
8^η ημέρα συντεταγμένες (X, Y)	
37.903436	23.874938
37.961521	23.851631
37.991852	23.845327
37.964666	23.908471
38.005443	23.875820
38.035496	23.839324
38.043991	23.838069
38.050812	23.828172
38.050433	23.813450
38.024471	23.812755
9^η ημέρα συντεταγμένες (X, Y)	
38.006701	23.806108
38.007530	23.805562
38.046843	23.775313
38.053863	23.796231

38.072437	23.819238
38.064732	23.838914
38.059221	23.840525
38.00847	23.832197
37.984981	23.850122
37.958130	23.851317
10^η ημέρα συντεταγμένες (X, Y)	
37.996769	23.790744
38.004182	23.777385
38.005630	23.771276
38.006906	23.768591
38.018843	23.768297
38.048733	23.761177
38.051311	23.811390
38.061127	23.847365
38.014960	23.827402
37.994096	23.844930

4.2 Αποτελέσματα δρομολόγησης

Τα αποτελέσματα προέκυψαν από την χρήση ευρετικών αλγορίθμων που χρησιμοποιούν OR-tools.

1^ο Σενάριο – Περιοχή εξυπηρέτησης Βόρεια Προάστια — Ανατολική Αττική και χωροθέτηση εγκατάστασης ΧΜ7Μ+8G Αγ. Ιωάννης Ρέντης

Πίνακας 4.3 Αποτελέσματα πρώτου σεναρίου

	1 ^η ημέρα	2 ^η ημέρα	3 ^η ημέρα	4 ^η ημέρα	5 ^η ημέρα	6 ^η ημέρα	7 ^η ημέρα	8 ^η ημέρα	9 ^η ημέρα	10 ^η ημέρα
Συνολική απόσταση/ημέρα (Km)	82	88.3	82.5	84.4	144.1	111.1	70.8	96.1	90.5	65.6
Συνολικός χρόνος/ημέρα (min)	143	120	143	140	131	159	128	135	137	139

Συνολικά χιλιόμετρα για 10 ημέρες = 915,4 Km

Συνολικός χρόνος για 10 ημέρες = 1375 min

Μέσος όρος ημερήσιας απόστασης = 91,54 Km

Μέσος χρόνος για 10 ημέρες = 137,5 min

2^ο Σενάριο – Περιοχή εξυπηρέτησης Βόρεια Προάστια — Ανατολική Αττική και χωροθέτηση εγκατάστασης: Βιολέτας — Πρώην Αριστοτέλους, Κρωπία 194 00

Πίνακας 4.4 Αποτελέσματα δεύτερου σεναρίου

	1 ^η ημέρα	2 ^η ημέρα	3 ^η ημέρα	4 ^η ημέρα	5 ^η ημέρα	6 ^η ημέρα	7 ^η ημέρα	8 ^η ημέρα	9 ^η ημέρα	10 ^η ημέρα
Συνολική απόσταση/ημέρα (Km)	75,6	73,3	73,8	79	69,3	76,6	68,3	55,2	58,5	74,3
Συνολικός χρόνος/ ημέρα (min)	129	134	138	139	131	130	129	99	115	133

Συνολικά χιλιόμετρα για 10 ημέρες = 703,9 Km

Συνολικός χρόνος για 10 ημέρες = 1277 min

Μέσος όρος ημερήσιας απόστασης = 70,30 Km

Μέσος χρόνος για 10 ημέρες = 127,7 min

3^ο Σενάριο – Περιοχή εξυπηρέτησης Βόρεια Προάστια και χωροθέτηση εγκατάστασης: 3QG2+H83 Αχαρνές

Πίνακας 4.5 Αποτελέσματα τρίτου σεναρίου

	1 ^η ημέρα	2 ^η ημέρα	3 ^η ημέρα	4 ^η ημέρα	5 ^η ημέρα	6 ^η ημέρα	7 ^η ημέρα	8 ^η ημέρα	9 ^η ημέρα	10 ^η ημέρα
Συνολική απόσταση/ημέρα (Km)	60,3	61,2	62,5	65,8	68	74,4	65,8	71,5	60,5	66,5
Συνολικός χρόνος/ ημέρα (min)	111	120	122	120	125	138	111	116	118	122

Συνολικά χιλιόμετρα για 10 ημέρες = 656,5 Km

Συνολικός χρόνος για 10 ημέρες = 1203 min

Μέσος όρος ημερήσιας απόστασης = 65,65 Km

Μέσος χρόνος για 10 ημέρες = 120,3 min

**4^ο Σενάριο – Περιοχή εξυπηρέτησης Νότια Προάστια και χωροθέτηση εγκατάστασης:
ΧΜ7Μ+8G Αγ. Ιωάννης Ρέντης**

Πίνακας 4.6 Αποτελέσματα τέταρτου σεναρίου

	1 ^η ημέρα	2 ^η ημέρα	3 ^η ημέρα	4 ^η ημέρα	5 ^η ημέρα	6 ^η ημέρα	7 ^η ημέρα	8 ^η ημέρα	9 ^η ημέρα	10 ^η ημέρα
Συνολική απόσταση/ημέρα (Km)	51,1	57,1	59,5	63,8	58,2	59	62	56	51	60,4
Συνολικός χρόνος/ ημέρα (min)	113	108	112	116	117	114	121	103	100	118

Συνολικά χιλιόμετρα για 10 ημέρες = 578,1 Km

Συνολικός χρόνος για 10 ημέρες = 1122 min

Μέσος όρος ημερήσιας απόστασης = 57,81 Km

Μέσος χρόνος για 10 ημέρες = 112,2 min

**5^ο Σενάριο – Περιοχή εξυπηρέτησης Νότια Προάστια και χωροθέτηση εγκατάστασης
3QG2+H83 Αχαρνές**

Πίνακας 4.7 Αποτελέσματα πέμπτου σεναρίου

	1 ^η ημέρα	2 ^η ημέρα	3 ^η ημέρα	4 ^η ημέρα	5 ^η ημέρα	6 ^η ημέρα	7 ^η ημέρα	8 ^η ημέρα	9 ^η ημέρα	10 ^η ημέρα
Συνολική απόσταση/ημέρα (Km)	81	86,5	88,3	95,7	90,6	92,3	94,4	90,9	79,7	99,4
Συνολικός χρόνος/ ημέρα (min)	125	127	131	134	132	132	135	126	120	130

Συνολικά χιλιόμετρα για 10 ημέρες = 898,8 Km

Συνολικός χρόνος για 10 ημέρες = 1292 min

Μέσος όρος ημερήσιας απόστασης = 89,88 Km

Μέσος χρόνος για 10 ημέρες = 129,2 min

**6° Σενάριο – Περιοχή εξυπηρέτησης Νότια Προάστια και χωροθέτηση εγκατάστασης:
Βιολέτας – Πρώην Αριστοτέλους, Κρωπία 194 00**

Πίνακας 4.8 Αποτελέσματα έκτου σεναρίου

	1 ^η ημέρα	2 ^η ημέρα	3 ^η ημέρα	4 ^η ημέρα	5 ^η ημέρα	6 ^η ημέρα	7 ^η ημέρα	8 ^η ημέρα	9 ^η ημέρα	10 ^η ημέρα
Συνολική απόσταση/ημέρα (Km)	73,2	70,5	71	76,5	70,4	73,7	76,6	75,4	70	74
Συνολικός χρόνος/ ημέρα (min)	132	126	133	128	128	130	129	127	121	121

Συνολικά χιλιόμετρα για 10 ημέρες = 731,3 Km

Συνολικός χρόνος για 10 ημέρες = 1275 min

Μέσος όρος ημερήσιας απόστασης = 73,13 Km

Μέσος χρόνος για 10 ημέρες = 127,5 min

Κεφάλαιο 5. Συμπεράσματα

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των τριών σεναρίων που αφορούν τα Βόρεια Προάστια και περιοχές της Ανατολικής Αττικής καλύτερο σημείο για την χωροθέτηση της εγκατάστασης αποτελούν οι Αχαρνές (65,65Km – 120,3 min) αλλά και η τοποθεσία στο Κορωπί (70Km-127,7) καθώς μέσα από την δρομολόγηση προκύπτει πως τόσο ο μέσος όρος των χιλιομέτρων αλλά και ο χρόνος είναι σχεδόν ίδιοι. Ενώ σύμφωνα με τα αποτελέσματα η περίπτωση του Ρέντη δεν προκρίνεται .

Από την άλλη σε ότι αφορά τα τρία σενάρια των Νοτίων Προαστίων από τα αποτελέσματα που προέκυψαν η τοποθεσία του Ρέντη φαίνεται να είναι καλύτερη (57,8Km-112min) μαζί με αυτή στο Κορωπί καθώς η διαφορές είναι μικρές (73,1Km- 127min) . Οι Αχαρνές (89,88Km-129min) αποκλείονται καθώς έχουν μεγάλη διαφορά με τις άλλες δύο τοποθεσίες.

Για τους λόγους αυτούς προκρίνεται ως καλύτερη τοποθεσία για την εγκατάσταση της επιχείρησης το Κορωπί καθώς τόσο για τα Βόρεια όσο και για τα Νότια προάστια οι χρόνοι εξυπηρέτησης είναι καλύτεροι από το Ρέντη και τις Αχαρνές.

Το LRP είναι ένα συνδυαστικό πρόβλημα βελτιστοποίησης με σχετικές εφαρμογές για την κυκλοφοριακή συμφόρηση εντός αστικού ιστού. Η προσέγγιση που παρουσιάζεται στην παρούσα εργασία εξέτασε με αρκετά ολοκληρωμένο τρόπο τα προβλήματα χωροθέτησης κέντρων διανομής σε αστικές περιοχές, τη διάσταση και την αντίστοιχη κατανομή εμπορευμάτων. Για να λύσουμε αυτό το πρόβλημα, έχουμε προτείνει μια προσέγγιση βελτιστοποίησης προσομοίωσης που χρησιμοποιεί μέθοδο Monte Carlo για να προσθέσει μεροληπτική τυχαία συμπεριφορά σε διαφορετικές ευρετικές διαδικασίες προκειμένου να αναζητηθεί αποτελεσματικά μια σχεδόν βέλτιστη λύση. Σύμφωνα με τα ληφθέντα αποτελέσματα, ο αλγόριθμός μας που βασίζεται στην προσομοίωση φαίνεται να αποδίδει αρκετά καλά σε σενάρια μικρού μεγέθους .

Το LRP είναι πρόβλημα το οποίο για αστικές περιοχές θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την αποσυμφόρηση της κυκλοφορίας , καθώς και για την μείωση των εκπομπών του άνθρακα.

Για περαιτέρω έρευνα προκύπτουν ενδιαφέρουσες ευκαιρίες όταν εξετάζονται άλλες λειτουργίες σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Βιβλιογραφία

- [1] Andrés Muñoz-Villamizar Jairo R. Montoya-Torres , Angel A. Juan José Cáceres-Cruz (2013). *A simulation-based algorithm for the integrated location and routing problem in urban logistics*. In Proceedings of the 2013 Winter Simulation Conference.
- [2] Ballou, R. (2004) *Business logistics/Supply chain management*. 5th edition. Pearson Prentice Hall.
- [3] Church, R. and ReVelle, C. (1974) *The maximal covering location problem*. Papers in Regional Science Association, 32(1), p. 101-118.
- [4] ReVelle, C. Eiselt, H and Daskin, M. (2008) *A bibliography for some fundamental problem categories in discrete location science*. European Journal of Operational Research, 184(3), p. 817- 848
- [5] Toregas, C. Swain, R. ReVelle, C and Bergman, L (1971) *The location of emergency service facilities*. Operations Research, 19(6), p. 1363-1373.
- [6] Daskin, M. (1995) *Network and discrete location: models, algorithms, and applications*. New York, Wiley Interscience.
- [7] Daskin, M. (2008) *What you should know about location modeling*. Naval Research Logistics, 55(4), p. 283-294.
- [8] Francis, R. and White, J. (1974) *Facility layout and location: an analytical approach*. Englewood Cliffs, Prentice Hall.
- [9] Farahani, Reza Z. and Hekmatfar, Masoud (2009) *Facility location: concepts, models, algorithms and case studies*. Heidelberg.
- [10] Frazzon, E. , Rodriguez, C. , Pereira, M., Pires, M. and Uhlmann, I. (2019) *Towards Supply Chain Management 4.0*, Brazilian Journal of Operations & Production Management, 180–191.
- [11] Guyon, O. Absi, N. Feillet, D and Garaix, T (2012). *A Modeling Approach for Locating Logistics Platforms for Fast Parcel Delivery in Urban Areas*. Procedia — Social and Behavioral Sciences 360– 368.
- [12] Ghiani, G. Laporte, G. Musmanno, R. (2004) *Introduction to logistics systems planning and control*. Chichester, John Wiley & Sons.
- [13] Hakimi, S. (1964) *Optimum locations of switching centers and the absolute centers and medians of a graph*. Operations Research, 12(3), p. 450-459

- [14] Hakimi, S. (1965) *Optimum distribution of switching centers in a communication network and some related graph theoretic problems*. *Operations Research*, 13(3), p. 462-75.
- [15] Min, H. Jayaraman, V. Srivastava, R. (1998) *Combined location-routing problems: a synthesis and future research directions*. *European Journal of Operational Research*, 108(1), p. 1-15.
- [16] Hayter, R. (1997) *The dynamics of industrial location*. Hoboken, John Wiley & Sons.
- [17] Jamshidi, Masoomeh (2009) Median location problem. In: Farahani, Reza Z. and Hekmatfar, Masoud (eds) *Facility location: concepts, models, algorithms and case studies*. Heidelberg, Physica-Verlag, p. 177-191
- [18] Montoya-Torres, J.R., G. Marquès, and P. Burlat. (2012). *A conceptual framework for location, sizing and operation of urban distribution centers with sustainable performance metrics*. In Proceedings of the 4th International Conference on Information Systems, Logistics and Supply Chain, Québec, Canada, August 26-29
- [19] McKinsey & Company (2016) *Supply Chain 4.0 – the next-generation digital supply chain*, 27/October/2016. [<https://www.mckinsey.com/businessfunctions/operations/our-insights/supply-chain-40—the-next-generation-digital-supply-chain#> ανακτήθηκε 25/04/2022]
- [20] Nemoto T. (1997). *Area-wide Inter-carrier Consolidation of Freight in Urban Areas*. *Transport Logistics* 87–103.
- [21] Perl, J. and Daskin, M. (1985) *A warehouse location-routing problem*. *Transportation Research Part B: Methodological*, 19(5), p. 381-396.
- [22] ReVelle, C. and Swain, R. (1970) *Central facilities location*. *Geographical Analysis*, 2(1), p. 30-42.
- [23] Sarkis, J. and Sundarraj, R. (2002) *Hub location at digital equipment corporation: a comprehensive analysis of qualitative and quantitative factors*. *European Journal of Operational Research*, 137(2), p. 336-347.
- [24] Snyder, L. (2006) *Facility location under uncertainty: a review*. *IIE Transactions*, 38(7), p. 537-554.
- [25] Snyder, L. (2010) *Introduction to facility location*. Cited in: Cochran, J. (2010) *Wiley Encyclopedia of Operations Research and Management Science*. John Wiley & Sons.
- [26] supplychain.gr (2022) [<https://www.supplychain.gr> ανακτήθηκε 25/04/2022]

- [27] Taniguchi, E., M. Noritake, T. Yamada, and T. Izumitani. (1999). *Optimal Size and Location Planning of Public Logistics Terminals*. Transportation Research, Part E, 207–222.
- [28] Taniguchi, R.G. Thompson, T. Yamada, and J.H.R. van Duin (2001). *City Logistics: Network Modelling and Intelligent Transport Systems*. Pergamon, Amsterdam
- [29] Tafazzoli, Sajedah and Mozafari, Marzieh (2009) *Classification of location models and location softwares*. In: Farahani, Reza Z. and Hekmatfar, Masoud (eds) Facility location: concepts, models, algorithms and case studies. Heidelberg, Physica-Verlag, p. 505-521.
- [30] Yang, D., and M. Odani. (2006). *Analysis on Movement of Profit for the Partner Companies in Jointdelivery System*. Proceedings of Infrastructure Planning 33:327.
- [31] Αθανάσιος Παντόπουλος (2021) Διπλωματική Εργασία, *Μοντέλα βελτιστοποίηση για χερσαίες μεταφορές και εφοδιαστικές αλυσίδες με το λογισμικό εφαρμογών girobi rython interface σε jupyter notebooks*, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- [32] Μενγκέζι Γκένα (2020) Διπλωματική Εργασία, *Εφοδιαστική αλυσίδα και τεχνολογίες Industry 4.0*, Τμήμα Βιομηχανικής Διοίκησης και Τεχνολογίας, Πανεπιστήμιο Πειραιώς
- [33] Χατζηγιάννης Ιωάννης (2013) Διπλωματική Εργασία, *Μοντέλα χωροθέτησης εγκαταστάσεων στα πλαίσια εφοδιαστικών αλυσίδων: ανάλυση και εφαρμογή*, Τμήμα Οικονομικών Επιστημών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

