

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΑ ΚΑΛΥΨΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ**

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΣΠΟΥΔΑΣΤΩΝ:

ΒΕΡΟΝΙΚΑ ΤΙΟΥΦΕΚΣΙΑΝ

ΙΩΑΝΝΑ ΛΟΥΚΑ

ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ ΨΑΡΡΑΣ

ΕΠΟΠΤΕΥΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΜΙΧΟΠΟΥΛΟΥ ΜΑΡΙΑ

ΠΑΤΡΑ, 2015

Πίνακας περιεχομένων

Πίνακας περιεχομένων	ii
Περίληψη	iv
Executive Summary.....	v
Κεφάλαιο 1 – Εισαγωγή.....	1
Κεφάλαιο 2: Μοντέλα Επιχειρησιακής Έρευνας για την κάλυψη ζήτησης σε υπηρεσίες και οχήματα έκτακτης ανάγκης	4
2.1 Ιστορικό και ανάλυση της προβληματικής κάλυψης ζήτησης σε υπηρεσίες και οχήματα έκτακτης ανάγκης	4
2.2 Περιγραφή των Συστημάτων κάλυψης ζήτησης σε περιπτώσεις εκτάκτων αναγκών για οχήματα και υπηρεσίες	5
2.3 Ανάλυση του μοντέλου κάλυψης ζήτησης σε περιπτώσεις εκτάκτων αναγκών για οχήματα και υπηρεσίες	7
2.3.1 Δόμηση της Διακριτότητας του μοντέλου και διαίρεση του σε ζώνες.....	8
2.3.2 Μοντέλα εκτίμησης ταξιδιού για Πυροσβεστικά και Οχήματα Πρώτων Βοηθειών	10
2.3.3 Μοντελοποίηση στοιχείων κάλυψης ζήτησης σε πυροσβεστικά οχήματα και οχήματα πρώτων βοηθειών και πρόβλεψη.	11
2.3.4 Εγκυρότητα του Μοντέλου	12
2.4 Οι εκθέσεις της RAND	13
2.5 Μοντέλα Προσομοίωσης σε Υπολογιστή	14
2.6 Αναλυτικά Μοντέλα Σχεδιασμού	15
2.6.1 Στατικά ή μονοστοχικά μοντέλα.....	15
2.6.2 Μοντέλα που Ενσωματώνουν Πολλαπλούς Στόχους ή δυναμικά μοντέλα.....	18
2.6.3 Μαθηματικά Προγραμματιστικά Μοντέλα που Περιλαμβάνουν Εφεδρική Κάλυψη (Back-up) σε Οχήματα και Οχήματα σε Κατάσταση Απασχόλησης – Πιθανολογικά Μοντέλα.....	19
2.6.4 Μοντέλα που Περιλαμβάνουν Πολλαπλούς Τύπους Οχημάτων και Πολλαπλά Οχήματα ανά Κλήση	22
2.7 Μοντέλα Τυχαίων Παραμέτρων	24
2.7.1 Υπερκύβος.....	24
2.7.2 Προσεγγίσεις Ουράς Αναμονής.....	26
2.8 Δυναμικά Μοντέλα Πραγματικού χρόνου.....	27
2.8.1 Δυναμική Επανατοποθέτηση.....	27
2.8.2 Αποστολή Οχημάτων σε πραγματικό χρόνο.....	28
2.9 Εφαρμογές και συστήματα λογισμικού.....	29

2.10 Προτάσεις για το μέλλον	32
Κεφάλαιο 3: Μοντέλα Επιχειρησιακής Έρευνας για Σταθερές Εγκαταστάσεις Επιχειρήσεων	34
3.1 Εισαγωγή.....	34
3.2 Το πρόβλημα της εξεύρεσης της σωστής εγκατάστασης.....	35
3.3 Στατικά και ντετερμινιστικά μοντέλα τοποθεσίας	37
3.3.1 Προβλήματα P - Διάμεσου.....	37
3.3.2 Προβλήματα Κάλυψης.....	38
3.3.3 Προβλήματα Κέντρου	41
3.3.4 Επιπλέον στατικά μοντέλα.....	41
3.4 Δυναμικά μοντέλα τοποθεσίας	43
3.4.1 Δυναμικά μοντέλα μονής τοποθεσίας εγκατάστασης	44
3.4.2 Δυναμικά μοντέλα εγκατάστασης πολλαπλών τοποθεσιών εγκαταστάσεων	45
3.4.3 Εναλλακτικά δυναμικά μοντέλα τοποθεσίας	47
3.5 Στοχαστικά προβλήματα τοποθεσίας.....	48
3.5.1 Πιθανολογικά μοντέλα	49
3.5.1.1 Μοντέλα τυπικής διαδικασίας προγραμματισμού	49
3.5.1.2 Μοντέλα ουράς αναμονής.....	52
3.5.2 Μοντέλα Σχεδιασμού Σεναρίων	55
3.6 Συμπεράσματα.....	58
Κεφάλαιο 4: Εξειδικευμένα Μοντέλα Κάλυψης Ζήτησης	59
4.1 Εισαγωγή.....	59
4.2 Μοντέλα κάλυψης θέσης για αεροδρόμια	59
4.3 Μοντέλα κάλυψης θέσης για έμβια είδη με διαφορετικά μεγέθη οικοτόπων	60
4.4 Συμπεράσματα.....	63
Κεφάλαιο 5 – Συμπεράσματα Πτυχιακής Εργασίας – Προτάσεις για το μέλλον	64
Βιβλιογραφία	66
ΠΡΟΣΑΡΤΗΜΑ.....	81

Περίληψη

Οι αποφάσεις σχετικά με την εύρεση της κατάλληλης τοποθεσίας μιας εγκατάστασης αποτελεί ένα πρώτης τάξεως στρατηγικό ζήτημα για κάθε οργανισμό ή επιχείρηση και αποτελεί το κύριο αντικείμενο της επιχειρησιακής έρευνας. Η χωροθέτηση εγκαταστάσεων αντιπροσωπεύει μια σειρά μακροχρόνιων επενδύσεων, εφόσον περιλαμβάνει το κόστος ιδιοκτησίας της έκτασης, τα υψηλά κατασκευαστικά έξοδα αλλά λειτουργεί επίσης και ως δείκτης προτίμησης της εγκατάστασης από τους ίδιους τους καταναλωτές. Επομένως, ο καθορισμός της βέλτιστης τοποθεσίας μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την ανταγωνιστικότητα, την αποτελεσματικότητα αλλά και την βιωσιμότητα των οργανισμών ή επιχειρήσεων. Επιπροσθέτως, η εφαρμογή μεθόδων εξεύρεσης της κατάλληλης τοποθεσίας έχει ουσιαστικό αντίκτυπο σε πτυχές της ατομικής και κοινωνικής ζωής των ανθρώπων όπως είναι η διαφύλαξη της υγείας και της ασφάλειας, αλλά και την ίδια την διατήρηση της ισορροπίας και προστασίας του φυσικού περιβάλλοντος. Η παρούσα πτυχιακή εργασία μελέτα ενδελεχώς τα μοντέλα κάλυψης ζήτησης τοποθεσίας για εγκαταστάσεις παροχής υπηρεσιών, αλλά επεκτείνεται και σε επιμέρους ζητήματα όπως είναι η αναζήτηση και αποστολή οχημάτων άμεσης ανάγκης, η δημιουργία κέντρων μετεπιβίβασης αεροδρομίων αλλά και οι τρόποι κάλυψης των έμβιων ειδών ενός οικοσυστήματος. Περιλαμβάνεται η περιγραφή και ανάλυση των κυριότερων μοντέλων, ο σκοπός τους, οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται και ο τρόπος επίλυσης του προβλήματος που εστιάζουν.

Executive Summary

Problem of locating facilities is considered as a main strategic issue for almost every company or organisation and also as the main objective for Operation Research. The process of finding an optimal location site represents a long time investment, since this includes land property costs and high construction expenses, while this also functions as an indicator of the customer preference for the facilities that are constructed on this particular site. Thus, locating facilities could have a huge impact on the effectiveness, competitiveness and vitality of the firm or organisation. Moreover, implementation of locating facilities models extends on multiple aspects of private and social life of humans in terms of their health and security, the optimal location of hubs for airports and selecting habitat reserves for species into an ecosystem. This dissertation provides a study and a further theoretical analysis for the models covering the aforementioned problems. In particular their type, scopes, and implied methods are also included.

Κεφάλαιο 1 – Εισαγωγή

Οι αποφάσεις σχετικά με τον εντοπισμό της κατάλληλης τοποθεσίας αποτελούν το κυρίαρχο ζήτημα της επιχειρησιακής έρευνας, αλλά και ένα από πλέον πολύπλοκα και δύσκολα προβλήματα κάθε επιχείρησης ή οργανισμού. Οι βιομηχανικές επιχειρήσεις αναζητούν την βέλτιστη τοποθεσία εγκατάστασης των μονάδων παραγωγή τους αλλά και των εγκαταστάσεων αποθήκευσης. Τα καταστήματα λιανικής πώλησης εξετάζουν την περίπτωση δημιουργίας ενός νέου κέντρου πωλήσεων ή μετεγκατάστασης ενός ήδη υπάρχοντος, προκειμένου να αυξήσουν την ζήτηση των υπηρεσιών ή προϊόντων τους. Η ικανότητα κατασκευής και πώλησης προϊόντων εξαρτάται κατά ένα μεγάλο μέρος από την κατάλληλη τοποθεσία των εγκαταστάσεων. Με παρόμοιο τρόπο οι κυβερνητικοί οργανισμοί σχεδιάζουν την εγκατάσταση των γραφείων, εκπαιδευτικών ιδρυμάτων, νοσοκομείων, πυροσβεστικών σταθμών κτλ. Σε κάθε όμως περίπτωση, η ποιότητα των υπηρεσιών εξαρτάται από την τοποθεσία των εγκαταστάσεων σε σχέση με άλλες εγκαταστάσεις.

Το πρόβλημα αυτό της εύρεσης της βέλτιστης τοποθεσίας για εγκατάσταση δεν είναι νέο και έχει απασχολήσει τους επιστήμονες και τους μελετητές της επιχειρησιακής έρευνας, της στατιστικής, των μαθηματικών, της τοπογραφίας, της διοίκησης επιχειρήσεων καθώς και πολλών άλλων επιστημών, προερχόμενα από διαφορετικά γνωστικά πεδία. Προκειμένου λοιπόν ο επιχειρηματικός κόσμος αλλά και ο δημόσιος τομέας να διαχειριστεί μια πλειάδα διαφορετικών προβλημάτων, έχει προκύψει ένα αναπτυσσόμενο πλαίσιο από μοντέλα και εφαρμογές που εστιάζουν στα αντίστοιχα προβλήματα. Τα μοντέλα αυτά περιλαμβάνουν ένα μεγάλο εύρος διατυπώσεων που διαφέρουν από πλευράς πολυπλοκότητας, από απλά γραμμικά, μονοστοχικά, ντετερμινιστικά σε δυναμικά, στοχαστικά, πιθανολογικά μοντέλα.

Με βάση τα παραπάνω η θέση στο γεωγραφικό χώρο μιας εγκατάστασης παίζει σπουδαίο ρόλο εφόσον μια οποιαδήποτε εγκατάσταση που χωροθετείται παρουσιάζει τις παρακάτω επιπτώσεις:

- *Στο κόστος:* Οι διαφορετικές θέσεις για την κατασκευή μιας εγκατάστασης προϋποθέτει σημαντικά κατασκευαστικά και λειτουργικά έξοδα
- *Στην αποδοτικότητα:* η θέση εγκατάστασης παρουσιάζει επίδραση στην απόδοση των σχεδιαστικών στόχων της επιχείρησης
- *Στην προτίμηση των πελατών:* η θέση μιας μονάδας επηρεάζει τον βαθμό προτίμησης των ανθρώπων οι οποίοι εξυπηρετούνται από αυτή την μονάδα.
- *Στην σχέση με άλλα κέντρα:* η θέση της εγκατάστασης επηρεάζει θετικά ή αρνητικά το κόστος, την αποδοτικότητα και την προτίμηση των πελατών άλλων εγκαταστάσεων

Σκοπός λοιπόν της παρούσας πτυχιακής είναι η μελέτη των μοντέλων χωροθέτησης που αφορούν την κάλυψη της ζήτησης τοποθεσίας των υπηρεσιών. Η έκτασή της μελέτης

επεκτείνεται ακόμα περισσότερο στην χρήση των μοντέλων αυτών και σε διαφορετικές πτυχές της ανθρώπινης ζωής, όπως είναι η ασφάλεια και η υγεία των κατοίκων μιας πόλης ή ακόμα και η διατήρηση μιας τοποθεσίας που περιλαμβάνει έμβια είδη στα πλαίσια ενός οικοσυστήματος.

Δεδομένων των δημιουργούμενων προβλημάτων κάλυψης θέσης τοποθεσίας που καλείται να αντιμετωπίσει μια εταιρία ή οργανισμός, αλλά και των ωφελειών που προκύπτουν από την ανάπτυξη μοντέλων που αντιμετωπίζουν τα συγκεκριμένα προβλήματα, η παρούσα πτυχιακή επιχειρεί να απαντήσει στα παρακάτω ερωτήματα:

1. Ποια είναι τα είδη των μοντέλων κάλυψης ζήτησης θέση τοποθεσίας και πως κατηγοριοποιούνται;
2. Ποιες είναι οι προϋποθέσεις επιλογής και χρησιμοποίησης αυτών των μοντέλων;
3. Πως διακρίνονται τα μοντέλα αυτά και ποιες είναι οι ομοιότητες καθώς και οι διαφορές μεταξύ τους;
4. Σε ποιο βαθμό βασικές δραστηριότητες των μοντέλων αυτών είναι γεωγραφικά προσιτές στον πληθυσμό μιας τοποθεσίας;
5. Υπάρχουν συγκεκριμένες πληθυσμιακές ομάδες σε μειονεκτική θέση σε ότι αφορά την προσιτότητα τους σε αυτές τις δραστηριότητες;
6. Πώς επηρεάζει την αποτελεσματικότητα ενός δικτύου κέντρων παροχής υπηρεσιών ή θέση των στοιχείων του (κέντρων);
7. Πώς εντοπίζεται η βέλτιστη κατανομή των παραπάνω κέντρων παροχής, δηλαδή η κατανομή που μεγιστοποιεί την αποτελεσματικότητα του δικτύου του κάθε μοντέλου;
8. Τι κριτήρια μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση ενός τέτοιου μοντέλου;
9. Σε ποιο βαθμό πρόσφατες αποφάσεις για τη δημιουργία νέων κέντρων παροχής υπηρεσιών έχουν οδηγήσει σε καλύτερευση της προσιτότητας;
10. Ποια πρέπει να είναι η βέλτιστη χωροθέτηση νέων κέντρων κάτω από την συνθήκη ότι τα υπάρχοντα κέντρα δεν μπορούν να μετακινηθούν;

Προκειμένου λοιπόν να επιτευχτεί ο στόχος και να απαντηθούν τα παραπάνω ερωτήματα, η εργασία έχει διαχωριστεί σε κεφάλαια ανάλογα με το είδος του προβλήματος στο οποίο εστιάζουν τα αντίστοιχα μοντέλα κάλυψης ζήτησης τοποθεσίας. Πιο συγκεκριμένα το δεύτερο κεφάλαιο περιέχει την ανάλυση μοντέλων σχετικά με εξεύρεση τοποθεσιών για την κάλυψη υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης, όπως είναι ο εντοπισμός, η επιλογή προσωπικού και εξοπλισμού, όπως επίσης και η αποστολή αστυνομικών, πυροσβεστικών ή νοσοκομειακών οχημάτων σε περιοχές όπου έχει προκύψει το ανάλογο περιστατικό, σε σχέση με την αντίστοιχη επιλογή της τοποθεσίας των σταθμών ή βάσεων από όπου ξεκινούν τα οχήματα.

Το τρίτο κεφάλαιο περιλαμβάνει την μελέτη μοντέλων που αφορούν την λήψη αποφάσεων για την επιλογή της βέλτιστης τοποθεσίας εγκατάστασης σταθερών εγκαταστάσεων όπως είναι για παράδειγμα οι χώροι φορτοεκφόρτωσης, εξοπλισμού, μεταφορών (logistics), μονάδων παραγωγής και συσκευασίας, χώροι στάθμευσης, σημεία αυτόματης πώλησης (ATM), ταμεία, εμπορικά κέντρα (malls), αποθηκών κτλ. Το τέταρτο κεφάλαιο επεκτείνεται σε προβλήματα που δεν καλύπτονται από τα δύο προηγούμενα κεφάλαια, όπως είναι η χωροταξική διάταξη των κέντρων μετεπιβίβασης αεροδρομίων, προκειμένου να επιτυγχάνεται μείωση του κόστους μεταφοράς των επιβατών σε κάθε ταξίδι, όπως επίσης και η διασφάλιση της προστασίας μιας περιοχής η οποία αντιπροσωπεύει διαφορετικά είδη στα πλαίσια ενός οικοσυστήματος. Το κάθε μοντέλο, στα πλαίσια των επιμέρους κεφαλαίων, αναλύεται με βάση τα γενικότερα χαρακτηριστικά του, τον στόχο, την μέθοδο που ακολουθήθηκε για την επίτευξη της επίλυσης του προβλήματος, τις ομοιότητες και διαφορές, αλλά και τα συγκριτικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα σε σχέση με άλλα μοντέλα. Εξετάζονται επίσης επεκτάσεις των ήδη υφιστάμενων μοντέλων και οριοθετούνται τα σημεία όπου σημειώνονται τυχόν βελτιώσεις. Τέλος η εργασία κλείνει με τα συμπεράσματα και παρουσιάζει επιπλέον μελλοντικές προτάσεις για περαιτέρω μελέτη.

Κεφάλαιο 2: Μοντέλα Επιχειρησιακής Έρευνας για την κάλυψη ζήτησης σε υπηρεσίες και οχήματα έκτακτης ανάγκης

2.1 Ιστορικό και ανάλυση της προβληματικής κάλυψης ζήτησης σε υπηρεσίες και οχήματα έκτακτης ανάγκης

Ο σχεδιασμός και η λειτουργία των συστημάτων κάλυψης ζήτησης για οχήματα και υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης αποτελεί ένα πλούσιο πεδίο για την Επιχειρησιακή Έρευνα (Operations Research) ήδη από τα μέσα της δεκαετίας του 1960. Το πρωταρχικό μέλημα των επιχειρήσεων έρευνας είναι να αναπτύξει και να λύσει μαθηματικά μοντέλα ώστε να υποστηρίξουν τη λήψη αποφάσεων ενός φορέα ή οργανισμού. Για το συγκεκριμένο ειδικά αντικείμενο εφαρμογής, υπάρχουν εκατοντάδες επιστημονικά περιοδικά που καλύπτουν τα κατάλληλα μοντέλα για σημαντικές επιχειρησιακές αποφάσεις, όπως είναι:

- η τοποθεσία των Σταθμών Πυρόσβεσης που βρίσκονται σε σταθερό σημείο και ενδεχομένως οι τοποθεσίες των ασθενοφόρων οι οποίες βρίσκονται σε μεταβλητές βάσεις
- η αποστολή των οχημάτων στα κατάλληλα σημεία
- ο αριθμός των οχημάτων διαφόρων τύπων, η στελέχωση και ο εξοπλισμός που απαιτείται ανά περίπτωση και
- Η αναδιάταξη και αναδιανομή των απαραίτητων πόρων (υλικών και άυλων) κάτω από διαφορετικές καταστάσεις (συστήματα) κάλυψης των επειγόντων αναγκών σε υπηρεσίες και οχήματα.

Ο λόγος για τον οποίο εκπονήθηκε ένας τόσο μεγάλος όγκος επιστημονικών μελετών και εργασιών είναι αρκετά απλός. Τα συστήματα κάλυψης αναγκών αποτελούν ένα εξαιρετικής σημασίας έργο για το κοινό και την ασφάλειά του και ως εκ τούτου ο σχεδιασμός και η λειτουργία τους οδηγεί τον εκάστοτε ερευνητή σε μια σαφή αίσθηση του σκοπού του.

Έτσι ο στόχος της παρούσας ενότητας είναι να συμπεριλάβει τα διαφορετικά συστήματα κάλυψης ζήτησης σε επείγοντα περιστατικά τα οποία αφορούν οχήματα και υπηρεσίες σχετικές με τις *ιατρικές υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης* (Emergency Medical Services - EMS) καθώς και την *πυροσβεστική υπηρεσία* (Fire Services -FS). Τα μοντέλα κάλυψης ζήτησης αναγκών όσον αφορά την αστυνομία είναι διαφορετικά εφόσον επιτρέπουν την συνεχή κίνηση οχημάτων που βρίσκονται σε περιπολία σε αντίθεση με τα πυροσβεστικά οχήματα και τα ασθενοφόρα που συνήθως είναι στατικά μέχρι να δημιουργηθεί το επείγον περιστατικό.

2.2 Περιγραφή των Συστημάτων κάλυψης ζήτησης σε περιπτώσεις εκτάκτων αναγκών για οχήματα και υπηρεσίες

Τα συστήματα κάλυψης ζήτησης σε περιπτώσεις εκτάκτων αναγκών σε οχήματα και υπηρεσίες βασίζονται στην συνήθη πρακτική κλήσης της υπηρεσίας για ένα επείγον περιστατικό:

1. Η κλήση (ζήτηση) έρχεται στο σύστημα μέσω του 166 (αριθμός κλήσης Εθνικού Κέντρου Άμεσης Βοήθειας – ΕΚΑΒ) ή μέσω του 199 (αριθμός κλήσης της Πυροσβεστικής Υπηρεσίας) ή κάποιου άλλου μηχανισμού.
2. Η σοβαρότητα της κλήσης εκτιμάται από το τηλεφωνικό κέντρο.
3. Ο διαχειριστής της κατάστασης αξιολογεί την κατάσταση του συστήματος και καθορίζει το κατάλληλο αριθμό οχημάτων προκειμένου να μεταβούν στον τόπο του συμβάντος.
4. Κατά την άφιξη στον τόπο του συμβάντος, παρέχεται η προβλεπόμενη βοήθεια (υπηρεσία).
5. Το όχημα (ή οχήματα) ενδέχεται ή δεν ενδέχεται να παρέχει μεταφορά στο νοσοκομείο, ανάλογα με την κρίσιμότητα της περίπτωσης.
6. Μετά την ολοκλήρωση της υπηρεσίας (και μεταφοράς) το όχημα επέρχεται σε μια κατάσταση ηρεμίας και επιστρέφει προς μια προκαθορισμένη θέση προκειμένου να αναμένει μια άλλη κλήση.

Η απόφαση για την αποστολή του οχήματος στην τοποθεσία όπου έγινε το συμβάν, καθώς και η θέση του ίδιου του οχήματος αποτελούν κρίσιμους παράγοντες για την επιτυχία του συστήματος. Εάν ένας από τους δύο παράγοντες δεν γίνει σωστά, θα υπάρξουν ανεπάρκειες στο σύστημα. Εννοείται ότι και οι δύο τύποι αποφάσεων συμβαίνουν σε ένα δυναμικό περιβάλλον. Ωστόσο, ένα σημαντικό μέρος του σχεδιασμού του συστήματος μπορεί να γίνει εκ των προτέρων. Για παράδειγμα, η συνηθισμένη πρακτική (πρότυπο) στρατηγικής αποστολής ενός οχήματος κάτω από την εντολή «στείλετε το πλησιέστερο όχημα που βρίσκεται σε αδράνεια» ενδέχεται να υφίσταται καταστάσεις όπου δεν συνηγορούν ότι η παραπάνω απόφαση είναι η βέλτιστη για την συγκεκριμένη περίπτωση. Όταν λοιπόν προκύψουν αυτές οι καταστάσεις, ο διαχειριστής της αποστολής μπορεί να είναι σε εγρήγορση ώστε να αλλάξει το παραπάνω πρότυπο της συνηθισμένης στρατηγικής προς μια ενδεχόμενη στρατηγική. Οι βάσεις των οχημάτων (στατικές ή μη) μπορούν επίσης να αξιολογηθούν ανάλογα με την ιδιαιτερότητα των καταστάσεων και πάλι, ο διαχειριστής του συστήματος μπορεί να κρίνει την περίπτωση όπου είναι καλύτερα να ακολουθηθεί διαφορετική στρατηγική από αυτή που επιβάλει το πρότυπο σχέδιο.

Ο πρωταρχικός στόχος των ιατρικών υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης και της πυροσβεστικής υπηρεσίας ανάπτυξη είναι να διαθέτουν τον κατάλληλο εξοπλισμό ο οποίος να παρέχει κλήσεις με ταχύτητα και ασφάλεια. Σε γενικές γραμμές, ο διαχειριστής των καταστάσεων έκτακτης ανάγκης διαθέτει έναν αριθμό από μεθόδους και εργαλεία προκειμένου να κρίνει και να πάρει τις κατάλληλες αποφάσεις, με βάση τη τηλεφωνική διαδικασία διαλογής και τη κατάσταση του συστήματος. Το σύστημα δεν λαμβάνει υπόψη την παρούσα κατάσταση και την ασφάλεια των οχημάτων, επειδή θεωρείται δεδομένο ότι το όχημα θα φτάσει στον προορισμό του με ασφαλή τρόπο.

Το τελικό ζήτημα της βέλτιστης κατανομής του χρόνου (timeliness) αποτελεί παράλληλα και τον πρωταρχικό στόχο ο οποίος χρησιμοποιείται σε όλα τα μοντέλα επιχειρησιακής έρευνας. Επομένως όλα τα μοντέλα επιχειρησιακής έρευνας στηρίζονται στις παρακάτω παραδοχές:

- Υπάρχει ένα πρότυπο χρόνου, T , έτσι ώστε αν το πρώτο όχημα φτάνει στη σκηνή του συμβάντος μέσα σε αυτά τα T λεπτά, η υπηρεσία κλήσεων θεωρείται επιτυχής. Η συγκεκριμένη τιμή που λαμβάνει το T μπορεί να ποικίλλει με τον τύπο της κλήσης, εφόσον οι πιο σοβαρές κλήσεις έχουν χαμηλότερες τιμές T .
- Η περιοχή χωρίζεται σε ζώνες. Αυτές οι ζώνες μπορεί να λάβουν οποιοδήποτε σχήμα, αλλά όλες οι κλήσεις από μια ζώνη προέρχονται από ένα κέντρο πληθυσμού (population center). Όλες οι μεταβάσεις προς και από την ζώνη υπολογίζονται από το κεντρικό σημείο της ζώνης. Τα δεδομένα συλλέγονται και αθροίζονται σε επίπεδο ζώνης.

Υπάρχουν πολλοί τρόποι υπολογισμού της βέλτιστης κατανομής χρόνου. Για παράδειγμα, μια υπηρεσία κάλυψης ζήτησης σε έκτακτες ανάγκες μπορεί να λειτουργήσει με τέτοιο τρόπο ώστε να προκαλέσει την:

- Ελαχιστοποίηση του συνολικού ή μέσου χρόνου εξυπηρέτησης όλων των κλήσεων
- Ελαχιστοποίηση του μέγιστου χρόνου ταξιδιού για κάθε μεμονωμένη κλήση (εξασφαλίζει ότι κανένα σημείο ζήτησης δεν είναι πάρα πολύ μακριά από το όχημα).
- Μεγιστοποίηση Περιοχής Κάλυψης - καλύπτονται όσες περισσότερες ζώνες είναι δυνατόν στην περιοχή μέσα σε T λεπτά ταξιδιού
- Μεγιστοποίηση Κάλυψης Κλήσεων - καλύπτονται, όσες περισσότερες είναι δυνατόν κλήσεις στην περιοχή μέσα σε T λεπτά ταξιδιού.

Θα πρέπει να ληφθεί υπόψη, ότι η 3^η και η 4^η περίπτωση δεν είναι ίδιες, δεδομένου ότι ορισμένες ζώνες της περιοχής μπορεί να δέχονται σημαντικά διαφορετικούς όγκους κλήσεων. Στην πραγματικότητα, η κάθε μια από τις παραπάνω περιπτώσεις αποτελούν υποκατάστατα για τον πραγματικό στόχο που δεν είναι άλλος από αυτόν της μείωσης του ποσοστού τραυματισμών αλλά και της θνησιμότητας όσο αυτό είναι δυνατόν. Η υπόθεση είναι ότι αν οι κλήσεις απαντηθούν και εξυπηρετηθούν άμεσα, τότε αυτό θα οδηγήσει σε καλύτερα κλινικά αποτελέσματα, σε μεγαλύτερη ικανοποίηση των ασθενών και σε μεγαλύτερη συμμόρφωση των συγκεκριμένων οργανισμών και υπηρεσιών κάλυψης των εκτάκτων αναγκών προς τους ρυθμιστικούς κανόνες που αφορούν τις επιδόσεις του χρόνου απόκρισης στα επείγοντα περιστατικά.

Εκτός από την βέλτιστη κατανομή χρόνου, υπάρχουν και άλλοι στόχοι τους οποίους τα συστήματα ανάπτυξης των ιατρικών και πυροσβεστικών υπηρεσιών οφείλουν να επιτύχουν. Αυτοί οι στόχοι περιλαμβάνουν τα παρακάτω:

- Ελαχιστοποίηση του κόστους - Το κόστος είναι κατά κύριο λόγο συνάρτηση της ποσότητας της εργασίας (ανθρωπόωρες) που απαιτούνται για τη στελέχωση των μονάδων κάλυψης εκτάκτων αναγκών που χρησιμοποιούνται ετησίως, ο αριθμός των ιατρικών κέντρων ή

πυροσβεστικών σταθμών βάσης που πρέπει να δημιουργηθούν και να διατηρηθούν καθώς και ο αριθμός των οχημάτων που πρέπει να αγοραστούν, με την απαραίτητη υποστήριξη, συντήρηση και εξοπλισμό. Η εργασία αποτελεί συνήθως το μεγαλύτερο κόστος (ReVelle, 1989).

- Μεγιστοποίηση της Ισονομίας Κάλυψης μιας ολόκληρης περιοχής: Στη συγκεκριμένη περίπτωση, ο διαχειριστής του συστήματος κάλυψης της ζήτησης εξυπηρέτησης σε έκτακτες ανάγκες οφείλει να εξισορροπήσει την απόδοση μιας ευρύτερης περιοχής σε σχέση με την απόδοση μίας μικρότερης ομάδας ζωνών. Για παράδειγμα, μπορεί να μην είναι αποδεκτό από το σύστημα η ύπαρξη ζωνών οι οποίες δεν εξυπηρετούνται επαρκώς, ενώ η υπόλοιπη περιοχή γενικά βρίσκεται σε ένα σχετικά λογικό επίπεδο εξυπηρέτησης και μερικές άλλες ζώνες απολαμβάνουν ένα εξαιρετικά καλό επίπεδο. Έτσι με την κατάλληλη αλλαγή των αποφάσεων, τα συστήματα εξυπηρέτησης είναι δυνατόν να σχεδιαστούν πιο δίκαια. Οι Marsh και Schilling (1994) συμπεριλαμβάνουν μια ευρεία ανασκόπηση σχετικά με την ισομερή κάλυψη ιατρικών και πυροσβεστικών συστημάτων εξυπηρέτησης.

- Μεγιστοποίηση Ισονομίας της Εργασίας: Σε αυτήν εδώ την περίπτωση είναι σημαντικό για τον διαχειριστή του συστήματος κάλυψης σε έκτακτες ανάγκες να εξισορροπήσει το φόρτο εργασίας για όλους τους εργαζόμενους στο σύστημα. Η εξισορρόπηση αυτή μειώνει τον φόρτο εργασίας των εργαζομένων, την κόπωση και την δημιουργία αρνητικών συναισθημάτων τα οποία ενδέχεται να επηρεάσουν τις αποφάσεις και τις ενέργειές τους κατά την άσκηση των καθηκόντων τους.

2.3 Ανάλυση του μοντέλου κάλυψης ζήτησης σε περιπτώσεις εκτάκτων αναγκών για οχήματα και υπηρεσίες

Στην πράξη, είναι συχνά δύσκολο και δαπανηρό οι υπηρεσίες ιατρικής περίθαλψης και πυρόσβεσης να πειραματιστούν με ένα πραγματικό σύστημα. Τα λάθη μπορούν να αποβούν ιδιαίτερα δαπανηρά τόσο σε χρήμα όσο και σε δυνητική νοσηρότητα (τραυματισμοί) και θνησιμότητα. Η συλλογή στοιχείων προκειμένου ένα καλό σύστημα να επαληθευτεί θα μπορούσε να διαρκέσει για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα. Δεδομένου των παραπάνω δυσκολιών, οι διαχειριστές αντί να πειραματίζονται με το ίδιο το σύστημα συνήθως δημιουργούν ένα γενικό πρότυπο (μοντέλο) των συστημάτων που μπορούν να εφαρμοστούν και να πειραματιστούν με την βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή. Έτσι λοιπόν τα σφάλματα του συστήματος μπορούν να βρεθούν στο μοντέλο πριν από την εφαρμογή τους στο πραγματικό σύστημα. Με βάση τα παραπάνω αξίζει γενικά το κόστος κατασκευής ενός επιχειρησιακού μοντέλου κάλυψης αναγκών σε έκτακτα περιστατικά, η συλλογή δεδομένων και η λειτουργία του μοντέλου, σε αντίθεση με την προσπάθεια πειραματισμού πάνω στο ίδιο το σύστημα.

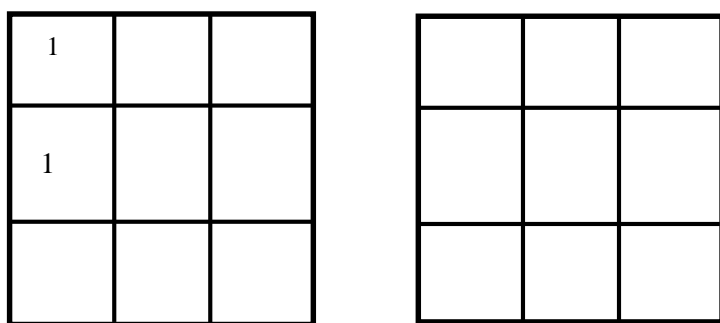
Οποιοδήποτε μοντέλο λήψης επιχειρηματικών αποφάσεων εμπεριέχει έναν μεγάλο αρχικό όγκο σημαντικής εργασίας η οποία πρέπει να αναληφθεί προτού ξεκινήσει η ανάλυση των δεδομένων. Πρώτα από όλα θα πρέπει να δομηθεί η «διακριτότητα» (granularity) του μοντέλου, δηλαδή ο βαθμός συνέχειας, συνέπειας και εμπιστοσύνης που διέπει το μοντέλο αυτό και να οριστούν οι απαραίτητες ζώνες. Στη συνέχεια, *συγκεντρώνονται τα*

απαραίτητα δεδομένα (data gathering) που αφορούν τη ζήτηση για την κάλυψη των έκτακτων αναγκών, τις υπηρεσίες που θα καλύψουν αυτές τις ανάγκες, όπως επίσης και τον χρόνο μετάβασης με βάση τη συγκεκριμένη δομή. Οι Dai, Wang και Yang (1994) πραγματεύονται μια δομή για συστήματα υποστήριξης αποφάσεων και βάσεων δεδομένων η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον σχεδιασμό και την εφαρμογή των επιχειρησιακών αποφάσεων στην πράξη. Το τρίτο βήμα περιλαμβάνει τη δοκιμή του μοντέλου (model implementation) αυτού συνήθως σε λογισμικό ηλεκτρονικού υπολογιστή. Τέλος, πραγματοποιείται η επικύρωση (validation) του μοντέλου προκειμένου να διαπιστωθεί αν τα αποτελέσματά του έχουν κάποια συσχέτιση με τα αντίστοιχα αποτελέσματα του πραγματικού συστήματος. Κάθε ένα από αυτά τα βήματα αποτελούν ένα ξεχωριστό θέμα μελέτης για την επιχειρησιακή έρευνα.

2.3.1 Δόμηση της Διακριτότητας του μοντέλου και διαίρεση του σε ζώνες

Η δομή του συστήματος και η διαίρεσή του σε ζώνες δημιουργείται συχνά με βάση την ευκολία που αυτό συνεπάγεται για τον κατασκευαστή του μοντέλου ή για τη διαδικασία συλλογής δεδομένων. Εφόσον τα περισσότερα αστικά και προαστιακά ιατρικά και πυροσβεστικά συστήματα κάλυψης ζήτησης, σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης, λαμβάνουν δεκάδες χιλιάδες κλήσεις ανά έτος, είναι αδύνατο να μοντελοποιηθούν σε επίπεδο κλήσης. Αντ' αυτού, όλες οι κλήσεις εντός μιας «μικρής περιοχής» συγκεντρώνονται σε μια ενιαία ζώνη.

Το είδος της μοντελοποίησης σε ζώνες, αρχικά, μπορεί να μοιάζει σχετικά απλό, εμπεριέχει όμως αρκετά επιμέρους ζητήματα και δυσκολίες. Για παράδειγμα, λαμβάνοντας υπόψη τους δύο πίνακες στην **Εικόνα 1**, στον αριστερό πίνακα φαίνονται εννέα (9) κλήσεις, όπου



κάθε μία κλήση αντιστοιχεί σε μία ταχυδρομική διεύθυνση. Έτσι θα πρέπει σε κάθε διεύθυνση να υπάρχει ένα όχημα εξυπηρέτησης της κλήσης κάτι που είναι πρακτικά αδύνατον. Αντί λοιπόν να χρησιμοποιηθούν οχήματα για κάθε μια ανεξάρτητη τοποθεσία (ταχυδρομική διεύθυνση), συγκεντρώνονται όλες οι κλήσεις στο κέντρο των ταχυδρομικών διευθύνσεων

Εικόνα 1: Συγκέντρωση τοποθεσιών σε ένα κέντρο κλήσης σε σχέση με το όχημα

και αυτό αποτελεί μια ζώνη, σε σχέση με τις προηγούμενες εννέα (δεξιός πίνακας).

Το πρόβλημα εδώ με την βέλτιστη κατανομή του χρόνου έγκειται στο γεγονός ότι το συγκεντρωτικό σύστημα μπορεί να υπερεκτιμήσει σε μεγάλο βαθμό τον χρόνο κάλυψης του έκτακτου συμβάντος σε σχέση με το πραγματικό σύστημα. Συνήθως το κριτήριο επιτυχούς κάλυψης μιας έκτακτης ανάγκης στα ιατρικά συστήματα είναι τα 8 λεπτά. Ας

υποθέσουμε λοιπόν ότι ένα μεμονωμένο όχημα (ασθενοφόρο) βρίσκεται ακριβώς 7,5 λεπτά από το κέντρο των ταχυδρομικών διευθύνσεων ακριβώς στα δεξιά. Με βάση το συγκεντρωτικό πρόβλημα, όλες οι κλήσεις μπορεί να θεωρηθούν ότι είναι καλυμμένες από το συγκεκριμένο όχημα εφόσον το όχημα είναι μόλις 7,5 λεπτά μακριά από το σημείο κλήσης (κέντρο της ζώνης). Στο πραγματικό όμως πρόβλημα, οι κλήσεις από την αριστερή στήλη και οι αντίστοιχες κλήσεις ακριβώς πάνω ή κάτω από τη κεντρική ταχυδρομική διεύθυνση είναι δυνατόν να μην καλυφθούν από το συγκεκριμένο όχημα εφόσον ο χρόνος μετάβασης του οχήματος σε αυτές τις ταχυδρομικές διευθύνσεις μπορεί να είναι μεγαλύτερος από τα 7,5 λεπτά.

Παρόμοια παραδείγματα που χρησιμοποιούν διαφορετικά κριτήρια όπως ο χρόνος μετάβασης ή η χρήση του οχήματος (ώρες λειτουργίας) μπορούν εύκολα να κατασκευαστούν. Καθώς οι ζώνες γίνονται μικρότερες, οι ανακρίβειες, που οφείλονται στην συγκέντρωση ελαχιστοποιούνται επίσης. Τα σημερινά συστήματα κάλυψης της ζήτησης σε έκτακτες ανάγκες είναι σε θέση να λύσουν προβλήματα για εκατοντάδες ζώνες (εξαρτάται από το μοντέλο το οποίο χρησιμοποιείται).

Το παραπάνω πρόβλημα διαπιστώθηκε πρώτα από τους Hillsman και Rhoda (1978), οι οποίοι ορίζουν τρεις (3) συγκεκριμένους τύπους σφάλματος (error). Αυτά είναι:

- σφάλματα τύπου Α - σφάλματα μέτρησης απόστασης από το κέντρο κλήσης που οφείλεται στο γεγονός ότι η τοποθεσία της κλήσης δεν βρίσκεται στο ίδιο σημείο με το σημείο των συγκεντρωτικών κλήσεων.
- σφάλματα τύπου Β – σφάλματα μέτρησης απόστασης λόγω της άγνοιας της πραγματικής θέσης του συμβάντος, όταν το όχημα ή το κέντρο επιχειρήσεων κάλυψης της έκτακτης ανάγκης (ιατρικό ή πυροσβεστικό κέντρο) βρίσκεται στην συγκεντρωτική ζώνη.
- σφάλματα τύπου Γ - σφάλματα στην αποστολή οχήματος λόγω της άγνοιας της πραγματικής απόστασης από τα οχήματα ή τα επιχειρησιακά κέντρα στις κλήσεις που γίνονται σε συγκεντρωτικές ζώνες.

Οι Current και Schilling (1987) απέδειξαν ότι είναι δυνατόν να εξαφανιστούν τα σφάλματα τύπου Α και Β, όταν το κριτήριο που χρησιμοποιείται είναι ένα σύστημα κάλυψης της συνολικής απόστασης μετάβασης. Οι Hodgson και Neuman (1993) χρησιμοποιούν ένα Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών (Geographic Information System – GIS) για την εξάλειψη των σφαλμάτων τύπου Γ. Οι Francis και Lowe (1992) εξετάζουν τις παραμέτρους κάτω από τις οποίες ένα μοντέλο παρεκκλίνει από τον πραγματικό του στόχο. Οι Erkuñ και Bozkaya (1999) εξετάζουν τα σφάλματα τύπου Α και Γ προκειμένου να δώσουν πρακτικές στρατηγικές για την μείωση των λαθών και τη δημιουργία μοντέλων που έχουν μικρή πιθανότητα σφάλματος. Γίνεται δεκτό ότι όσο αυξάνεται η υπολογιστική ισχύς και όσο μεγαλύτερα και πιο πολύπλοκα μοντέλα μπορεί να τυποποιηθούν και να επιλυθούν τόσο απαιτείται λιγότερος συγκεντρωτισμός και το πρόβλημα γίνεται λιγότερο κρίσιμο. Προς το παρόν όμως, ο συγκεντρωτισμός μπορεί ακόμη να προκαλέσει προβλήματα σε μοντέλα που χρησιμοποιούν αντικειμενικούς στόχους κάλυψης της ζήτησης ή χρόνου μετάβασης ενός οχήματος.

2.3.2 Μοντέλα εκτίμησης ταξιδιού για Πυροσβεστικά και Οχήματα Πρώτων Βοηθειών

Όλα τα μοντέλα για πυροσβεστικά ή νοσοκομειακά οχήματα χρειάζονται εκτίμηση του χρόνου ταξιδιού που απαιτείται προκειμένου να ληφθούν αποφάσεις όσον αφορά την αποστολή των οχημάτων αυτών στους τόπους άμεσης βοήθειας, τον καθορισμό των περιοχών κάλυψης, και τον υπολογισμό των κριτηρίων αποστολής των οχημάτων, δηλαδή κάτω από ποιες συνθήκες θα πρέπει να αποσταλεί ένα όχημα ή όχι. Χωρίς εκτίμηση του ακριβή χρόνου ταξιδιού τα περισσότερα μοντέλα θα έχουν μικρή προγνωστική αξία και οι αποφάσεις τους δεν θα είναι ιδιαίτερα ακριβείς. Όσον αφορά το πεδίο μελέτης για μοντέλα εκτίμησης ταξιδιού οχημάτων πρώτης ανάγκης, υπάρχει σχετικά περιορισμένη βιβλιογραφία σε σχέση με την ιδιαίτερη σημασία που έχει και που βάση της οποίας μπορεί να σωθούν ανθρώπινες ζωές, όπως επίσης και σε σχέση με την βιβλιογραφία που αφορά τις μεταφορές με οχήματα γενικά (π.χ. λεωφορεία, τρένα, τραμ, φορτηγά, ιδιωτικά οχήματα κ.α). Η διάρκεια του ταξιδιού υποτίθεται ότι είναι γενικά γνωστή σε ένα κυκλοφοριακό δίκτυο. Από την άλλη όμως, στην πράξη, κατά την επίλυση πραγματικών προβλημάτων, αυτό απλά δεν είναι αρκετό. Συνήθως υπάρχουν πρόχειρα καταγεγραμμένα ή εντελώς εμπειρικά δεδομένα σε κάποια κυβερνητική, νομαρχιακή ή δημοτική υπηρεσία η οποία είναι υπεύθυνη για το σχεδιασμό και διαχείριση της κυκλοφορίας.

Ο Volz (1971) χρησιμοποιεί συντελεστές γραμμικής παλινδρόμησης προκειμένου να καθορίσει την ταχύτητα σε αυτοκινητόδρομους διαφορετικών τύπων. Έτσι για παράδειγμα εκτίμησε την ταχύτητα, σε αυτοκινητόδρομους περιορισμένης πρόσβασης, σε δρόμους με τέσσερις ή περισσότερες λωρίδες κυκλοφορίας όπου υπάρχουν τουλάχιστον δύο λωρίδες σε κάθε κατεύθυνση, σε αυτοκινητόδρομους με τρεις λωρίδες (όπου η τρίτη λωρίδα είναι δεξιόστροφη και αποτελεί την έξοδο προς κάποια περιοχή, εκτός του κεντρικού αυτοκινητόδρομου) και τέλος σε τοπικούς δρόμους των δύο λωρίδων κατεύθυνσης. Στη συνέχεια χρησιμοποίησε το συντελεστές εκτίμησης των παραπάνω τύπων αυτοκινητόδρομου προκειμένου να εκτιμήσει το χρόνο διαδρομής του ταξιδιού. Οι Goldberg και λοιποί (1990) χρησιμοποιούν την παραπάνω προσέγγιση για την πρόβλεψη της μέσης και τυπικής απόκλιση των χρόνων μετακίνησης σε διαφορετικές ζώνες βασιζόμενοι στο Σύστημα EMS του Tucson. Ο Kolesár (1973 και 1975) παρουσιάζει τα μοντέλα παλινδρόμησης που βασίζονται σε μελέτες στους δρόμους της Νέας Υόρκης. Για σύντομες διαδρομές, ο Kolesár (1975) υποστηρίζει ότι ο χρόνος ταξιδιού είναι ανάλογος προς την τετραγωνική ρίζα της διανυθείσας απόστασης, ενώ για μεγαλύτερα ταξίδια, ο χρόνος ταξιδιού είναι ανάλογος προς την απόσταση που διανύεται. Οι Chelst και Jarvis (1979) υπολογίζουν την κατανομή πιθανότητας των χρόνων μετακίνησης για συστήματα των υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης σε αστικές περιοχές. Το έργο τους βασίζεται πάνω στα αποτελέσματα που προέκυψαν από το μοντέλο «Υπερκύβος – Hypercube» του Larson (1974) που χρησιμοποιούνται για την πρόβλεψη της πιθανότητας διαφορετικών συστημάτων όταν βρίσκονται σε κατάσταση απασχόλησης (busy state). Οι Repede και Bernardo (1994) δημιούργησαν ένα λεπτομερές μοντέλο ταξιδιού στο Λούισβιλ των ΗΠΑ χρησιμοποιώντας μια βάση δεδομένων από 47.000 κλήσεις καθώς και το μοντέλο καμπύλης UNIFIT. Πρόσφατα, ο Van Buer και λοιποί (1996) ασχολήθηκαν με το πρόβλημα

της χωροθέτησης μονόδρομων, έτσι ώστε να ενεργοποιούνται αποτελεσματικά οι υπηρεσίες εκτάκτου ανάγκης, ενώ παράλληλα να επιτυγχάνεται μείωση της εγκληματικότητας.

2.3.3 Μοντελοποίηση στοιχείων κάλυψης ζήτησης σε πυροσβεστικά οχήματα και οχήματα πρώτων βοηθειών και πρόβλεψη.

Η ικανότητα για ένα σύστημα να προβλέπει τη ζήτηση για την κάλυψη έκτακτων αναγκών αποτελεί ζήτημα μέγιστης σημασίας σημασίας. Ωστόσο και σε αυτόν τον τομέα υπάρχει ελάχιστη συστηματική μελέτη από πλευράς επιχειρησιακής έρευνας. Η τυπική προσέγγιση είναι να συγκεντρώνονται δεδομένα για τη ζήτηση που έχει επιτευχθεί στο παρελθόν για κάθε ζώνη σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, συνήθως έξι μήνες ή ένα έτος και στη συνέχεια θεωρείται ότι η μελλοντική ζήτηση θα συμπεριφέρεται παρόμοια με τη ζήτηση στο παρελθόν. Ακόμα και όταν η ποσότητα της ζήτησης αλλάζει ο υπολογισμός της μελλοντικής ζήτησης γίνεται κατά ανάλογο τρόπο. Για παράδειγμα, εκτιμάται ότι η ζήτηση σε κάθε ζώνη θα αυξηθεί κατά 10%.

Η αρχική μελέτη της επιχειρησιακής έρευνας στη βιβλιογραφία πρόβλεψης της κάλυψης ζήτησης, αποτελεί εκείνη των Kamenetzky, Shuman, και Wolfe (1982). Οι συγκεκριμένοι ερευνητές προχώρησαν στην ανάπτυξη ενός μοντέλου παλινδρόμησης με τέσσερις ανεξάρτητες μεταβλητές: πληθυσμός περιοχής, ποσοστό απασχόλησης (τύπος εργασίας) του πληθυσμού, ποσοστό επί τοις % του λευκού και έγγαμου πληθυσμού, και οικιστικών μονάδων (οικίες) ανά κατοικημένη περιοχή. Στην συνέχεια πραγματοποιούν μετασχηματισμούς στις παραπάνω μεταβλητές και αναπτύσσουν ένα μοντέλο πολύ υψηλής προβλεψιμότητας ($R^2 = 0,92$ με υψηλότερη τιμή - βέβαιη πρόγνωση το 1). Το μοντέλο αυτό μπορεί επίσης να προβλέψει τη ζήτηση ανάλογα με την κατηγορία κλήσεων. Ο Mabert το 1985 δημιουργεί μοντέλα ζήτησης για τις αστυνομικές κλήσεις στην Ινδιανάπολη των ΗΠΑ. Τα μοντέλα χρονολογικών σειρών των Box-Jenkins χρησιμοποιούνται για να προβλεφθεί ο αριθμός των κλήσεων ανά ημέρα, δεν υπάρχει καμία απόπειρα στην πρόβλεψη της χωρικής κατανομής. Οι Puig-Junoy, Saez, και Martinez-Garcia (1998) διατυπώνουν ένα θεωρητικό μοντέλο χρησιμότητας προκειμένου να εξηγήσουν γιατί οι άνθρωποι χρησιμοποιούν το δωμάτιο έκτακτης ανάγκης ως υποκατάστατο του γιατρού πρωτοβάθμιας φροντίδας. Αυτή η προσέγγιση θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να εξηγήσει γιατί οι άνθρωποι χρησιμοποιούν το 166 για περιπτώσεις που δεν χρήζουν άμεσης ανάγκης, δεσμεύοντας πολύτιμο υλικό σε προσωπικό, χρήμα, χρόνο και κόστος, τα οποία θα μπορούσαν να διατεθούν σε συνανθρώπους οι οποίοι πραγματικά χρειάζονται βοήθεια.

Τέλος, μοντέλα ανάπτυξης και πολεοδομικού σχεδιασμού θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση της ζήτησης σε ζώνες που δεν διαθέτουν ιστορικό κλήσεων.

2.3.4 Εγκυρότητα του Μοντέλου

Η εγκυρότητα (validity) του μοντέλου αναφέρεται στην ικανότητα του μοντέλου για την έγκυρη πρόβλεψη της ζήτησης και τη σωστή λήψη αποφάσεων η οποία εξασφαλίζει ότι αυτά τα δύο χαρακτηριστικά θα λειτουργήσουν ακριβώς όπως προβλέφθηκαν και στο πραγματικό σύστημα. Αποτελεί ένα βασικό βήμα στη διαδικασία μοντελοποίησης. Εάν το μοντέλο δεν κάνει επιτυχείς και έγκυρες προβλέψεις τότε έχει μικρή έως καμία αξία. Σχεδόν όλα τα μοντέλα έχουν «ονομαστική εγκυρότητα – face validity», που σημαίνει ότι ένα μοντέλο φαίνεται λογικά δομημένο για τον μέσο ερευνητή. Το επόμενο επίπεδο είναι η «εγκυρότητα αναπαραγωγής». Στο στάδιο αυτό, ο ερευνητής εισάγει τα δεδομένα της λειτουργίας του πραγματικού συστήματος στο παρελθόν και το μοντέλο αναπαράγει τη λειτουργία του συστήματος, συμπεριλαμβανομένων των εξής:

- της πρόβλεψης κάλυψης ζήτησης και του χρόνου ταξιδιού όσο δυνατόν πιο κοντά στις τιμές που έχουν πραγματοποιηθεί από το πραγματικό σύστημα.
- της λήψης των ίδιων αποφάσεων αποστολής οχημάτων άμεσης βοήθειας με εκείνες που λαμβάνονται από το πραγματικό σύστημα.
- της πρόβλεψης αξιοποίησης χρήσης του κάθε οχήματος όσο γίνεται πιο κοντά με τις αντίστοιχες προβλέψεις αξιοποίησης που έλαβε το πραγματικό σύστημα.

Το τελικό επίπεδο είναι αυτός της «εγκυρότητας πρόβλεψης», όπου ο αναλυτής εισάγει δεδομένα σε ένα μελλοντικό σύστημα και το μοντέλο προβλέπει πως το πραγματικό μελλοντικό σύστημα θα συμπεριφερθεί. Πολλές φορές η εγκυρότητα ενός μοντέλου για μελλοντικές ενέργειες δεν μπορεί να αποσαφηνιστεί πλήρως, μέχρις ότου το πραγματικό σύστημα να τεθεί σε εφαρμογή. Ως εκ τούτου, εάν το μοντέλο έχει ήδη ονομαστική και αναπαραγωγική εγκυρότητα τότε το διοικητικό στέλεχος που θα λάβει τις αποφάσεις είναι γενικά πεπεισμένος ότι το μοντέλο θα εξάγει σωστά αποτελέσματα.

Υπάρχουν αρκετά μοντέλα εγκυρότητας σε πολλές μελέτες από τη στιγμή που τα τυπικά μοντέλα τα οποία χρησιμοποιούνται για το σχεδιασμό λήψης αποφάσεων απαιτούν σημαντικές υποθέσεις. Ο Jarvis (1975) δείχνει ότι ένα χωροταξικό μοντέλο αναμονής είναι ικανό να προβλέψει την αξιοποίηση της χρήσης οχημάτων συνήθως σε ένα μικρό ποσοστό. Ο Halpern (1977) τονίζει ότι μικρά συστήματα κάλυψης ζήτησης σε έκτακτες ανάγκες πρέπει να λειτουργούν με την προϋπόθεση ότι όλες οι κλήσεις ικανοποιούνται μέσα στον ίδιο χρόνο, διαφορετικά η πιθανότητα εκτίμησης για το αν ένα όχημα είναι απασχολημένο ή όχι μπορεί να μην είναι ακριβής. Οι Goldberg και λοιποί (1990), Valenzuela και λοιποί (1990), Repede και Bernardo (1994) αναφέρονται σε μελέτες προβλεψιμότητας υψηλής ακρίβειας με πραγματικά δεδομένα παρμένα από τον Tucson και Louisville. Ο ReVelle (1989) αναφέρεται στην εξέλιξη των μοντέλων όσον αφορά τη βελτίωση της εγκυρότητας τους μέσα από τη χρήση των κριτηρίων κάλυψης περιοχής και κάλυψης κλήσης. Οι Borrás και Pastor (2002) συγκρίνουν τα αποτελέσματα διαφόρων πιθανολογικών μοντέλων κάλυψης με τα αποτελέσματα που εξάγονται από παλαιότερα πιο λεπτομερή μοντέλα τα οποία έχουν προηγουμένως επικυρωθεί. Το συμπέρασμα τους από την σύγκριση αυτή είναι ότι τα πιθανολογικά μοντέλα κάλυψης είναι εξαιρετικά ακριβή. Οι Saydam και Aytug

(2003) δείχνουν πως είναι δυνατή η βελτίωση της ακρίβειας κατά την μέτρηση της αναμενόμενης κάλυψης. Οι Chiyoshi, Galvao, και Morabito (2003), υποστηρίζουν ότι όταν τα οχήματα είναι απασχολημένα στο μεγαλύτερο μέρος του χρόνου τους, ακόμα και τα πιο δημοφιλή μοντέλα δεν είναι σε θέση να προβλέψουν την ομοιόμορφη ζήτηση κάλυψης σωστά, ακόμα και αν συμπεριλαμβάνουν χαρακτηριστικά ειδικά σχεδιασμένα ώστε να αντιμετωπίσουν το συγκεκριμένο πρόβλημα.

2.4 Οι εκθέσεις της RAND

Στα τέλη της δεκαετίας του 1960 και τη δεκαετία του 1970, μια ισχυρή ομάδα από αναλυτές επιχειρησιακής έρευνας οι οποίοι εργάζονταν στον αμερικάνικο οργανισμό ανάλυσης και λήψης αποφάσεων RAND με έδρα την Νέα Υόρκη, εκπόνησαν σημαντικές θεωρητικές και εφαρμοσμένες μελέτες οι οποίες καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα χρήσεων όσον αφορά τις ιατρικές υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης, την πυροσβεστική υπηρεσία καθώς και τον σχεδιασμό και λειτουργίες της αστυνομίας. Τα ακόλουθα μοντέλα διανεμήθηκαν και χρησιμοποιούνται εκτενώς σε όλες τις ΗΠΑ. (Chaiken, 1978):

- PAM (Parametric Allocation Model) - παραμετρικό μοντέλο Κατανομής - χρησιμοποιείται για τον προγραμματισμό του αριθμού των σταθμών παρατήρησης για πυρκαγιές π.χ. σε δασικές περιοχές ή τον αριθμό των ασθενοφόρων που είναι απαραίτητα σε μια αστική περιοχή.
- FHSEM (Firehouse Site Evaluation Model) - αξιολόγηση μοντέλου περιοχής πυροσβεστικών σταθμών - μοντέλο κάλυψης για τον προσδιορισμό της τοποθεσίας των πυροσβεστικών σταθμών.
- FIRESIM (Fire Department Operations SIMulation) - Μοντέλο Προσομοίωσης των λειτουργιών Πυροσβεστικής Υπηρεσίας - λεπτομερές μοντέλο προσομοίωσης για την ανάπτυξη ενός ενιαίου τρόπου διευθέτησης των τοποθεσιών πυροσβεστικών βάσεων.
- Hypercube Queuing Model - Μοντέλο Αναμονής Υπερκύβος - ένα μοντέλο που παρακολουθεί την κατάσταση των οχημάτων και προβλέπει την κατάσταση στην οποία βρίσκεται το σύστημα, αν είναι απασχολημένο και πότε.

Υπάρχει ένας μεγάλος όγκος μελετών που εκπονήθηκε από την RAND κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου και ορισμένες μελέτες από το σύνολο, εκδόθηκαν στην γενική βιβλιογραφία για την Επιχειρησιακή Έρευνα. Η επιστημονική μελέτη NFPA (Fire Station Location Bibliography) - Βιβλιογραφία των Τοποθεσιών Πυροσβεστικών Σταθμών (1996), περιέχει έχει μια μεγάλη λίστα από αυτά τις μελέτες οι οποίες συμπεριλαμβάνουν τεχνικές εκθέσεις, εγχειρίδια για χρήστες λογισμικού Η/Υ, εφαρμογές και αναφορές. Οι περισσότερες μελέτες σήμερα είναι ξεπερασμένες ωστόσο, αποτελούν την βάση των αρχικών σκέψεων και υποθέσεων σχετικά με τα προβλήματα σχεδιασμού των ιατρικών υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης καθώς και των πυροσβεστικών λειτουργικών συστημάτων πρόβλεψης.

2.5 Μοντέλα Προσομοίωσης σε Υπολογιστή

Ο όρος «μοντέλο προσομοίωσης σε υπολογιστή» χρησιμοποιείται στη βιβλιογραφία της επιχειρησιακής έρευνας για να περιγράψει μοντέλα τα οποία διαθέτουν έναν υψηλό βαθμό λεπτομέρειας και προσπαθούν να μιμηθούν τη λειτουργία του πραγματικού συστήματος. Αυτά τα συστήματα γενικά είναι συνδεδεμένα με μια λεπτομερή βάση δεδομένων και γραμμένα σε μια γλώσσα υπολογιστή που έχει σχεδιαστεί ακριβώς για την δημιουργία λεπτομερών μοντέλων. Τα συστήματα αυτά έχουν υψηλό βαθμό ονομαστικής εγκυρότητας και είναι σε θέση να αποκτήσουν εξαιρετικά ακριβή αποτελέσματα επικύρωσης αναπαραγωγής.

Αυτά τα μοντέλα ξεχωρίζουν στο ότι λαμβάνουν ένα σχεδιασμό συστήματος καθώς και ένα σύνολο από λειτουργικούς κανόνες και στη συνέχεια υπολογίζουν την απόδοση εκείνου του συγκεκριμένου συστήματος με βάση οποιαδήποτε κριτήρια επιθυμεί ο χρήστης.

Προκειμένου το σύστημα να εξάγει λύσεις υψηλής ποιότητας, πρέπει ο χρήστης να ενσωματώσει το μοντέλο προσομοίωσης σε μια ρουτίνα αναζήτησης και να δοκιμάσει διαφορετικές παραμέτρους, κριτήρια καθώς και διαφορετικούς κανόνες υπολογισμού. Η δυσκολία με αυτά τα μοντέλα έγκειται στο γεγονός ότι παίρνουν πολύ υπολογιστικό χρόνο προκειμένου να ληφθούν οι εκτιμήσεις των παραμέτρων του συστήματος ρουτίνα και επομένως η διαδικασία αναζήτησης με τη σειρά της, αποτελεί επίσης μια μακρά διαδικασία. Με την σημερινή διάδοση και ανάπτυξη των υπολογιστικών συστημάτων, την εξεύρεση πλούσιων πηγών που περιέχουν στοιχεία και πληροφορίες (βάσεις δεδομένων, εργαστηριακά ευρήματα, ερευνητικές εργασίες) καθώς και τη μείωση του χρόνου έρευνας λόγω της ισχύς των σημερινών υπολογιστών προσομοίωση είναι ένα εξαιρετικό εργαλείο για την απόκτηση υψηλής ποιότητας σχεδίων συστημάτων και λειτουργικούς κανόνες.

Οι Savas (1969) και Fitzsimmons (1971) υπήρξαν από τους πρώτους χρήστες των μοντέλων προσομοίωσης για το συστήματα ιατρικής κάλυψης έκτακτης ανάγκης. Οι Berlin και Liebman (1974) χρησιμοποίησαν την προσομοίωση για την αξιολογήσουν λύσεις που αποκτήθηκαν από ένα απλό μοντέλο κάλυψης ζήτησης. Η χρήση της προσομοίωσης για ένα μικρό σύνολο λύσεων οι οποίες βρίσκονται σε λιγότερο ακριβή εργαλεία μοντελοποίησης αποτελεί μια δημοφιλής προσέγγιση. Οι Monarchi, Hendrick, και Plane (1977), Fitzsimmons και Stikar (1982), και Repede και Bernardo (1994), έχουν παρόμοια προσέγγιση με εκείνη των Berlin και Liebman με την έννοια ότι χρησιμοποιούν την προσομοίωση για την αξιολόγηση αποφάσεων που λαμβάνονται με τη βοήθεια άλλων μοντέλων.

Οι Trudeau, Rousseau, Ferland, και Choquette (1989) καλύπτουν μια διαδικασίας επίλυσης προβλημάτων κάλυψης ζήτησης η οποία περιλαμβάνει τα στοιχεία συλλογής, καθώς και τη μοντελοποίηση της προσομοίωσης για το σχεδιασμό και τη λειτουργία ενός συστήματος ιατρικής κάλυψης έκτακτης ανάγκης. Οι Erkut και Polat (1992) δημιούργησαν ένα λεπτομερές μοντέλο προσομοίωσης το οποίο εφάρμοσαν σε πρακτικό επίπεδο στην Κωνσταντινούπολη, προκειμένου να ελαχιστοποιήσουν το συνολικό χρόνο ταξιδιού και το ποσοστό των κλήσεων εξυπηρέτησης εξυπηρετούνται. Οι Goldberg και λοιποί (1990a)

χρησιμοποίησαν ένα παρόμοιο μοντέλο που χρησιμοποιείται στην πόλη Tucson της Αριζόνα προκειμένου να βοηθήσουν στην επικύρωση ενός άλλου γρηγορότερου αλλά με λιγότερη λεπτομέρεια μοντέλο. Τέλος οι Zaki, Cheng, και Parker (1997) περιγράφουν ένα λεπτομερές μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε στη πόλη του Ρίτςμοντ, Βιρτζίνια. Επίσης, το συγκεκριμένο μοντέλο έχει τη δυνατότητα να εξετάσει προληπτικές κλήσεις και περιέχει μια μελέτη επικύρωσης όπως επίσης και εκτιμήσεις υπολογισμών της διανομής του χρόνου ταξιδιού.

2.6 Αναλυτικά Μοντέλα Σχεδιασμού

2.6.1 Στατικά ή μονοστοχικά μοντέλα

Η μεγάλη πλειοψηφία που αφορά τις μελέτες Επιχειρησιακής Έρευνας κινείται στην γνωστική περιοχή των «μοντέλων σχεδιασμού». Στην περίπτωση αυτή, οι αποφάσεις αφορούν γενικά τον προσδιορισμό της θέσης του οχήματος καθώς και των εξοπλισμό που αποδίδεται σε κάθε ιατρικό κέντρο ή πυροσβεστικό σταθμό.

Το πρόβλημα επικεντρώνεται κυρίως στο ότι ένα μοναδικό είδος δεδομένων ζήτησης και χρόνου ταξιδιού χρησιμοποιείται στο μοντέλο. Προκειμένου να εξευρεθούν οι βέλτιστες λύσεις στα μοντέλα χρησιμοποιείται ευρέως ο μαθηματικός προγραμματισμός και αν υπάρχει δυσκολία στην επίλυση των προβλημάτων τότε χρησιμοποιούνται εναλλακτικά ευρετικές (heuristic) διαδικασίες. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονιστεί ότι ο όρος «βέλτιστη λύση» είναι μέχρι ενός σημείου παραπλανητικός. Η λύση μπορεί να είναι μόνο τόσο καλή όσο καλές είναι οι βασικές υποθέσεις του μοντέλου.

Εάν αυτές οι βασικές υποθέσεις του μοντέλου δεν είναι σε θέση να παράγουν ένα έγκυρο μοντέλο, τότε η ευρισκόμενη λύση μπορεί να έχει μικρή συσχέτιση με τις βέλτιστες λύσεις στο πραγματικό πρόβλημα. Υπάρχει ένα αδύνατο σημείο συνήθως στα μοντέλα υψηλής ακρίβειας (π.χ., μοντέλα προσομοίωσης) το οποίο είναι ότι δεν μπορούν εύκολα να διερευνηθούν για βέλτιστες λύσεις. Για να διασφαλιστεί η βέλτιστη λύση, θα πρέπει να υπάρχει ένα μάλλον τυποποιημένο μοντέλο με ένα σημαντικό σύνολο βασικών υποθέσεων. Οι Larson και Stevenson (1972) δείχνουν ότι «τα πραγματικά προβλήματα» έχουν μάλλον επίπεδες αντικειμενικές λειτουργίες, και ότι, πολλές λύσεις βρίσκονται περισσότερο κοντά στη βέλτιστη συμπεριφορά, παρά στην μέγιστη ακρίβεια.

Ο Toregas και λοιποί (1971) πρότειναν για πρώτη φορά το «μοντέλο κάλυψης θέσης – set covering model». Στόχος τους είναι να ελαχιστοποιηθεί ο αριθμός των οχημάτων που απαιτούνται προκειμένου να καλύψουν όλες τις ζώνες. Στην ουσία, ελαχιστοποιούν το κόστος και εξασφαλίζουν ομοιόμορφη κάλυψη σε όλες τις ζώνες. Κάθε υποθετική θέση ενός οχήματος έχει ένα σύνολο από αιτήματα ζήτησης αναγκών που καλύπτει. Όλα τα σημεία ζήτησης είναι εξίσου σημαντικά, και μια μοναδική σταθερή απόσταση κάλυψης (ή σταθερός χρόνος) χρησιμοποιείται για κάθε ζήτηση. Αν έστω και ένα όχημα καλύπτει τη ζήτηση, τότε αυτό το όχημα θεωρείται επαρκές, ακόμη και αν το όχημα μερικές φορές είναι απασχολημένο. Ως εκ τούτου, το συγκεκριμένο μοντέλο υπερεκτιμά την κάλυψη. Συνήθως αυτό το μοντέλο θέλει τα οχήματα να κάνουν συνεχώς κύκλους ταξιδιού

προκειμένου να καλύψουν όλες τις απαιτήσεις. Ο Neebe (1988) βρίσκει όλες τις πιθανές λύσεις σε αυτό το μοντέλο ανάλογα με τα διαφορετικά πρότυπα κάλυψης απόστασης. Όπως ήταν αναμενόμενο, καθώς αυξάνεται το πρότυπο κάλυψης, τόσο λιγότερα οχήματα απαιτούνται.

Οι Church και ReVelle (1974) από την πλευρά τους λαμβάνουν μια κάπως διττή προσέγγιση. Κρατούν τον αριθμό των οχημάτων σταθερό (και ως εκ τούτου το σταθερό κόστος) και στη συνέχεια εντοπίζουν τα οχήματα που είναι σε θέση να καλύψουν όσο το δυνατόν περισσότερες κλήσεις. Το συγκεκριμένο μοντέλο ονομάζεται «μοντέλο μεγιστοποίησης κάλυψης – *maximal covering model*», και αυτό μπορεί να οδηγήσει σε ορισμένες περιπτώσεις σε ζώνες οι οποίες δεν γίνεται να καλυφθούν.

Όπως υποστηρίζουν οι Toregas και λουποί (1971), μια ζώνη καλύπτεται ακόμη και όταν ένα όχημα είναι βρίσκεται μέσα στο πρότυπο ταξιδιού. Δεν θα πρέπει κανένα από τα απαιτούμενα οχήματα να είναι απασχολημένα.

Τόσο το μοντέλο κάλυψης θέσης όσο και το μοντέλο μεγιστοποίησης κάλυψης, υποθέτουν ότι υπάρχει ένα μόνο χρονικό διάστημα. Δεδομένου ότι οι αποφάσεις σχετικά με την τοποθεσία των οχημάτων συχνά περιλαμβάνουν εκτεταμένα χρηματικά κεφάλαια (κόστος) ίσως θα ήταν δικαιολογημένη η άποψη ότι τα μοντέλα αυτά θα πρέπει να εξετάσουν ένα πρόβλημα σε πολλές περιόδους και για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα πολλών χρόνων και δεκαετιών. Ο Schilling (1980) έχει κατασκευάσει ένα μοντέλο που διαιρείται σε μεγάλες χρονικές περιόδους (έτη για παράδειγμα). Το μοντέλο αυτό επεκτείνει το μοντέλο της μεγιστοποίησης κάλυψης προκειμένου να εξετάσει ένα διαφορετικό σύνολο τοποθεσιών που καθορίζονται για κάθε χρονική περίοδο. Το μοντέλο διαθέτει πολλαπλούς στόχους, δεδομένου ότι υπάρχει ένας στόχος που μεγιστοποιεί τη συνολική ζήτηση σε κάθε περίοδο που καλύπτει. Επίσης το ίδιο μοντέλο περιλαμβάνει περιορισμούς σχετικά με το συνολικό αριθμό των οχημάτων σε κάθε χρονική περίοδο και διασφαλίζει ότι αν εντοπιστεί ένα διαθέσιμο όχημα σε μια τοποθεσία σε μια χρονική περίοδο t , τότε η ίδια ακριβώς τοποθεσία θα χρησιμοποιηθεί επίσης σε χρονικές περιόδους $t + 1$, $t + 2$... T . Οι Current, Tatick, και ReVelle (1997) έχουν παράγει ένα μοντέλο που εξομοιώνει την υπόθεση του εντοπισμού ενός συνόλου οχημάτων σε ένα μεγάλο χρονικό διάστημα, όταν ο συνολικός αριθμός των οχημάτων και των ιατρικών ή πυροσβεστικών εγκαταστάσεων είναι αβέβαιος. Το μοντέλο αυτό επικεντρώνεται στην εξεύρεση των θέσεων των οχημάτων για βραχυπρόθεσμες αποφάσεις, έτσι ώστε το σύστημα θα είναι σε καλή κατάσταση τη στιγμή που θα παρθεί η επόμενη απόφαση. Ο στόχος του μοντέλου περιλαμβάνει τον υπολογισμό του κόστους κατασκευής και λειτουργίας του πραγματικού συστήματος.

Επίσης τόσο το μοντέλο κάλυψης θέσης όσο και το μοντέλο μεγιστοποίησης κάλυψης αποτελούν «μοντέλα ακέραιου προγραμματισμού», δεδομένου ότι όλες οι αποφάσεις που απαιτούνται για να είναι υπολογισμένες σε ακέραιους αριθμούς. Αυτό σημαίνει ότι είτε μια περιοχή όπου βρίσκεται το όχημα είναι εντοπισμένη είτε όχι, δεν μπορεί να υπάρξει «μισή τοποθεσία». Συνήθως, αυτοί οι τύποι προβλημάτων είναι μαθηματικά δύσκολοι. Ο ReVelle (1993) δείχνει ότι ακόμη και αν τα προβλήματα μπορεί να είναι δύσκολα, στις περισσότερες περιπτώσεις η λύση μπορεί να επιτευχθεί με άμεσα διαθέσιμο λογισμικό για πραγματικά προβλήματα που περιλαμβάνουν εκατοντάδες σημεία ζήτησης και 50 πιθανές τοποθεσίες

όπου βρίσκονται τα οχήματα. Οι Galvao και ReVelle (1996) δημιουργούν ένα μοντέλο βασισμένο στην ευρετική του Lagrang για περιπτώσεις όπου το μοντέλο μεγιστοποίησης κάλυψης είναι δύσκολο. Η τεχνική της ευρετικής Lagrang είναι διαδικασία όπου προκειμένου να επιτευχθεί λύση, μειώνονται οι πιθανοί περιορισμοί, ώστε να υπάρξει μια αφετηρία η οποία θα δημιουργήσει εναλλακτικές λύσεις που ικανοποιούν όλους τους περιορισμούς. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται για την επίλυση προβλημάτων συνήθως όταν οι αποφάσεις θα πρέπει να υπολογιστούν σε ακέραια αποτελέσματα.

Οι βασικές ελλείψεις στο μοντέλα κάλυψης θέσης και μεγιστοποίησης κάλυψης είναι:

- Οι ευρετικές διαδικασίες μπορεί να εντοπίσουν καλές λύσεις, όχι όμως απαραίτητα τις καλύτερες και συχνά διενεργούνται με τη μέθοδο της δοκιμής και του σφάλματος
- Η χρήση ενός μόνο στόχου, όταν στην πραγματικότητα, τόσο το κόστος και η απόδοση αποτελούν βασικά κριτήρια
- Η αδυναμία να εκτιμήσουν μερικές φορές τα απασχολημένα οχήματα και ως εκ τούτου τα απαιτήσεις ζήτησης που δεν μπορούν να καλυφθούν ακόμα και αν το ίδιο το μοντέλο δηλώνει πλήρη κάλυψη. Αυτό οδηγεί στην υπόθεση, επίσης, ότι το πλησιέστερο όχημα σε κάθε ζώνη είναι το μόνο όχημα που μπορεί να απαντήσει κλήσεις για αυτή τη ζώνη.
- Κάθε κλήση απαιτεί ένα μόνο όχημα και υπολογίζεται μόνο ένας τύπος εξοπλισμού. Το πραγματικό πρόβλημα συνήθως εμπεριέχει πολλαπλούς τύπους εξοπλισμού που συνεργάζονται και μοιράζονται τις κλήσεις.
- Κάθε είδος ζήτησης, χρόνος ταξιδιού και δεδομένα χρόνου εξυπηρέτησης θεωρούνται ορισμένα εκ των πρότερων (ντετερμινιστική θεώρηση). Στο πραγματικό πρόβλημα, το χρονοδιάγραμμα της ζήτησης και η θέση των οχημάτων είναι τυχαία μεν αλλά μπορεί να είναι προβλέψιμη και να διαμορφωθεί με βάση δεδομένα του παρελθόντος. Οι χρόνοι εξυπηρέτησης καθώς και οι χρόνοι ταξιδιού είναι επίσης τυχαίοι και ορισμένες φορές ποικίλουν σημαντικά
- Η χρήση ενός μοναδικού συνόλου δεδομένων οδηγεί με τη σειρά του σε ένα μοναδικό σύνολο τοποθεσιών και επομένως αυτά τα μοντέλα δεν έχουν την ικανότητα να αναλύσουν δυναμικές αποφάσεις πραγματικού χρόνου όπως είναι η επανατοποθέτηση.

2.6.2 Μοντέλα που Ενσωματώνουν Πολλαπλούς Στόχους ή δυναμικά μοντέλα

Πολλά από τα μοντέλα που αναφέρθηκαν από το μέσον της προηγούμενης ενότητας και πέρα, περιλαμβάνουν πολλαπλούς στόχους. Συχνά οι στόχοι αυτοί συνδυάζονται σε ένα και μόνο στόχο με τη χρήση ενός συντελεστή στάθμισης. Για παράδειγμα, εάν $f(x)$ και $g(x)$ είναι αντικειμενικές συναρτήσεις, στη συνέχεια, αν το W , ο συντελεστής στάθμισης, είναι μεταξύ 0 και 1, τότε η εξίσωση:

$$w * f(x) + (1-w) * g(x)$$

αποτελεί έναν συνδυασμένο στόχο. Η συγκεκριμένη μέθοδος ονομάζεται «μέθοδος στάθμισης».

Μια άλλη προσέγγιση με πολλαπλούς στόχους είναι να βρούμε το σύνολο των μη-κυριαρχούμενων λύσεων (αυτή η μέθοδος ονομάζεται «*σύνολο Pareto – Pareto Set*»). Η λύση x θεωρείται ως μη-κυριαρχούμενη εάν δεν υπάρχει άλλη λύση που να είναι ίση ή καλύτερη από τη x σε όλους τους στόχους.

Η τελική προσέγγιση που χρησιμοποιείται ονομάζεται «*προγραμματισμός στόχου*». Εδώ, κάθε στόχος διαθέτει ένα προκαθορισμένο επίπεδο επιτυχίας. Για παράδειγμα, εάν ο στόχος είναι να ελαχιστοποιηθεί ο μέσος χρόνος ταξιδιού, τότε ένα συγκεκριμένο επίπεδο θα μπορούσε να είναι έχει μέσο χρόνο ταξιδιού λιγότερο από ή ίσο με 8 λεπτά. Ο χρήστης στη συνέχεια καθορίζει το «κόστος» που δημιουργείται αν ο στόχος δεν έχει τηρηθεί και αυτό το κόστος μπορεί να σχετίζεται με το πολλαπλάσιο μέγεθος του παραπάνω από το προκαθορισμένο όριο των 8 λεπτών, χρόνου.

Συνήθως, το συνολικό κόστος των ανικανοποίητων στόχων μπορεί να ελαχιστοποιηθεί. Η δυσκολία στον προγραμματισμό στόχων είναι στον προσδιορισμό του κόστους όταν δεν ο στόχος δεν επιτυγχάνεται στο συγκεκριμένο προσδιορισμένο χρόνο. Οι Schilling, ReVelle, Cohen, και Elzinga (1980) επέκτειναν το μοντέλο μεγιστοποίησης κάλυψης διαιρώντας τη ζήτηση σε κάθε ζώνη σε δύο τύπους κλήσεων, με διαφορετική προτεραιότητα για την κάθε μία. Στη συνέχεια, διατύπωσαν δύο στόχους - τη μεγιστοποίηση της κάλυψης για τις κλήσεις με την υψηλότερη προτεραιότητας και τη μεγιστοποίηση της κάλυψης της αμέσως επόμενης προτεραιότητας κλήσεων. Στη συνέχεια, βρήκαν το σύνολο των μη-κυριαρχούμενων λύσεων. Επίσης οι ίδιοι εξέτασαν δύο τύπους οχημάτων, καθώς και έναν περιορισμό στον προϋπολογισμό για την αγορά νέου εξοπλισμού. Οι Daskin και Stern (1981) επέκτειναν το μοντέλο κάλυψης θέσης ώστε να συμπεριλαμβάνει ένα στόχο μεγιστοποίησης του αριθμού των ζωνών οι οποίες καλύπτονται από περισσότερα από ένα οχήματα. Αρχικά, επιλύουν ένα πρόβλημα κάλυψης θέσης ώστε να εντοπίσουν τον ελάχιστο αριθμό οχημάτων που απαιτούνται για την κάλυψη κάθε ζώνης. Δεδομένου ότι υπάρχουν συνήθως πολλές πιθανές θέσεις, που να επιτυγχάνουν πλήρη κάλυψη με τον ελάχιστο αριθμό οχημάτων, στη συνέχεια, επέλεξαν μια συγκεκριμένη λύση, εντοπίζοντας το σύνολο των θέσεων που μεγιστοποιεί τον αριθμό των ζωνών με πολλαπλές καλύψεις οχημάτων. Είναι επίσης δυνατόν να χρησιμοποιηθεί τη μέθοδο στάθμισης ώστε να συνδυάζει τους στόχους της ελαχιστοποίησης του αριθμού των οχημάτων και τη μεγιστοποίηση του αριθμού των πολλαπλών ζωνών κάλυψης. Οι Taylor, Baker, και Clayton

(1989), ανέπτυξαν ένα μοντέλο για την κατανομή των ασθενοφόρων σε τομείς σε μια χώρα. Το μοντέλο αφορά περισσότερο μια αφηρημένη και όχι συγκεκριμένη τοποθεσία, δεδομένου ότι έχει μόνο 10 τομείς. Ο στόχος προγραμματισμού χρησιμοποιείται με σκοπό την ελαχιστοποίηση του χρόνου απόκρισης του συστήματος, μένοντας μέσα σε ένα προκαθορισμένο προϋπολογισμό, καθώς και τη διατήρηση του φόρτου εργασίας του οχήματος σε χαμηλά επίπεδα.

Οι ReVelle, Schweitzer, και Snyder (1996) επεκτείνουν το μοντέλο μεγιστοποίησης κάλυψης στην περίπτωση που οι πυροσβεστικές ή ιατρικές εγκαταστάσεις δεν είναι ικανές ώστε να καλύψουν τις δικές τους ζώνες. Το μοντέλο αυτό έχει εφαρμογή σε καταστάσεις εξαιρετικά ακραίων περιπτώσεων καταστροφών όπου όταν μια ζώνη δεχτεί μια κλήση, τότε τα πάντα μέσα στην ζώνη αυτή έχουν πληγεί, όχι μόνο ένα μοναδικό στοιχείο εντός της ζώνης. Οι πολλαπλοί στόχοι του μοντέλου αυτού αφορούν τόσο τη μεγιστοποίηση κάλυψης ζήτησης σε πρώτες βοήθειες όσο και τη μεγιστοποίηση του αριθμού των τοποθεσιών των οχημάτων που καλύπτονται τουλάχιστον από δύο οχήματα. Οι Badri, Mortagy, και Alsayed (1998) ανέπτυξαν ένα εκτεταμένο μοντέλο προγραμματισμού στόχου που είναι η ελαχιστοποίηση των σταθερών και μεταβλητών εξόδων λειτουργίας, μεγιστοποιώντας την κάλυψη της ζήτησης, ελαχιστοποιώντας την απόσταση ταξιδιού και το μέγιστο χρόνο ταξιδιού, καθώς και ελαχιστοποιώντας τη χρήση των περιοχών, όπου η διαθεσιμότητα του νερού θα μπορούσε να αποτελεί σοβαρό πρόβλημα. Το μοντέλο αυτό βρήκε εφαρμογή στη πόλη του Ντουμπάι, Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα.

2.6.3 Μαθηματικά Προγραμματιστικά Μοντέλα που Περιλαμβάνουν Εφεδρική Κάλυψη (Back-up) σε Οχήματα και Οχήματα σε Κατάσταση Απασχόλησης – Πιθανολογικά Μοντέλα

Οι Church και Weaver (1985) επεκτείνουν το μοντέλο μέγιστης κάλυψης ζήτησης και αναπτύσσουν ένα ανάλογο μοντέλο με τίτλο: «μοντέλο διανυσματικού φορέα P -διάμεσου». Στην περίπτωση αυτή, γίνεται η υπόθεση από τον ερευνητή ότι η ζήτηση μιας ζώνης εξυπηρετείται στο $x\%$ του χρόνου από το πλησιέστερο προς το σημείο όχημα της, $y\%$ του χρόνου από το 2ο πλησιέστερο όχημα και ούτω καθ' εξής. Ο υπολογισμός των ποσοστών x , y κτλ θα πρέπει να εκτιμηθεί χρησιμοποιώντας ένα άλλο μοντέλο ή την εμπειρία του παρελθόντος. Το μοντέλο αυτό εντοπίζει έναν σταθερό αριθμό οχημάτων, έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται η συνολική απόσταση του ταξιδιού. Είναι σαφές ότι η προσέγγιση αυτή δεν είναι έγκυρη όταν τα ποσοστά επί τοις εκατό x , y κτλ., αλλάζουν στα ήδη επιλεγμένα σύνολα θέσεων.

Ανάλογα, οι Hogan και ReVelle (1986) επεκτείνουν το μοντέλο μέγιστης κάλυψης ζήτησης και το μοντέλο κάλυψης θέσης προσθέτοντας ένα δεύτερο στόχο προκειμένου να μεγιστοποιήσουν τον αριθμό κλήσεων που καλύπτονται από 2 ή περισσότερα οχήματα. Οι συγγραφείς συνδυάζουν τους στόχους χρησιμοποιώντας συντελεστές στάθμισης και διερευνούν πως η λύση του προβλήματος αλλάζει καθώς το βάρος σε καθέναν από τους δύο αυτούς στόχους μεταβάλλεται. Επίσης, προσθέτουν περιορισμούς προκειμένου να διαμορφώσουν ένα δευτερεύον κριτήριο κάλυψης, έτσι ώστε όλες οι κλήσεις να καλύπτονται εντός της προθεσμίας του δευτερεύοντος χρόνου (για παράδειγμα 15 λεπτά), ενώ προσπαθεί να μεγιστοποιήσει τον αριθμό των κλήσεων που καλύπτονται εντός του

συντομότερου πρωτεύοντος ορίου (για παράδειγμα, 8 λεπτά). Οι Gendreau, Laporte, και Semet, (1997), αναπτύσσουν μια αναζήτηση για ένα μοντέλο που μεγιστοποιεί τον αριθμό των κλήσεων που καλύπτουν ταυτόχρονα και το πρωτεύον αλλά και το δευτερεύον όριο. Με βάση αυτό το μοντέλο με την ίδια κλήση καλύπτεται η περίπτωση που όταν δεν υπάρχει διαθέσιμο ασθενοφόρο εντός των 8 λεπτών, το αμέσως εναλλακτικό ασθενοφόρο εντός των 15 λεπτών να είναι σε θέση να μεταβεί στον τόπο της ανάγκης. Οι Pirkul και Schilling (1988) εξομοιώνει τον στόχο της μεγιστοποίησης κάλυψης κλήσεων που υπόκεινται σε περιορισμούς σχετικά με τον αριθμό των κλήσεων που κάθε όχημα μπορεί να απαντήσει καθώς και την απαίτηση για εφεδρική κάλυψη σε περίπτωση που δεν υπάρχουν διαθέσιμα ασθενοφόρα. Οι Narasimhan, Pirkul, και Schilling (1992) επεκτείνουν το παραπάνω μοντέλο ώστε να συμπεριλαμβάνει το στόχο της μεγιστοποίησης του αριθμού των καλυπτόμενων κλήσεων με βάση διαφορετικά επίπεδα υπηρεσιών. Το συγκεκριμένο μοντέλο περιλαμβάνει περιορισμούς σχετικά με τον αριθμό των οχημάτων, την ικανότητα του συγκεκριμένου οχήματος να δεχτεί έναν ορισμένο αριθμό κλήσεων, καθώς και τον καθορισμό της κάλυψης για διαφορετικά επίπεδα υπηρεσιών. Στην περίπτωση αυτή, ένα όχημα μπορεί να παρέχει, πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια, ή και τα δύο επίπεδα υπηρεσιών και κάθε επίπεδο μπορεί να έχει ένα διαφορετικό πρότυπο χρόνου κάλυψης.

Ο Daskin (1983) υποθέτει ότι κάθε όχημα είναι απασχολημένο με πιθανότητα ίση με P . Ο ερευνητής μπορεί να εκτιμήσει το P με ακρίβεια υπολογίζοντας τον συνολικό φόρτο εργασίας (χρόνος ταξιδιού και υπηρεσιών) διαιρούμενο με το συνολικό διαθέσιμο χρόνο εργασίας. Δεδομένου του P και του αριθμού των οχημάτων που καλύπτουν μια ζώνη ζήτησης, είναι δυνατός ο υπολογισμός της πιθανότητας η ζώνη να καλύπτεται υπολογίζοντας την πιθανότητα ότι τουλάχιστον ένα από τα οχήματα στη ζώνη κάλυψης θα είναι σε αδράνεια. Αυτός ο υπολογισμός απλοποιείται με την παραδοχή ότι τα οχήματα λειτουργούν ανεξάρτητα και αυτό γενικά ονομάζεται *«υπόθεση ανεξαρτησίας»*. Είναι σαφές ότι αυτή η υπόθεση δεν είναι απολύτως έγκυρη όταν τα κοντινά οχήματα είναι απασχολημένα. Είναι πιο πιθανό ότι ένα όχημα είναι απασχολημένο, από τη στιγμή που έχει πλέον να καλύψει μια μεγάλη πρωτογενή περιοχή κάλυψης. Ο Daskin λοιπόν, αναπτύσσει μια ευρετική διαδικασία για την εξεύρεση του βέλτιστου συνόλου θέσεων υποθέτοντας ότι ο αριθμός των οχημάτων είναι σταθερός. Το μοντέλο μεγιστοποιεί την αναμενόμενη ζήτηση η οποία μπορεί να καλυφθεί (το μοντέλο ονομάζεται *«μέγιστη αναμενόμενη κάλυψη ζήτησης»*) και ως εκ τούτου βασίζεται στα αποτελέσματα των Church και ReVelle (1974). Η μελέτη επίσης εξετάζει πως η κάλυψη αλλάζει καθώς ο αριθμός των οχημάτων μεταβάλλεται.

Οι ReVelle και Hogan (1989) επεκτείνουν ακόμα περισσότερο το μοντέλο της μέγιστης αναμενόμενης κάλυψης. Κατ' αρχάς, όλα τα οχήματα θεωρούνται ότι έχουν ίση πιθανότητα να είναι απασχολημένα. Στη συνέχεια, ένας περιορισμός διαμορφώνεται προκειμένου να διασφαλίσει ότι κάθε ζώνη καλύπτεται με πιθανότητα P . Για παράδειγμα, ας υποθεθεί ότι τα οχήματα είναι απασχολημένα στο 20% του χρόνου και τίθεται ο στόχος μια ζώνη να καλύπτεται το 95% του χρόνου. Στη συνέχεια, αν μόνο ένα όχημα καλύπτει τη ζώνη, η πιθανότητα κάλυψης της συγκεκριμένης ζώνης είναι μόνο το 80% (από το 95% που είχε τεθεί ως αρχικός στόχος) από τη στιγμή που το 20% του χρόνου, όχημα που καλύπτει τη ζώνη είναι απασχολημένο. Αν τώρα υπάρχουν 2 οχήματα που καλύπτουν τη ζώνη, τότε η ζώνη καλύπτεται το 96% του χρόνου, 80% από το πρώτο όχημα και υπόλοιπο 16% από το

δεύτερο (80% του υπόλοιπου 20%). Έτσι, για την επίτευξη του περιορισμού του 95%, θα πρέπει να υπάρχουν τουλάχιστον 2 ή περισσότερα οχήματα για την κάλυψη της ζώνης. Για κάθε πιθανότητα το όχημα να είναι απασχολημένο και για κάθε επίπεδο κάλυψης, είναι απλός ο υπολογισμός του αριθμού των οχημάτων που απαιτούνται για την κάλυψη.

Το μοντέλο στη συνέχεια επεκτάθηκε προκειμένου να συμπεριλάβει την περίπτωση όπου οχήματα έχουν άνισες πιθανότητες να είναι απασχολημένα. Ωστόσο, εξακολουθεί να θεωρείται ότι για κάθε ζώνη, όλα τα οχήματα που εξυπηρετούν τη ζώνη αυτή έχουν ίσες πιθανότητες να είναι απασχολημένα. Η υπόθεση αυτή ονομάζεται και «*υπόθεση της απασχόλησης βάση ζώνης*». Οι περιορισμοί στο μοντέλο αυτό είναι παρόμοιοι με τους περιορισμούς στο προηγούμενο μοντέλο, αλλά ο αριθμός των οχημάτων κάλυψης που απαιτείται για κάθε ζώνη μπορεί να είναι διαφορετικός (εάν η πιθανότητα απασχόλησης είναι χαμηλότερη, τότε λιγότερα οχήματα απαιτούνται για να φτάσουμε στο P από τη στιγμή που τα πλησιέστερα οχήματα απαντούν σε ένα υψηλότερο ποσοστό κλήσεων). Αυτή η υπόθεση της ίσης πιθανότητας απασχόλησης για όλα τα οχήματα που καλύπτουν μια ζώνη είναι προβληματική στο γεγονός ότι το ίδιο όχημα θεωρείται ότι έχει δύο διαφορετικές πιθανότητες απασχόλησης ανάλογα με το ποια ζώνη καλύπτει. Οι Ball και Lin (1993) έχουν διαμορφώσει ένα μοντέλο παρόμοιο με τους ReVelle και Hogan (1989), καθώς περιλαμβάνει έναν περιορισμό στον αριθμό των οχημάτων κάλυψης προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι οι κλήσεις καλύπτονται με πιθανότητα P. Αυτό το μοντέλο επίσης, χρησιμοποιεί την υπόθεση της απασχόλησης βάση ζώνης προκειμένου να εξασφαλίσει την αξιοπιστία του περιορισμού κάλυψης. Οι ReVelle και Hogan (1989a) χρησιμοποιούν μια παρόμοια προσέγγιση για να επεκτείνουν μοντέλο κάλυψης θέσης προκειμένου να περιλαμβάνει την πιθανότητα κάλυψης. Οι Marianon και ReVelle (1994) επεκτείνουν το μοντέλο κάλυψης θέσης προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι κάθε ζήτηση έχει ένα όχημα πραγματικά διαθέσιμο στο προκαθορισμένο πρότυπο χρόνου, με πιθανότητα P. Ο στόχος της ελαχιστοποίησης του απαιτούμενου αριθμού των εξυπηρετητών κλήσεων παραμένει η ίδια. Η θεωρία ουράς αναμονής εφαρμόζεται στην ανάπτυξη των περιορισμών διαθεσιμότητας έτσι ώστε δεν χρειάζεται να υποθέσουμε ότι τα οχήματα είναι ανεξάρτητα το ένα από το άλλο, όπως έγινε στην περίπτωση των ReVelle και Hogan (1989) καθώς επίσης και σε εκείνη του Daskin (1983). Αντ' αυτού, το μοντέλο χρησιμοποιεί την υπόθεση της απασχόλησης βάση ζώνης. Οι Silva και Serra (2003) επεκτείνουν το αντίστοιχο μοντέλο των Marianon και ReVelle (1994) ώστε να περιλαμβάνουν πολλαπλές προτεραιότητες κλήσης. Οι Marianon και ReVelle (1996) επεκτείνουν την εργασία των ReVelle και Hogan (1989), χρησιμοποιώντας τη θεωρία αναμονής προκειμένου να δημιουργήσουν τους απαιτούμενους περιορισμούς κάλυψης. Η υπόθεση απασχόλησης βάση ζώνης εξακολουθεί να απαιτείται. Οι Marianon και Serra (1998) επεκτείνουν τις μελέτες των Marianon και ReVelle (1996) για να συμπεριλάβουν τις αποφάσεις βασισμένης στην τοποθεσία των βάσεων των οχημάτων καθώς επίσης και τις αποφάσεις σχετικά με την κατανομή των πελατών (clients) στις βάσεις. Οι βάσεις συμπεριφέρονται σαν συστήματα ουρών αναμονής έτσι ώστε οι κλήσεις μπορούν να περιμένει στη γραμμή. Οι Marianon και Serra (2002) χρησιμοποιούν τις τεχνικές που είχαν αναπτύξει σε προηγούμενο έργο τους (1998) και επέτειναν το μοντέλο κάλυψης θέσης ώστε να περιλαμβάνει την ελαχιστοποίηση του αριθμού των εγκαταστάσεων καθώς και του αριθμού των οχημάτων. Οι περιορισμοί σχετικά με το μήκος της ουράς αναμονής περιλαμβάνονται επίσης.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι για όλες τις μελέτες του Marianon στην παρούσα παράγραφο, όλες οι αιτήσεις για την κάλυψη άμεσης ανάγκης που έχουν ανατεθεί σε μια βάση πρέπει να καλυφθούν από την ίδια βάση, ανεξάρτητα από το πόσο απασχολημένη είναι η συγκεκριμένη βάση. Αυτό περιορίζει την εγκυρότητα αυτών των μοντέλων σε έκτακτες καταστάσεις.

2.6.4 Μοντέλα που Περιλαμβάνουν Πολλαπλούς Τύπους Οχημάτων και Πολλαπλά Οχήματα ανά Κλήση

Οι Schilling και λοιποί (1979) επεκτείνουν το μοντέλο μέγιστης κάλυψης και λαμβάνουν υπόψη τόσο τη θέση εγκατάστασης όσο και την κατανομή του εξοπλισμού στις εγκαταστάσεις. Το μοντέλο τους ονομάζεται «FLEET» (λογοπαίγνιο που σχετίζεται με τον «στόλο» των οχημάτων κάλυψης έκτακτης ανάγκης) και θεωρεί δύο τύπους εξοπλισμού (Εκτεταμένο Επίπεδο Υποστήριξης ALS – Advanced Life Support και Βασικό Επίπεδο Υποστήριξης BLS - Basic Level Support για παράδειγμα). Ο στόχος είναι να μεγιστοποιηθεί το ποσό της ζήτησης που καλύπτεται από τους δύο τύπους οχημάτων. Υπάρχει ένας σταθερός αριθμός από κάθε τύπο εξοπλισμού όπως επίσης και ένας σταθερός αριθμός τοποθεσιών (βάσεων). Κάθε τύπος εξοπλισμού έχει ένα διαφορετικό πρότυπο κάλυψης. Το κόστος της τοποθεσίας των βάσεων θεωρείται ότι είναι το ίδιο για όλες τις πιθανές τοποθεσίες, έτσι ώστε όταν ο αριθμός των τοποθεσιών είναι σταθερός τότε και το κόστος τοποθεσίας είναι σταθερό. Οι Charnes και Storbeck (1980) έχουν δημιουργήσει ένα μοντέλο προγραμματισμού στόχου. Οι συγκεκριμένοι ερευνητές εντόπισαν ένα σταθερό αριθμό ALS και BLS οχημάτων, έτσι ώστε ο στόχος για την κάλυψη σε οχήματα ALS πληρούται για κάθε ζώνη και ο στόχος για την κάλυψη σε οχήματα BLS ικανοποιείται για τις ζώνες που δεν καλύπτονται από τα οχήματα ALS. Υπάρχει ένα σιωπηρό κόστος όταν δεν επιτυγχάνονται οι διαφορετικοί στόχοι κάλυψης και το μοντέλο προσπαθεί να ελαχιστοποιήσει το συνολικό κόστος της μη κάλυψης στόχων. Ο διαχειριστής του μοντέλου πρέπει να προσδιορίσει το συγκεκριμένο κόστος στην περίπτωση που δεν πληρούνται οι όροι. Επίσης, ο Storbeck (1982) χρησιμοποιεί ένα μοντέλο προγραμματισμού στόχου προκειμένου να αξιολογήσει την διαφορά που παρουσιάζεται σε κάποιες ζώνες με πολλαπλή κάλυψη σε σχέση με κάποιες άλλες ζώνες χωρίς καμία κάλυψη, δεδομένου ότι το κόστος για τις ζώνες που δεν υπάρχει κάλυψη είναι ήδη γνωστό. Οι Moore και ReVelle (1982) αναπτύσσουν το «πρόβλημα της ιεραρχικής τοποθεσίας υπηρεσιών». Αυτό το μοντέλο είναι μια προσαρμογή του μοντέλου FLEET και θεωρεί ότι η ζήτηση καλύπτεται αν υπάρχει η κάλυψη μόνο από έναν τύπο οχήματος, σε αντίθεση με τους δύο τύπους. Ο στόχος είναι να ελαχιστοποιηθεί η ποσότητα της ζήτησης που δεν καλύπτεται. Αντί να κρατήσει σταθερό τον αριθμό των οχημάτων κάθε τύπου το μοντέλο αυτό συμπεριλαμβάνει ένα περιορισμό προκειμένου να εξασφαλίσει ότι τα όρια του προϋπολογισμού κόστους δεν έχουν παραβιαστεί. Το μοντέλο χρησιμοποιεί μια παραδοχή ότι τα πιθανά σημεία εγκαταστάσεις είναι εκ των προτέρων γνωστά. Ο ερευνητής μπορεί να λύσει το μοντέλο για έναν αριθμό επιπέδων προϋπολογισμού και επίσης να διαπιστώσει την αντίστροφη σχέση μεταξύ της κάλυψης και των εξόδων.

Οι Marianon και ReVelle (1992) εξομοίωσαν την ταυτόχρονη θέση των κινητήρων και των πυροσβεστικών ή οχημάτων διάσωσης με σκάλες και περιλαμβάνει όρια για τον αριθμό

των οχημάτων αυτών σε κάθε θέση. Η συγκεκριμένη προσέγγιση είναι μια επέκταση του αντίστοιχου προτύπου των Hogan και ReVelle (1986) για τη διπλή κάλυψη κλίσης. Η κάλυψη σε αυτό το μοντέλο απαιτεί δύο εταιρείες κατασκευής φορτηγών και τρεις εταιρείες κατασκευής κινητήρων που βρίσκονται σε μια συγκεκριμένη απόσταση μεταξύ τους. Όταν απασχολημένα οχήματα συμπεριλαμβάνονται στο μοντέλο, τότε η απαίτηση κάλυψης τροποποιείται χρησιμοποιώντας μια προσέγγιση παρόμοια με αυτή που χρησιμοποιούνται στους ReVelle και Hogan (1989). Οι ReVelle και Snyder (1995) κατασκεύασαν το μοντέλο «FAST» (FAST – γρήγορος) για τον εντοπισμό δύο πυροσβεστικών οχημάτων και ασθενοφόρων. Το μοντέλο είναι πολυστοχικό στο ότι προσπαθεί να μεγιστοποιήσει της κάλυψη κλήσης για πυρκαγιές καθώς και την κάλυψη κλήσης για ασθενοφόρα. Αντί της εύρεσης μίας «βέλτιστης» λύση χρησιμοποιώντας μια μέθοδο στάθμισης (συντελεστής), η προσέγγιση στο συγκεκριμένο μοντέλο είναι να δημιουργήσει όλες τις λύσεις που είναι «αποτελεσματικές» με την έννοια ότι δεν υπάρχει άλλη λύση που να είναι καλύτερη και τους δύο στόχους. Αυτό το σύνολο των λύσεων (το οποίο γενικά ονομάζεται «όριο του συνόλου Pareto») απευθύνεται στα διοικητικά στελέχη υπεύθυνα για την λήψη αποφάσεων τα οποία στη συνέχεια υπολογίζουν τις διαφορές στις συνέπειες της κάθε λύσης και στο τέλος επιλέγουν μια ενιαία εναλλακτική λύση. Οι περιορισμοί περιλαμβάνουν τον αριθμό των οχημάτων κάθε τύπου, τον προϋπολογισμό για την κατασκευή των σταθμών, καθώς και την υπόθεση ότι κάθε βάση διατίθεται μόνο για ασθενοφόρα ή πυροσβεστικά οχήματα. Οι Jayaraman και Stinastava (1995) επεκτείνουν το μοντέλο μέγιστης αναμενόμενης κάλυψης του Daskin προκειμένου εκείνο να περιλαμβάνει οχήματα πρωτοβάθμιας (BLS) και δευτεροβάθμιας (ALS) κάλυψης. Ο στόχος είναι να μεγιστοποιηθεί το σύνολο των κλήσεων που καλύπτουν τόσο τα πρωτοβάθμια περιστατικά όσο και τα δευτεροβάθμια. Ως Πρωτοβάθμια Κάλυψη ορίζεται η ύπαρξη «αρκετών» οχημάτων πρωτοβάθμιας κάλυψης εντός του πρωτεύοντος πρότυπου χρόνου και η Δευτεροβάθμια Κάλυψη ορίζεται ανάλογα. Οι περιορισμοί περιλαμβάνουν όρια στον αριθμό των πρωτογενών και δευτερογενών οχημάτων και επίσης στον αριθμό των εγκαταστάσεων.

Ο Serra (1996) ορίζει το «συνεκτικό μοντέλο κάλυψης τοποθεσίας – *Coherent Covering Location Model*». Εδώ, υπάρχουν δύο τύποι οχημάτων, πρωτοβάθμιας κάλυψης ALS και δευτεροβάθμιας κάλυψης BLS για παράδειγμα. Τα οχήματα ALS μπορεί να παρέχουν και ALS αλλά και BLS υπηρεσίες, ενώ τα BLS οχήματα παρέχουν μόνο BLS υπηρεσίες. Το μοντέλο έχει δύο κριτήρια, τη μεγιστοποίηση της κάλυψης κλήσης για ALS οχήματα και την μεγιστοποίηση της κάλυψης κλήσης είτε από ALS είτε από BLS οχήματα. Υπάρχουν όρια στον αριθμό των ALS και BLS οχημάτων και μια τυπική απόσταση που εξασφαλίζει ότι τα οχήματα BLS βρίσκονται κοντά στα οχήματα ALS (αυτό είναι άλλωστε και το «συνεκτικό» μέρος του μοντέλου). Η έννοια της κάλυψης εξαρτάται από τον τύπο της προσφερόμενης υπηρεσίας καθώς ο καθένας έχει τα δικά της πρότυπα αποδεκτής απόστασης. Ο Mandell (1998) θεωρεί ένα παρόμοιο ALS / BLS σύστημα με τις ίδιες απαιτήσεις κάλυψης. Το μοντέλο περιλαμβάνει περιορισμούς παρόμοιους με εκείνους των ReVelle και Hogan (1989) για να διασφαλιστεί η αξιόπιστη κάλυψη σε περίπτωση απασχολημένων οχημάτων, όπως επίσης και ένα μοντέλο αναμονής προκειμένου να εκτιμηθεί η ακριβής πιθανότητα επιτυχούς κάλυψης. Το έργο του Mandell αντιπροσωπεύει το πιο προηγμένο από τα στατικά μοντέλα σχεδιασμού για συστήματα ALS / BLS.

Ο Amiri (1998) διατυπώνει ένα μοντέλο για να ελαχιστοποιηθεί το κόστος της δημιουργίας και λειτουργίας εγκαταστάσεων και περιλαμβάνει πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια οχήματα και πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια επίπεδα υπηρεσιών. Κάθε η ζήτηση πρέπει να καλύπτεται τόσο από πρωτοβάθμιας όσο και από δευτεροβάθμιας κάλυψης οχήματα. Οι Marianon και Serra (2001) αναπτύσσουν ένα μοντέλο για τον εντοπισμό εξυπηρετητών (τηλεφωνικών κέντρων ή υπολογιστικών συστημάτων) υψηλού και χαμηλού επιπέδου και διαμοιράζουν ζώνες για κάθε τύπο εξυπηρετητή. Οι εξυπηρετητές λειτουργούν σαν ένα σύστημα αναμονής και οι κλήσεις μπορεί να περιμένουν στην ουρά. Ο στόχος του συγκεκριμένου μοντέλου είναι η ελαχιστοποίηση του κόστους ανοίγματος και λειτουργίας των εγκαταστάσεων εξυπηρέτησης. Και τα δύο μοντέλα έχουν περιορισμένη χρησιμότητα σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης, από τη στιγμή που τα αιτήματα για βοήθεια απευθύνονται στην προκαθορισμένη από το σύστημα εγκατάσταση και όχι στην πιο κοντινή εγκατάσταση που βρίσκεται σε κατάσταση αδράνειας.

Οι Batta και Mannur (1990) διευρύνουν τόσο το μοντέλο μεγιστοποίησης κάλυψης όσο και το μοντέλο κάλυψης τοποθεσίας για την περίπτωση κατά την οποία οι κλήσεις απαιτούν πολλαπλές μονάδες (οχήματα) του ίδιου τύπου. Όταν πολλαπλές μονάδες συμμετέχουν στην αποστολή διάσωσης, η κάλυψη εξαρτάται από τη σειρά ανταπόκρισης για την κλήση. Για παράδειγμα, εάν μια κλήση απαιτεί 3 μονάδες, τότε η κλήση μπορεί να θεωρηθεί ότι καλύπτεται αν η πρώτη μονάδα βρίσκεται μέσα σε 5 λεπτά, η δεύτερη μονάδα μέσα σε 7 λεπτά και η τρίτη μονάδα μέσα σε 10 λεπτά. Οι ειδικές προδιαγραφές χρόνου μπορεί να διαφέρουν για κάθε σύστημα και πρέπει να δοθούν ξεχωριστά για κάθε κλήση και για κάθε όχημα.

2.7 Μοντέλα Τυχαίων Παραμέτρων

2.7.1 Υπερκύβος

Ο Larson το 1974 εισαγάγει το «μοντέλο Υπερκύβος» για την αξιολόγηση της απόδοσης ενός συνόλου θέσεων. Όπως συμβαίνει και στις προσομοιώσεις, το μοντέλο αυτό είναι περιγραφικό και πρέπει να ενταχθεί σε ένα πλαίσιο βελτιστοποίησης με στόχο την εξεύρεση ικανοποιητικών λύσεων. Το μοντέλο υποθέτει ότι οι εισερχόμενες προς το σύστημα κλήσεις βασίζεται σε μια κατανομή Poisson (σε αντίθεση με τις ντετερμινιστικές υποθέσεις) και ότι ο χρόνος υπηρεσίας για κάθε κλήση κατανέμεται εκθετικά με μέση τιμή λ . Η κατανομή Poisson αποτελεί μια τυπική διαδικασία που χρησιμοποιείται για να μοντελοποιήσει αφίξεις σε ένα σύστημα. Είναι το αποτέλεσμα της ύπαρξης μεγάλου αριθμού πιθανών πελατών N , όπου ο κάθε ένας έχει μια μικρή πιθανότητα, p , να χρησιμοποιήσει το σύστημα κλήσεων για σύντομο χρονικό διάστημα. Το αποτέλεσμα $N * p$, που συμβολίζεται με λ , καλείται η «ένταση της διαδικασίας» και είναι ο μέσος αριθμός των αφίξεων ανά μονάδα χρόνου. Δεδομένου ότι το λ , υπολογίζεται με απλό τρόπο, η πιθανότητα κατανομής για τον αριθμό των αφίξεων, σε κάθε χρονική περίοδο, t , ακολουθεί μια κατανομή Poisson με μέση τιμή $\lambda * t$. Ο Larson χρησιμοποιεί τις παραπάνω υποθέσεις προκειμένου να διαμορφώσει ένα μεγάλο μοντέλο έχοντας μια κατάσταση για κάθε δυνατό συνδυασμό οχημάτων σε αδράνεια και απασχόληση. Για παράδειγμα, αν υπάρχουν πέντε οχήματα, τότε η κατάσταση (1, 0, 1, 1, 0) αντιστοιχεί στα οχήματα 1, 3, και 4 να είναι απασχολημένα ενώ τα οχήματα 2 και 5 να είναι σε αδράνεια. Εάν μια κλήση φτάσει όταν το

σύστημα βρίσκεται σε αυτή τη συγκεκριμένη κατάσταση, τότε η κλήση αυτή θα εξυπηρετείται είτε με το όχημα 2 ή το όχημα 5, ανάλογα με τη θέση της κλήσης σε σχέση με τη θέση των δύο συγκεκριμένων οχημάτων σε αδράνεια. Σε γενικές γραμμές, το μοντέλο έχει 2^N καταστάσεις όπου N είναι ο αριθμός των οχημάτων. Ακόμη και στην περίπτωση όπου το N είναι μέχρι και 20, ο υπολογισμός του μοντέλου αποτελεί μια δύσκολη διαδικασία. Η κατηγορία των μοντέλων αυτών ονομάζεται και «Μοντέλα Markov» λόγω της υπόθεσης ότι η πιθανότητα δημιουργίας νέων μελλοντικών συνδυασμών απασχολημένων και σε αδράνεια οχημάτων στηρίζεται αποκλειστικά και μόνο στους υφιστάμενους (υπάρχοντες) συνδυασμούς καθώς και στην πιθανότητα να συμβούν μελλοντικά γεγονότα. Το πως δημιουργήθηκε ο υφιστάμενος συνδυασμός δεν έχει σημασία για την πρόβλεψη των μελλοντικών καταστάσεων.

Στο μοντέλο Υπερκύβος, κάθε κλήση θεωρείται ότι απαιτεί ένα όχημα και θεωρείται δεδομένο ότι κάθε ζώνη έχει μια μοναδική προτίμηση κλήσης των διαθέσιμων οχημάτων. Αυτή η μοναδική σειρά προτεραιότητας απλά συνεπάγεται πως για κάθε κλήση, υπάρχει μια σειρά προτεραιότητας αποστολής. Ο αποστολέας θα εκτελέσει την αποστολή του πρώτου οχήματος που θα βρίσκεται σε αδράνεια από μια κατάσταση (λίστα) οχημάτων. Σε γενικές γραμμές, η προτίμηση είναι βασίζεται στην απόσταση του οχήματος από τον τόπο άμεσης βοήθειας, αλλά αυτό δεν πάντοτε απαραίτητο. Θα μπορούσε να υπάρχει μια δυσκολία, αν δύο οχήματα βρίσκονται εξίσου στην ίδια σειρά προτίμησης για μια κλήση και έτσι οι Burwell, Jarvis, και McKnew (1993) επέκτειναν το μοντέλο Υπερκύβος προκειμένου να εξετάσει εξυπηρετητές που βρίσκονται συστεγασμένοι ίδιο σημείο καθώς και να οριοθετήσει τις συνθήκες αποστολής των οχημάτων. Τα αποτελέσματα του μοντέλου Υπερκύβος είναι η πιθανότητα να βρίσκεται σε οποιαδήποτε συνδυασμό κατάστασης αδράνειας – απασχόλησης και αυτή η πιθανότητα δύναται στη συνέχεια να χρησιμοποιηθεί προκειμένου να υπολογίσει τα παραδοσιακά κριτήρια του χρόνου ταξιδιού του συστήματος, της κάλυψης του συστήματος, του φόρτου εργασίας του οχήματος, τις πιθανότητες το σύστημα να είναι απασχολημένο καθώς και τον αριθμό των οχημάτων που δεν αποτελούν την πρώτη επιλογή για αποστολή από το σύστημα.

Για να αντιμετωπίσει τις παραπάνω υπολογιστικές δυσκολίες του μοντέλου Υπερκύβος, πάλι ο Larson (1975) αναπτύσσει το «A-Hypercube, μοντέλο προσέγγισης Υπερκύβος». Το μοντέλο αυτό αποτελείται από εξισώσεις προκειμένου να υπολογίσει τις πιθανότητες όπου κάθε όχημα είναι απασχολημένο. Ως η σημαντικότερη επέκταση του νέου αυτού μοντέλου θεωρείται η ανάπτυξη των παραγόντων, που ονομάζονται «Q-παράγοντες», και οι οποίοι μπορούν να συμπεριληφθούν σε μοντέλα και χρησιμοποιούνται για να χαλαρώσουν την υπόθεση ότι οι πιθανότητες για κάθε όχημα να είναι απασχολημένο είναι ανεξάρτητες. Το μοντέλο εξακολουθεί να απαιτεί ότι ο μέσος χρόνος υπηρεσίας θα πρέπει να αποτελεί μια ενιαία αξία για όλες τις κλήσεις, ωστόσο ο υπεύθυνος κλήσεων μπορεί να κάνει μια διαδικασία βαθμονόμησης προκειμένου να εκτιμήσει την κατάλληλη ώρα για αποστολή ενός οχήματος. Οι Goldberg και Szidarovsky (1991) επιδεικνύουν τη σύγκλιση των υπολογιστικών μεθόδων που χρησιμοποιούνται στο μοντέλο A-Υπερκύβος.

Οι Batta, Dolan, και Krishnamurthy (1989) συνδυάζουν τις ιδέες που προκύπτουν από το μοντέλο A-Υπερκύβος με αυτές του αναμενόμενου μοντέλου κάλυψης του Daskin. Αυτό το νέο μοντέλο διορθώνει, την υπόθεση της ανεξαρτησίας του μοντέλου του Daskin

χρησιμοποιώντας τους Q-παράγοντες του μοντέλου του Larson. Επίσης, οι συγγραφείς δημιουργούν μια ευρετική μέθοδο προκειμένου να βρουν καλές σειρές των τοποθεσιών στάθμευσης των οχημάτων. Ο Benveniste (1985) επεκτείνει το μοντέλο A-Υπερκύβος με την προσθήκη του στόχου της ελαχιστοποίησης του χρόνου ταξιδιού του συστήματος και αναπτύσσοντας παράλληλα μια στρατηγική βελτιστοποίησης η οποία επιλέγει τις θέσεις των εξυπηρετητών καθώς και τους τομείς υπηρεσιών, δηλαδή ποια από όλες τις γειτονικές ζώνες που περικλείουν μια συγκεκριμένη ζώνη θα επιλεγεί πρώτα. Ο Jarvis (1985) επεκτείνει και εκείνος με τη σειρά του το μοντέλο A-Υπερκύβος συμπεριλαμβάνοντας τις γενικές ώρες κλήσεις για αποστολή οχημάτων. Αυτό επιτρέπει τη μοντελοποίηση των συστημάτων όπου η κλήση για την αποστολή οχημάτων εξαρτάται τόσο από το όχημα που είναι έτοιμο να αποσταλεί, όσο και από την ζώνη της ζήτησης. Έχουν πραγματοποιηθεί ήδη μελέτες επικύρωσης, οι οποίες έχουν δείξει ότι η πιθανότητες για ένα όχημα να είναι απασχολημένο είναι εξαιρετικά ακριβείς και πετυχαίνουν (λιγότερο από 5% σφάλμα σε σύγκριση με τις αντίστοιχες πιθανότητες του πραγματικού συστήματος. Οι Goldberg και Paz (1991) επέκτειναν ακόμα περισσότερο το μοντέλο του Jarvis, προσθέτοντας ως στόχο τη μεγιστοποίηση του αναμενόμενου αριθμού των κλήσεων που καλύπτονται. Οι ίδιοι εκτιμούν την πιθανότητα ότι ο πραγματικός χρόνος ταξιδιού του οχήματος προς το σημείο ζήτησης έκτακτης ανάγκης είναι μικρότερος από το πρότυπο κάλυψης χρόνου που έχει τεθεί από το σύστημα. Επίσης ενσωματώνουν στο νέο αυτό μοντέλο μια ευρετική επιλογή τοποθεσίας. Η υπόθεση ότι υπάρχει μια σταθερή σειρά επιλογής οχήματος για κάθε ζώνη εξακολουθεί να παραμένει.

2.7.2 Προσεγγίσεις Ουράς Αναμονής

Οι Berman και Larson το 1982, εξέτασαν την κατάσταση όπου η ζήτηση εμφανίζονται σύμφωνα με μια διαδικασία Poisson, οι κλήσεις είναι τυχαίες και ακολουθούν μια γενική κατανομή είναι ανεξάρτητη από τη θέση του οχήματος. Το μοντέλο εντοπίζει μια σειρά από οχήματα για να ελαχιστοποιηθεί η συνολική αναμενόμενη διαδρομή και να εξυπηρετήσουν όλες τις απαιτήσεις. Το μοντέλο θεωρεί ότι υπάρχει πιθανότητα τα περισσότερα προτιμώμενα οχήματα να είναι ήδη απασχολημένα και ως εκ τούτου, ένα λιγότερο προτιμώμενο όχημα θα πρέπει να σταλεί. Επίσης λαμβάνει υπόψη και την πιθανότητα το σύστημα να είναι εντελώς απασχολημένο και η κλήση θα πρέπει να μπει στην αναμονή ή θα πρέπει να σταλεί σε ένα τηλεφωνικό σύστημα κλήσεων που εργάζεται παράλληλα με το αντίστοιχο σύστημα που είναι απασχολημένο

Το μοντέλο είναι συναφές στο βασικές του αρχές με το σύστημα που προτείνει ο Jarvis το 1985. Οι Berman, Larson, και Parkan, (1987) αποσυνθέτουν το μοντέλο του Berman και Larson σε μια σειρά από προβλήματα μεμονωμένου οχήματος. Στη συνέχεια, βρίσκουν την βέλτιστη τοποθεσία του κέντρου κλήσεων. Πληροφορίες για κοινό φόρτο εργασίας των οχημάτων συνδυάζονται ανάμεσα στα προβλήματα των μεμονωμένων οχημάτων μέχρι η μέθοδος αυτή να συγκλίνει σε μια σταθερή λύση. Ο στόχος είναι να ελαχιστοποιηθούν ο αριθμός των ταξιδιών των οχημάτων καθώς και ο χρόνος αναμονής.

2.8 Δυναμικά Μοντέλα Πραγματικού χρόνου

Τα μοντέλα που συζητήθηκαν προηγουμένως τείνουν να είναι μοντέλα «μιας χρήσεως». Ο χρήστης του μοντέλου μπορεί να λύσει ένα πρόβλημα για ένα ενιαίο σύνολο δεδομένων των απαιτήσεων, χρόνου ταξιδιού και χρόνου εξυπηρέτησης, όπως επίσης και να βρει μια καλή τοποθεσία θέσεων με βάση το συγκεκριμένο σύνολο δεδομένων. Αυτό είναι η αντίληψη είναι προβληματική γιατί τα δεδομένα δεν είναι στατικά και υπόκεινται σε δραματικές αλλαγές μέσα στην ημέρα, την εβδομάδα και ακόμη στο έτος.

Μια προσέγγιση για την αντιμετώπιση της δυναμικής φύσης του προβλήματος είναι ο χρήστης να σπάσει την εβδομάδα σε 168 ωριαίες χρονικές περιόδους και να λύσει το μοντέλο για κάθε ώρα. Εδώ, ο χρήστης θα πρέπει να ενσωματώσει λύσεις έτσι ώστε το σύστημα να λειτουργεί ομαλά και να μη παρουσιάζει ατέλειες όσον αφορά τα οχήματα που αλλάζουν συνεχώς θέση.

Επίσης, μπορεί κανείς να χρησιμοποιήσει τα μοντέλα και να κάνει προ-σχεδιασμό για καταστάσεις που δεν έχουν προβλεφθεί. Για παράδειγμα, εάν το 25% των οχημάτων είναι απασχολημένα, θα μπορούσε κανείς να λύσει ένα μοντέλο με 25% λιγότερη ικανότητα και να διαπιστώσει πώς το σύστημα θα πρέπει να σχεδιαστεί. Η λύση αυτή μπορεί τώρα να χρησιμοποιηθεί για να βοηθήσει στην επιλογή του τρόπου αναδιάταξης των διαφόρων στοιχείων του συστήματος. Έτσι, μια τυπική στρατηγική για την αντιμετώπιση της δυναμικής φύσης είναι να χρησιμοποιηθούν τα στατικά μοντέλα και να πραγματοποιηθεί αρκετός πειραματισμός προκειμένου να προ-σχεδιαστούν ενδεχόμενες καταστάσεις. Δυστυχώς, κανείς δεν μπορεί να προβλέψει κάθε πιθανή κατάσταση και θα πρέπει ακόμη να γίνει κατανοητό πώς θα ενσωματώσουν και θα εφαρμοστούν οι λύσεις από τις διάφορες εκτελέσεις του μοντέλου.

Το έργο στην βιβλιογραφία αναφορικά με την επιχειρηματική έρευνα αναφέρεται σε δύο είδη δυναμικών προβλημάτων. Το πρόβλημα της επανατοποθέτησης και το πρόβλημα της αποστολής. Οι επόμενες παράγραφοι περιέχουν μια περιληπτική λειτουργία των δύο αυτών προβλημάτων.

2.8.1 Δυναμική Επανατοποθέτηση

Για το βραχυπρόθεσμα προβλήματα (προβλήματα μικρής διάρκειας), δηλαδή προβλήματα που καταναλώνουν ορισμένες μόνο ώρες σε πραγματικό χρόνο, οι Repede και Bernardo (1994) επέκτειναν το μοντέλο της μέγιστης αναμενόμενης κάλυψης του Daskin που επιτρέπει ώστε να επιτρέπει διαφορετικά σύνολα τοποθεσιών σε διαφορετικές χρονικές στιγμές της εβδομάδας. Ένα σύνολο περιορισμών όσον αφορά τον αριθμό των οχημάτων κατά τη διάρκεια κάθε ώρας περιλαμβάνεται επίσης ώστε να ελεγχθούν τα έξοδα αναμονής και κίνησης. Δεν υπάρχει περιορισμός για το πόσες φορές το κάθε όχημα θα αλλάξει βάσεις κατά τη διάρκεια μιας ημέρας. Ο Amiri (2001) χρησιμοποιεί μια παρόμοια προσέγγιση κατά τον σχεδιασμό των γενικών συστημάτων εξυπηρέτησης. Το μοντέλο περιλαμβάνει επίσης ένας στόχο που υπολογίζει διάφορα είδη κόστους όπως είναι ο χρόνος εργασίας, ο χρόνος μετακίνησης, και ο χρόνος αναμονής των κλήσεων. Οι

αποφάσεις αφορούν τις τοποθεσίες των εγκαταστάσεων, τη διαθέσιμη χωρητικότητα κάθε διαθέσιμης εγκατάσταση για την ημέρα καθώς και τις ζώνες που αποδίδονται σε κάθε διαθέσιμη εγκατάσταση. Όταν μια εγκατάσταση γίνεται διαθέσιμη και αποκτά ορισμένη χωρητικότητα για οχήματα, τότε η χωρητικότητα αυτή είναι σταθερή για όλη τη μέρα. Οι αναθέσεις ζωνών όμως μπορεί να ποικίλουν ανάλογα με την κάθε ώρα.

Οι Gendreau, Laporte, και Semet (2001) ανέπτυξαν ένα μοντέλο που θέτει ως στόχο την μεγιστοποίηση της ζήτησης δύο φορές (διπλή κάλυψη ζήτησης). Οι περιορισμοί που περιλαμβάνουν: το πλήθος των οχημάτων σε κάθε χώρο, τη μετακίνηση του ίδιου του οχήματος επανειλημμένα, τα μακρινά ταξίδια και τα ταξίδια μετ' επιστροφής μεταξύ των δύο σημείων. Το συγκεκριμένο μοντέλο έχει χρησιμοποιηθεί σε δεδομένα που δημιουργούνται από το σύστημα EMS του Μόντρεαλ στον Καναδά και έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να λύνει προβλήματα ζήτησης γρήγορα, προκειμένου να είναι σε θέση να μπορεί να βοηθήσει σε αποφάσεις μετεγκατάστασης οχημάτων σε πραγματικό χρόνο. Το μοντέλο αυτό είναι ενσωματωμένο σε ένα σύστημα λογισμικού που υπολογίζει, επίσης, την αποστολή, καθώς και αλλαγή του οχήματος, όπου υπάρχει τέτοια ανάγκη.

2.8.2 Αποστολή Οχημάτων σε πραγματικό χρόνο

Η απόφαση αποστολής για κλήσεις έκτακτης ανάγκης θεωρείται γενικά κάτι πολύ απλό κυρίως για το λόγο ότι το πιο κοντινό όχημα που βρίσκεται σε αδράνεια συνήθως αποστέλλεται μετά από την κλήση. Από την άλλη, μπορεί να υπάρχουν επιπλοκές και μερικές φορές είναι πιο χρήσιμο για το σύστημα, εάν το δεύτερο όχημα ή τουλάχιστον, το πλησιέστερο όχημα σε σχέση με το πρώτο να αποσταλεί τελικά. Το γεγονός αυτό είναι πιο πιθανό να συμβεί όταν υπάρχουν δύο (ή περισσότερα) τα οχήματα που έχουν περίπου ίσους χρόνους ταξιδιού. Στην περίπτωση αυτή, το κάθε ένα από τα δύο οχήματα μπορεί να ανταποκριθεί με επιτυχία στην κλήση, αλλά υπάρχει μια μικρή διεργασία επιχειρησιακής έρευνας που θα πρέπει να γίνει στην περίπτωση των ασθενοφόρων.

Οι κλήσεις για πυροσβεστικά οχήματα σε περίπτωση πυρκαγιάς αποτελούν συχνά ένα διαφορετικό θέμα σε σχέση με τα οχήματα ιατρικής κάλυψης και τα ασθενοφόρα. Οι Chelst και Barlach (1981) ασχολήθηκαν με την απόφαση αποστολής του σωστού οχήματος για κάθε περίπτωση. Η ιδέες τους στηρίχθηκαν στις ανάλογες μελέτες του Υπερκύβου και Α-Υπερκύβου και το κύριο ερώτημα του μοντέλου αυτού είναι η εκτίμηση του χρόνου που το πρώτο όχημα θα φτάσει στο τόπο της πυρκαγιάς. Ο Swersey (1982) αναπτύσσει ένα μοντέλο απόφασης (decision model) προκειμένου να ορίσει πόσα πυροσβεστικά οχήματα θα πρέπει να αποσταλούν ανάλογα με την κάθε κλήση.

Οι Ignall, Carter, και Rider (1982) ανέπτυξαν ένα πρότυπο για τον καθορισμό του αριθμού καθώς και το είδος των πυροσβεστικών οχημάτων θα πρέπει να αποσταλεί σε μια αστική περιοχή με υψηλό φόρτο εργασίας. Τα κριτήρια που εξετάζουν οι μελέτες των Swersey και Ignall και λοιπών αποτελεί η ελαχιστοποίηση του άμεσου χρόνου απόκρισης σε συνδυασμό με την ελαχιστοποίηση τυχών μελλοντικών ζημιών. Οι Cuninghame - Greene, και Harries (1988) έδειξαν ότι ο κανόνας που θέλει το κοντινό σε αδράνεια όχημα να αποσταλεί στον τόπο του ατυχήματος αποτελεί τη βέλτιστη επιλογή όταν το κριτήριο για την απόφαση αποστολής αποτελεί η ελαχιστοποίηση του μέσου χρόνου απόκρισης. Ο Weintraub και

λοιποί (1999) παρουσίασαν ένα μοντέλο καθώς και μια εφαρμογή σε Η/Υ για την ανάθεση και δρομολόγηση οχημάτων επισκευής άλλων οχημάτων έκτακτης ανάγκης της Υπηρεσίας Ηλεκτροδότησης στο Σαντιάγο της Χιλής. Το σύστημα αυτό λειτουργεί με παρόμοιο τρόπο με τα αντίστοιχα συστήματα κάλυψης έκτακτης ανάγκης για αντιμετώπιση πυρκαγιάς ή κάλυψης ιατρικών αναγκών σε περίπτωση, γιατί περιέχει τυχαίες κλήσεις και διάφορα μοτίβα κυκλοφορίας κατά τη διάρκεια της ημέρας. Το βασικό χαρακτηριστικό του που είναι η εύρεση της καταλληλότερης διαδρομής των αποσταλμένων οχημάτων σε πραγματικό χρόνο, κυρίως ενδιαφέρει τους διαχειριστές αποφάσεων σε πυροσβεστικά και νοσοκομειακά οχήματα.

2.9 Εφαρμογές και συστήματα λογισμικού

Υπάρχουν αρκετές μελέτες που καλύπτουν την πρακτική εφαρμογή όσον αφορά τον σχεδιασμό και ανάπτυξη μοντέλων τα οποία αναφέρθηκαν στις προηγούμενες ενότητες. Πολλά από τα μοντέλα αυτά έχουν ιδιαίτερη σχέση για συγκεκριμένες αστικές ή ημιαστικές περιοχές. Συγκεκριμένα ο Hogg (1968) ασχολείται πρώτα με μια μεθοδολογία για τη διενέργεια μελετών, ενώ στη συνέχεια καθορίζει τα βασικά προβλήματα που πρέπει να εξεταστούν, και τέλος πραγματοποιεί μια πραγματική εφαρμογή της αντιμετώπισης των προβλημάτων αυτών στην πόλη του Μπρίστολ, Αγγλία. Ο Chaiken (1978) παρέχει βασικά μαθήματα για την εφαρμογή της επιχειρησιακής έρευνας σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης. Ο Chaiken περιεσκεύεξε δεδομένα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν εκτεταμένα με βάση τα μοντέλα της RAND για τον σχεδιασμό μοντέλων αποφάσεων έκτακτης ανάγκης. Το μοντέλο Υπερκύβος χρησιμοποιήθηκε σε μεγάλη έκταση. Θέματα όπως η εκτεταμένη και ακριβής τεκμηρίωση του μοντέλου, η παρουσία ενός συμβούλου διαχείρισης κρίσιμων καταστάσεων στην οργάνωση, καθώς και τα απαιτούμενα στοιχεία ενισχύουν τη χρησιμότητα και επαναχρησιμοποίηση του μοντέλου. Εναλλακτικά, οι Baker και Byrd (1980) επισημαίνουν ότι εάν μια μελέτη μοντελοποίησης προβλημάτων ζήτησης πρέπει να γίνει σε γρήγορο χρονικά διάστημα, τότε η κατασκευή εξελιγμένων μοντέλων δεν αποτελεί την κατάλληλη προσέγγιση, δεδομένου ότι μπορεί να πάρει σημαντικό χρόνο προκειμένου να υλοποιηθεί.

Οι Plane και Hendrick (1977) χρησιμοποιούν μοντέλα μέγιστης κάλυψης για να εντοπίσουν τα πυροσβεστικά οχήματα στην περιοχή του Ντένβερ, Κολοράντο στις ΗΠΑ. Ο Schreuder (1981) χρησιμοποίησε μαθηματικό προγραμματισμό προκειμένου να εντοπίσει την κατάλληλη θέση για πυροσβεστικούς σταθμούς στο Ρότερνταμ, Ολλανδία. Οι Eaton και λοιποί (1981, 1985 και 1986) χρησιμοποίησαν μοντέλα μέγιστης κάλυψης καθώς και το μοντέλο των Daskin και Stern για τον εντοπισμό των ασθενοφόρων στην Κολομβία, στο Austin (Ωστιν) του Τέξας, ΗΠΑ καθώς και στην Δομινικανή Δημοκρατία, αντίστοιχα. Οι Badri, Mortagy, και Alsayed, (1998) περιγράφουν μια προσέγγιση με πολλά κριτήρια για τον εντοπισμό των κατάλληλων θέσεων για πυροσβεστικούς σταθμούς στο Ντουμπάι, Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα. Οι συγγραφείς περιγράφουν την διαδικασία ολοκλήρωσης της επίλυσης του προβλήματος από την οικοδόμηση του μοντέλου, τον προγραμματισμό του στόχου, την αξιολόγηση της κατάστασης και τέλος την πρόταση σχεδίων για την αντιμετώπιση της. Οι

Alsalloum και Rand (2003) χρησιμοποιούν τον προγραμματισμό στόχου προκειμένου να διαμορφώσει δύο κριτήρια. Το πρώτο είναι το κόστος, όπως εκτιμάται από τον αριθμό των οχημάτων, καθώς και την πιθανότητα η ζήτηση να καλύπτεται ολοσχερώς. Οι συγγραφείς χρησιμοποίησαν την προσέγγιση αυτή στο Ριάντ της Σαουδικής Αραβίας και διερευνούν διεξοδικά την ανάπτυξη μοντέλων χρόνου ταξιδιού για την εκτίμηση της πιθανότητας ότι το ταξίδι είναι εντός της προθεσμίας κάλυψης.

Ο Savas (1969) περιγράφει ένα μοντέλο προσομοίωσης που χρησιμοποιήθηκε στη Νέα Υόρκη προκειμένου να εντοπίσει τη θέση για ασθενοφόρα οχήματα. Το μοντέλο αυτό πρότεινε ότι η εγκατάσταση ασθενοφόρων κοντά σε περιοχές ζήτησης, αντί κοντά σε νοσοκομεία αυξήσει την απόδοση του μοντέλου. Οι Fitzsimmons και Srikar (1982) χρησιμοποίησαν μια ρουτίνα κάλυψης θέσης σε συνδυασμό με ένα μοντέλο προσομοίωσης προκειμένου να εντοπίσει θέσεις στο Όστιν του Τέξας. Οι Brandeau και Larson (1986) χρησιμοποιούν την εφαρμογή του μοντέλου Υπερκύβος προκειμένου να εντοπιστούν τα ασθενοφόρα οχήματα στην πόλη της Βοστώνης στις ΗΠΑ. Οι Fujiwara, Makjamroen, και Gupta (1987) χρησιμοποιούν το μοντέλο της μέγιστης αναμενόμενης κάλυψης ζήτησης του Daskin χρησιμοποιώντας δεδομένα από την Μπανγκόκ, Ταϊλάνδη. Κάτ' αρχάς βρίσκουν τις καλύτερες πιθανές τοποθεσίες μέσα από το μοντέλο και στη συνέχεια αξιολογούν περαιτέρω τις καταλληλότερες με βάση ένα αναλυτικό μοντέλο προσομοίωσης. Οι Goldberg και λοιποί το 1990, χρησιμοποιούν το χωρικό μοντέλο αναμονής του Jarvis μέσω μιας ευρετικής αναζήτησης προκειμένου να εντοπίσουν τις βέλτιστες θέσεις για βάσεις εκτάκτων αναγκών στο Tucson, Αριζόνα. Οι Repede και Bernardo (1994) καθώς και οι Repede, Jeffries και Hubbard (1993), χρησιμοποίησαν ένα προσαρμοσμένο μοντέλο της μέγιστης αναμενόμενης κάλυψης του Daskin δια μέσου ενός φιλικού προς το χρήστη λογισμικού συστήματος προκειμένου να εντοπίσουν τα επείγοντα ιατρικά οχήματα στο Λούισβιλ, των ΗΠΑ. Αυτή η προσαρμοσμένη μέθοδος αποτελεί μια από τις πρώτες προσπάθειες ώστε να εξετάσει ο παράγοντας «χρόνος» στην πραγματική του διάσταση μέσα από ένα μοντέλο, καθώς το μοντέλο αυτό, ρυθμίζει το χρόνο για διαφορετικές ώρες της ημέρας προκειμένου να αναπτυχθούν διαφορετικά σύνολα τοποθεσιών.

Οι Morabito και Mendonca (2001) χρησιμοποιούν το μοντέλο Υπερκύβος ώστε να εξετάσουν την ανάπτυξη των μοντέλων για ασθενοφόρα στη Βραζιλία. Οι Carson και Batta (1990) χρησιμοποιούν μια προσέγγιση μέσα από πιθανά σενάρια για να εντοπίσουν ένα μόνο όχημα για την Πανεπιστημιούπολη Amherst του Πολιτειακού Πανεπιστημίου της Νέας Υόρκης στο Μπάφαλο. Οι μελετητές θεωρούν 4 σενάρια που εξομοιώνουν 4 αντίστοιχες περιόδους κατά τη διάρκεια της ημέρας και προσπαθούν να εντοπίσουν μια θέση περιοχής που ελαχιστοποιεί το χρόνο ταξιδιού για κάθε ένα σενάριο.

Οι McAleer και Naqvi (1994) χρησιμοποιούν ανάλυση δεδομένων για να βοηθήσουν στη μείωση του χρόνου ταξιδιού στη περιοχή του Μπέλφαστ, της Βόρειας Ιρλανδίας. Οι Swersey, Goldring, και Geyer, (1993), κατασκεύασαν ένα μοντέλο κόστους για την ανάλυση θεμάτων συγχώνευσης ιατρικών και πυροσβεστικών μονάδων στην περιοχή του New Haven, στις ΗΠΑ.

Οι Richard, Beguin και Peeters (1990) επεκτείνουν το μοντέλο εύρεσης της ζήτησης θέσης για πυροσβεστικούς σταθμούς ώστε να καλύπτουν και τις αγροτικές περιοχές. Το πρόβλημα

αυτό είναι διαφορετικό από αντίστοιχα προβλήματα που εστιάζουν στις αστικές τοποθεσίες γιατί οι χρόνοι ταξιδιού είναι συνήθως πολύ μεγαλύτεροι. Οι μελετητές αυτοί θεωρούν τρία μοντέλα για την εύρεση των κατάλληλων τοποθεσιών και το κύριο αποτέλεσμα που συνάγεται είναι ότι σε αυτές τις περιπτώσεις, η ύπαρξη υπηρεσιών που βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο μπορεί να είναι μια ιδιαίτερα δαπανηρή διαδικασία.

Οι Lane, Monfeldt, και Rosenhead, (2000) δημιουργούν ένα μοντέλο δυναμικής του συστήματος σχετικά με τα δωμάτια έκτακτης ανάγκης στα νοσοκομεία. Ακόμα και στη περίπτωση όπου το τελικό μοντέλο δεν έχει άμεση σχέση με τον σχεδιασμό και λειτουργία των μοντέλων αντιμετώπισης περιστατικών έκτακτης ανάγκης, η συγκεκριμένη προσέγγιση αποτελεί ένα εξαιρετικό παράδειγμα του μοντέλου οικοδόμησης και δυναμικής του συστήματος. Το δυναμικό αυτό σύστημα προσέγγισης εφαρμόζεται σε πολλούς τομείς που εστιάζουν σε μεσοπρόθεσμο και βραχυπρόθεσμο σχεδιασμό.

Υπάρχουν αρκετές επιχειρήσεις που παρέχουν σημαντικούς τρόπους μοντελοποίησης και ανάλυσης υπηρεσιών και συστημάτων λογισμικού για περιπτώσεις αποστολής οχημάτων ιατρικής περίθαλψης ή πυροσβεστικής κάλυψης. Οι εταιρείες αυτές λειτουργούν σε όλες τις φάσεις του σχεδιασμού κάλυψης εκτάκτων αναγκών σε οχήματα καθώς και λήψης αποφάσεων, συμπεριλαμβανομένης του χώρου και της θέσης του εξοπλισμού, το είδος της αποστολής, τον τρόπο αποστολής οχημάτων, καθώς και τα αρχεία των αποστολών.

Η Isera χρησιμοποιεί την τεχνολογία του προγραμματισμού της επιχειρησιακής έρευνας ώστε να δημιουργήσει ένα μοντέλο που αντιμετωπίζει τα προβλήματα φορτοεκφόρτωσης ενός οχήματος έκτακτης ανάγκης και να παρέχει προγράμματα εργασίας για τις αρμόδιες ιατρικές ή πυροσβεστικές υπηρεσίες. Η Deccan International χρησιμοποιεί με τη βοήθεια υπολογιστή δεδομένα αποστολής για την εκτίμηση των απαραίτητων παραμέτρων μοντελοποίησης για το μοντέλο τους - FIRE /EMS ADAM. Το αρμόδιο προσωπικό μπορεί να χρησιμοποιήσει μια γραφική διεπαφή χρήστη «σύρε και άσε» (drag n' drop interface, που χρησιμοποιείται ευρύτατα σε όλα τα σύγχρονα λειτουργικά συστήματα όπως τα Windows ή το Linux) προκειμένου να πειραματιστεί με διαφορετικά σχέδια του συστήματος (διαφορετικές θέσεις εξοπλισμού για παράδειγμα). Τα αποτελέσματα του μοντέλου παρουσιάζονται σε εύκολα στην κατανόηση γραφήματα, χάρτες και πίνακες. Η εταιρία Queues Enforth Development ανέπτυξε μια γραφική διεπαφή χρήστη για το μοντέλο Υπερκύβος και πρόγραμμα αποστολής οχημάτων που τρέχει σε υπολογιστή στα μέσα έως τα τέλη του 1980. Η εταιρία αυτή έχει επεκτείνει τη σειρά προϊόντων της ώστε να περιλαμβάνει εκπαίδευση προσωπικού και προϊόντα ειδικά προσαρμοσμένα σε καταστάσεις επειγόντων περιστατικών που αφορούν την αστυνομία. Ο Όμιλος Λογισμικού Trapeze ειδικεύεται στο λογισμικό για τον προγραμματισμό αποστολής οχημάτων, τους τρόπους αποστολής καθώς και την υποβολή λεπτομερειακών αναφορών για κάθε συμβάν. Το πρόγραμμα αυτό ενσωματώνει ευφυή συστήματα λήψης αποφάσεων σχετικά με την αποτελεσματικότερη αποκομιδή των ασθενών από τον τόπο του ατυχήματος και διακομιδή αυτών στον νοσοκομείο με τον ασφαλέστερο και δυνατότερο τρόπο.

2.10 Προτάσεις για το μέλλον

Ακόμα και στην περίπτωση που ήδη έχει αναπτυχθεί ένας πολύ σημαντικός εργασιών σχετικά με τον σχεδιασμό και λειτουργία μοντέλων που εστιάζουν στις καταστάσεις έκτακτης ανάγκης και κάλυψης ζήτησης σε πυροσβεστικά και νοσοκομειακά οχήματα, υπάρχει πάντα το περιθώριο για περαιτέρω ανάπτυξη τομέων για μελλοντική έρευνα.

Είναι σαφές ότι η ανάπτυξη έγκυρων μοντέλων βασισμένων στις τεχνικές ευρετικής λύσης (heuristics) αποτελεί τη σωστή προσέγγιση και όχι η αντίστοιχη ανάπτυξη απλοϊκών μοντέλων με αλγόριθμους.

Επομένως μεγάλος τομέας της έρευνας πάνω στην κατασκευή μοντέλων κάλυψης ζήτησης θέσης για οχήματα έκτακτης ανάγκης, εστιάζεται στον πραγματικό χρόνο λειτουργίας των μοντέλων αυτών. Οι αποφάσεις που σχετίζονται με τη μετεγκατάσταση των οχημάτων και την αποστολή τους είναι πολύπλοκες και η προσομοίωση και αναλυτική τους μοντελοποίηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να βοηθήσει στην εξέταση του αντικτύπου που δημιουργούν οι εν λόγω αποφάσεις. Για παράδειγμα, χρησιμοποιώντας μια προσομοίωση, θα μπορούσε κανείς να πραγματοποιήσει μια «γρήγορη προώθηση (fast-forward)» στο χρόνο και να αξιολογήσει τον αντίκτυπο της μετεγκατάστασης ή αποστολής των αποφάσεων για τα επόμενα 30 λεπτά ή ώρα. Μπορεί να είναι δυνατό να κατασκευαστεί ένα γενικός προσομοιωτής ο οποίος να είναι σε θέση να δεχθεί διάφορα δεδομένα και τις επιχειρησιακές στρατηγικές ως στοιχεία εισόδου. Το βασικό εμπόδιο για μια τέτοια προσέγγιση είναι ο χρόνος υπολογισμού, εφόσον η απόφαση αυτή θα πρέπει να πραγματοποιηθεί γρήγορα και σε πραγματικό χρόνο. Ένα άλλο παρακλάδι προς αυτή την κατεύθυνση θα ήταν να χτίσει ένα «μέσο» που θα μπορούσε να διαπιστώσει την κατάσταση του συστήματος και να προτείνει πιθανές ευκαιρίες μετεγκατάστασης οχημάτων στο διαχειριστή του συστήματος. Το μέσον αυτό θα μπορεί να εκτελείται στο παρασκήνιο χρησιμοποιώντας τα τρέχοντα δεδομένα του συστήματος καθώς και τα δεδομένα από ένα σύστημα διαχείρισης της κυκλοφορίας. Η κατανομή του φόρτου αποφάσεων θα μπορεί να εκτελεστεί αυτόματα μαζί με οποιαδήποτε μετεγκατάσταση οχήματος και αν απαιτείται.

Ένας άλλος τομέας στον καθημερινό σχεδιασμό που δεν παρουσίασε σχεδόν καμία προσοχή από τους μελετητές είναι η μετατόπιση των στοιχείων προγραμματισμού όπως είναι οι ώρες εργασίας, ο αριθμός των προβλεπόμενων οχημάτων, ο αριθμός του προσωπικού συνολικά ή ανά όχημα κ.α. Δεν είναι δύσκολο να εκτιμηθεί ο απαιτούμενος αριθμός των οχημάτων που απαιτούνται ανά ώρα, ωστόσο κάποιος θα πρέπει να «γεμίσει» αυτές τις ώρες με προσωπικό και οχήματα. Ο στόχος ενός τέτοιου μοντέλου είναι να καλυφθεί το απαιτούμενο επίπεδο εξυπηρέτησης στο ελάχιστο συνολικό κόστος. Η δυσκολία του προβλήματος είναι ότι κάθε πόλη έχει το δικό της ωράριο έναρξης της βάρδιας και αυτά τα δεδομένα θα πρέπει να προβλεφθούν ώστε να υπάρξει σωστός προγραμματισμός. Κατά κάποιο τρόπο, το πρόβλημα που πρέπει να επιλυθεί είναι η διαμόρφωση της καθημερινής βάρδιας με τέτοιο τρόπο ώστε να συμφωνεί με την ζήτηση και τότε τα πληρώματα να μπορούν να αντιστοιχηθούν σε κάθε βάρδια, έτσι ώστε οι πολιτικές σχεδιασμού του εργατικού δυναμικού να είναι πραγματικά εφαρμόσιμες.

Γενικά έχει μέχρι τώρα υπάρξει σημαντική πρόοδος στα μοντέλα μαθηματικού προγραμματισμού επιχειρησιακής έρευνας στον τομέα του σχεδιασμού της εργασίας των πληρωμάτων των αεροπορικών εταιριών, και τα συστήματα κάλυψης ζήτησης για έκτακτες καταστάσεις παρουσιάζουν κάποια παρόμοια χαρακτηριστικά. Η Isega έχει εργαστεί εκτενώς σε αυτό τον τομέα, ωστόσο το έργο τους είναι σχεδιασμένο πάνω στα δικά τους πρότυπα και δεν συνεργάζεται με άλλα αντίστοιχα συστήματα.

Στον τομέα του σχεδιασμού, έχει πραγματοποιηθεί σχετικά μικρή εργασία όσον αφορά την μοντελοποίηση του σχεδιασμού των συστημάτων πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας κάλυψης ζήτησης οχημάτων έκτακτης ζήτησης (ALS / BLS) και την πραγματική συνεργασία και πολιτική αποστολής μεταξύ των διαφόρων τύπων οχημάτων. Ο προγραμματισμός μαθηματικών διεργασιών σε αυτόν τον τομέα παρουσιάζει προβλήματα για το λόγο ότι η πολιτική της «Αποστολής ενός οχήματος δευτεροβάθμιας κάλυψης BLS εάν το αντίστοιχο όχημα ALS είναι απασχολημένο ή βρίσκεται μακριά», δεν μοντελοποιείται εφόσον οι καταστάσεις απασχόλησης και αδράνειας κάθε οχήματος δεν μοντελοποιείται αντίστοιχα.

Το παραπάνω είναι δύσκολο να πραγματοποιηθεί ακόμα και με αναλυτικά μοντέλα ουρών αναμονής. Όσο όμως η ισχύς των ηλεκτρονικών υπολογιστών αυξάνεται ολοένα και πιο πολύ από το 1974, θα μπορούσαν να επεκταθούν οι ιδέες του Υπερκύβου και Α-Υπερκύβου ώστε να καλύψουν τις περιπτώσεις αποστολής πολλαπλών οχημάτων, όταν αυτό θα μπορούσε να υπάρξει υπολογιστικά εφικτό.

Ο τελευταίος τομέας είναι η συλλογή δεδομένων και μοντελοποίηση. Χωρίς την ύπαρξη ενός συστήματος απόκτησης δεδομένων ώστε να λειτουργήσει το μοντέλο, τότε υπάρχει μικρή ανάγκη για την ύπαρξη και χρήση του μοντέλου αυτού. Σε αυτόν τον τομέα ελάχιστη εργασία έχει πραγματοποιηθεί όσον αφορά την μακροπρόθεσμη πρόβλεψη της ζήτησης και ως εκ τούτου, τα μακροπρόθεσμα επενδυτικά μοντέλα έχουν μικρή αξία. Τα περισσότερα μοντέλα χρησιμοποιούν προκαθορισμένα (στατικά) και όχι δυναμικά δεδομένα ή εναλλακτικά λαμβάνουν υπόψη τον μέσο όρο του δείγματος από την στιγμή που υπάρχουν ελάχιστες διαδικασίες εκτίμησης για την ακριβή κατανομή των οχημάτων. Οι ακριβείς εκτιμήσεις του χρόνου ταξιδιού και υπηρεσιών είναι ζωτικής σημασίας για την οικοδόμηση ενός έγκυρου και λεπτομερειακού μοντέλου, αλλά μέχρι τώρα έχει πραγματοποιηθεί σχετικά μικρό έργο σε αυτόν τον τομέα. Είτε το έργο αυτό θα πρέπει να εισαχθεί από άλλα γνωστικά αντικείμενα (όπως είναι για παράδειγμα η μηχανική μεταφορών) είτε θα πρέπει να αναπτυχθεί ανεξάρτητα.

Κεφάλαιο 3: Μοντέλα Επιχειρησιακής Έρευνας για Σταθερές Εγκαταστάσεις Επιχειρήσεων

3.1 Εισαγωγή

Οι αποφάσεις επιχειρησιακής έρευνας για σταθερές τοποθεσίες όπως είναι η εγκατάσταση πάγιων εγκαταστάσεων μιας επιχείρησης όπως είναι χώροι φορτοεκφόρτωσης, εξοπλισμού, μεταφορών (logistics), μονάδων παραγωγής και συσκευασίας, χώρων στάθμευσης, όπως επίσης, και σημείων αυτόματης πώλησης (ATM), ταμείων, εμπορικών κέντρων (malls), αποθηκών κτλ, αποτελούν ένα σημαντικό στοιχείο για ένα μεγάλο εύρος ιδιωτικών εταιριών αλλά και δημόσιων οργανισμών. Η επιλογή της σωστής τοποθεσίας από τη μία αναφέρεται σε μια σύντομη διαδικασία, τα αποτελέσματά της οποίας, από την άλλη, διαρκούν για μεγάλο χρονικό διάστημα και επηρεάζουν διαφορετικές λειτουργικές και στρατηγικές αποφάσεις. Το μεγάλο κόστος που συνοδεύει κάθε απόφαση αγοράς εδαφικών εκτάσεων και κατασκευής των απαραίτητων υλικοτεχνικών υποδομών σε αυτές, σημαίνει ότι το έργο του προσδιορισμού του σωστού τόπου εγκατάστασης ή αυτό της μεταφορά της υφιστάμενης εγκατάστασης σε άλλη περιοχή αποτελεί ταυτόχρονα μια μακροχρόνια επένδυση. Προκειμένου τα έργα της τοποθέτησης ή αλλαγής της τοποθεσίας να είναι επικερδή, θα πρέπει η επιχείρηση ή ο οργανισμός να σχεδιάζει ότι οι νέες εγκαταστάσεις θα παραμείνουν λειτουργικές στο ίδιο σημείο για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα. Επομένως, εκείνοι που λαμβάνουν τις αποφάσεις θα πρέπει να επιλέξουν τοποθεσίες οι οποίες όχι μόνο θα παρουσιάζουν αξιολογες επιδόσεις μέσα στη παρούσα κατάσταση του συστήματος, αλλά θα συνεχίσουν να είναι κερδοφόρες για όλη την διάρκεια ζωής της εγκατάστασης, ακόμα και στις περιπτώσεις όπου οι περιβαλλοντικοί παράγοντες αλλάξουν, οι πληθυσμοί μετακινηθούν ή ακόμα και όταν διαφοροποιηθούν οι τάσεις της αγοράς. Επομένως, η εξεύρεση της σωστής τοποθεσίας αποτελεί ένα δύσκολο εγχείρημα, για το οποίο οι υπεύθυνοι της λήψης αποφάσεων θα πρέπει να λάβουν υπόψη και συνθήκες οι οποίες είναι πιθανόν να δημιουργηθούν στο μέλλον βραχυπρόθεσμα ή μακροπρόθεσμα. Η περιπλοκότητα σε συνδυασμό με την ποικιλομορφία των προβλημάτων εγκατάστασης έχουν περιορίσει την κατασκευή μοντέλων ώστε να περιλαμβάνουν στατικούς και προκαθορισμένους στόχους, κριτήρια, δεδομένα αλλά και μεθόδους λειτουργίας τους. Ακόμη και στην περίπτωση όπου έχουν δημιουργηθεί στοχαστικά, πιθανολογικά ή δυναμικά μοντέλα αξιολόγησης των τοποθεσιών για εγκαταστάσεις εδώ και πολύ καιρό, οι περισσότερες μελέτες που αφορούν αυτά τα θέματα έχουν παρουσιαστεί τα τελευταία μόλις χρόνια.

Το κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνει την στρατηγική φύση των προβλημάτων επιλογής τοποθεσιών για εγκαταστάσεις, μέσα από την αναφορά στα διαφορετικά είδη μοντέλων κάλυψης ζήτησης, με έμφαση στα στοχαστικά και δυναμικά χαρακτηριστικά των μοντέλων αυτών. Τα δυναμικά μοντέλα εστιάζουν στις διαφορετικές χρονικές συνθήκες που αφορούν την τοποθεσία μιας εγκατάστασης ή πολλών εγκαταστάσεων σε μια εκτεταμένη χρονική περίοδο. Τα στοχαστικά μοντέλα επιχειρούν να «συλλάβουν» την αβεβαιότητα των

παραμέτρων ενός προβλήματος όπως είναι η πρόβλεψη της ζήτησης ή ο υπολογισμός των αποστάσεων από και προς τις εγκαταστάσεις. Τα στοχαστικά μοντέλα με τη σειρά τους υποδιαιρούνται σε δύο ξεχωριστές κατηγορίες. Αυτά που ρητά υπολογίζουν την κατανομή των πιθανοτήτων ή τις παραμέτρους αβεβαιότητας και αυτά που «συλλαμβάνουν» την αβεβαιότητα μέσα από τον σχεδιασμό σεναρίων. Στις παρακάτω ενότητες περιγράφεται ένα μεγάλο εύρος προβλημάτων και προσεγγίσεων, με εφαρμογές που επεκτείνονται σε ένα μεγάλο εύρος επιχειρησιακών κλάδων.

3.2 Το πρόβλημα της εξεύρεσης της σωστής εγκατάστασης

Όπως αναφέρθηκε και στην προηγούμενη ενότητα το πρόβλημα της εξεύρεσης της σωστής τοποθεσίας για μία σταθερή εγκατάσταση αποτελεί ένα σημαντικό στοιχείο του στρατηγικού σχεδιασμού για ένα ευρύ φάσμα επιχειρήσεων και οργανισμών του δημόσιου και ιδιωτικού τομέα αντίστοιχα. Είτε πρόκειται για μια αλυσίδα λιανικού εμπορίου που επιθυμεί να δημιουργήσει ένα νέο κατάστημα, ένας κατασκευαστής που θέλει να τοποθετήσει έναν αποθηκευτικό χώρο ή ένα τράπεζα που θέλει να δημιουργήσει ένα δίκτυο αυτόματων σημείων εξυπηρέτησης πελατών (ΑΤΜ), οι σχεδιαστές των αποφάσεων έχουν να αντιμετωπίσουν την πρόκληση της απόφασης για την εύρυθμη χωρικής κατανομής των πόρων. Όσο οι πληθυσμιακές ομάδες αλλάζουν, οι συνθήκες της αγοράς μεταβάλλονται και άλλοι περιβαλλοντικοί παράγοντες είτε αφορούν το φυσικό, είτε το επιχειρησιακό περιβάλλον εξελίσσονται, η στρατηγική ανάγκη για επανατοποθέτηση, επέκταση και δημιουργία νέων εγκαταστάσεων θα συνεχιστεί να υφίσταται.

Η ανάπτυξη και εξαγορά νέων εγκαταστάσεων αποτελεί τυπικά μια πολυδάπανη και χρονικά ευαίσθητη διαδικασία. Πριν κιάλας από την εξαγορά ή την κατασκευή θα πρέπει να πραγματοποιηθεί μια μελέτη εξεύρεσης της σωστής τοποθεσίας, η οποία θα καλύπτει και τα χαρακτηριστικά της κατάλληλης χωρητικότητας, όπως επίσης και τον υπολογισμό του κεφαλαίου αλλά και των συνολικών υλικών πόρων που θα διανεμηθούν σε αυτήν την εγκατάσταση. Ενώ οι αντικειμενικοί σκοποί που οδηγούν στον προσδιορισμό της σωστής εγκατάστασης εξαρτώνται από τον ίδιο τον κυβερνητικό οργανισμό ή την ιδιωτική επιχείρηση, το υψηλό κόστος που συνδέονται με την όλη διαδικασία καθιστούν το έργο της τοποθεσίας εγκατάστασης μια μακροπρόθεσμη επένδυση. Γι' αυτό το λόγο οι τωρινές εγκαταστάσεις αναμένεται ότι θα παραμείνουν σε λειτουργία για μεγάλο χρονικό διάστημα. Οι τυχόν όμως αλλαγές στις περιβαλλοντολογικές συνθήκες κατά την διάρκεια της λειτουργίας της εγκατάστασης μπορούν να μεταβάλουν δραματικά την εμφάνιση της συγκεκριμένης τοποθεσίας, μετατρέποντας την σημερινή βέλτιστη απόφαση σε αυριανό επιχειρηματικό φιάσκο. Επομένως ο προσδιορισμός του προβλήματος της καλύτερης τοποθεσίας από μια σειρά από ενδεχόμενες επιλογές εγκατάστασης αποτελεί μια σημαντική στρατηγική πρόκληση.

Ένα μεγάλο πλήθος μελετών έχει αναπτυχθεί προκειμένου να αντιμετωπίσει αυτή τη στρατηγική πρόκληση. Οι αναλυτές της επιχειρησιακής έρευνας έχει αναπτύξει μια σειρά από μαθηματικά προγραμματιστικά μοντέλα προκειμένου να επιλύσουν ένα μεγάλο εύρος διαφορετικών προβλημάτων κάλυψης ζήτησης τοποθεσίας. Κάθε μοντέλο χρησιμοποιεί

διαφορετικές αντικειμενικές λειτουργίες προκειμένου τα μοντέλα αυτά να ανταποκρίνονται σε διαφορετικές πρακτικές εφαρμογές. Δυστυχώς όμως, τα μοντέλα που προκύπτουν μπορεί να είναι εξαιρετικά δύσκολο να επιλύσουν τα προβλήματα αυτά στον βέλτιστο δυνατό βαθμό. Πολλά δε από τα προβλήματα αυτά χρησιμοποιούν ακέραιους τύπους προγραμματισμού.

Το βάρος του υπολογισμού των προβλημάτων κάλυψης ζήτησης, μέχρι πρόσφατα, ήταν περιορισμένο στα στατικά, προκαθορισμένα (ντετερμινιστικά) μοντέλα. Σε αυτού του είδους τα προβλήματα, όλα τα στοιχεία που εισάγονται στο μοντέλο, όπως είναι οι απαιτήσεις του μοντέλου, οι αποστάσεις και οι χρόνοι ταξιδιού, θεωρούνται ότι είναι γνωστά εκ των προτέρων, και οι εξαγόμενες πληροφορίες (λύσεις), θεωρούνται ως τιμές μιας χρήσης, δηλαδή ισχύουν μόνο για τη λήψη μιας και μοναδικής απόφασης. Ενώ όμως τέτοιου είδους μοντέλα μπορούν να προσδώσουν στους σχεδιαστές των αποφάσεων επιχειρησιακής έρευνας με αρκετή επίγνωση σχετικά με την επιλογή της γενικής τοποθεσίας, δεν είναι ικανά να εξομοιώσουν ικανοποιητικά τις αβεβαιότητες που συνδέονται με τις στρατηγικές αποφάσεις της πραγματικής ζωής.

Οι Averbakh και Berman (1997), τονίζουν ότι η έρευνα στον τομέα της ανάλυσης ευαισθησίας, που είναι η μελέτη των συνεπειών που υφίσταται η βέλτιστη λύση ενός γραμμικού μοντέλου, ως συνέπεια των αλλαγών στις τιμές των παραμέτρων του, διευθετούν διευθετεί το πρόβλημα της αβεβαιότητας των στοιχείων εισόδου σε ένα μοντέλο. Ενώ όμως η ανάλυση ευαισθησίας βοηθάει στην αξιολόγηση της αξιοπιστίας της λύσης μετά την επίλυση του προβλήματος, δεν είναι αρκετό στο να ενσωματώσει *προληπτικά* την αβεβαιότητα στο μοντέλο, δηλαδή πριν ακόμα από την φάση της εισαγωγής των στοιχείων. Σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιείται ο στοχαστικός προγραμματισμός και ο σχεδιασμός σεναρίου, που είναι μέθοδοι οι οποίες απομακρύνονται από την αντιδραστική ανάλυση του μοντέλου και έρχονται πιο κοντά σε μοντέλα που εξομοιώνουν την πολυπλοκότητα και την αβεβαιότητα πραγματικών προβλημάτων. Με παρόμοιο τρόπο, τα δυναμικά μοντέλα μεταμορφώνουν τα στατικά μοντέλα της μιας απόφασης σε μοντέλα εκτεταμένου ορίζοντα τα οποία συλλαμβάνουν τα χρονικά πλαίσια προβλημάτων της πραγματικής ζωής.

Οι παρακάτω ενότητα περιλαμβάνει μια μικρή εισαγωγή των γενικών προβλημάτων έρευνας των στατικών και ντετερμινιστικών μοντέλων κάλυψης ζήτησης τοποθεσίας. Αμέσως μετά τονίζονται η συμβολή των δυναμικών μοντέλων τα οποία στηρίζονται στην εύρεση μιας τοποθεσίας σε εκτεταμένο χρονικό ορίζοντα. Τέλος το συγκεκριμένο κεφάλαιο κλείνει με τα στοχαστικά μοντέλα, τα οποία συλλαμβάνουν την αβεβαιότητα στην πρόγνωση των προβλημάτων εισαγωγής παραμέτρων στο σύστημα, τα συμπεράσματα και τις προτάσεις για το μέλλον.

3.3 Στατικά και ντετερμινιστικά μοντέλα τοποθεσίας

Η μελέτη της θεωρίας εύρεσης της ζήτησης μιας τοποθεσίας ξεκίνησε επίσημα το 1909, όταν ο Alfred Weber μελέτησε την τοποθεσία μιας αποθήκης με τέτοιο τρόπο ώστε να ελαχιστοποιηθεί η συνολική απόστασή της από τους πελάτες που εξυπηρετούνται από αυτήν. Μετά από την αρχική αυτή έρευνα, η θεωρία της εύρεσης ζήτησης τοποθεσίας αναπτύχθηκε μέσα από σχετικά λίγες εφαρμογές που όμως ενέπνευσαν ερευνητές από ένα εύρος διαφορετικών επιστημών. Η συγκεκριμένη θεωρία απέκτησε ξανά το ανανεωμένο ενδιαφέρον των μελετητών από το 1964 και μετά, με τη δημοσίευση του Hakimi, ο οποίος επιδίωξε να εντοπίσει τις βέλτιστες τοποθεσίες για κέντρα μεταγωγής σε ένα δίκτυο επικοινωνιών και αστυνομικών τμημάτων σε ένα σύστημα αυτοκινητοδρόμων.

Για να γίνει αυτό, ο Hakimi εξέτασε το γενικότερο πρόβλημα του εντοπισμού ενός ή περισσότερων εγκαταστάσεων σε ένα δίκτυο, έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθεί η συνολική απόσταση μεταξύ των πελατών και των πλησιέστερων εγκαταστάσεων ή, εναλλακτικά, την ελαχιστοποίηση της μέγιστης αυτής απόστασης.

Από τα μέσα της δεκαετίας του 1960, η μελέτη της θεωρίας εύρεσης ζήτησης τοποθεσίας έχει αναπτυχθεί σημαντικά. Τα πιο βασικά προβλήματα χωροθέτησης μπορούν να χαρακτηριστούν τόσο ως στατικά όσο και ως ντετερμινιστικά. Τα προβλήματα αυτά λαμβάνουν σταθερές και γνωστές τιμές οι οποίες εισάγονται στο μοντέλο, και δημιουργούν μια ενιαία λύση που πρέπει να εφαρμοστεί μόνο για ένα και μοναδικό χρονικό σημείο. Η λύση αυτή θα πρέπει να επιλέγεται σύμφωνα με ένα από πολλά πιθανά κριτήρια (ή στόχους), σύμφωνα με τις προϋποθέσεις που έχει θέσει ο διαχειριστής της λήψης αποφάσεων. Ένας αριθμός ερευνητών, ιδίως εκείνοι που εστιάζουν στα εφαρμοσμένα προβλήματα κάλυψης ζήτησης, αλλά και όσοι ενδιαφέρονται για τον εντοπισμό των λιγότερο κατάλληλων τοποθεσιών εγκαταστάσεων, έχουν εξετάσει την επέκταση αυτών των βασικών μοντέλων με την ενσωμάτωση πολλαπλών στόχων.

3.3.1 Προβλήματα P - Διάμεσου

Όπως αναφέρουν οι Church και ReVelle (1976), ένας σημαντικός τρόπος μέτρησης της αποτελεσματικότητας της τοποθεσίας μιας εγκατάστασης αποτελεί ο υπολογισμός της μέσης απόστασης που διανύεται από εκείνους που επισκέπτονται αυτή την τοποθεσία. Όσο η μέση απόσταση ταξιδιού αυξάνεται, τόσο η πρόσβαση στην συγκεκριμένη εγκατάσταση μειώνεται, μειώνοντας επίσης και την αποτελεσματικότητα της εγκατάστασης. Αυτή η σχέση ισχύει για εγκαταστάσεις όπως είναι βιβλιοθήκες, σχολεία, καθώς και κέντρα αντιμετώπισης εκτάκτων αναγκών, όπου η εγγύτητα στις εγκαταστάσεις αυτές είναι πολύ σημαντική. Ως ένα ορισμένο σημείο, σχετικά ανεπιθύμητες εγκαταστάσεις όπως είναι οι χώροι υγειονομικής ταφής, ή τα πυρηνικά εργοστάσια εμφανίζουν αύξηση στην αποτελεσματικότητα της εγκατάστασης όσο αυξάνεται η μέση απόσταση ταξιδιού.

Ένας παρόμοιος τρόπος υπολογισμού της αποτελεσματικότητας της τοποθεσίας, όταν η ζήτηση δεν εξαρτάται τόσο πολύ από το επίπεδο της υπηρεσίας προκύπτει μέσα από την στάθμιση της απόστασης μεταξύ των σημείων ζήτησης (δηλαδή εκεί που βρίσκονται οι πελάτες) και των εγκαταστάσεων με την ανάλογη ζήτηση, και των υπολογισμό του συνολικού σταθμισμένου χρόνου ταξιδιού μεταξύ των σημείων ζήτησης και των εγκαταστάσεων. Όπως αναφέρεται από τον Hakimi το πρόβλημα της P – Διαμέσου, ορίζεται ως ακολούθως: *Η εύρεση της τοποθεσίας P αριθμού εγκαταστάσεων θα πρέπει να γίνει με τέτοιο τρόπο ώστε να ελαχιστοποιείται η συνολικά σταθμισμένη βάση ζήτησης απόσταση ταξιδιού, μεταξύ των σημείων ζήτησης και των εγκαταστάσεων.*

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι αυτό το μοντέλο επιτρέπει τις εγκαταστάσεις να τοποθετηθούν ως ένα περιορισμένο σύνολο πιθανών τοποθεσιών. Αυτές οι τοποθεσίες αποτελούν τους κόμβους ενός δικτύου. Αν και κανείς θα μπορούσε να υποθέσει ότι η τοποθεσία μιας εγκατάστασης θα μπορούσε να γίνει σε οποιοδήποτε σημείο μέσα στα όρια αυτού του δικτύου, ο Hakimi αποδεικνύει ότι για οποιοδήποτε αριθμό P εγκαταστάσεων, υπάρχει τουλάχιστον μια βέλτιστη λύση στο πρόβλημα της P – διαμέσου, η οποία βρίσκεται μόνο μέσα σε αυτούς τους κόμβους. Επομένως το απλό αυτό μοντέλο περιλαμβάνει μόνο κόμβους ως πιθανά σημεία εγκατάστασης, αλλά ταυτόχρονα δεν επιβαρύνει την λειτουργικότητά του.

Μια διαφοροποιημένη έκδοση του συγκεκριμένου μοντέλου παρουσιάστηκε από τον ReVelle για τον εντοπισμό εμπορικών εγκαταστάσεων μέσα στα πλαίσια ανταγωνιστικών οργανισμών. Ο σκοπός του μοντέλου μέσα στο ανταγωνιστικό περιβάλλον είναι ο εντοπισμός εγκαταστάσεων που να μεγιστοποιούν τον αριθμό των νέων πελατών ή, εναλλακτικά, να μεγιστοποιηθεί η προστιθέμενη αξία αγοράς των εμπορικών εταιριών. Αυτό το είδος του μοντέλου ονομάζεται *πρόβλημα μεγιστοποίησης της σύλληψης (maximum capture problem)* και εδώ ο συγγραφέας θεωρεί ότι όλες οι επιχειρήσεις στην περιοχή προσφέρουν το ίδιο προϊόν ενώ οι πελάτες προσεγγίζουν την κοντινότερη σε αυτούς εταιρία. Αυτή η τροποποίηση του μοντέλου P – διάμεσου δείχνει πως το μοντέλο αυτό μπορεί να εφαρμοστεί στα γενικότερα πλαίσια της στρατηγικής λήψης αποφάσεων.

3.3.2 Προβλήματα Κάλυψης

Το πρόβλημα P – διαμέσου μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ένα μεγάλο εύρος δημόσιων και ιδιωτικών εγκαταστάσεων. Για κάποιες εγκαταστάσεις όμως, η διαδικασία ελαχιστοποίησης της μέσης απόστασης ταξιδιού μπορεί να μην είναι η πλέον κατάλληλη. Τέτοιου είδους εγκαταστάσεις ενδέχεται να αποτελούν οι πυροσβεστικοί σταθμοί ή τα ιατρικά κέντρα. Στη συγκεκριμένη περίπτωση η κρίσιμη φύση της ζήτησης για αυτού τους είδους τις υπηρεσίες, υπαγορεύει μια μέγιστη «αποδεκτή» απόσταση ή χρόνο ταξιδιού. Επομένως οι εγκαταστάσεις αυτές χρειάζονται ένα διαφορετικό είδος μέτρησης της αποτελεσματικότητας μιας εγκατάστασης.

Το στοιχείο κλειδί για τον εντοπισμό τέτοιου είδους εγκαταστάσεων είναι η «κάλυψη». Μια ζήτηση θεωρείται ότι είναι καλυμμένη εάν αυτή ικανοποιηθεί εντός ενός ορισμένου

χρονικού διαστήματος. Η βιβλιογραφική μελέτη πάνω στα προβλήματα κάλυψης διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: η πρώτη αναφέρεται στο είδος της κάλυψης που απαιτείται και η δεύτερη στο πως η κάλυψη αυτή βελτιστοποιείται. Τα δύο πιο σημαντικά μοντέλα που αντιστοιχούν στις δύο παραπάνω κατηγορίες αποτελούν το *μοντέλο κάλυψης θέσης* και το *μοντέλο μεγιστοποίησης κάλυψης*. Το μοντέλο κάλυψης θέσης έχει ως σκοπό την ελαχιστοποίηση του κόστους τοποθεσίας εγκατάστασης, ώστε να ικανοποιείται ένα καθορισμένο επίπεδο κάλυψης. Θα πρέπει όμως να σημειωθεί ότι σε σχέση με το προηγούμενο είδος μοντέλου, το συγκεκριμένο δεν λαμβάνει υπόψη τους κόμβους με βάση το μέγεθος της ζήτησης. Αυτό σημαίνει ότι η ζήτηση στον κάθε κόμβο, είτε περιλαμβάνει μόνο ένα πελάτη είτε έναν μεγάλο αριθμό από αυτούς, θα πρέπει να καλυφθεί στην συγκεκριμένη απόσταση ανεξάρτητα από το κόστος. Επομένως, στην περίπτωση που υπάρχουν πολλοί κόμβοι, προκειμένου να καλυφθεί η ζήτηση θα πρέπει να υπάρχει και μεγάλος αριθμός εγκαταστάσεων ακόμα και αν η απόσταση των εγκαταστάσεων αυτών από τους κόμβους είναι μικρή. Επιπλέον αν ένας συγκεκριμένος κόμβος έχει μικρή ζήτηση, ο δείκτης κόστους/ωφέλειας της κάλυψης της ζήτησης μπορεί να είναι ιδιαίτερα υψηλός.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, το μοντέλο κάλυψης θέσης επιτρέπει την εξέταση του αριθμού εγκαταστάσεων που χρειάζονται προκειμένου να εξασφαλιστεί ένα συγκεκριμένο επίπεδο κάλυψης από όλους τους πελάτες. Σε πολλές όμως πρακτικές εφαρμογές, οι διαχειριστές των επιχειρησιακών αποφάσεων διαπιστώνουν ότι οι πόροι που κατανέμονται, δεν επαρκούν ώστε να κατασκευάσουν εγκαταστάσεις σύμφωνα με το επιθυμητό επίπεδο κάλυψης. Σε αυτές τις περιπτώσεις θα πρέπει οι στόχοι της εγκατάστασης να μετατοπιστούν, ώστε οι υφιστάμενοι πόροι να χρησιμοποιούνται με τέτοιο τρόπο προκειμένου να καλύψουν το επιθυμητό επίπεδο κάλυψης. Αυτός ο σκοπός αποτελεί το αντικείμενο του μοντέλου της μεγιστοποίησης κάλυψης.

Συγκεκριμένα, το μοντέλο μεγιστοποίησης κάλυψης επιτρέπει την μεγιστοποίηση του ποσού της καλυπτόμενης ζήτησης η οποία βρίσκεται σε μια αποδεκτή απόσταση, μέσα από τον εντοπισμό ενός συγκεκριμένου αριθμού εγκαταστάσεων. Με άλλα λόγια στο συγκεκριμένο μοντέλο σκοπός δεν είναι η ελαχιστοποίηση του κόστους είτε αυτό είναι χρόνος ταξιδιού είτε είναι απόσταση ταξιδιού, αλλά η μεγιστοποίηση της καλυπτόμενης ζήτησης. Με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζεται η κάλυψη των κόμβων εκείνων που παρέχουν την μεγαλύτερη ζήτηση, και με αυτόν τον τρόπο παρέχεται μεγαλύτερη οικονομία στους διαθέσιμους πόρους. Από την άλλη μια τέτοια προσέγγιση ενδέχεται να αφήσει ακάλυπτους κάποιους κόμβους με περιορισμένη ζήτηση, προκειμένου να ικανοποιηθούν οι ανάγκες των υπολοίπων με αντίστοιχα μεγάλη ζήτηση.

Θα πρέπει εξ' άλλου να σημειωθεί ότι τόσο το μοντέλο κάλυψης θέσης, όσο και το μοντέλο μεγιστοποίησης κάλυψης, εντοπίζουν ένα συγκεκριμένο αριθμό από πιθανές τοποθεσίες εγκατάστασης. Θεωρητικά οι πιθανές τοποθεσίες μπορούν να τοποθετηθούν οπουδήποτε μέσα στο δίκτυο, όμως οι εκτεταμένες έρευνες που έχουν γίνει πάνω στα μοντέλα αυτά, έχουν δείξει ότι το πρόβλημα μπορεί να περιοριστεί όταν χρησιμοποιηθούν μόνο συγκεκριμένες τοποθεσίες εγκατάστασης (Church, 1979). Ο αριθμός των πιθανών εγκαταστάσεων που χρειάζεται προκειμένου να εξασφαλισθεί η βελτιστοποίηση του μοντέλου ενδέχεται γενικά να είναι αρκετά μεγαλύτερος από τον αριθμό των κόμβων

ζήτησης, εντούτοις, για αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται ειδικά διαμορφωμένα δίκτυα προκειμένου να επιλυθούν τα συγκεκριμένα προβλήματα.

Μια ακόμη παραλλαγή του μοντέλου μεγιστοποίησης κάλυψης υπολογίζει όλους τους κόμβους του δικτύου ισοδύναμα, χωρίς να υπολογίζει καθόλου το μέγεθος της ζήτησης στο κάθε ένα από αυτά, ώστε ο αντικειμενικός του σκοπός να είναι απλά η μεγιστοποίηση του αριθμού των καλυπτόμενων κόμβων (White, 1974).

Ακόμη μία παραλλαγή του παραπάνω προβλήματος, αναγνωρίζει ότι η ζήτηση που δεν καλύπτεται μέσα σε μια επιθυμητή απόσταση S , θα πρέπει να καλύπτεται μέσα από μια λιγότερο αυστηρή εναλλακτική απόσταση T η οποία μπορεί να είναι μεγαλύτερη από την πρώτη ($T > S$). Η συγκεκριμένη παραλλαγή εξασφαλίζει ότι δεν υπάρχει ζήτηση έξω από τα όρια της εναλλακτικής απόστασης T , ενώ ικανοποιεί κάθε απαίτηση που βρίσκεται μέσα στα όρια της επιθυμητής απόστασης S .

Όλα τα παραπάνω μοντέλα θεωρούν ότι όταν μια ζήτηση καλύπτεται από μια εγκατάσταση, τότε η εγκατάσταση αυτή θα πρέπει να εξυπηρετήσει αυτή τη ζήτηση. Σε πολλές όμως περιπτώσεις αυτή η σκέψη μπορεί να είναι προβληματική, εφόσον τα οχήματα τα οποία στέλνονται προκειμένου να εξυπηρετήσουν ένα γεγονός έκτακτης ανάγκης να μην είναι σε θέση να καλύψουν επιπρόσθετες ανάγκες. Επομένως για τον σκοπό αυτό έχουν δημιουργηθεί εναλλακτικά μοντέλα, τα οποία επιχειρούν να καλύψουν πολλαπλά κόμβους ζήτησης, όταν μια εγκατάσταση βρίσκεται σε κατάσταση απασχόλησης. Το μοντέλο που δημιουργήθηκε από τους Daskin και Stern (1981) εμφανίζει μια ιεραρχική κατάσταση προτεραιοτήτων η οποία αρχικά ελαχιστοποιεί τον αριθμό των οχημάτων που χρειάζονται προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες εξυπηρέτησης των πελατών, ενώ στη συνέχεια εντοπίζει αυτά τα οχήματα που μεγιστοποιούν τις πολλαπλές καλύψεις των κόμβων ζήτησης. Οι Batta και Mannur (1990) επίσης εξετάζουν μοντέλα τα οποία καθορίζουν την αποστολή πολλαπλών οχημάτων έκτακτης ανάγκης σε περιβάλλοντα με εξαιρετικά κρίσιμες καταστάσεις που προκαλούν εντατικό φόρτο εργασίας στα οχήματα αυτά. Οι μελετητές αναγνωρίζουν ότι καταστάσεις που απαιτούν μεγαλύτερα πληρώματα οχημάτων για την αντιμετώπισή τους είναι οι περισσότερες κρίσιμες και έτσι έχουν δημιουργήσει γενικά ντετερμινιστικά μοντέλα κάλυψης θέσης και μεγιστοποίησης κάλυψης τα οποία ενσωματώνουν πολλαπλές μονάδες αντιμετώπισης καθώς και απαιτήσεις κάλυψης που καθορίζονται από την ζήτηση.

Γενικά έχει διαπιστωθεί ότι ένα τροποποιημένο μοντέλο P – διαμέσου αποτελεί ακριβώς ένα μοντέλο μεγιστοποίησης ζήτησης. Ο Daskin (1995) χρησιμοποιεί αυτόν τον μετασχηματισμό του μοντέλου, ώστε να δημιουργήσει ένα νέο μοντέλο με πολλαπλούς αντικειμενικούς σκοπούς, το οποίο ανταλλάζει την ελαχιστοποίηση της συνολικής σταθμισμένης απόστασης ζήτησης με την μεγιστοποίηση της καλυπτόμενης ζήτησης.

Για περισσότερες πληροφορίες όσον αφορά όλα τα μοντέλα κάλυψης ζήτησης για οχήματα έκτακτης ανάγκης, ο αναγνώστης θα πρέπει να ανατρέξει στο **Κεφάλαιο 2: Μοντέλα Επιχειρησιακής Έρευνας για την κάλυψη ζήτησης σε υπηρεσίες και οχήματα έκτακτης ανάγκης**.

3.3.3 Προβλήματα Κέντρου

Το μοντέλο κάλυψης ζήτησης καθορίζει την ελάχιστη απόσταση των εγκαταστάσεων που απαιτούνται για την κάλυψη όλης της ζήτησης χρησιμοποιώντας μια καθορισμένη απόσταση κάλυψης. Η πιθανές όμως αδυναμίες από τη συγκεκριμένη προσέγγιση σε πολλά πρακτικά πλαίσια εφαρμογής, οδήγησε στο μοντέλο μεγιστοποίησης κάλυψης το οποίο θεωρεί τους υπάρχοντες πόρους, σε σχέση με τις εγκαταστάσεις που πρόκειται να κατασκευαστούν και καθορίζει την μέγιστη πιθανή κάλυψη ζήτησης.

Ακόμα ένα μοντέλο το οποίο αποφεύγει τις πιθανές αδυναμίες του μοντέλου κάλυψης θέσης είναι εκείνο του μοντέλου P - κέντρου. Σε αυτού του είδους το πρόβλημα απαιτείται κάλυψη όλων των σημείων ζήτησης, αλλά επίσης θα πρέπει να βρεθεί ένας συγκεκριμένος αριθμός εγκαταστάσεων με τέτοιο τρόπο ώστε να μειώνουν την απόσταση κάλυψης. Επομένως, αντί να υπάρχει μια δοσμένη απόσταση κάλυψης S , το μοντέλο αυτό καθορίζει την ελάχιστη απόσταση κάλυψης συνδεδεμένη με τον εντοπισμό P εγκαταστάσεων.

Το συγκεκριμένο αυτό μοντέλο είναι γνωστό ως το μοντέλο minimax (Averbakh και λοιποί, 1997), δηλαδή η μικρότερη τιμή σε ένα σύνολο από μέγιστες τιμές, και στο οποίο αντικειμενικός στόχος είναι η ελαχιστοποίηση της μέγιστης απόστασης μεταξύ οποιουδήποτε σημείου ζήτησης και της κοντινότερης σε αυτό εγκατάστασης. Όταν οι τοποθεσίες των εγκαταστάσεων βρίσκονται μόνο σε κόμβους του δικτύου, τότε το μοντέλο αυτό ονομάζεται *μοντέλο κέντρου κορυφής – vertex center model*. Όταν οι αντίστοιχες τοποθεσίες βρίσκονται οπουδήποτε μέσα στο δίκτυο τότε το πρόβλημα αυτό ονομάζεται *μοντέλο απόλυτου κέντρου – absolutely center model*. Σε αντίθεση με το πρόβλημα κάλυψης θέσης, τα ερευνητικά αποτελέσματα του Hakimi (βλ.3.3.1 Προβλήματα P - Διάμεσου), στην συγκεκριμένη περίπτωση, δεν ισχύουν γενικά. Η λύση στο μοντέλο απόλυτου κέντρου θεωρείται συχνά καλύτερη, σε σχέση με την αντίστοιχη λύση του μοντέλου κέντρου κορυφής.

3.3.4 Επιπλέον στατικά μοντέλα

Τα προβλήματα P - διάμεσου, κάλυψης, και P - κέντρου που αναλύθηκαν στις παραπάνω ενότητες, παρέχουν ένα ισχυρό θεμέλιο πάνω στην μελέτη της έρευνας των θεωριών τοποθεσίας που έχουν γίνει μέχρι σήμερα. Σε αυτή την ενότητα, περιγράφονται μερικά από τα επιπλέον στατικά και ντετερμινιστικά μοντέλα που υπάρχουν στη βιβλιογραφία.

Τα περισσότερα από τα μοντέλα που αναφέρθηκαν, επικεντρώνονται είτε στην απόσταση είτε στο χρόνο ταξιδιού ως υποκατάστατο του κόστους λειτουργίας από την στιγμή που μια εγκατάσταση τοποθετείται σε ένα ορισμένο σημείο. Αν και γενικά αναγνωρίζεται ότι οι περιορισμένοι επιχειρησιακοί πόροι θα μπορούσαν να υπαγορεύσουν τον αριθμό των εγκαταστάσεων, μόνο ένα μοντέλο, το μοντέλο κάλυψης θέσης, αναφέρει ρητά το κόστος τοποθεσίας μιας εγκατάστασης. Ένα σύνολο από μοντέλα με την κοινή ονομασία: «*μοντέλα χωροθέτησης εγκατάστασης σταθερής επιβάρυνσης – fixed charge facility location model*»

περιλαμβάνει περιπτώσεις προβλημάτων τα οποία περιλαμβάνουν μια σταθερή χρέωση (κόστος) που αντιστοιχεί σε κάθε πιθανή τοποθεσία εγκατάστασης.

Ένα μοντέλο μέσα σε αυτό το σύνολο είναι μοντέλο χωροθέτησης εγκατάστασης ενεργοποιημένης σταθερής επιβάρυνσης - *capacitated fixed charge facility location model*, το οποίο βρίσκεται σε στενή σχέση με το μοντέλο P - διαμέσου που παρουσιάστηκε παραπάνω. Το συγκεκριμένο μοντέλο συγκροτείται με την προσθήκη ενός σταθερού κόστους στην αντικειμενική λειτουργία του μοντέλου P - διάμεσου ενώ ταυτόχρονα αφαιρεί τον περιορισμό που υπαγορεύει τον αριθμό των εγκαταστάσεων. Το αποτέλεσμα είναι ένα πρόβλημα το οποίο καθορίζει τον αριθμό των εγκαταστάσεων τα οποία τοποθετεί με τέτοιο τρόπο ώστε να ελαχιστοποιηθεί το συνολικό κόστος κατασκευής και απόστασης ταξιδιού. Η στενή σχέση μεταξύ του αυτών προβλημάτων οδηγεί σε ένα μεγάλο βαθμό ομοιότητας μεταξύ των αλγορίθμων που χρησιμοποιούνται για την επίλυσή τους (Daskin, 1995).

Με βάση τα παραπάνω διαπιστώνεται ότι απλές αλλαγές στην σύνθεσή τους επεκτείνουν τα βασικά μοντέλα ζήτησης τοποθεσίας ώστε να υπολογίζουν και τα σταθερά έξοδα κατασκευής των εγκαταστάσεων. Παρόμοιες τροποποιήσεις επεκτείνουν τα βασικά μοντέλα ώστε να ενσωματώνουν την χωρητικότητα των εγκαταστάσεων αυτών. Στα συγκεκριμένα μοντέλα, οι χωρητικότητες εισάγονται ως όρια στον αριθμό των αιτημάτων που η κάθε εγκατάσταση μπορεί να εξυπηρετήσει. Με την προσθήκη μιας σειράς περιορισμών στη σύνθεση του προβλήματος, εξασφαλίζεται ότι το άθροισμα της ζήτησης που αποδίδεται σε κάθε εγκατάσταση δεν υπερβαίνει τη χωρητικότητα της κάθε εγκατάστασης. Οι Sankaran και Raghavan (1997) επεκτείνουν το κλασικό μοντέλο της ενεργοποιημένης σταθερής επιβάρυνσης ώστε να ενσωματώσει την επιλογή του μεγέθους των εγκαταστάσεων. Επιπλέον, οι Mukundan και Daskin (1991), εξέτασαν ένα παρόμοιο πρόβλημα στο πλαίσιο της μεγιστοποίησης κερδών.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, μία από τις πρώτες εφαρμογές των μοντέλων χωροθέτησης σχετιζόταν με τον εντοπισμό και την χωροθέτηση αποθηκών. Κάθε επιχείρηση η οποία αποφασίζει να δημιουργήσει μια νέα αποθήκη σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία θα πρέπει επίσης να εξετάσει τον καλύτερο τρόπο με τον οποίο θα διανέμει τα προϊόντα της μεταξύ της εγκατάστασης και των πελατών της. Το σύνολο των μοντέλων τοποθεσίας - κατανομής βασίζεται σε μια βασική διατύπωση ενός προβλήματος τοποθεσίας προκειμένου να εντοπίσει ταυτόχρονα τις κατάλληλες τοποθεσίες εγκαταστάσεων και να ορίσει την βέλτιστη ροή προϊόντων μεταξύ των εγκαταστάσεων και της ζήτησης (πελατών). Αυτά τα προβλήματα, όπως αναθεωρήθηκαν από τον Scott (1970), συνδυάζουν ένα πρότυπο πρόβλημα μεταφοράς για την κατανομή μεταξύ της ροής προϊόντων μεταξύ των διαφόρων εγκαταστάσεων με ένα πρόβλημα τοποθεσίας, συνήθως ένα πρόβλημα P-Διάμεσου ή ένα πρόβλημα σταθερής επιβάρυνσης, για την χωροθέτηση των εγκαταστάσεων.

Ακριβώς όπως οι εφαρμογές αποθήκης απαιτούν την εξέταση ζητημάτων που αφορούν τόσο τη θέση όσο και την κατανομή των πόρων, άλλες πρακτικές εφαρμογές συχνά εισάγουν πιο ενεργούς στόχους σε σχέση με την απλή ελαχιστοποίηση του κόστους ή την μεγιστοποίηση της κάλυψης. Μια κατηγορία μοντέλων τοποθεσίας *πολλαπλών στόχων* έχουν αναπτυχθεί ακριβώς για να απεικονίζουν την πολυπλοκότητα πολλών εφαρμογών σε χωροταξικά προβλήματα. Τα μοντέλα αυτά καλύπτουν πολλούς διαφορετικούς στόχους και

χρησιμοποιούνται για να βελτιστοποιήσουν ταυτόχρονα μαζί πολλαπλά κριτήρια. Οι Current, Min και Schilling (1990) επανεξετάζουν ένα εύρος από μοντέλα πολλαπλών στόχων, αναδεικνύοντας ποιοί παράγοντες θα πρέπει να θεωρούνται σημαντικοί για τον εντοπισμό νέων εγκαταστάσεων.

Τέλος, θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα μοντέλα και οι εφαρμογές που παρατίθενται σε αυτήν αλλά και στις προηγούμενες ενότητες, επικεντρώνονται στον εντοπισμό εγκαταστάσεων τα οποία είναι (ή πρέπει να είναι) προσβάσιμα στους πελάτες. Εναλλακτικά, υπάρχουν αρκετά σημαντικές εφαρμογές της πραγματικής ζωής οι οποίες ασχολούνται με τον εντοπισμό εγκαταστάσεων που είναι ανεπιθύμητες στους κοντινούς πληθυσμούς. Για παράδειγμα, εάν μια πόλη επιθυμεί να εγκαταστήσει μια μονάδα διάθεσης αποβλήτων, ένα κέντρο επεξεργασίας νερού ή ακόμη και ένα αεροδρόμιο, οι στόχοι για τη βέλτιστη τοποθεσία των συγκεκριμένων μονάδων έρχεται σε αντίθεση με όσα αναφέρονται λεπτομερώς παραπάνω. Οι εφαρμογές αυτές έχουν, στην πραγματικότητα, δημιουργήσει ένα ειδικό τομέα έρευνας για τον εντοπισμό «αντιπαθητικών» ή «επιβλαβών» εγκαταστάσεων. Προβλήματα που αφορούν τις εν λόγω εγκαταστάσεις περιλαμβάνουν το μοντέλο *αντιδιαμέσου* - *antimedian*, το οποίο εντοπίζει ένα διακομιστή (κεντρικό σημείο εξυπηρέτησης) προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η μέση απόσταση μεταξύ του διακομιστή και των σημείων ζήτησης (κόμβων). Επίσης το μοντέλο *αντίκεντρο* - *anticenter*, μεγιστοποιεί την ελάχιστη απόσταση μεταξύ του διακομιστή και των σημείων ζήτησης. Ανάλογα, το πρόβλημα P - διασποράς, εντοπίζει τις εγκαταστάσεις για να μεγιστοποιηθεί η ελάχιστη απόσταση μεταξύ κάθε ζεύγους εγκαταστάσεων. Ενώ τέτοια προβλήματα είναι χρήσιμα στη διαμόρφωση προβλημάτων για ανεπιθύμητες τοποθεσίες χωροθέτησης, οι πολιτικές αποφάσεις που εμπλέκονται στον εντοπισμό τέτοιων εγκαταστάσεων συχνά αναγκάζουν τους φορείς λήψης αποφάσεων ώστε να χρησιμοποιούν μοντέλα πολλαπλών στόχων. Μια πιο λεπτομερής αναθεώρηση αυτών των προβλημάτων μπορεί να βρεθεί στα έργα των Brandeau και Chiu (1989), Daskin (1995), Erkut και Neuman (1989), Schilling και λοιποί (1993).

3.4 Δυναμικά μοντέλα τοποθεσίας

Μεγάλο μέρος των μελετών που έχει ήδη δημοσιευτεί σχετικά με τη θεωρία ζήτησης για εγκαταστάσεις προκύπτει από τα μοντέλα που περιγράφονται ανωτέρω, καθώς επίσης και από τις εφαρμογές και επεκτάσεις τους. Όπως σημειώνεται, πολλά από αυτά τα προβλήματα μπορεί να είναι εξαιρετικά δύσκολο να επιλυθούν. Επομένως δεν προκαλεί έκπληξη το γεγονός ότι τόση πολλή δουλειά έχει επικεντρωθεί στα στατικά και ντετερμινιστικά μοντέλα. Ενώ τέτοια όμως τα μοντέλα αυτά αποτελούν θεμιτά θέματα έρευνας, δεν συγκεντρώνουν πολλά από τα χαρακτηριστικά προβλήματα τοποθεσιών του πραγματικού κόσμου.

Ο στρατηγικός χαρακτήρας των προβλημάτων χωροθέτησης απαιτεί ότι κάθε λογικά δομημένο μοντέλο θα πρέπει να εξετάζει επίσης πτυχές της μελλοντικής αβεβαιότητας. Από τη στιγμή που η απαιτούμενη επένδυση για τον εντοπισμό ή τη μετεγκατάσταση μιας

εγκατάστασης είναι μεγάλη, η εγκατάσταση αυτή αναμένεται να παραμείνει λειτουργική για παρατεταμένη χρονική περίοδο. Έτσι, το πρόβλημα της εύρεσης της κατάλληλης τοποθεσίας περιλαμβάνει πραγματικά ένα εκτεταμένο ορίζοντα προγραμματισμού. Οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων δεν θα πρέπει μόνο να επιλέξουν μια ισχυρή τοποθεσία η οποία θα εξυπηρετεί αποτελεσματικά τις μεταβαλλόμενες απαιτήσεις με την πάροδο του χρόνου, αλλά θα πρέπει επίσης να εξετάζουν τη χρονική στιγμή της επέκτασης μιας υπάρχουσας εγκατάστασης όπως επίσης την μακροπρόθεσμη επανεγκατάσταση τους εάν και όποτε αυτό κριθεί απαραίτητο.

Στις επόμενες δύο ενότητες, θα παρουσιαστεί η έρευνα που ασχολείται αποκλειστικά με τις αβεβαιότητες που συνδέονται με κάθε τοποθεσία εγκατάστασης. Για οργανωτικούς λόγους, γίνεται διάκριση μεταξύ της αβεβαιότητας σχετικά με το σχεδιασμό για μελλοντικές συνθήκες ή καταστάσεις και της αβεβαιότητας λόγω της περιορισμένης γνώσης των παραμέτρων εισόδου του μοντέλου.

3.4.1 Δυναμικά μοντέλα μόνης τοποθεσίας εγκατάστασης

Η πρώτη μελέτη η οποία αναγνώρισε την περιορισμένη εφαρμογή των στατικών και ντετερμινιστικών μοντέλων τοποθεσίας δημοσιεύθηκε από τον Ballou το 1968. Στην προσπάθειά του να εντοπίσει την κατάλληλη τοποθεσία ενός μόνο αποθηκευτικού χώρου (αποθήκης) ώστε να μεγιστοποιηθεί τα κέρδη της σε ένα συγκεκριμένα σχεδιασμένο χρονικό ορίζοντα, ο Ballou χρησιμοποιεί μια σειρά στατικών και ντετερμινιστικών βέλτιστων λύσεων για την επίλυση του δυναμικού προβλήματος. Για κάθε περίοδο στον συγκεκριμένο χρονικό ορίζοντα, ο Ballou επιλύει το πρόβλημα, δημιουργώντας ένα σύνολο πιθανών «κατάλληλων» χώρων τοποθεσίας. Στη συνέχεια χρησιμοποίησε τον δυναμικό προγραμματισμό ώστε να δημιουργήσει ένα υποσύνολο αυτών των χώρων, τους οποίους ορίζει ως χώρους που παρουσιάζουν την «βέλτιστη» στρατηγική τοποθεσία για αρχική θέση αλλά και για μετέπειτα μετεγκατάσταση σε ολόκληρη την σχεδιασμένη χρονική περίοδο. Επίσης ο Ballou, καθορίζει και ποια είναι η κατάλληλη στιγμή στην οποία θα πρέπει να εγκατασταθούν ή να επανεγκατασταθούν οι «βέλτιστες» αυτές εγκαταστάσεις.

Οι Sweeney και Tatham (1976), βελτιώνουν το μοντέλο που πρότεινε ο Ballou επεκτείνοντας το σύνολο των πιθανών τοποθεσιών για τις υφιστάμενες εγκαταστάσεις. Η μέθοδος τους, βρίσκει τις καλύτερες ταξινομημένες λύσεις σε κάθε χρονική περίοδο μέσω μιας επαναληπτικής διαδικασίας επίλυσης χρησιμοποιώντας ένα μαθηματικό πρόγραμμα ακεραίων αριθμών το οποίο ονομάζεται «*αποσύνθεση Benders – Benders decomposition*». Ο αριθμός των λύσεων ποικίλλει ανάλογα με την περίοδο και βρίσκεται μέσα από την οριοθέτηση της βέλτιστης τιμής για κάθε επιμέρους λύση. Η διευρυμένη σειρά πιθανών θέσεων εγκατάστασης για κάθε περίοδο χρησιμοποιείται στη συνέχεια σε ένα δυναμικό πρόγραμμα προκειμένου να καθοριστεί η βέλτιστη στρατηγική τοποθεσίας και μετεγκατάστασης των εγκαταστάσεων.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι και οι δύο αυτές μελέτες επιτρέπουν τη συχνή μετεγκατάσταση των υφιστάμενων εγκαταστάσεων, αλλά στους αντικειμενικούς της στόχους δεν

περιλαμβάνει την κατασκευή χρόνου ή το κόστος της εγκατάστασης. Ο Wesolowsky (1973) εξετάζει μια διαφορετική, χωρίς περιορισμούς έκδοση, του μοντέλου μονής τοποθεσίας εγκατάστασης, γύρω από ένα συγκεκριμένο ορίζοντα σχεδιασμού, το οποίο εμπεριέχει παράλληλα και ρητό κόστος μετεγκατάστασης. Η δυαδική διαμόρφωση ακέραιου προγραμματισμού της αντικειμενικής συνάρτησης καθώς και διαδικασίες καταμέτρησης, όπως είναι οι αλγόριθμοι Branch and Bound, προτείνονται για την βέλτιστη επίλυση του μοντέλου.

Ακόμα πιο πρόσφατα, οι Drezner και Wesolowsky (1991) εξέτασαν την εξεύρεση μιας εγκατάστασης σε μια αναπτυσσόμενη πόλη με προβλέψιμες μεταβολές του πληθυσμού μέσα σε ένα ορισμένο χρονικό ορίζοντα. Στόχος τους είναι να εντοπίσουν μια μονή θέση εγκατάστασης που ελαχιστοποιεί το αναμενόμενο κόστος καθ'όλο το χρονικό ορίζοντα. Οι συγγραφείς επίσης εξετάζουν τη δυνατότητα μετεγκατάστασης της ίδιας εγκατάστασης αρκετές φορές κατά τη διάρκεια του ορίζοντα. Σε αυτή την περίπτωση δεν επιδιώκουν μόνο να βρουν τις κατάλληλες θέσεις για την εγκατάσταση, αλλά και τους χρόνους κατά τους οποίους μπορούν να πραγματοποιηθούν αλλαγές στη θέση της εγκατάστασης.

3.4.2 Δυναμικά μοντέλα εγκατάστασης πολλαπλών τοποθεσιών εγκαταστάσεων

Ο Scott (1971) εξετάζει τη δυναμική επέκταση του στατικού μοντέλου τοποθεσίας - κατανομής (βλ. 3.3.4 **Επιπλέον στατικά μοντέλα**), στο οποίο πολλαπλές εγκαταστάσεις βρίσκονται ανά μία κάθε φορά σε χωριστές, ισαπέχουσες χρονικές περιόδους. Όταν εντοπιστούν οι κατάλληλες εγκαταστάσεις θα πρέπει να παραμείνουν σε λειτουργία στην προκαθορισμένη τοποθεσία.

Οι Wesolowsky και Truscott (1976) επεκτείνουν το δυναμικό πρόβλημα τοποθεσίας - κατανομής του Scott, επιτρέποντας τις εγκαταστάσεις να επανατοποθετηθούν ανάλογα με προβλεπόμενες αλλαγές της ζήτησης. Το μοντέλο αυτό περιλαμβάνει έναν αλγόριθμο ακέραιου προγραμματισμού, μαζί με έναν περιορισμό που ελέγχει τον αριθμό των αλλαγών τοποθεσίας σε κάθε περίοδο. Επιπλέον οι ίδιοι μελετητές παρουσιάζουν μια δυναμική διατύπωση προγραμματισμού.

Ο Tariego (1971) επεκτείνει ακόμη περισσότερο το δυναμικό πρόβλημα τοποθεσίας - κατανομής ώστε να περιλαμβάνει πιθανές χωρητικότητες εγκαταστάσεων καθώς και έξοδα αποστολής προϊόντων από την αποθήκη στους πελάτες. Η βέλτιστη λύση σε αυτό το πρόβλημα μεταφοράς - τοποθεσίας - κατανομής παρέχει τις τοποθεσίες εγκατάστασης, αντιστοίχιση της ζήτησης στους πόρους, καθώς και τις ποσότητες που πρόκειται να αποσταλούν από τις διαφορετικές εγκαταστάσεις στα σημεία ζήτησης. Σε αυτό το μοντέλο, οι τιμές της προσφοράς και της ζήτησης είναι ήδη γνωστές και υπολογίζονται συνολικά για ολόκληρο τον χρονικό ορίζοντα. Το μοντέλο αυτό περιλαμβάνει μια διαμόρφωση δυναμικού προγραμματισμού, και ορίζει τις συνθήκες βελτιστοποίησης των εγκαταστάσεων.

Τα δυναμικά μοντέλα εγκατάστασης πολλαπλών τοποθεσιών εγκαταστάσεων δεν περιορίζονται μόνο στην κατηγορία των προβλημάτων τοποθεσίας - κατανομής. Ο

Sheppard (1974) επιδιώκει να επεκτείνει ένα ευρύ φάσμα βασικών μοντέλων χωροθέτησης, έτσι ώστε να συμπεριλαμβάνει τόσο τις χωροταξικές όσο και τις χρονικές διαστάσεις των προβλημάτων του πραγματικού κόσμου. Ο συγγραφέας παρουσιάζει μια ποικιλία μοντέλων που δεν καθορίζουν μόνο την θέση των πολλαπλών εγκαταστάσεων, αλλά και το μέγεθος των εγκαταστάσεων αυτών καθώς και τη χρονική στιγμή της κατασκευής ή της επέκτασης εγκαταστάσεων. Ενώ τα μοντέλα του Sheppard αντιλαμβάνονται τα πραγματικά προβλήματα χωροθέτησης στη βιομηχανία ή τον δημόσιο τομέα, η πλειοψηφία αυτών είναι μη - γραμμικά, ακέραια, και δυναμικά, και ως εκ τούτου δύσκολα στον υπολογισμό τους.

Ο Drezner (1995) διατυπώνει το μοντέλο προοδευτικής P - διάμεσου, το οποίο εντοπίζει εγκαταστάσεις πάνω από ένα σχεδιασμένο χρονικό ορίζοντα T περιόδων, χωρίς μετεγκατάσταση. Τα στοιχεία εισόδου μοντέλου της προοδευτικής P - διάμεσου περιλαμβάνουν την γνωστή και εξαρτώμενη από τον χρόνο ζήτηση, καθώς και τις χρονικές περιόδους στις οποίες αυτές οι εγκαταστάσεις θα πρέπει να τοποθετηθούν. Ο αντικειμενικός στόχος του συγκεκριμένου μοντέλου είναι εύρεση των τοποθεσιών εγκατάστασης που ελαχιστοποιούν το συνολικό κόστος μεταφοράς ή απόστασης σε ένα συγκεκριμένο χρονικό ορίζοντα. Επειδή η γενική μορφή του προβλήματος είναι μη γραμμική, το συγκεκριμένο μοντέλο παρουσιάζει μια ευρετική διαδικασία λύσης για την εύρεση των τοπικών ελαχίστων.

Η πολυπλοκότητα του υπολογισμού των περισσότερων προβλημάτων χωροθέτησης έχει εμπνεύσει μια σειρά από ευρετικές διαδικασίες για τον προσδιορισμό σχεδόν βέλτιστων λύσεων. Σε μια προσπάθεια να αξιολογήσει τα συγκριτικά πλεονεκτήματα ορισμένων από αυτές τις διαδικασίες, ο Erlenkotter (1981) συγκρίνει τις επιδόσεις πολλών προσεγγίσεων ευρετικής λύσης σε ένα μόνο μοντέλο. Ο συγγραφέας εξετάζει ένα δυναμικό, σταθερής χρηματικής επιβάρυνσης, υπολογισμού χωρητικότητας εγκατάστασης, ελαχιστοποίησης του κόστους με διακριτά χρονικά διαστήματα μοντέλο, μια ειδική περίπτωση του οποίου αποτελεί το στατικό απλό πρόβλημα τοποθεσίας εγκατάστασης. Ενώ όμως το μοντέλο αυτό είναι περιορισμένο όσον αφορά το πεδίο εφαρμογής του, ο Erlenkotter υποδηλώνει ότι ο συνδυασμός ευρετικών προσεγγίσεων για τη δημιουργία πολλαπλών διαδικασιών λύσεων μπορεί να αποδειχθεί τελικά πιο αποτελεσματικός.

Οι VanRoy και Erlenkotter (1982) αργότερα μελέτησαν ένα δυναμικό ενεργοποιημένο πρόβλημα χωροθέτησης στο οποίο τα αγαθά αποστέλλονται από τις εγκαταστάσεις στους πελάτες προκειμένου η ζήτηση να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις τους οι οποίες είναι γνωστές εκ των προτέρων. Νέες εγκαταστάσεις επιτρέπεται να δημιουργηθούν και οι ήδη υπάρχουσες εγκαταστάσεις ενδέχεται να κλείσουν πάνω από ένα ορισμένο χρονικό ορίζοντα. Ο στόχος του μοντέλου αυτού είναι να ελαχιστοποιηθεί το συνολικό κόστος, συμπεριλαμβανομένου του τύπου εγκατάστασης και των λειτουργικών εξόδων καθώς και το κόστος το οποίο προέρχεται από την παραγωγή και διανομή των αγαθών που αποστέλλονται προς τους πελάτες. Γι' αυτό το πρόβλημα, προτείνεται μια διαδικασία λύσης *branch and bound*, όπως συμβαίνει και στο αντίστοιχο μοντέλο μονής τοποθεσίας εγκατάστασης που ακολούθησαν οι Drezner και Wesolowsky (1991).

Ο Campbell (1990), καθοδηγούμενος από μια εφαρμογή σε τερματικούς σταθμούς μεταφοράς φορτίων, επιδιώκει απλές στρατηγικές για τον εντοπισμό και τη μεταφορά

εγκαταστάσεων. Πιο συγκεκριμένα, εξετάζει την αποτελεσματικότητα απλούστερων μοντέλων προκειμένου να εντοπίσει σχεδόν βέλτιστες λύσεις εγκατάστασης τοποθεσίας. Ο συγγραφέας αναπτύσσει ένα γενικό μοντέλο συνεχής κατανομής το οποίο περιλαμβάνει τους ναύλους μεταφοράς φορτίου και οικονομίες κλίμακας. Το συγκεκριμένο μοντέλο θέτει διαφορετικούς συμβιβασμούς μεταξύ διαφόρων τιμών κόστους μεταφοράς, τοποθεσίας και μετεγκατάστασης. Ο αντικειμενικός στόχος του συγκεκριμένου προβλήματος αποτελεί την ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους. Με βάση τα αποτελέσματα του μοντέλου ο Campbell θεωρεί ότι τα απλούστερα μοντέλα, τα οποία δεν λαμβάνουν υπόψη το κόστος μεταφοράς των εγκαταστάσεων σε διαφορετική τοποθεσία (κόστος μετεγκατάστασης) αποτελούν σχεδόν ιδανική λύση για την εύρεση τοποθεσιών εγκατάστασης, εκτός αν το κόστος μετεγκατάστασης είναι πολύ υψηλό. Επομένως, κατά τον Campbell, εκτεταμένες μετακινήσεις εγκαταστάσεων σε διαφορετικές τοποθεσίες απομακρύνονται από τον σκοπό της επίτευξης ενός σχεδόν βέλτιστου κόστους διανομής.

Ο Gunawardane (1982) κινείται μακριά από τις εφαρμογές του ιδιωτικού τομέα για να εξετάσει τα προβλήματα χωροθέτησης του δημόσιου τομέα. Συγκεκριμένα, εξετάζει διάφορα προβλήματα κάλυψης στα οποία οι δημόσιες εγκαταστάσεις βρίσκονται ή μετακινούνται μέσα σε έναν συγκεκριμένο χρονικό ορίζοντα προγραμματισμού. Τόσο το μοντέλο κάλυψης θέσης όσο και το πρόβλημα μέγιστης κάλυψης ζήτησης χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη του συγκεκριμένου μοντέλου. Το μοντέλο αυτό έχει ως αντικειμενικό στόχο το να ενθαρρύνει την αναβολή της μετακίνησης των θέσεων εγκατάστασης, μέχρι κάτι τέτοιο να απαιτηθεί. Ένα ακόμη παρόμοιο μοντέλο αποθαρρύνει συχνές αλλαγές στις θέσεις εγκατάστασης με καταλογισμό χρέωσης σε κάθε δημιουργία ή κλείσιμο εγκαταστάσεων.

3.4.3 Εναλλακτικά δυναμικά μοντέλα τοποθεσίας

Όλα τα δυναμικά ντετερμινιστικά προβλήματα που αναλύθηκαν μέχρι τώρα αναζητούν τη βέλτιστη ή σχεδόν βέλτιστη λύση για μια μόνο αντικειμενική λειτουργία. Ο Schilling (1980) χρησιμοποιεί μια εναλλακτική προσέγγιση για την επίλυση προβλημάτων χωροθέτησης προβλήματα, εμπνευσμένη από το δημόσιο τομέα, μέσα από τον εντοπισμό εγκαταστάσεων για περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης σε ιατρικές υπηρεσίες. Συγκεκριμένα, θέτει ένα πολυκριτηριακό μοντέλο μεγιστοποίησης κάλυψης και επιδιώκει ένα σύνολο ορθών λύσεων από τις οποίες ο διαχειριστής αποφάσεων θα επιλέξει μία για να εφαρμόσει (βλ. 2.6.1 Στατικά ή μονοστοχικά μοντέλα).

Μια πολυκριτηριακή προσέγγιση εξετάζεται επίσης από τον Min (1988), ο οποίος εξετάζει την επέκταση και μετεγκατάσταση των δημόσιων βιβλιοθηκών στη μητροπολιτική περιοχή της πόλης Columbus στο Ohio των ΗΠΑ. Τα κριτήρια που λαμβάνονται υπόψη στην επιλογή του τύπου των βιβλιοθηκών περιλαμβάνουν στοιχεία όπως είναι η κάλυψη του πληθυσμού, η εγγύτητα του κτηριακού συγκροτήματος της βιβλιοθήκης σε κάθε κοινότητα, η γειννίαση με εγκαταστάσεις των βιβλιοθηκών που έκλεισαν, και τέλος, την προσβασιμότητα σε σταθμούς μέσων μαζικής μεταφοράς ή χώρους στάθμευσης. Για τη λύση του συγκεκριμένου προβλήματος προτείνεται ένα διακριτό μοντέλο θέσης εγκατάστασης βασισμένο στον «ασαφή» (fuzzy) προγραμματισμό στόχου. Το μοντέλο λύνεται πολλές

φορές, χρησιμοποιώντας εισαγόμενα στοιχεία από τον διαχειριστή των αποφάσεων ώστε να λάβει έναν αριθμό πιθανών συνδυασμών χωροθέτησης και να απεικονίσουν πιθανούς συμβιβασμούς μεταξύ διαφορετικών εναλλακτικών τοποθεσιών.

Μια άλλη μοναδική προσέγγιση για τον εντοπισμό εγκαταστάσεων με την πάροδο του χρόνου προτάθηκε από τους Daskin, Horp και Medina (1992). Οι συγγραφείς αναγνωρίζουν ότι η δυσκολία στην επίλυση δυναμικών προβλημάτων χωροθέτησης προκύπτει από την αβεβαιότητα των μελλοντικών συνθηκών. Ακόμη και η οριοθέτηση του κατάλληλου χρονικού ορίζοντα αποτελεί μια σημαντική διαδικασία, γεγονός που αγνοείται από τα περισσότερα μοντέλα. Οι συγγραφείς υποστηρίζουν ότι ο καλύτερος τρόπος για να διαχειριστεί κανείς την αβεβαιότητα είναι να αναβάλει τη λήψη αποφάσεων όσο το δυνατόν περισσότερο, και να επικεντρωθεί στη συλλογή πληροφοριών και τη βελτίωση των προβλέψεων όσο ο χρόνος περνάει. Δεδομένου ότι οι αποφάσεις της πρώτης περιόδου είναι οι μόνες που πρέπει να εφαρμοστούν αμέσως, οι συγγραφείς ισχυρίζονται ότι ο στόχος του δυναμικού σχεδιασμού χωροθέτησης δεν πρέπει να είναι ο καθορισμός των αρχικών θέσεων ή μετεγκαταστάσεων σε έναν όλο το διάστημα ενός συγκεκριμένου χρονικού ορίζοντα, αλλά η εύρεση της βέλτιστης ή σχεδόν βέλτιστης λύσης κατά την πρώτη περίοδο του συγκεκριμένου αυτού ορίζοντα. Η προσέγγισή τους βρίσκει ένα καθορισμένο χρονικό μήκος ορίζοντα T^* , και μια αρχική απόφαση, έτσι ώστε όλοι οι ορίζοντες με χρονικό μήκος ορίζοντα T ίσο ή μεγαλύτερο από τον προκαθορισμένο, δηλαδή $T \geq T^*$, έχουν μια βέλτιστη ή σχεδόν βέλτιστη πολιτική που ξεκινάει από την προκαθορισμένη αρχική απόφαση.

3.5 Στοχαστικά προβλήματα τοποθεσίας

Τα δυναμικά μοντέλα που περιγράφονται στην προηγούμενη ενότητα επιχειρούν να εντοπίσουν τις εγκαταστάσεις πάνω από ένα συγκεκριμένο χρονικό ορίζοντα, μέσα από έναν βέλτιστο ή σχεδόν βέλτιστο τρόπο. Ενώ όμως καταφέρνουν και εστιάζουν πάνω στο μεγαλύτερο μέρος της πολυπλοκότητας που ενυπάρχει στις περιπτώσεις των προβλημάτων του πραγματικού κόσμου σε σχέση με τα στατικά και ντετερμινιστικά μοντέλα, αυτά τα μοντέλα υποθέτουν ότι όλες οι παράμετροι εισόδου στο σύστημα είναι ήδη γνωστές, δηλαδή έχουν προκαθορισμένες τιμές. Η παρούσα ενότητα, εξετάζει την έρευνα, η οποία ασχολείται με τη στοχαστική φύση των συστημάτων του πραγματικού κόσμου.

Η έρευνα για στοχαστικά προβλήματα θέση μπορεί να αναλυθεί σε δύο κύριες προσεγγίσεις: την *πιθανολογική προσέγγιση* και την *προσέγγιση σχεδιασμού σεναρίου*. Και στις δύο περιπτώσεις, οποιοσδήποτε αριθμός παραμέτρων του συστήματος λαμβάνεται ως αβέβαιος, συμπεριλαμβανομένου του χρόνου ταξιδιού, του κόστους κατασκευής, των τοποθεσιών ζήτησης, καθώς επίσης και των ζητούμενων ποσοτήτων. Ο στόχος των μοντέλων αυτών είναι να καθοριστούν κατάλληλες θέσεις εγκατάστασης που θα είναι ικανές να επιτύχουν καλή απόδοση, σύμφωνα με προκαθορισμένα κριτήρια, κάτω από έναν αριθμό πιθανών μεταβλητών (παραμέτρων). Τα πιθανολογικά μοντέλα εξετάζουν με σαφή τρόπο τις κατανομές των πιθανοτήτων των τυχαίων μεταβλητών του κάθε μοντέλου, ενώ τα

μοντέλα σχεδιασμού σεναρίου εξετάζουν ένα δημιουργημένο σύνολο από πιθανές μελλοντικές τιμές των μεταβλητών (Mulvey και λοιποί, 1995).

3.5.1 Πιθανολογικά μοντέλα

Στην ενότητα αυτή θα εξεταστούν τα μοντέλα που εστιάζουν πάνω στις στοχαστικές πτυχές της χωροθέτησης μέσα από την σαφή εξέταση της κατανομής των πιθανοτήτων που σχετίζονται με εξομοιωμένες τυχαίες ποσότητες. Μερικοί συγγραφείς ενσωματώνουν αυτές τις διανομές σε μια τυπική μαθηματική διαδικασία προγραμματισμού, ενώ άλλοι τις ενσωματώνουν μέσα σε ένα πλαίσιο ουρών αναμονής.

3.5.1.1 Μοντέλα τυπικής διαδικασίας προγραμματισμού

Το 1961, ο Manne δημοσίευσε μια από τις πρώτες μελέτες προκειμένου να εξετάσει το στοχαστικό πρόβλημα εισόδου. Σε αυτή του τη μελέτη, εξετάζει το πρόβλημα της επέκτασης της χωρητικότητας μιας εγκατάστασης κατά τη διάρκεια ενός ακαθόριστου χρονικού ορίζοντα, με στόχο την επιλογή των μεγεθών χωρητικότητας που ελαχιστοποιούν το συνολικό κόστος εγκατάστασης. Τα μοντέλα του Manne ελέγχουν την ζήτηση πιθανολογικά και επιτρέπουν την ακύρωση της οποιας ζήτησης δεν είναι ικανοποιητική. Η προσθήκη των πιθανολογικών απαιτήσεων δεν επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό το μοντέλο σε χρήση, αλλά η πρόσθετη αβεβαιότητα αυξάνει το επιθυμητό επίπεδο της πλεονάζουσας χωρητικότητας. Ένας τροποποιημένος δείκτης έκπτωσης χρησιμοποιείται για την καταγραφή πληροφοριών σχετικά με το μέγεθος της αβεβαιότητας. Καθώς η διακύμανση της ζήτησης αυξάνεται, η αποτελεσματικότητα του δείκτη έκπτωσης μειώνεται, και έτσι το βέλτιστο επίπεδο της επέκτασης της χωρητικότητας της εγκατάστασης αυξάνεται. Στην περίπτωση της ανεκτέλεστης παραγγελίας, ο Manne δείχνει ότι τα βέλτιστα επίπεδα κόστους θα μειωθούν με την αντίστοιχη αύξηση των χαμηλών επιπέδων διακύμανσης ζήτησης.

Ο Bean και λοιποί (1992) επανεξέτασαν το πρόβλημα της επέκτασης χωρητικότητας, με στοχαστικά αυξανόμενη ζήτηση και απροσδιόριστο χρονικό ορίζοντα. Αφήνοντας περισσότερα περιθώρια σε μια σειρά από αρχικές υποθέσεις που είχε εκφράσει ο Manne το μοντέλο αυτό επιτρέπει την ύπαρξη μη στατικών διαδικασιών ζήτησης οι οποίες είτε είναι διακριτές, είτε συνεχείς και προορίζονται για γενικότερες διαθρώσεις του κόστους. Στο συγκεκριμένο μοντέλο δεν επιτρέπονται ακυρώσεις των παραγγελιών και εικάζεται ότι η επιπλέον χωρητικότητα προστίθεται μόνο όταν ο ήδη υπάρχον χώρος έχει εξαντληθεί. Όπως συμβαίνει και στο προηγούμενο μοντέλο οι πτώση της αβεβαιότητας της ζήτησης, προκαλεί αντίστοιχη πτώση στην αποτελεσματικότητα του δείκτη έκπτωσης.

Ο Carbone (1974) εξετάζει τον εντοπισμό των δημόσιων εγκαταστάσεων σε ένα δίκτυο όταν οι τιμές ζήτησης παραμένουν άγνωστες. Ο συγγραφέας επαναδιατυπώνει το ντετερμινιστικό πρόβλημα της p - διάμεσου πρόβλημα ως ένα μοντέλο περιορισμένων ευκαιριών, ενσωματώνοντας την αβεβαιότητα της ζήτησης. Υποθέτοντας ότι η ζήτηση έχει μια πολυδιαφοροποιημένη κανονική κατανομή, ο Carbone χρησιμοποιεί αναλυτικά αποτελέσματα στατιστικών πολυμεταβλητών με σκοπό να διαμορφώσει ένα μη γραμμικό

ντετερμινιστικό ισοδύναμο του προβλήματος περιορισμένων ευκαιριών. Ο συγγραφέας, συνεπώς, εμφανίζει μια λεπτομερή υπολογιστική διαδικασία για την επίλυση του μη γραμμικού ντετερμινιστικού προβλήματος.

Οι Mirchandani και Odoni (1979) επεκτείνουν περαιτέρω τα πρώτα αποτελέσματα των ερευνών του Hakimi σχετικά με τα προβλήματα διαμέσου δικτύου, ώστε να περιλαμβάνουν τυχαία τόξα μήκους με γνωστές διακριτές κατανομές πιθανότητας. Οι συγγραφείς αποδεικνύουν ότι τα αποτελέσματα του Hakimi για την ύπαρξη της βέλτιστης λύσης στην τοποθεσία εγκαταστάσεων η οποία βρίσκεται μόνο πάνω στους κόμβους του δικτύου μπορεί να είναι γενικευθεί και στα στοχαστικά δίκτυα. Μια άλλη εκδοχή αυτού του αποτελέσματος δίνεται από τους Hurter και Martinich (1989), οι οποίοι εξετάζουν τα προβλήματα της ολοκληρωμένης παραγωγής και της χωροταξικής θέσης μιας εγκατάστασης υπό συνθήκες αβεβαιότητας. Επίσης οι Weaver και Church (1983), εισήγαγαν διαδικασίες λύσεις στο μοντέλο των Mirchandani και Odoni, μέσα από τη χρήση μεθόδων ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού.

Οι Berman και Odoni (1982) και Berman και LeBlanc (1984) επεκτείνουν ακόμη περισσότερο την ανάλυση των Mirchandani και Odoni προκειμένου να ενσωματώσουν τη δυνατότητα μετεγκατάστασης μιας ή περισσότερων P εγκαταστάσεων ανάλογα με τις αλλαγές στο χρόνο ταξιδιού ανάμεσα στους κόμβους του δικτύου. Το μοντέλο αυτό καθορίζει διαφορετικές καταστάσεις στο δίκτυο που δημιουργούνται από τις αλλαγές του χρόνου ταξιδιού από τον έναν κόμβο στον άλλο. Και τα δύο μοντέλα χρησιμοποιούν την μέθοδο της μήτρας μετάβασης Markov, προκειμένου να διερευνηθούν οι καταστάσεις μετάβασης από τη μια κατάσταση στην άλλη. Το μοντέλο των Berman και Odoni παρουσιάζει μια ευρετική διαδικασία υποκατάστασης προκειμένου να προσδιορίσει την βέλτιστη στρατηγική για τον εντοπισμό ή τη μετεγκατάσταση μιας υφιστάμενης εγκατάστασης μέσα σε ένα περιβάλλον με πολλαπλές καταστάσεις. Όταν ο αριθμός των εγκαταστάσεων είναι μεγαλύτερος από ένα, η απόφαση μετεγκατάστασης πρέπει επίσης να εξετάσει τις αλλαγές στην κατανομή της ζήτησης προς τις μετακινούμενες εγκαταστάσεις. Οι Berman και LeBlanc αντιμετώπισαν αυτές τις επιπλοκές, αναπτύσσοντας μια ευρετική για την κατάσταση πολλαπλών εγκαταστάσεων/πολλαπλών καταστάσεων. Υποθέτοντας λοιπόν, ένα δεδομένο σταθερής κατάστασης διάνυσμα πιθανοτήτων, η ευρετική τους επιχειρεί στον να ελαχιστοποιήσει το σταθμισμένο άθροισμα του μακροπρόθεσμου αναμενόμενου χρόνου κίνησης ανά μονάδα χρόνου καθώς επίσης και το αναμενόμενο κόστος μετεγκατάστασης όλων των εγκαταστάσεων ανά μονάδα χρόνου.

Επίσης ο Mirchandani (1980) εξετάζει περαιτέρω το πρόβλημα της p - διαμέσου και το πρόβλημα της χωροθέτησης εγκατάστασης όταν τα χαρακτηριστικά του ταξιδιού και όταν η διακύμανση της προσφοράς και της ζήτησης είναι στοχαστική. Ιδιαίτερα ο συγγραφέας εξετάζει την περίπτωση περιβαλλόντων που βρίσκονται κάτω από κατάσταση συμφόρησης έτσι ώστε η εγκατάσταση να μην είναι πλέον διαθέσιμη για την εξυπηρέτηση της ζήτησης. Με υποθέσεις σχετικά με την κατανομή της ζήτησης, του χρόνου εξυπηρέτησης και του χρόνου ταξιδιού, το σύστημα μοντελοποιείται μέσα από μια διαδικασία επίλυσης Markov, όπου οι καταστάσεις καθορίζονται σύμφωνα με την διαθεσιμότητα της εγκατάστασης καθώς και από τον σύνολο της ζήτησης που βρίσκεται σε μια ουρά αναμονής. Το μοντέλο εξερευνά ένα εύρος από διαφορετικές διατυπώσεις και λύσεις του προβλήματος,

συμπεριλαμβανομένου και των αποδείξεων, στην εφαρμογή των αποτελεσμάτων του Hakimi για έναν αριθμό από διαφορετικές μεταβλητές.

Οι Ghosh και Graig (1983), εξετάζουν ένα μοντέλο για πολλαπλές τοποθεσίες χωροθέτησης μιας εγκατάστασης λιανικής πώλησης (π.χ. σούπερ μάρκετ, εμπορικό κέντρο). Σκοπός της εμπορικής αυτής τοποθεσίας αποτελεί η αύξηση των κερδών και για αυτό το λόγο επιλέγεται ένα μη γραμμικό μοντέλο πολλαπλής επιλογής πιθανών τοποθεσιών. Το περιβάλλον της αγοράς όπου βρίσκεται η εγκατάσταση απαιτεί ότι ο ανταγωνιστής της εγκατάστασης λιανικής πώλησης επανατοποθετεί την δική του εγκατάσταση ως αντίδραση στις αποφάσεις που έγιναν από τον ιδιοκτήτη της εγκατάστασης. Επομένως μέσα από μια σειρά από επανατοποθετήσεις των εγκαταστάσεων λιανικής πώλησης δημιουργείται μια ανταγωνιστική ισορροπία, μέσα από μια επαναληπτική διαδικασία η οποία επιλύει ένα πρόβλημα πολλαπλών τοποθεσιών εγκαταστάσεων λιανικής πώλησης σε κάθε βήμα της. Η διαδικασία αυτή απαιτεί έντονη υπολογιστική ισχύ η οποία οδηγεί στην ανάπτυξη μιας ευρετικής μεθόδου η οποία χρησιμοποιεί την προσέγγιση ανταλλαγής των Tietz και Bart (1968).

Ο Belardo και λοιποί (1984) εξετάζει το πρόβλημα του εντοπισμού των απαραίτητων πόρων ανταπόκρισης στην περίπτωση εμφάνισης πετρελαιοκηλίδων σε θαλάσσιους χώρους. Όταν εμφανιστεί μια πετρελαιοκηλίδα, ο εξοπλισμός ανταπόκρισης που διατίθεται για την περίπτωση είναι υπεύθυνος για το περιορισμό της μόλυνσης και την αφαίρεση της πετρελαιοκηλίδας από το νερό. Ο σκοπός πίσω από τις συγκεκριμένες επιχειρήσεις καθαρισμού είναι ο περιορισμός του ποσού του πετρελαίου που προσεγγίζει τις ακτές, όπου εκεί η διαδικασία απομάκρυνσης γίνεται ακόμα πιο δύσκολη και δαπανηρή. Βασιζόμενοι στα πορίσματα της έρευνας για τον εντοπισμό της κατάλληλης τοποθεσίας πυροσβεστικών σταθμών, οι συγγραφείς δημιουργούν ένα μερικό μοντέλο κάλυψης ζήτησης προκειμένου να αναζητήσουν έξι τύπους εξοπλισμού ανταπόκρισης. Το συγκεκριμένο μοντέλο εστιάζει σε διαφορετικούς τύπους πετρελαίου, και την συμπεριφορά των κηλίδων σε διαφορετικές καιρικές συνθήκες, θερμοκρασίες νερού και περιοχές. Επίσης εξετάζονται οι επιπτώσεις από την μόλυνση των πετρελαιοκηλίδων σε διαφορετικά περιβάλλοντα. Μια πολυστοχική διατύπωση του προβλήματος επιτρέπει στους λήπτες των επιχειρησιακών αποφάσεων να διακρίνουν ανάμεσα στην κάλυψη των πιθανών κηλίδων και την κάλυψη κηλίδων υψηλής επικινδυνότητας. Η μελέτη στη συνέχεια ερευνά τον εντοπισμό εξοπλισμού ανταπόκρισης για πετρελαιοκηλίδες στο Νησί Long Island των ΗΠΑ.

Σε μια ακόμη προσέγγιση ο Hanink (1984), χρησιμοποιεί την θεωρία του χαρτοφυλακίου – *portfolio theory*, προκειμένου να λύσει ένα εύρος από προβλήματα πολλαπλών τοποθεσιών. Βασισμένος από την οικονομική των επιχειρήσεων, ο συγγραφέας θεωρεί αυτού του είδους τα προβλήματα ως γεωγραφικές κατανομές ενεργητικού. Όσο τα μοντέλα χαρτοφυλακίου γενικά συνιστούν την διαφοροποίηση των παγίων προκειμένου να μειωθεί ο επιχειρησιακός κίνδυνος από το χαρτοφυλάκιο, ο συγγραφέας υποστηρίζει ότι οι μεγάλες επιχειρήσεις κατέχουν ένα γεωγραφικά διαφοροποιημένο χαρτοφυλάκιο παραγωγικών μονάδων. Ένα διάδικο τετραγωνικό πρόγραμμα αναπτύσσεται προκειμένου να μεγιστοποιήσει την αναμενόμενη επιστροφή κεφαλαίου, βασισμένο σε μεγάλο βαθμό στην αποφυγή του ρίσκου από την διοίκηση της επιχείρησης.

Επιπλέον οι Gregg και λοιποί (1988), παρουσιάζουν μια μέθοδο εντοπισμού τοποθεσίας των δημόσιων βιβλιοθηκών του προαστίου Queens, στην Νέα Υόρκη. Οι συγγραφείς επιχειρούν να μοντελοποιήσουν την μελλοντική αβέβαιη ζήτηση για υπηρεσίες, μέσα από μια στοχαστική προσέγγιση προγραμματισμού. Το αναπτυσσόμενο μοντέλο ενσωματώνει το αναμενόμενο κόστος ως ποινές σε ένα μη γραμμικό μαθηματικό πρόγραμμα. Αυτές οι ποινές αντιπροσωπεύουν το αναμενόμενο κόστος της πραγματοποιηθείσας προσφοράς, ανάλογα με το αν είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη από την πραγματοποιηθείσα ζήτηση, με βάση την πιθανολογική κατανομή της ζήτησης. Οι συγγραφείς δείχνουν πως ένα τέτοιο μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί διαδραστικά χρησιμοποιώντας ανάλυση ευαισθησίας και συγκεκριμένες εναλλακτικές τοποθεσίες προκειμένου τα στελέχη που λαμβάνουν τις αποφάσεις να είναι σε θέση να επηρεάσουν τιμές λύσεων οι οποίες αντιπροσωπεύουν μη μετρήσιμους πολιτικούς παράγοντες που δεν μπορούν να εισαχθούν στο μοντέλο.

Τέλος βασισμένος στον στοχαστικό προγραμματισμό ο Louveaux (1986), εισάγει στοχαστικά προγράμματα δύο σταδίων με σκοπό την επίλυση απλών προβλημάτων τοποθεσίας καθώς και p – διαμέσου, ενώ καθορίζεται η σχέση των δύο αυτών προβλημάτων. Στα μοντέλα αυτά, οι αποφάσεις του πρώτου σταδίου καθορίζουν την τοποθεσία και το μέγεθος των εγκαταστάσεων που θα οικοδομηθούν, ενώ το δεύτερο στάδιο καθορίζει την διανομή των πόρων παραγωγής ώστε να συναντήσουν την περισσότερο επικερδή ζήτηση. Ο συγγραφέας εστιάζει στην αβεβαιότητα της ζήτησης, την παραγωγή, το κόστος μεταφοράς και τις τιμές πώλησης.

Τέλος θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα αντίστοιχα μοντέλα των Dakin (1982, 1983, 1984, 1988), ReVelle και Hogan (1989) καθώς και άλλων μελετητών σχετικά με την εφαρμογή πιθανολογικών μεθόδων κάλυψης ζήτησης σε οχήματα έκτακτης ανάγκης, έχουν αναλυθεί εκτενώς στις ενότητες **2.6.3 Μαθηματικά Προγραμματιστικά Μοντέλα που Περιλαμβάνουν Εφεδρική Κάλυψη (Back-up) σε Οχήματα και Οχήματα σε Κατάσταση Απασχόλησης – Πιθανολογικά Μοντέλα** και **2.6.4 Μοντέλα που Περιλαμβάνουν Πολλαπλούς Τύπους Οχημάτων και Πολλαπλά Οχήματα ανά Κλήση**, του 2^{ου} Κεφαλαίου.

3.5.1.2 Μοντέλα ουράς αναμονής

Τα μοντέλα που αναλύθηκαν στην προηγούμενη ενότητα, ενσωματώνουν ένα μεγάλο εύρος από στοχαστικά προβλήματα. Στην συγκεκριμένη ενότητα φαίνεται πως οι κατανομές στην πιθανότητα συνδυάζονται με την θεωρία ουρών αναμονής προκειμένου να αναδειχτούν επιπρόσθετα ζητήματα χωροθέτησης εγκαταστάσεων. Οι Batta και λοιποί (1989) χρησιμοποιούν τα αποτελέσματα που προκύπτουν από το μοντέλο υπερκύβος του Larson (1983) (βλ. 2.7.1 **Υπερκύβος**), προκειμένου να διευθετήσουν τις ακόλουθες τρεις υποθέσεις του μοντέλου της *μέγιστης αναμενόμενης κάλυψης ζήτησης* του Daskin (1983), (βλ. 2.6.3 **Μαθηματικά Προγραμματιστικά Μοντέλα που Περιλαμβάνουν Εφεδρική Κάλυψη (Back-up) σε Οχήματα και Οχήματα σε Κατάσταση Απασχόλησης – Πιθανολογικά Μοντέλα**):

1. Οι εξυπηρετητές (servers – κέντρα εξυπηρέτησης πελατών) λειτουργούν ανεξάρτητα

2. Οι εξυπηρετητές έχουν τις ίδιες πιθανότητες να είναι απασχολημένοι

3. Οι πιθανότητες απασχόλησης των εξυπηρετητών είναι αμετάβλητες σε σχέση με την τοποθεσία των εξυπηρετητών

Οι συγγραφείς αναγνωρίζουν ότι η συνεργασία των εξυπηρετητών αποτελεί μια κοινή πρακτική, η οποία υπαγορεύθηκε από την ανάγκη εξεύρεσης γρήγορων απαντήσεων για τις κλήσεις έκτακτης ανάγκης. Χρησιμοποιώντας ένα στοιχειώδες σύστημα αναμονής, απέδειξαν ότι η συνεργασία των εξυπηρετητών ακυρώνει την *υπόθεση ανεξαρτησίας*. Ταυτόχρονα χαλαρώνοντας και τις τρεις υποθέσεις, οι συγγραφείς ενσωμάτωσαν ένα συνδυαστικό μοντέλο ουράς - υπερκύβου σε μια ενιαία διαδικασία ευρετικής υποκατάστασης κόμβου προκειμένου να καθορίσουν ένα σχεδόν βέλτιστο σύνολο θέσεων εξυπηρετητών. Για να γίνει αυτό, οι συγγραφείς υποθέτουν ότι το σύστημα παροχής υπηρεσιών είναι σε σταθερή κατάσταση και ότι οι υποθέσεις του μοντέλου υπερκύβου είναι έγκυρες (π.χ., Υποθέτουν ότι ο πρώτος στην ουρά πελάτης εξυπηρετείται και πρώτος, υπάρχει μια κατανομή Poisson όσον αφορά τις κλήσεις εξυπηρέτησης, καθώς και εκθετικοί χρόνοι εξυπηρέτησης). Τα αποτελέσματα όπως διαμορφώθηκαν από τον υπολογισμό του μοντέλου δείχνουν κάποια διαφωνία μεταξύ της αναμενόμενης κάλυψης που προβλέφτηκε από το συνδυαστικό μοντέλο ουράς - υπερκύβου και το αντίστοιχο μοντέλο μέγιστης αναμενόμενης κάλυψης του Daskin. Παρ' όλα αυτά, οι δύο προσεγγίσεις έρχονται σε μεγάλο βαθμό σε συμφωνία στις περιοχές τοποθέτησης των εξυπηρετητών που επιλέγονται. Επίσης, οι συγγραφείς προτείνουν αναπροσαρμογές στο μοντέλο του Daskin και την ενσωμάτωση μιας ευρετικής διαδικασίας λύσης η οποία να επιτρέπει την χαλάρωση της υπόθεσης της ανεξαρτησίας για τις πιθανότητες απασχόλησης ενός διακομιστή.

Οι Bergman και λοιποί (1985), εξετάζουν περαιτέρω το πρόβλημα της χωροθέτησης μιας εγκατάστασης, λαμβάνοντας υπόψη τη διαδικασία άφιξης των πελατών προκειμένου να εξυπηρετηθούν. Οι συγγραφείς σημειώνουν ότι όταν ο διακομιστής είναι απασχολημένος και υπάρχουν πελάτες στην ουρά, ο μέσος χρόνος που δαπανάται στην ουρά μπορεί να είναι πολύ μεγαλύτερος από το μέσο χρόνο εξυπηρέτησης και επομένως, υπολογίζουν την χρονική καθυστέρηση στην ουρά προκειμένου να διαμορφώσουν του στόχους του προβλήματος. Δύο μοντέλα χρησιμοποιούνται ως επεκτάσεις του πρωτότυπου προβλήματος της P – διαμέσου του Hakimi (βλ. 3.3.1 **Προβλήματα P - Διάμεσου**), και τα δύο βασίζονται στην κατανομή Poisson. Στο πρώτο μοντέλο η επιπλέον ζήτηση όταν ο εξυπηρετητής είναι απασχολημένος *δεν υπολογίζεται*. Ο στόχος του μοντέλου αυτού με την ονομασία *μοντέλο στοχαστικής απώλειας μέσου χρόνου* είναι η ελαχιστοποίηση του σταθμισμένου αθροίσματος του χρόνου εξυπηρέτησης ώστε να μην υπερφορτώνεται το σύστημα καθώς και του κόστους που προκύπτει από την μη εξυπηρέτηση των πελατών. Το δεύτερο μοντέλο, η επιπλέον ζήτηση που βρίσκει τον εξυπηρετητή απασχολημένο *εισέρχεται στον μοντέλο με την μορφή ουράς αναμονής*, η οποία σταδιακά εξαφανίζεται με την μέθοδο της διαδικασίας Πρώτος Μέσα, Πρώτος Έξω (FIFO – First In First Out), όπου ο πρώτος πελάτης στην ουρά είναι εκείνος που θα εξυπηρετηθεί και πρώτος. Ο σκοπός στο συγκεκριμένο σύστημα με την ονομασία *μοντέλο στοχαστικής ουράς αναμονής μέσου χρόνου* είναι ο περιορισμός του αθροίσματος του χρόνου στην ουρά καθώς και η ελαχιστοποίηση του μέσου χρόνου εξυπηρέτησης.

Batta (1989) εξετάζει το μοντέλο της στοχαστικής απώλειας μέσου χρόνου του Berman με τον πρόσθετο περιορισμό ότι οι πιθανές τοποθεσίες των εγκαταστάσεων είναι περιορισμένες σε ένα συγκεκριμένο μόνο σύνολο από σημεία, μέσα σε ένα δίκτυο. Επιχειρώντας να βρει τη θέση ενός μόνο εξυπηρετητή που να ελαχιστοποιεί το μέσο χρόνο απόκρισης, ο συγγραφέας αναπτύσσει έναν αλγόριθμο εξεύρεσης της βέλτιστης θέσης. Επίσης ο Batta παρουσιάζει μια «κακή εκδοχή» (σενάριο) του ίδιου προβλήματος, όπου μια εγκατάσταση μπορεί να τοποθετηθεί σε ένα οποιοδήποτε σημείο μέσα στο δίκτυο.

Όπως έχει αναφερθεί στην ενότητα 3.3.3 **Προβλήματα Κέντρου**, το αναμενόμενο επίπεδο εξυπηρέτησης δεν αποτελεί πάντα τον κατάλληλο αντικειμενικό σκοπό για όλες τις εφαρμογές κάλυψης ζήτησης σταθερών σημείων. Έτσι το πρόβλημα του P – Κέντρου διευθετεί καταστάσεις όπου οι ανεπάρκειες στη ζήτηση είναι περισσότερο σημαντικές από την μέση απόδοση της εξυπηρέτησης. Οι Brandeau και Chiu (1990), ερευνούν πως το συγκεκριμένο μοντέλο μπορεί να επεκταθεί σε πλήρως ή ολικώς απασχολημένα συστήματα με το *μοντέλο στοχαστικής ουράς αναμονής κέντρου*. Ο σκοπός του μοντέλου είναι η εξεύρεση μιας τοποθεσίας εγκατάστασης που ελαχιστοποιεί τον μέγιστο αναμενόμενο χρόνο ανταπόκρισης, τον συνολικό χρόνο ανταπόκρισης στην ουρά αναμονής καθώς και τον αναμενόμενο χρόνο εξυπηρέτησης. Οι συγγραφείς χρησιμοποιούν παρόμοια μέθοδο με εκείνη του Berman (1985), αναπτύσσοντας έναν αλγόριθμο συγκεκριμένων βημάτων ώστε να βρουν την βέλτιστη λύση σε ένα γενικό δίκτυο πιθανών τοποθεσιών.

Επίσης οι ίδιοι συγγραφείς (1990) επιχειρούν να ενοποιήσουν το μοντέλο στοχαστικής ουράς αναμονής κέντρου, το μοντέλο στοχαστικής ουράς αναμονής μέσου χρόνου καθώς και διάφορα άλλα μοντέλα χωροθέτησης μιας μόνο εγκατάστασης σε ένα γενικό επίπεδο μοντέλων. Το μοντέλο αυτό συμπεριλαμβάνει ρητά τον χρόνο ουράς αναμονής καθώς και τον χρόνο καθυστέρησης στην εξυπηρέτηση και ονομάζεται *μοντέλο ουράς αναμονής τοποθεσίας*. Σκοπός του συγκεκριμένου μοντέλου είναι η ελαχιστοποίηση του χρόνου ανταπόκρισης για τους πελάτες, χρησιμοποιώντας το κόστος προκειμένου να μετρηθεί η απόδοση του συστήματος. Με βάση το μοντέλο αυτό, οι συγγραφείς ερευνούν μεθόδους εξεύρεσης της βέλτιστης τοποθεσίας εγκατάστασης για τις περιπτώσεις όπου ο χρόνος ανταπόκρισης και το κόστος είτε είναι εκ των προτέρων ορισμένα, είτε είναι εντελώς άγνωστα.

Η ουρά αναμονής και η συμφόρηση του δικτύου αποτελούν επίσης παράγοντες που προσδιορίζουν την επιλογή του καταναλωτή και την αξιοποίηση των υφιστάμενων εγκαταστάσεων. Σύμφωνα με το μοντέλο των Ghosh και Craig (1983) (**βλ. 3.5.1.1 Μοντέλα τυπικής διαδικασίας προγραμματισμού**), οι πελάτες επιλέγουν ποιες εγκαταστάσεις προτιμούν με βάση το κόστος ταξιδιού (ή την απόσταση) καθώς επίσης και τα χαρακτηριστικά της εγκατάστασης όπως είναι η καθαριότητα ή το μέγεθος της εγκατάστασης. Αυτή η άποψη αποτελεί μια επέκταση στη ήδη διαμορφωμένη βιβλιογραφία η οποία θέλει οι πελάτες να επιλέγουν μια εγκατάσταση λόγω της απόστασης. Σε όλα όμως αυτά τα μοντέλα, η επιλογή του κάθε πελάτη θεωρείται ότι είναι ανεξάρτητη από τις ενέργειες των υπολοίπων πελατών. Οι Brandeau και Chiu (1994), αναγνωρίζουν ότι αυτή η υπόθεση ανεξαρτησίας δεν αποτελεί απαραίτητα μια καλή επιλογή για την μοντελοποίηση προβλημάτων της πραγματικής ζωής. Επομένως τονίζουν αρκετές περιπτώσεις όπου η γενικότερη αξία της εγκατάστασης στην αγορά μπορεί να

επηρεάσει τις επιλογές των πελατών και συγκεκριμένα στην επίπτωση που έχει η πολυκοσμία ή η συμφόρηση στις προτιμήσεις των πελατών. Το μοντέλο των Brandeau και Chiu, επιχειρεί να εντοπίσει μια ισορροπία μεταξύ των τοποθεσιών των εγκαταστάσεων και των επιλογών των πελατών που ελαχιστοποιούν το συνολικό τους κόστος ταξιδιού καθώς και τις *εξωτερικότητες*. Ο όρος «εξωτερικότητα» χρησιμοποιείται από τους συγγραφείς προκειμένου να ορίσουν τον χρόνο αναμονής εξαιτίας της ουράς σε κάθε εγκατάσταση. Η ζήτηση δημιουργείται σύμφωνα με μια κατανομή Poisson και μια ειδική περίπτωση ενός «δενδρικού» δικτύου με πελάτες στους κόμβους του και 2 εγκαταστάσεις συγκαταλέγεται στο μοντέλο. Σε αυτήν την περίπτωση, οι ιδιοκτήτες της εγκατάστασης είναι υπεύθυνοι για την επιλογή της θέσης, με απώτερο σκοπό την αύξηση του μεριδίου αγοράς της συγκεκριμένης εγκατάστασης. Οι πελάτες έχουν την επιλογή ποια εγκατάσταση θα προτιμήσουν και αυτές οι επιλογές τους συνεχίζουν να επηρεάζονται από τις εξωτερικότητες της αγοράς όπως επίσης και από το κόστος ταξιδιού. Η ανάλυση του μοντέλου επίσης εστιάζει σε ένα δίκτυο δενδρικής δομής με ζήτηση στους κόμβους της και εξωτερικότητες οι οποίες υπολογίζονται με βάση την καθυστέρηση των πελατών στην ουρά αναμονής. Οι συγγραφείς χαρακτηρίζουν το μοντέλο ως ένα παίγνιο τριών συνεχόμενων σταδίων, όπου ο αρχηγός βρίσκει τη θέση, στη συνέχεια ο ακόλουθος του αρχηγού βρίσκει τη θέση και τέλος ο πελάτης κάνει την επιλογή του, προσδιορίζοντας με την σειρά του την θέση της εγκατάστασης.

3.5.2 Μοντέλα Σχεδιασμού Σεναρίων

Ο σχεδιασμός σεναρίων αποτελεί μια μέθοδο στην οποία οι υπεύθυνοι για την λήψη αποφάσεων εννοούν την αβεβαιότητα καθορίζοντας μια σειρά από πιθανές μελλοντικές καταστάσεις. Ο στόχος είναι να βρεθούν λύσεις που αποδίδουν το ίδιο καλά κάτω από όλα τα πιθανά σενάρια. Σε ορισμένες εφαρμογές, ο σχεδιασμός σεναρίου αντικαθιστά την πρόβλεψη σαν μέθοδο εξεύρεσης των τάσεων και των δυνατοτήτων για την αξιολόγηση των μεταβολών στο επιχειρηματικό περιβάλλον (Mobasherī και λοιποί, 1989). Οι επιχειρήσεις μπορούν επομένως, να αναπτύξουν *στρατηγικές απαντήσεις* σε μια σειρά από περιβαλλοντικές αλλαγές πιο αποτελεσματικά, έχοντας προετοιμαστεί κατάλληλα προκειμένου να αντιμετωπίσουν μελλοντικές αβέβαιες συνθήκες. Με άλλα λόγια, τα σενάρια αποτελούν *ποιοτικές περιγραφές* των αναμενόμενων μελλοντικών συνθηκών που προέρχονται από την παρούσα κατάσταση μέσα από την εξέταση πιθανών σημαντικών γεγονότων που συμβαίνουν στους διάφορους κλάδους της βιομηχανίας. Σε άλλες εφαρμογές, το σενάριο σχεδιασμού χρησιμοποιείται ως εργαλείο για τη χάραξη και την επίλυση σημαντικών *λειτουργικών (μη – στρατηγικών)* προβλημάτων (Mulvey, 1996). Στη συγκεκριμένη περίπτωση, ενώ τα σενάρια απεικονίζουν μια σειρά πιθανών μελλοντικών καταστάσεων που χαρακτηρίζονται όμως *ποσοτικά*, όχι *ποιοτικά*, όπως συμβαίνει στην παραπάνω περίπτωση του σχεδιασμού των στρατηγικών σεναρίων. Συνεπώς, ο σχεδιασμός σεναρίων για την επιλογή της κατάλληλης θέσης μιας τοποθεσίας ακολουθεί την ποσοτική προσέγγιση. Οι Vanston και λοιποί (1994) μελετούν την χρήση των τεχνικών σχεδιασμού σεναρίων και προτείνουν μια διαδικασία 12 βημάτων για την δημιουργία ενός συνόλου κατάλληλων σεναρίων. Παρόμοιες μελέτες έχουν διεξαχθεί από τους Amara και Lipinski

(1983), Georgantzas και Acar (1995), καθώς και από τον van der Heijer (1994), οι οποίοι προβάλλουν μια γενικότερη οπτική ματιά στις τεχνικές σχεδιασμού σεναρίων.

Οι Kouvelis και Yu (1996) ασχολούνται με τη χρήση της «προσέγγισης ευρωστίας – *robustness approach*» στη λήψη αποφάσεων για περιβάλλοντα που χαρακτηρίζονται από αβεβαιότητα. Η προσέγγισή τους δημιουργεί αποφάσεις που προορίζονται ώστε να ληφθούν στις χειρότερες περιπτώσεις σεναρίων, εξαλείφοντας έτσι την ανάγκη για την δημιουργία πιθανοτήτων εάν υπήρχαν σενάρια διαφορετικών πιθανών καταστάσεων. Εστιάζοντας σε διακριτά προβλήματα βελτιστοποίησης, οι Kouvelis και Yu αναπτύσσουν ένα ισχυρό πλαίσιο προκειμένου να διαπιστώσουν εύρωστες λύσεις και λεπτομερειακής πολυπλοκότητας αποτελέσματα για μια σειρά από κατηγορίες προβλημάτων. Οι συγγραφείς εξετάζουν μια σειρά από περιπτώσεις του προβλήματος, ξεκινώντας με δίκτυα που διαθέτουν σταθερές αλλαγές στην ζήτηση που υπάρχει στους κόμβους τους ανάλογα με τον χρόνο, καθώς και στις πιθανές τοποθεσίες των εγκαταστάσεων και καταλήγοντας σε μοντέλα που έχουν αβέβαιες αλλαγές στην ζήτηση, δηλαδή στους πελάτες που βρίσκονται στους κόμβους, καθώς και στις πιθανές τοποθεσίες των εγκαταστάσεων. Επιπλέον ερευνητές έχουν χρησιμοποιήσει τεχνικές σχεδιασμού σεναρίων προκειμένου να επιλύσουν ένα ευρύ φάσμα προβλημάτων χωροθέτησης.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ο στόχος του σχεδιασμού σεναρίου είναι ο καθορισμός μιας σειράς από σενάρια που αντιπροσωπεύουν μια πιθανή αντίληψη των αγνώστων παραμέτρων ενός προβλήματος και να εξεταστεί το εύρος των σεναρίων στον καθορισμό μίας εύρωστης λύσης χωροθέτησης μιας εγκατάστασης. Υπάρχουν τουλάχιστον τρεις προσεγγίσεις για την ενσωμάτωση του σχεδιασμού σεναρίων στα μοντέλα κάλυψης ζήτησης σε τοποθεσίες.

1. Βελτιστοποιώντας την πιθανή απόδοση όλων των σεναρίων
2. Βελτιστοποιώντας τη χειρότερη περίπτωση σεναρίου
3. Ελαχιστοποιώντας το αναμενόμενο κόστος για όλα τα σενάρια ή το κόστος που προκύπτει από το χειρότερο σενάριο, εάν αυτό συμβεί.

Το κόστος της τρίτης περίπτωσης υπολογίζεται συγκρίνοντας την απόδοση των βέλτιστων θέσεων για το σενάριο, εάν ήδη οι σχεδιαστές του γνώριζαν εκ των προτέρων ότι το σενάριο αυτό θα υλοποιηθεί, με την απόδοση των συμβιβαστικών θέσεων, όταν το συγκεκριμένο σενάριο τελικά υλοποιείται. Χρησιμοποιώντας ένα στόχο κόστους επιτρέπεται στους υπεύθυνους για την λήψη των αποφάσεων να εκτιμήσουν εύρωστες εναλλακτικές λύσεις σε καταστάσεις αβεβαιότητας σε σχέση με τις βέλτιστες λύσεις σε καταστάσεις βεβαιότητας. Άλλα μοντέλα περιλαμβάνουν περιπτώσεις ιδιαίτερων πιθανοτήτων ανά σενάριο, ενώ άλλα θεωρούν εξ αρχής ότι όλα τα σενάρια έχουν τις ίδιες πιθανότητες να συμβούν, όπως είναι το μοντέλο που υιοθετήθηκε από τους Kouvelis και Yu.

Οι Averbakh και Berman (1997), επέκτειναν το μοντέλο των Kouvelis και Yu, παρουσιάζοντας βελτιωμένες μεθόδους λύσης των προβλημάτων που αναφέρονται στο μοντέλο μέσα από πολυονομικούς αλγορίθμους. Οι Ghosh και McLafferty (1982) χρησιμοποιούν το σχεδιασμό σεναρίου για να λάβουν αποφάσεις σχετικά με την θέση των

εμπορικών καταστημάτων σε ένα αβέβαιο περιβάλλον. Σε αυτό το πρόβλημα, μια αλυσίδα καταστημάτων λιανικής πώλησης επιδιώκει να εντοπίσει την θέση των καταστημάτων της με τέτοιο τρόπο ώστε να μεγιστοποιηθεί το μερίδιο αγοράς τους. Τα σενάρια περιγράφουν πιθανές μελλοντικές καταστάσεις μάρκετινγκ. Μια ευρετική ισοτιμία χρησιμοποιείται προκειμένου να εξευρεθούν οι μη χειρότερες στρατηγικές που αποδίδουν ικανοποιητικά σε όλα τα σενάρια. Όταν ο αριθμός των μη-χειρότερων στρατηγικών είναι μικρός, οι συγγραφείς αφήνουν την τελική επιλογή τοποθεσίας στον σχεδιαστή της λήψης αποφάσεων. Όταν όμως ο αριθμός των στρατηγικών είναι πολύ μεγάλος για υποκειμενική λήψη αποφάσεων, οι συγγραφείς προτείνουν μια μέθοδο ελαχιστοποίησης του κόστους για την επιλογή της βέλτιστης λύσης.

Ο Schilling συνδέει τα δυναμικά μοντέλα (βλ. 3.4.3 **Εναλλακτικά δυναμικά μοντέλα τοποθεσίας**) με τον σχεδιασμό σεναρίου προκειμένου να αναλύσει το πρόβλημα εντοπισμού ενός αριθμού από εγκαταστάσεις μέσα στο χρόνο. Ξεχωριστά σενάρια χρησιμοποιούνται προκειμένου να καθορίσουν ένα σύνολο από ικανοποιητικά χαρακτηριστικά τοποθεσίας, καθένα από τα οποία μπορεί να θεωρηθεί ως ένα σχέδιο έκτακτης ανάγκης. Ο Schilling προτείνει κτιριακές εγκαταστάσεις που είναι κοινές για όλους τους κινδύνους στις αρχές της χρονικής περιόδου που εξετάζεται, αφήνοντας τις αποφάσεις που διακρίνουν το είδος των κινδύνων ξεχωριστά για μεταγενέστερο χρόνο, όταν δηλαδή θα υπάρχουν περισσότερες πληροφορίες διαθέσιμες σχετικά με το μέλλον. Ο Daskin και λοιποί (1992), διαπιστώνουν ότι η παραπάνω στρατηγική μπορεί, σε ορισμένες περιπτώσεις, να οδηγήσει σε κακές αποφάσεις τοποθεσίας.

Ο Serra και λοιποί (1996) επεκτείνουν το μοντέλο μέγιστης κάλυψης σε ένα περιβάλλον με αβέβαιη ζήτηση δημιουργώντας ένα σύνολο από πιθανά σενάρια ζήτησης. Σε αυτό το μοντέλο, αναλύονται δύο στόχοι. Ο ένας αφορά την μεγιστοποίηση της ελάχιστης ζήτησης. Ο δεύτερος εστιάζει στην ελαχιστοποίηση του μέγιστου κόστους απόφασης. Μια διαδικασία λύσης αναπτύσσεται ώστε να περιλαμβάνει την εύρεση μιας αρχικής λύσης και, στη συνέχεια, μια βελτίωσή της με βάση μια ευρετική ανταλλαγή. Η αρχική λύση βρίσκεται με τον προσδιορισμό της βέλτιστης θέσης που συνδέεται με το κάθε σενάριο ανεξάρτητα, σαν να ήταν ένα στατικό πρόβλημα, και στην συνέχεια επιλέγεται η καλύτερη θέση από πιθανές τοποθεσίες, με βάση τον στόχο που έχει τεθεί από τον σχεδιαστή της λήψης αποφάσεων.

Οι Current και λοιποί (1990), εξετάζουν την αβεβαιότητα σε έναν αριθμό από εγκαταστάσεις σε ένα χρονικό ορίζοντα. Συγκεκριμένα υπολογίζουν το πρόβλημα με τον εντοπισμό ενός αρχικού αριθμού από εγκαταστάσεις όταν ο συνολικός ή τελικός αριθμός εγκαταστάσεων είναι αβέβαιος. Οι στόχοι του μοντέλου αυτού είναι η ελαχιστοποίηση της αναμενόμενης απώλειας μιας καλής απόφασης εγκατάστασης και την ελαχιστοποίηση του μέγιστου κόστους από την λήψη μιας κακής απόφασης.

Ο Daskin και λοιποί (1997), γενίκευσαν τον στόχο της ελαχιστοποίησης του μέγιστου κόστους από την λήψη μιας κακής απόφασης σε μια προσπάθεια να δημιουργήσουν περισσότερο ρεαλιστικές αποφάσεις επιλογής τοποθεσίας, κάνοντας τις αποφάσεις αυτές λιγότερο συντηρητικές. Οι συγγραφείς αναγνωρίζουν ότι ο συνηθισμένος στόχος της ελαχιστοποίησης του μέγιστου κόστους από μια κακή απόφαση είναι υπεύθυνος σε πιθανά

άσχημα σενάρια, ακόμα και αν η πιθανότητα να πραγματοποιηθεί ένα τέτοιο άσχημο σενάριο είναι πολύ μικρή. Έτσι λοιπόν, ακόμα και ένα μικρό, απίθανο σενάριο μπορεί να επηρεάσει τις λύσεις ελαχιστοποίησης του μέγιστου κόστους από την λήψη μιας κακής απόφασης. Οι συγγραφείς λοιπόν θεωρούν έναν δείκτη βεβαιότητας α , που συλλαμβάνει την αποφυγή του επιχειρηματικού κινδύνου από τον υπεύθυνο της λήψης της απόφασης και που τίθεται από τον ίδιο τον υπεύθυνο. Δημιουργείται ένα σύνολο σεναρίων, όπου σε κάθε σενάριο υπάρχει ο δείκτης α με διαφορετική τιμή. Επομένως, αν σε ένα συγκεκριμένο σενάριο το α ισούται με 0,85%, ο υπεύθυνος της λήψης των αποφάσεων έχει τουλάχιστον 85% πιθανότητες να υπάρχει μια κακή απόφαση χωροταξικής τοποθέτησης μιας εγκατάστασης. Το 1% αποτελεί την απόλυτα σωστή απόφαση και επομένως την καλύτερη λύση του τυπικού προβλήματος ελαχιστοποίησης του μέγιστου κόστους από την λήψη μιας κακής απόφασης. Οι συγγραφείς δημιουργούν ένα μοντέλο με 88 κόμβους και 9 σενάρια, όπου διαπιστώνουν ότι τα σενάρια πλησιάζουν ή απομακρύνονται από τον απόλυτο στόχο του 1%, όταν τα επίπεδα βεβαιότητας μεταβάλλονται.

3.6 Συμπεράσματα

Η συγκεκριμένη ενότητα, αναλύει τα μοντέλα κάλυψης ζήτησης για σταθερές τοποθεσίες εγκατάστασης τα οποία εστιάζουν σε πολύπλοκες παραμέτρους χρόνου, απόστασης και αβεβαιότητας που χαρακτηρίζουν τις περισσότερες περιπτώσεις προβλημάτων του πραγματικού κόσμου. Η συνεχής πρόοδος που συντελείται στις διαδικασίες του αέριου, δυναμικού και στοχαστικού προγραμματισμού, καθώς και τις τεχνικές σχεδιασμού σεναρίων σαφώς έχουν αυξήσει την ικανότητά για την ανάλυση, μοντελοποίηση και επίλυση σημαντικών στρατηγικών προβλημάτων τοποθέτησης εγκαταστάσεων.

Η μελλοντική έρευνα αναμένεται να συνεχίσει προς αυτή την κατεύθυνση. Ειδικότερα, ερευνάτε η δημιουργία βελτιωμένων ευρετικών μεθόδων που θα υποστηρίξουν τη λύση μεγαλύτερων, πιο σύνθετων και πιο ρεαλιστικών περιπτώσεων του προβλήματος κάλυψης ζήτησης. Η αυξημένη χρήση των τεχνικές σχεδιασμού σεναρίων θα οδηγήσει σε εξελίξεις, όσο τα μοντέλα σεναρίων που βασίζονται αυξάνονται με ταχείς ρυθμούς. Επίσης, ερευνάτε η ανάπτυξη μοντέλων που εξετάζουν τόσο τις στοχαστικές όσο και τις δυναμικές πτυχές της χωροθέτησης. Οι πρόσφατες εξελίξεις στον στοχαστικό προγραμματισμό πολλαπλών σταδίων θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για να συλλάβουν τις πολυπλοκότητες τέτοιου είδους προβλημάτων.

Κεφάλαιο 4: Εξειδικευμένα Μοντέλα Κάλυψης Ζήτησης

4.1 Εισαγωγή

Η συγκεκριμένη ενότητα αναλύει προβλήματα κάλυψης ζήτησης που δεν έχουν ήδη καλυφθεί από τα δύο προηγούμενα κεφάλαια. Συγκεκριμένα αναφέρονται τα προβλήματα που παρουσιάζονται στην κάλυψη της ζήτησης για τοποθεσίες αεροδρομίων καθώς και στον εντοπισμό της κατάλληλης τοποθεσίας για την προστασία συγκεκριμένων έμβιων ειδών. Επίσης αναφέρονται οι στόχοι του κάθε μοντέλου καθώς και οι μέθοδοι λύσεων που προτείνονται από τα συγκεκριμένα μοντέλα για την εύρεση της κατάλληλης τοποθεσίας χωροθέτησης εγκαταστάσεων αεροδρομίων ή αντίστοιχα των τοποθεσιών ενός οικοσυστήματος.

4.2 Μοντέλα κάλυψης θέσης για αεροδρόμια

Ιδιαίτερα, ένας αριθμός προβλημάτων που αφορά τα αεροδρόμια εστιάζει στην επιλογή ορισμένων αεροδρομίων ως κέντρων μετεπιβίβασης (hubs), δηλαδή οι αεροπορικές εταιρίες δεν επιλέγουν την απευθείας πτήση από το ένα μέρος στο άλλο, αλλά επιλέγουν αεροδρόμια που βρίσκονται εντός των επιλεγμένων περιοχών και οι επιβάτες συνεχίζουν από αυτά το ταξίδι τους στον τελικό τους προορισμό. Επομένως το κέντρο μετεπιβίβασης μπορεί να θεωρηθεί ως ένας κόμβος ενός δικτύου που συγκεντρώνει κίνηση από διαφορετικούς προορισμούς και τους διανέμει σε διαφορετικές κατευθύνσεις. Η μεταφορά επιβατών από κέντρο σε κέντρο μετεπιβίβασης θεωρείται λιγότερο δαπανηρή, σε σχέση με την αντίστοιχη μεταφορά επιβατών από ένα κέντρο μετεπιβίβασης σε ένα αεροδρόμιο που δεν θεωρείται ως κέντρο μετεπιβίβασης. Σκοπός των μοντέλων αυτών είναι η εύρεση του λιγότερο δαπανηρού δικτύου κέντρου μετεπιβίβασης.

Όσο η κίνηση αυξάνεται, τα αεροδρόμια τα οποία χρησιμοποιούνται σαν κέντρα μετεπιβίβασης βρίσκονται σε κατάσταση συμφόρησης πιο συχνά από ότι τα αεροδρόμια που δεν θεωρούνται ως κέντρα μετεπιβίβασης. Τα προτεινόμενα μοντέλα καθώς και οι λύσεις τους για την εύρεση της κατάλληλης τοποθεσίας, χρησιμοποιούνται για την δημιουργία νέων δικτύων αεροδρομίων ή για το άνοιγμα νέων αεροδιαδρόμων στα ήδη υπάρχοντα δίκτυα των κέντρων μετεπιβίβασης. Η συμφόρηση στα αεροδρόμια είναι δύσκολο να αντιμετωπιστεί για διάφορους λόγους. Ο πρώτος λόγος είναι ότι ο βαθμός άφιξης των αεροπλάνων είναι υψηλά μεταβλητός μέσα στη μέρα. Ενώ οι πτήσεις ακολουθούν ένα συγκεκριμένο πρόγραμμα, ενδέχεται να υπάρξουν καθυστερήσεις τόσο στα αεροδρόμια προορισμού, όσο και κατά την διάρκεια των πτήσεων. Ο δεύτερος λόγος είναι ότι ενώ ο βαθμός εξυπηρέτησης των αφίξεων μπορεί να θεωρηθεί σταθερός σε μικρά χρονικά διαστήματα, αλλά είναι μεταβλητός σε μεγάλες περιόδους, λόγω των καιρικών συνθηκών ή των τύπων των αεροπλάνων που εξυπηρετούνται. Επίσης, εφόσον υπάρχουν επιβάτες που ταξιδεύουν μεταξύ διαφορετικών πτήσεων, ο χρόνος εξυπηρέτησης μιας πτήσης εξαρτάται από τον χρόνο άφιξης άλλων πτήσεων. Επομένως, οι χρόνοι

εξυπηρέτησης δεν είναι ανεξάρτητοι και ομοιόμορφα κατανομημένοι. Τέλος κατά την άφιξη ενός αεροπλάνου στο αεροδρόμιο, θα πρέπει αυτό να περάσει από τρία στάδια εξυπηρέτησης. Το πρώτο στάδιο αφορά στην προσγείωση του αεροπλάνου στον διάδρομο. Στη συνέχεια το αεροπλάνο εξυπηρετείται από την αρμόδια πύλη και τέλος, στο τρίτο στάδιο, το αεροπλάνο αναχωρεί από έναν διάδρομο απογείωσης. Κατά συνέπεια οι αφίξεις και οι αναχωρήσεις δεν αποτελούν ντετερμινιστικές παραμέτρους σε ένα δίκτυο αεροδρομίων μετεπιβίβασης και κατά δεύτερον οι πιθανολογικές κατανομές στις ώρες εξυπηρέτησης είναι δύσκολο να προσδιοριστούν. Για αυτούς τους λόγους θεωρείται δύσκολη η ανάπτυξη λεπτομερών μοντέλων εξομοίωσης της συμμόρφωσης για τον σχεδιασμό λήψης αποφάσεων.

Οι Marianon και Serra (2003), παρουσιάζουν μια σειρά από μοντέλα κάλυψης θέσης για αεροπορικούς κόμβους σε συστήματα αεροδρομίων που θεωρούνται ως κέντρα μετεπιβίβασης, λαμβάνοντας υπόψη την κατάσταση συμμόρφωσης μέσα από την χρήση ουρών αναμονής. Οι συγγραφείς προτείνουν έναν μαθηματικό τύπο για το έλεγχο των πιθανοτήτων σε έναν αριθμό πελατών του συστήματος, ο οποίος στη συνέχεια χρησιμοποιείται για θέσει έναν περιορισμό στην χωρητικότητα των εγκαταστάσεων του δικτύου. Ο περιορισμός αυτός οριοθετεί τις πιθανότητες να υπάρχει ένας συγκεκριμένος αριθμός αεροπλάνων σε μια ουρά αναμονής, ανάλογα με τους στόχους που έχουν τεθεί από τον υπεύθυνο λήψης αποφάσεων. Λόγω της πολυπλοκότητας στους υπολογισμούς οι συγγραφείς χρησιμοποιούν μια ευρετική μέθοδο βασισμένη στην πινακοειδή έρευνα (tabu). Στόχος του μοντέλου αυτού είναι η εξεύρεση της βέλτιστης τοποθεσίας για τις κυριότερες εγκαταστάσεις ενός αεροδρομίου, ώστε να ελαχιστοποιείται η συμμόρφωση κατά τις ώρες αιχμής. Επιπλέον οι Peterson και λοιποί (1995), προτείνουν ένα μοντέλο ουράς αναμονής για ένα σύνολο αεροδιαδρόμων ενός αεροδρομίου, όπου το αεροδρόμιο θεωρείται ως ένας μεμονωμένος εξυπηρετητής. Το μοντέλο αυτό δεν θεωρείται όμως επαρκές για την αναζήτηση τοποθεσιών χωροθέτησης, γιατί ο αλγόριθμός του μοντέλου αυτού δεν διαθέτει αρχικές τοποθεσίες εγκατάστασης καθώς και τα προτεινόμενα χρονοδιαγράμματα των πτήσεων για κάθε εγκατάσταση. Επίσης ο Newell (1979), προτείνει μια ολοκληρωμένη ανάλυση των λειτουργιών ενός αεροδρομίου. Παράλληλα ο Drezner (2001), προτείνει ένα μοντέλο επιλογής κεντρικών τοποθεσιών ενός αεροδρομίου, με σκοπό την ελαχιστοποίηση της συνολικής απόστασης ταξιδιού που διανύεται από τους επιβάτες.

4.3 Μοντέλα κάλυψης θέσης για έμβια είδη με διαφορετικά μεγέθη οικοτόπων

Ανάλογα μοντέλα κάλυψης ζήτησης για έμβια είδη με σκοπό την επιλογή των τοποθεσιών για προστασία του οικοσυστήματός τους, αναπτύσσονται εδώ και τρεις δεκαετίες. Ξεκινώντας από τις ευρετικές μεθόδους του Kirkpatrick (1983) και Margules και λοιποί (1988) οι ερευνητές επιχειρούν να εντοπίσουν τον ελάχιστο αριθμό από τοποθεσίες ή εκτάσεις γης (parcels) που χρειάζονται προκειμένου όλα τα είδη του οικοσυστήματος να αντιπροσωπεύονται έστω μία φορά. Οι συγκεκριμένες μέθοδοι που προτείνονται

χρησιμοποιούν ένα δείκτη ελκυστικότητας για κάθε τοποθεσία, βασισμένο στην ιδιότητα και τον αριθμό των ειδών του οικοσυστήματος. Όταν μια καινούργια τοποθεσία τοποθετείται μέσα στο σύστημα, ο δείκτης ελκυστικότητας των ήδη υπαρχόντων τοποθεσιών αναβαθμίζεται ώστε να συμπεριλαμβάνει τη νέα κατάσταση. Όπως συμβαίνει και στις περιπτώσεις των οχημάτων εκτάκτου ανάγκης ή των σταθερών εγκαταστάσεων έτσι και στη συγκεκριμένη περίπτωση χρησιμοποιούνται το μοντέλο κάλυψης θέσης (1973) καθώς και το μοντέλο μεγιστοποίησης κάλυψης ζήτησης (1974).

Προκειμένου να χρησιμοποιηθούν τα δύο αυτά μοντέλα έχουν δημιουργηθεί διάφορες υποθέσεις. Η πρώτη υπόθεση θέλει όλα τα αναφερόμενα στο σύστημα είδη να είναι προστατευμένα, επομένως, με αυτή την προσέγγιση οι τοποθεσίες κατοικίας των ειδών αυτών δεν διαφέρουν μεταξύ τους στο μέγεθος, ποιότητα, είδος γης, κόστος τοποθεσίας ή σε άλλα χαρακτηριστικά. Η δεύτερη υπόθεση αναφέρει ότι η προστασία των ειδών είναι εγγυημένη, ανεξάρτητα από την τοποθεσία κατοικίας που θα επιλεγεί και δεν λαμβάνονται υπόψη οι ιδιαίτερες ανάγκες και ιδιότητες που μπορεί να έχει το κάθε είδος. Επομένως οι τοποθεσίες κατοικίας των ειδών συνήθως αγνοούν τις διαφορετικές ανάγκες του κάθε είδους, καθώς και τις διαφορετικές δυνατότητες που διαθέτει η κάθε τοποθεσία προκειμένου να προστατέψει το είδος που κατοικεί σε αυτήν.

Εξειδικευμένη έρευνα πάνω στην διαχείριση των τοποθεσιών για συγκεκριμένα είδη έμβιων ζώων οι Ando και λοιποί (1998) και οι Polasky και λοιποί (2001) δημιούργησαν ένα μοντέλο, επιλογής της βέλτιστης τοποθεσίας ενσωματώνοντας την αξία της γης καθώς και το κόστος ευκαιρίας που προκύπτει από την μη-βέλτιστη επιλογή τοποθεσίας. Ο Snyder (1999) και λοιποί ενσωμάτωσαν στο δικό τους μοντέλο περιοχές από πιθανές εναλλακτικές τοποθεσίες και περιορισμούς στην συνολική περιοχή όπου βρίσκονται οι τοποθεσίες. Οι Haight και λοιποί (2000) καθώς και οι Arthur και λοιποί (2002), δημιούργησαν πιθανολογικά μοντέλα επιλογής τοποθεσίας όπου τόσο η πιθανολογική κάλυψη καθώς και αναμενόμενη κάλυψη των ειδών στο σύστημα αυτό μπορεί να μεγιστοποιηθεί ανάλογα με τα όρια του αριθμού των εναλλακτικών τοποθεσιών που έχουν επιλεγεί. Ο Church και λοιποί (2000), ανέπτυξαν ένα μοντέλο εναλλακτικής επιλογής τοποθεσιών το οποίο περιλαμβάνει και την ποιότητα της κάθε τοποθεσίας, μεγιστοποιώντας την ποιότητα της προστασίας των καλυπτόμενων ειδών μέσα από τον περιορισμό των πιθανών τοποθεσιών που επιλέγονται. Παρ' όλα αυτά όλα τα μοντέλα ακόμα θεωρούν ότι η κάλυψη είναι εγγυημένη για όλα τα είδη με την επιλογή μιας μόνο από τις υπάρχουσες τοποθεσίες η οποία περιλαμβάνει αυτά τα είδη.

Ακόμα πιο πρόσφατα, μοντέλα επιλογής εναλλακτικών τοποθεσιών σε έναν οικότοπο όπου η κάλυψη για ένα συγκεκριμένο είδος ή στοιχείο του οικοσυστήματος απαιτεί την επιλογή ενός ελάχιστου αριθμού από συνδυασμένες περιοχές ή πιθανές τοποθεσίες, έχουν αρχίσει να κάνουν την εμφάνισή τους.

Ο Church και λοιποί (1996) ανέπτυξαν ένα μοντέλο επιλογής εναλλακτικών τοποθεσιών σχεδιασμένο έτσι ώστε να επιλέγει τοποθεσίες για την διαχείριση και προστασία πολλαπλών διαφορετικών ειδών (βιοποικιλότητα), με δεδομένο τον περιορισμό στον προϋπολογισμό. Στο συγκεκριμένο μοντέλο, συμπεριλαμβάνεται ένας περιορισμός όπου ένα στοιχείο του οικοσυστήματος θεωρείται ότι δεν καλύφθηκε εκτός εάν ένα συνολικό

ελάχιστο ποσοστό της περιοχής που περιλαμβάνει αυτό το στοιχείο έχει επιλεγεί για κάλυψη πάνω σε ένα σύνολο από επιλεγμένες περιοχές. Το συγκεκριμένο μοντέλο όμως δεν απαιτεί οι επιλεγμένες περιοχές να είναι συνεχείς. Για αυτό, ένα σύνολο τοποθεσιών κάλυψης για οποιοδήποτε στοιχείο βιοποικιλότητας ενδέχεται να είναι διεσπαρμένο στο χώρο.

Για να αντιμετωπιστεί το παραπάνω πρόβλημα ο Fischer και Church (2003), έχουν μετατρέψει το παραπάνω πρόβλημα ώστε να περιλαμβάνει ένα στόχο από συμπλέγματα, δηλαδή διαφορετικές περιοχές διάσπαρτες στο χώρο. Στόχος του μοντέλου αυτού είναι ο ελαχιστοποίηση της εξωτερικής περιμέτρου των διαφορετικών αυτών περιοχών, ενώ διατηρεί όλους τους στόχους του προβλήματος μοντέλου του Church (1996). Το συγκεκριμένο μοντέλο, ενθαρρύνει την συνεκτικότητα των περιοχών αλλά δεν μπορεί να εγγυηθεί την κάλυψη για κάθε επιλεγμένη τοποθεσία ή στοιχείο βιοποικιλότητας. Το μοντέλο αυτό μπορεί να λυθεί με μεθόδους υπολογισμού ακριβείας, αλλά ο αναφερόμενος χρόνος λύσης είναι πολύ υψηλός. Συγκεκριμένα ο μέσος χρόνος λύσης για τον υπολογισμό δύο τοποθεσιών φτάνει τις έντεκα ώρες.

Ο Nalle και λοιποί (2002) δημιούργησαν ένα μοντέλο πάνω στο ίδιο πρόβλημα επιλογής περιοχών που χρήζουν προστασίας, δεδομένου ότι ένα ελάχιστο ποσοστό για κάθε τύπο οικοτόπου πρέπει να προστατευθεί, ενώ λαμβάνεται υπόψη η συνεκτικότητα της συνολικής περιοχής καθώς και ο αριθμός των τοποθεσιών που βρίσκονται εντός της περιοχής που πρέπει να προστατευθεί. Για την επίλυση αυτού του προβλήματος χρησιμοποιήθηκε μια ευρετική μέθοδος. Αντίστοιχα, ο McDonnell και λοιποί (2002) δημιούργησαν ένα παρόμοιο μοντέλο επιλογής εναλλακτικής τοποθεσίας, ελαχιστοποιώντας ή μεταβάλλοντας το συνολικό μέγεθος της τοποθεσίας και τα όρια που την περικλείουν, ενώ ταυτόχρονα απαιτεί την επιλογή μιας ελάχιστης έκτασης από τα υπάρχοντα είδη, ώστε τα είδη αυτά να θεωρούνται ως προστατευμένα. Το μοντέλο αυτό χρησιμοποιεί μια μη γραμμική μέθοδο ακέραιου προγραμματισμού.

Οι Williams και Reville (1998) ελαχιστοποίησαν το συνολικό αριθμό των τοποθεσιών (ή της συνολικής περιοχής που απαιτούνται για την εκπροσώπηση όλων των ειδών εντός μιας προστατευμένης κεντρικής περιοχής. Αυτή η μέθοδος προωθεί την συνεκτικότητα περικλείοντας την κεντρική περιοχή με ενδιάμεσες ζώνες προστασίας. Τέλος ο Mariapon και λοιποί (2008), δημιούργησαν ένα μοντέλο με σκοπό την μεγιστοποίηση του αριθμού των αντιπροσωπευόμενων ειδών σε ένα περιορισμένο σύνολο προστατευόμενων τοποθεσιών. Το συγκεκριμένο μοντέλο αναγνωρίζει ότι κάθε προστατευόμενο είδος απαιτεί τοποθεσίες με επιπλέον ή διαφορετικό μέγεθος από τις υπόλοιπες και ότι αυτές οι τοποθεσίες θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν συγκεντρωμένες και όχι διάσπαρτες στο χώρο. Το συγκεκριμένο μοντέλο περιορίζει τις περιοχές σε ένα δίκτυο 1, 2 ή 4 τέτοιων συνεκτικών περιοχών.

4.4 Συμπεράσματα

Το κεφάλαιο αυτό εξέτασε εξειδικευμένες περιπτώσεις μοντέλων κάλυψης ζήτησης, οι οποίες δεν είχαν καλυφθεί από τα προηγούμενα κεφάλαια.

Το πρώτο είδος προβλημάτων αφορά την εύρεση της κατάλληλης τοποθεσίας για αεροδρόμια τα οποία χρησιμοποιούνται ως κέντρα μετεπιβίβασης (hubs). Σκοπός των μοντέλων αυτών είναι η ελαχιστοποίηση του κόστους μεταφοράς των επιβατών από το ένα κέντρο μετεπιβίβασης στο άλλο ή από ένα κέντρο μετεπιβίβασης στον τελικό προορισμό. Προκειμένου να αντιμετωπίσουν προβλήματα συμφόρησης, τα μοντέλα αυτά είτε δημιουργούν ένα νέο δίκτυο κέντρων μετεπιβίβασης ή τροποποιούν το ήδη υπάρχον με την δημιουργία νέων αεροδιαδρόμων ή την μεταβολή των κεντρικών εγκαταστάσεών τους σε άλλα σημεία. Ορισμένα από τα μοντέλα διαθέτουν διαδικασίες ουρών αναμονής προκειμένου με αυτό τον τρόπο να δημιουργήσουν μια ομαλότερη ροή στα χρονοδιαγράμματα των πτήσεων και να μειώσουν τα φαινόμενα συμφόρησης.

Το δεύτερο είδος προβλημάτων τα οποία καλύπτονται από τα αντίστοιχα μοντέλα εστιάζει στην κάλυψη ενός αριθμού ανεξάρτητων ειδών με σκοπό την προστασία των τόπων διαμονής τους καθώς και η εξασφάλιση ενός βιώσιμου κόστους συντήρησης. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στο γεγονός ότι για την προστασία των ειδών απαιτείται ενιαίος χώρος μεγαλύτερος από μεμονωμένες τοποθεσίες διάσπαρτες στο χώρο. Κάθε είδος απαιτεί έναν ελάχιστο χώρο προκειμένου να ζήσει, αλλά και εναλλακτικούς χώρους ή εκτάσεις γης προκειμένου να συνεχίσει εκεί την ανάπτυξή του. Τα μοντέλα αυτά διαθέτουν περιορισμούς όσον αφορά την συγκέντρωση των μεμονωμένων ή διάσπαρτων εκτάσεων, των αριθμό των ειδών, το κόστος συντήρησης ή ευκαιρίας, καθώς και των αριθμό των ειδών που προστατεύονται.

Κεφάλαιο 5 – Συμπεράσματα Πτυχιακής Εργασίας – Προτάσεις για το μέλλον

Η παρούσα πτυχιακή ολοκληρώνεται με την αποτίμηση της μελέτης που πραγματοποιήθηκε και την συλλογή των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την μελέτη. Πιο συγκεκριμένα επιχειρείται μια ανακεφαλαίωση, επαναπροσδιορίζεται τα στοιχεία και επανεξετάζονται οι στόχοι και τα αρχικά ερωτήματα.

Συνοψίζοντας, η πτυχιακή εργασία προέβη σε μια ενδελεχή μελέτη των μοντέλων κάλυψης θέσης σε σχέση με την κατηγορία των προβλημάτων που εστιάζουν. Η προβληματική που εξετάζεται από αυτήν την μελέτη διακρίνεται σε τρεις μεγάλες ενότητες. Η πρώτη ενότητα επικεντρώνεται στην ανάλυση των μοντέλων που χρησιμοποιούνται για την κάλυψη υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης όπως είναι ο εντοπισμός, επιλογή, στελέχωση και αποστολή αστυνομικών, πυροσβεστικών και νοσοκομειακών οχημάτων, καθώς και η επιλογή της βάσης εκκίνησης των συγκεκριμένων οχημάτων. Η δεύτερη μεγάλη ενότητα αφορά την κάλυψη της ζήτησης για τοποθεσίες παγίων εγκαταστάσεων μια επιχείρησης ή οργανισμού. Οι σταθερές αυτές εγκαταστάσεις αφορούν μονάδες παραγωγής, λιανικής πώλησης του ιδιωτικού τομέα ή γραφεία εξυπηρέτησης του δημοσίου τομέα. Τέλος, η τρίτη ενότητα εστιάζει σε προβλήματα που δεν έχουν καλυφτεί από τις δύο πρώτες ενότητες όπως είναι η επιλογή της βέλτιστης θέσης για κέντρα μετεπιβίβασης αεροδρομίων αλλά και η προστασία ενός οικοσυστήματος μέσα από μοντέλα κάλυψης περιοχών που αντιπροσωπεύουν διαφορετικά είδη από έμβια όντα. Αναλύονται επίσης στοιχεία όπως η κατηγορία του μοντέλου, τα χαρακτηριστικά του στοιχεία, η στόχοι, οι μέθοδοι επίλυσης, τα μειονεκτήματα και πλεονεκτήματα της κάθε κατηγορίας μοντέλου καθώς και οι επεκτάσεις ενός μοντέλου με όσους τυχόν νεοτερισμούς και βελτιώσεις προκύπτουν από την σύγκριση των γνωρισμάτων τους.

Από την παραπάνω μελέτη συνάγεται ότι υπάρχει ολοένα και περισσότερο η επιτακτική ανάγκη δημιουργίας περισσότερο δυναμικών μοντέλων για την αντιμετώπιση προβλημάτων σε πραγματικό χρόνο. Τα στατικά, μονοστοχικά μοντέλα όπως το μοντέλο κάλυψης θέσης, τα οποία προσφέρουν χωροθέτηση εγκαταστάσεων με το μικρότερο δυνατό κόστος, αποτελούν σημαντική συμβολή στο χώρο της ανάλυσης αποφάσεων της επιχειρησιακής έρευνας. Από την άλλη όμως αδυνατούν να πραγματοποιήσουν ρεαλιστικές λύσεις κάλυψης της ζήτησης. Εστιάζουν σε ένα στόχο και εξετάζουν την επίλυση προβλήματος κάλυψης ζήτησης μιας μόνο υπηρεσίας. Δεν συμπεριλαμβάνουν την έννοια του «τυχαίου» η οποία υπάρχει σε καταστάσεις της πραγματικής ζωής. Τα στοιχεία εισόδου στο μοντέλο είναι αναμενόμενα και εκ των πρότερων καθορισμένα, επομένως και τα αποτελέσματα που προκύπτουν είναι κάθε φορά τα ίδια. Επιπλέον τα απλούστερα μοντέλα παραγνωρίζουν σημαντικές παραμέτρους όπως είναι ο φόρτος εργασίας των εγκαταστάσεων (ή οχημάτων), εφόσον δεν εξετάζουν την υπηρεσία που παρέχεται στους πελάτες όταν αυτή βρίσκεται εκτός των ορίων της απόστασης κάλυψης.

Προκειμένου να αμβλυνθούν οι παραπάνω περιορισμοί έχουν δημιουργηθεί πολύπλοκα δυναμικά μοντέλα βασισμένα στις πιθανότητες τα οποία εξετάζουν προβλήματα με βάση πολλά κριτήρια όπως είναι, πέρα από την ελαχιστοποίηση του κόστους, η μεγιστοποίηση της κάλυψης, η μείωση των κλήσεων, την λειτουργία παράλληλων εγκαταστάσεων, την μετεγκατάσταση των υφιστάμενων εγκαταστάσεων σε νέες θέσεις, το περιορισμό του κόστους, την μείωση του χρόνου ταξιδιού ή του χρόνου αναμονής για εξυπηρέτηση κ.α. Τα δυναμικά και στοχαστικά μοντέλα περιλαμβάνουν την έννοια της πιθανότητας και τα αποτελέσματα που εξάγονται μπορεί να είναι διαφορετικά σε κάθε εφαρμογή του μοντέλου. Συνεπώς τα δυναμικά μοντέλα έρχονται πλησιέστερα στις πραγματικές καταστάσεις.

Από την άλλη πλευρά, τα στοχαστικά μοντέλα είναι πολύ περισσότερο απαιτητικά και δύσκολα στην επίλυσή τους σε σχέση με τα ντετερμινιστικά. Το γεγονός αυτό αποτελεί μια πραγματικότητα, όσο και αν απλοποιούνται οι τυχόν περιορισμοί που υπάρχουν σε αυτά. Επομένως, λόγω της απλότητάς τους, τα ντετερμινιστικά μοντέλα μπορούν να χρησιμοποιηθούν όταν η τυχαία διαφοροποίηση δεν παίζει τόσο σημαντικό ρόλο στην κατάσταση η οποία εξομοιώνεται από το μοντέλο. Έτσι, μια μικρή επιχείρηση η οποία παρουσιάζει σταθερή και αναμενόμενη ζήτηση για τις υπηρεσίες της, μπορεί να επιλέξει την τοποθεσία ενός κέντρου πωλήσεων με βάση ένα ντετερμινιστικό μοντέλο προκειμένου να περιορίσει ακόμη περισσότερο τα έξοδά της. Αντίθετα μια μεγάλη επιχείρηση λόγω της πολυπλοκότητας των δραστηριοτήτων θα χρειαστεί να επιλέξει ένα δυναμικό μοντέλο όπου μέσα από αυτό θα εστιάσει σε πολλαπλές παραμέτρους, αλλά επίσης θα είναι σε θέση να οριοθετήσει στα μέτρα του δυνατού την έννοια του τυχαίου, το οποίο εκφράζεται μέσα από τον επιχειρησιακό κίνδυνο.

Καταλήγοντας, η συγκεκριμένη εργασία παρουσίασε μια θεωρητική άποψη του ζητήματος της κάλυψης θέσης τοποθεσίας. Θα ήταν επομένως θεμιτή η επέκταση της πτυχιακής εργασίας μέσα από την πρακτική της εφαρμογή σε προβλήματα της πραγματικότητας, μέσα από την χρήση μαθηματικών τύπων και μεθόδων, υπολογισμού. Αναγνωρίζεται επίσης ότι ένα τέτοιο εγχείρημα ιδίως όσον αφορά τις νεότερες μεθόδους χωροταξικής κάλυψης εγκαταστάσεων, είναι ιδιαίτερα απαιτητικό, λόγω της πολυπλοκότητας επίλυσης των μεθόδων και τις υπολογιστικής δύναμης που απαιτεί η εφαρμογή του μοντέλου.

Βιβλιογραφία

1. Alsalloum, O., and Rand, G., 2003, *A goal-programming model applied to EMS system at Riyadh City, Saudi Arabia*, Working paper 2003/035, Lancaster University Management School, Lancaster, UK.
2. Amara, R A.J. Lipinski, *Business Planning for an Uncertain Future*, Pergamon Press, Oxford, 1983.
3. Amiri, A., 1998, *The design of service systems with queueing time cost, workload capacities, and backup service*, *European Journal of Operations Research*, vol. 104, pp. 201-217.
4. Amiri, A., 2001, *The multi-hour service system design*, *European Journal of Operations Research*, vol. 128-3, pp. 625-638.
5. Ando A, Camm J, Polasky S, Solow A. Species distributions, land values and efficient conservation. *Science* 1998; 279:2126–8.
6. Arthur J, Haight R, Montgomery C, Polasky S. Analysis of the threshold and expected coverage approaches to the probabilistic reserve site selection problem. *Environmental Modeling and Assessment* 2002;7:81–9.
7. Averbakh I., Berman O., *Minimax regret robust median location on a network under uncertainty*, *Working Paper*, 1997.
8. Averbakh I., Berman, O. *Minimax regret P-center location on a network with demand uncertainty*, *Working Paper*, 1997.
9. Averbakh, I., *On the complexity of a class of robust location problems*, *Working Paper*, *Western Washington University*, 1997.
10. Averbakh, I. Berman, O. *Algorithms for the robust 1-center problem*, *Working Paper*, 1997.
11. Badri, M., Mortagy, A., and Alsayed, C., 1998, *A multi-objective model for locating fire stations*, *European Journal of Operational Research*, vol. 110-2, pp. 243-260.
12. Baker, D., and Byrd, J., 1980, *A lesson in timing: a nonemergency solution to an emergency service decision*, *Interfaces*, vol. 10-3, pp. 30-33. [Link to journal]
13. Ball, M., and Lin, F., 1993, *A reliability model applied to emergency service vehicle location*, *Operations Research*, vol. 41-1, pp.18-36. [Link to journal]
14. Ballou, R.H. *Dynamic warehouse location analysis*, *Journal of Marketing Research* 5 (1968) 271 - 276.

15. Batta R., The stochastic queue median over a finite discrete set, *Operations Research* 37 (4) (1989) 648-652.
16. Batta, R. Dolan, J.M. Krishnamurthy, N.N. The maximal expected covering location problem: Revisited, *Transportation Science* 23 (4) (1989) 277-287.
17. Batta, R. Mannur, N.R. Covering-location models for emergency situations that require multiple response units, *Management Science* 36 (1) (1990) 16-23.
18. Batta, R., and Mannur, N., 1990, Covering-location models for emergency situations that require multiple response units, *Management Science*, vol. 36-1, pp. 16-23. [Link to journal]
19. Batta, R., Dolan, J. and Krishnamurthy, N., 1989. The maximal expected covering location problem: Revisited. *Transportation Science*, vol. 23, pp. 277-287. [Link to journal]
20. Bean, J.C. Hagle, J.L. Smith R.L., Capacity expansion under stochastic demands, *Operations Research* 40 (1992) S210-S216.
21. Belardo, S. Harrald, J. Wallace, W.A. Ward, J. A partial covering approach to siting response resources for major maritime oil spills, *Management Science* 30 (10) (1984) 1184-1196
22. Benveniste, R., 1985. Solving the combined zoning and location problem for several emergency units. *Journal of Operational Research Society*, vol. 36, pp. 433-450.
23. Berlin, G., and Liebman, J., 1974, Mathematical analysis of emergency ambulance locations, *Socio-Economic Planning Sciences*, vol. 8, pp. 323. [Link to abstract]
24. Berman, O. and Larson, R., 1982, The median problem with congestion, *Computers and Operations Research*, vol. 9, pp. 119-126.
25. Berman, O. Larson, R.C. Parkan, C. The stochastic queue P-median problem, *Transportation Science* 21 (3) (1987) 207-216.
26. Berman, O. LeBlanc Location-relocation of mobile facilities on a stochastic network, *Transportation Science* 18 (4) (1984) 315- 330.
27. Berman, O. Locating a facility on a congested network with random lengths, *NETWORKS* 15 (1985) 275-293.
28. Berman, O. Odoni, A.R. Locating mobile facilities on a network with Markovian properties, *Networks* 12 (1982) 73-86.
29. Berman, O., Larson, R. and Parkan, C., 1987. The stochastic queue p-median problem. *Transportation Science*, vol. 21, pp. 207-216.

30. Berman, O. Larson, R.C. Chiu, S.S. Optimal server location on a network operating as an M/G/1 queue, *Operations Research* 33 (1985) 746-771.
31. Borrás, F., and Pastor, J., 2002, The ex-post evaluation of the minimum local reliability level: an enhanced probabilistic location set covering model, *Annals of Operations Research*, vol. 111, pp. 51-74. [Link to journal]
32. Brandeau, M. and Chiu, S., 1989, An overview of representative problems in location research, *Management Science*, vol. 35-6, pp. 645-674.
33. Brandeau, M.L. Chiu, S.S. A center location problem with congestion, *Annals of Operations Research* 40 (1992) 17-32.
34. Brandeau, M.L. and R.C. Larson, 1986, Extending and applying the hypercube queueing model to deploy ambulances in Boston, in *Management Science and the Delivery of Urban Service*, edited by E. Ignall and A.J. Swersey, TIMS Studies in the Management Sciences Series, Vol. 22, pp. 121-154, North-Holland/Elsevier.
35. Brandeau, M.L. Chiu, S.S. A unified family of single-server queueing location models, *Operations Research* 38 (6) (1990) 1034-1044.
36. Brandeau, M.L. Chiu, S.S. An overview of representative problems in location research, *Management Science* 35 (6) (1989) 645-674.
37. Brandeau, M.L. Chiu, S.S. Location of competing facilities in a user optimizing environment with market externalities, *Transportation Science* 28 (1994) 125-140.
38. Brandeau, M.L. Chiu, S.S. Trajectory analysis of the stochastic queue median in a plane with rectilinear distances, *Transportation Science* 24 (3) (1990) 230-243.
39. Brandeau, M.L. Chiu, S.S. Facility location in a user-optimizing environment with market externalities: Analysis of customer equilibria and optimal public facility locations, *Location Science* 2 (3) (1994) 129-147.
40. Burwell, T., Jarvis, J., and McKnew, M., 1993, Modeling co-located servers and dispatch ties in the hypercube model, *Computers and Operations Research*, vol. 20-2, pp. 113-119.
41. Campbell, J.F. Locating transportation terminals to serve an expanding demand, *Transportation Research* 24B (3) (1990) 173-192.
42. Carbone, R. Public facilities under stochastic demand, *INFOR* 12 (3) (1974) 261-270.
43. Carson, Y., and Batta, R., 1990, Locating an ambulance on the Amherst Campus of the State University of New York at Buffalo, *Interfaces*, vol. 20-5, pp. 43-49.
44. Chaiken, J., 1978, Transfer of emergency service deployment models to operating agencies, *Management Science*, vol. 24-7, pp. 719-731.

45. Charnes, A., and Storbeck, J., 1980, A goal programming model for siting multi-level EMS Systems, *SocioEconomic Planning Sciences*, vol. 14, pp. 155-161.
46. Chelst, K., and Jarvis, J., 1979, Estimating the probability distribution of travel times for urban emergency service systems, *Operations Research*, vol. 27-1, pp. 199-204.
47. Chelst, K., and Barlach, Z., 1981, Multiple unit dispatches in emergency services: models to estimate system performance, *Management Science*, vol. 27-12, pp. 1390-1409.
48. Chiyoshi, F., Galvao, R., and Morabito, R., 2003, A note on solutions to the maximal expected covering location problem, *Computers and Operations Research*, vol. 30-1, pp. 87-96.
49. Church, R. and ReVelle, C., 1974. The maximal covering locational problem. *Papers of the Regional Science Association*, vol. 32, pp. 101-108.
50. Church, R.L. ReVelle, C.S. Theoretical and computational links between the p-median location set-covering and the maximal covering location problem, *Geographical Analysis* 8 (1976) 406-415.
51. Church, R. Meadows, M.E. Location modeling utilizing maximum service distance criteria, *Geographical Analysis* 11 (1979) 358-373.
52. Church, R. and Weaver, J., 1985, A median location model with non-closest facility service, *Transportation Science*, vol. 19, pp. 58-74.
53. Church R, Stoms D, Davis F, Okin B. *Planning management activities to protect biodiversity with a GIS and an integrated optimization model*. στο: Proceedings of the third international conference/workshop on Integrating GIS and environmental modelling. Santa Barbara, CA: National Center for Geographic Information and Analysis; 1996.
54. Church R, Gerrard R, Hollander A, Stoms D. Understanding the tradeoffs between site quality and species presence in reserve site selection. *Forest Science* 2000;46(2):157-67.
55. Cuninghame-Greene, R.A. and Harries, G., 1988, Nearest-neighbour rules for emergency services, *Zeitschrift fur Operations Research*, vol 32-5, pp. 299-306.
56. Current, J., and Schilling, D., 1987, Elimination of source of A and B errors in p-median location problems, *Geographical Analysis*, vol. 19, pp. 95-110.
57. Current, J. Min, H Schilling, D. Multiobjective analysis of facility location decisions, *European Journal of Operational Research* 49 (1990) 295-307.
58. Current, J., Tatick, S., and ReVelle, C., 1997, Dynamic facility location when the total number of facilities is uncertain: a decision analysis approach, *European Journal of Operational Research*, vol. 110, pp. 597-609.

59. Dai, J., Wang, S., and Yang, X., 1994, Computerized support systems for emergency decision making, *Annals of Operations Research*, vol. 51-1, pp. 315-325. [Link to journal]
60. Daskin, M.S., and Stern, E., 1981, A hierarchical objective set covering model for emergency medical service vehicle deployment. *Transportation Science*, vol. 15, pp. 137-152.
61. Daskin, M.S. Application of an expected covering model to emergency medical service system design, *Decision Sciences* 13 (3) (1982) 416-439.
62. Daskin, M.S., 1983. A maximal expected covering location model: Formulation, properties, and heuristic solution. *Transportation Science*, vol. 17, pp. 48-69.
63. Daskin, M.S. Haghani, A. *Multiple vehicle routing and dispatching to an emergency scene*, *Environment and Planning A* 16 (1984) 1349-1359.
64. Daskin, M.S. Hesse, S.M. ReVelle, C.S. a-reliable p-minimax regret: A new model for strategic facility location modeling, To appear in *Location Science*.
65. Daskin, M.S. *Location dispatching and routing models for emergency services with stochastic travel times*, in: A. Ghosh, G.Rushton (Eds.), *Spatial Analysis and Location-Allocation Models*, vol. 9, Van Nostrand Reinhold, 1987, pp. 224-265.
66. Daskin, M.S. Hogan, K. ReVelle, C. Integration of multiple excess backup and expected covering models, *Environment and Planning B* 15 (1988) 15-35.
67. Daskin, M.S. Hopp, W.J. Medina, B. Forecast horizons and dynamic facility location planning, *Annals of Operations Research* 40 (1992) 125-151.
68. Daskin, M.S. *Network and Discrete Location: Models Algorithms and Applications*, Wiley, New York, 1995.
69. Drezner, Z. Wesolowsky, G.O. Facility location when demand is time dependent, *Naval Research Logistics* 38 (1991) 763-777.
70. Drezner, Z. Dynamic facility location: The progressive p-median problem, *Location Science* 3 (1) (1995) 1-7.
71. Drezner, T., A note on applying the gravity rule to the airline hub problem, *Journal of Regional Science*, vol. 41, no.1., 2001: 67 – 73.
72. Eaton, D., Church, R., Bennett, V., Hamon, B., and Lopez, L., 1981, On deployment of health resources in rural Valle Del Cauca, Colombia, *TIMS Studies in the Management Sciences* vol. 17, pp. 331-359.

73. Eaton, D., Daskin, M., Simmons, D., Bulloch, B., and Jansma, G., 1985, Determining emergency medical service vehicle deployment in Austin, Texas, *Interfaces* vol. 15-1, pp. 96-108.
74. Eaton, D., Sanchez, H., Lantigua, R., and Morgan, J., 1986, Determining ambulance deployment in Santo Domingo, Dominican Republic, *Journal of the Operational Research Society*, vol. 37, pp. 113-126.
75. Erkut, E. Neuman, S. Analytical models for locating undesirable facilities, *European Journal of Operational Research* 40 (1989) 275-291.
76. Erlenkotter, D. A comparative study of approaches to dynamic location problems, *European Journal of Operational Research* 6 (1981) 133-143.
77. Fischer D, Church R. Clustering and compactness in reserve site selection: an extension of the biodiversity management area selection model. *Forest Science* 2003;49(4):555–65.
78. Fitzsimmons, J., 1971, An emergency medical systems simulation model, *Proceedings of the 1971 Winter Simulation Conference*, pp. 18-25 New York.
79. Fitsimmons, J., and Stikar, B., 1982, Emergency ambulance location using the contiguous zone search routine, *Journal of Operations Management*, vol. 21-4, pp. 225-237.
80. Francis, R.L. McGinnis, L.F White, J.A. Locational analysis, *European Journal of Operational Research* 12 (1983) 220-252.
81. Francis, R., and Lowe, T., 1992, On worst-case aggregation analysis for network location problems, *Annals of Operations Research*, vol. 40, 229-246.
82. Fujiwara, M., Makjamroen, T., and Gupta, K., 1987, Ambulance deployment analysis: a case study of Bangkok, *European Journal of Operational Research*, vol. 31, pp. 9-18.
83. Galvao, R., and ReVelle, C., 1996, A Lagrangean heuristic for the maximal covering location problem, *European Journal of Operational Research*, vol. 88, pp. 114-123.
84. Gendreau, M., Laporte, G., and Semet, F., 1997, Solving an ambulance location model by tabu search, *Location Science*, vol.5-2, pp.75-88.
85. Gendreau, M., Laporte, G., and Semet, F., 2001, A dynamic model and parallel tabu search heuristic for real-time ambulance relocation, *Parallel Computing*, vol. 27, pp. 1641-1653.

86. Georgantzas, N.C. Acar, W. *Scenario-Driven Planning: Learning to Manage Strategic Uncertainty*, Quorum Books, 1995.
87. Ghosh, A. Craig, C.S. Formulating retail location strategy in a changing environment, *Journal of Marketing* 47 (1983) 56-68.
88. Ghosh, A. McLafferty, S.L. Locating stores in uncertain environments: A scenario planning approach, *Journal of Retailing* 58 (4) (1982) 5-22.
89. Goldberg, J., Dietrich, R., Chen, J., Mitwasi, G., Valenzuela, T., and Criss, L., 1990, Validating and applying a model for locating emergency medical vehicles in Tucson, Arizona, *European Journal of Operational Research*, vol. 49-3, 308-324.
90. Goldberg, J., Dietrich, R., Chen, J., Mitwasi, G., Valenzuela, T., and Criss, L., 1990a, A Simulation Model for Evaluating a Set of Emergency Vehicle Locations: Development, Validation, and Usage, *Socio-Economic Planning Sciences*, vol. 24, 125-141.
91. Goldberg, J., and Paz, L., 1991, Locating Emergency Vehicle Bases When Service Time Depends on Call Location, *Transportation Science*, vol. 25, pp. 264-280.
92. Goldberg, J., and Szidarovsky, F., 1991, Methods for solving nonlinear equations used in evaluating emergency vehicle busy probabilities, *Operations Research*, vol. 39-6, pp. 903-916.
93. Gregg, S.R. Mulvey, J.M. Wolpert, J. A stochastic planning system for siting and closing public service facilities, *Environment and Planning A* 20 (1988) 83-98.
94. Gunawardane, G. Dynamic versions of set covering type public facility location problems, *European Journal of Operational Research* 10 (1982) 190-195.
95. Haight R, ReVelle C, Snyder S. An integer optimization approach to the probabilistic reserve site selection problem. *Operations Research* 2000;48(5): 697–708.
96. Hakimi, S.L. Optimum locations of switching centers and the absolute centers and medians of a graph, *Operations Research* 12 (1964) 450-459.
97. Halpern, J., 1977, The Accuracy of estimates for the performance criteria of certain emergency service queueing systems, *Transportation Science*, vol. 11, 227-242 (1977).
98. Hanink, D.M. A portfolio theoretic approach to multiplant location analysis, *Geographical Analysis* 16 (2) (1984) 149-161.
99. Hillsman E., and Rhoda, R., 1978, Errors in measuring distances from population to service centers, *Annals of Regional Science*, vol. 12, pp. 74-88.

100. Hodgson, M., and Neuman, S., 1993, A GIS approach to eliminating source C aggregation error in p-median models, *Location Science*, vol. 1, pp. 55-70.
101. Hogan, K., and ReVelle, C., 1986, Concepts and applications of backup coverage, *Management Science*, vol. 32, pp. 1434-1444.
102. Hogg, J., 1968, The siting of fire stations, *Operational Research Quarterly*, vol. 19-3, pp. 275-287.
103. Hurter, A.P. Martinich, J.S. *Facility Location and the Theory of Production*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1989.
104. Ignall, E., Carter, G. and Rider, K., 1982, An algorithm for the initial dispatch of fire companies, *Management Science*, vol. 28-4, 366-378.
105. Jarvis, J., 1975, Optimization in stochastic systems with distinguishable servers, TR-19-75, *Operations Research Center*, M.I.T.
106. Jarvis, J., 1985, Approximating the equilibrium behavior of multi-server loss systems, *Management Science*, vol. 31-2, pp. 235-239.
107. Jayaraman, V., and Stinastava, R., 1995, A service logistics model for simultaneous siting of facilities and multiple levels of equipment, *Computers and Operations Research*, vol. 22-2, pp. 191-204.
108. Kamenetzky, R., Shuman, L., and Wolfe, H., 1982, Estimating need and demand for prehospital care, *Operations Research*, vol. 30-6, 1148-1167.
109. Kirkpatrick J. An iterative method for establishing priorities for the selection of nature reserves: an example from Tasmania. *Biological Conservation* 1983; 25: 127–34.
110. Kolesár, P., 1973, Square root laws for fire engine response distances, *Management Science*, vol. 19, pp. 1368-1378.
111. Kolesár, P., 1975, A model for predicting average fire company travel times, *New York City Rand Institute*, R-1624-NYC, June.
112. Kouvelis, P. Yu, G. *Robust Discrete Optimization and Its Applications*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1996.
113. Lane, D.C., Monefeldt, C., and Rosenhead, J.V., 2000, Looking in the wrong place for healthcare improvements: A system dynamics study of an accident and emergency department. *Journal of the Operational Research Society*, vol. 51-5, pp. 518-531.
114. Larson, R., and Stevenson, K., 1972, On insensitivities in urban redistricting and facility location, *Operations Research*, vol. 20, 595-612.

115. Larson, R., 1974, A hypercube queuing model for facility location and re-sub-areaing in urban emergency services, *Computers and Operations Research*, vol. 1-1, pp. 67-95.
116. Larson, R., 1975, Approximating the performance of urban emergency service systems, *Operations Research*, vol. 23, pp. 845-868.
117. Louveaux, F.V. Discrete stochastic location models, *Annals of Operations Research* 6 (1986) 23-34.
118. Louveaux, F.V. Stochastic location analysis, *Location Science* 1 (2) (1993) 127-154.
119. Mabert, V., 1985, Short interval forecasting of emergency phone call (911) work loads, *Journal of Operations Management*, vol. 5-3, pp. 259-271.
120. Mandell, M., 1998, Covering models for two-tiered emergency medical services systems, *Location Science*, vol. 6-1, pp.355-368.
121. Manne, A.S. Capacity expansion and probabilistic growth, *Econometrica* 29 (4) (1961) 632-649.
122. Margules C, Nicholls A, Pressey R. Selecting networks of reserves to maximize biological diversity. *Biological Conservation* 1988;43: 63–76.
123. Marianov, V., and ReVelle, C., 1992, The capacitated standard response fire protection siting problem: deterministic and probabilistic models, *Annals of Operations Research*, vol. 40-1, pp.303-322.
124. Marianov, V., and ReVelle, C., 1994, The Queuing probabilistic location set covering problem and some extensions, *Socio-Economic Planning Sciences*, pp. 167-178.
125. Marianov, V. and ReVelle, C., 1995, *Emergency services*, In: Drezner, Zvi, Editor, 1995. *Facility Location: A Survey of Applications and Methods*, Springer, New York, pp. 199-223.
126. Marianov, V., and ReVelle, C., 1996, The Queueing maximal availability location problem: a model for the siting of emergency vehicles, *European Journal of Operational Research*, vol. 93-1, pp. 110-120.
127. Marianov, V., and Serra, D., 1998, Probabilistic, maximal covering location-allocation models for congested systems, *Journal of Regional Science*, vol. 38-3, pp. 401-424.
128. Marianov, V., and Serra, D., 2001, Hierarchical location-allocation models for congested systems, *European Journal of Operational Research*, vol. 135-1, pp. 195-208.

129. Marianov, V., and Serra, D., 2002, Location-allocation of multiple-server service centers with constrained queues or waiting times, *Annals of Operations Research*, vol. 111, pp. 35-50.
130. Marianov, V., Serra, D. Location models for airline hubs behaving as M/D/c queues, *Computers and Operations Research*, 30 (2003): 983 – 1003.
131. Marsh, M., and Schilling, D., 1994, Equity Measurement in Facility Location Analysis: A Review and Framework, *European Journal of Operational Research*, vol. 74-1, pp. 1-17.
132. McAleer, W., and Naqvi, I., 1994, The relocation of ambulance stations: A successful case study, *European Journal of Operational Research*, vol. 75-3, pp. 582-588.
133. McDonnell M, Possingham H, Ball I, Cousins E. Mathematical methods for spatially cohesive reserve design. *Environmental Modeling and Assessment* 2002;7:107–14.
134. Min, H. Dynamic expansion and relocation of capacitated public facilities: A multi-objective approach, *Computers and Operations Research* 15 (3) (1988) 243-252.
135. Mirchandani, P.B. Locational decisions on stochastic networks, *Geographical Analysis* 12 (2) (1980) 172-183.
136. Mirchandani, P.B. Odoni, A.R. Locations of medians on stochastic networks, *Transportation Science* 13 (2) (1979) 85-97.
137. Mobasheri, F. Orren, F L.H. Sioshansi, P. Scenario planning at southern California Edison, *INTERFACES* 19 (5) (1989) 31-44.
138. Monarchi, D., Hendrick, T. and Plane, D., 1977. Simulation for fire department deployment policy analysis. *Decision Sciences*, vol. 8, pp. 211-227.
139. Moore, G., and ReVelle, C., 1982, The hierarchical service location problem, *Management Science*, vol. 28-7, pp. 775-780.
140. Morabito, R., and Mendonca, F., 2001, Analyzing emergency medical service ambulance deployment on a Brazilian highway using the hypercube model, *Journal of the Operational Research Society*, vol. 52-3, pp. 261-270.
141. Mukundan, S. Daskin, M.S Joint location/sizing maximum profit covering models, *INFOR* 29 (2) (1991) 139-152.
142. Mulvey, J.M Vanderbei, R.J. Zenios, S.A. Robust optimization of large-scale systems, *Operations Research* 43 (2) (1995) 264-281.
143. Mulvey, J.M. Generating scenarios for the Towers Perrin investment system, *INTERFACES* 26 (2) (1996) 1-15.

144. Nalle D, Arthur J, Sessions J. Designing compact and contiguous reserve networks with a hybrid heuristic algorithm. *Forest Science* 2002;48(1):59–68.
145. Narasimhan, S., Pirkul, H., and Schilling, D., 1992, Capacitated emergency facility siting with multiple levels of backup, *Annals of Operations Research*, vol. 40-1, 323-337.
146. Neebe, A. W., 1988, A procedure for locating emergency-service facilities for all possible response distances, *Journal of the Operational Research Society*, vol. 39-8, 743-748.
147. Newell G.F. Airport capacity and delays. *Transportation Science* 1979; 13:201–41.
148. Peterson M, Bertsimas D, Odoni A. Models and algorithms for transient queuing congestion at airports. *Management Science* 1995; 41(8): 1279–95.
149. Pirkul, H., and Schilling, D., 1988, The siting of emergency service facilities with workload capacities and backup service, *Management Science*, vol. 37-7, pp. 896-908.
150. Plane, D., and Hendrick, T., 1977, Mathematical programming and the location of fire companies for the Denver Fire Department, *Operations Research*, vol. 24-4, pp.563-578.
151. Polasky S, Camm J, Garber-Yonts B. Selecting biological reserves cost-effectively: an application to terrestrial vertebrate conservation in Oregon. *Land Economics* 2001; 77(1):68–78.
152. Puig-Junoy, J., Saez, M., and Martinez-Garcia, E., 1998, "Why do patients prefer hospital emergency visits? A nested multinomial logit analysis for patient-initiated contacts," *Health Care Management Science*, vol 1-1, pp. 39-52.
153. Repede, J., Jeffries, C. and Hubbard, E., 1993, ALIAS: A graphical user interface for an ambulance location model, *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 13-12, pp.36-46.
154. Repede, J., and Bernardo, J., 1994, Developing and validating a decision support system for locating emergency medical vehicles in Louisville, Kentucky, *European Journal of Operational Research*, vol. 75-3, pp. 567-581.
155. ReVelle, C., Marks, D., and Liebman, J., 1970, An analysis of private and public sector location models. *Management Science*, vol.. 16, pp. 692.
156. ReVelle, C.S. Swain, R.W. Central facilities location, *Geographical Analysis* 2 (1) (1970) 30-42.

157. ReVelle, C., Bigman, D., Schilling, D., Cohon, J., and Church, R., 1979, Facility location: A review of context-free and EMS models, *Health Services Research*, Summer 1979, pp. 129-146.
158. ReVelle, C. The maximum capture or 'sphere of influence' location problem: Hotelling revisited on a network, *Journal of Regional Science* 26 (2) (1986) 343-358.
159. ReVelle, C., 1989, Review, extension and prediction in emergency service siting models, *European Journal of Operational Research*, vol. 40-1, pp.58-69.
160. ReVelle, C., and Hogan, K., 1989, The maximum availability location problem, *Transportation Science*, vol. 23-3, pp.192 - 200.
161. ReVelle, C., and Hogan K., 1989a, The maximum reliability location problem and -reliable p-center problem: Derivatives of the probabilistic location set covering problems, *Annals of Operations Research*, vol. 18, pp. 155-174.
162. ReVelle, C., 1993, Facility siting and integer-friendly programming, *European Journal of Operational Research*, vol. 65, pp. 147-158.
163. ReVelle, C., and Snyder, S., 1995, Integrated fire and ambulance siting: A Deterministic Model, *Socio-Economic Planning Sciences*, vol. 29-4, pp. 261-271.
164. ReVelle, C., Schweitzer, J., and Snyder, S., 1996, The maximal conditional covering problem, *INFOR*, vol. 34-2, pp.77-91.
165. Richard, D., Beguin, H. and Peeters, D., 1990, The location of fire stations in a rural environment: A case study, *Environment and Planning A*, vol.22-1, pp.39-52.
166. Sankaran, J.S. Raghavan, N.R.S. Locating and sizing plants for bottling propane in south India, *INTERFACES* 27 (6) (1997) 1-15.
167. Savas, E., 1969, Simulation and cost-effectiveness analysis of New York's emergency ambulance service, *Management Science*, vol. 15, pp. 608-627.
168. Saydam, C., and Aytug, H., 2003, Accurate estimation of expected coverage: revisited, *Socio-Economic Planning Sciences*, vol. 37-1, pp. 69-80.
169. Schilling, D., Elzinga, Cohen, J., Church, R., and ReVelle, C., 1979, The Team/Fleet models for simultaneous facility and equipment siting, *Transportation Science*, vol. 13-2, pp. 163-175.
170. Schilling, D., 1980, Dynamic location modeling for public-sector facilities: A multi-criteria approach, *Decision Sciences* vol. 11, pp. 714-724.

171. Schilling, D., ReVelle, C., Cohen, J. and Elzinga, D., 1980, Some models for fire protection locational decisions, *European Journal of Operational Research*, vol. 5-1, pp. 1-7.
172. Schilling, D.A., 1982, Strategic facility planning: The analysis of options, *Decision Sciences* 13 1-14.
173. Schilling, D.A., Jayaraman, V. and Barkhi, R., 1993, A review of covering problems in facility location, *Location Science*, vol. 1-1, pp.25-55.
174. Scott, A.J. Location-allocation systems: A review, *Geographical Analysis* 2 (1970) 95-119.
175. Scott, A.J. Dynamic location-allocation systems: Some basic planning strategies, *Environment and Planning* 3 (1971) 73-82.
176. Serra, D. Marianov, V. The p-median problem in a changing network: The case of Barcelona, *Submitted to Location Science*.
177. Serra, D. Ratick, S. ReVelle, C. The maximum capture problem with uncertainty, *Environment and Planning B* 23 (1996) 49-59.
178. Sheppard, E.S. A conceptual framework for dynamic location-allocation analysis, *Environment and Planning A* 6 (1974) 547-564.
179. Silva, F., and Serra, D., 2003, *Locating emergency services with priority rules: The priority queueing covering location problem*, Economics Working Papers, Department of Economics and Business, Universitat Pompeu Fabra.
180. Snyder, S., Tyrrell, L., Haight, R., An optimization approach to selecting research natural areas in national forests. *Forest Science* 1999;45(3): 458-69.
181. Sweeney, D.J. Tatham, R.L. An improved long-run model for multiple warehouse location, *Management Science* 22 (7) (1976) 748-758.
182. Swersey, A., 1982, A Markovian decision model for deciding how many fire companies to dispatch, *Management Science*, vol. 28-4, pp. 352-365.
183. Swersey, A.J., Goldring, L. and Geyer, E.D., 1993, Improving fire department productivity-merging fire and emergency medical units in New Haven, *Interfaces*, vol. 23-1, pp.109-129.
184. Swersey, A., 1994, The Deployment of Police, Fire, and Emergency Medical Units, in: S. M. Pollack, *Handbooks in Operations Research and Management Science*, vol. 6, Elsevier Science B. V., pp. 151-200.

185. Storbeck, J., 1982, Slack, natural slack, and location covering, *Socio-Economic Planning Sciences*, vol 16-3, pp. 99-105.
186. Tapiero, C.S. Transportation-location-allocation problems over time, *Journal of Regional Science* 11 (3) (1971) 377-384.
187. Taylor, B.W., Baker, J.R. and Clayton, E.R., 1989, A non-linear multi-criteria programming approach for determining county emergency medical service ambulance allocations, *Journal of the Operational Research Society*, vol. 40-5, pp. 423-432.
188. Toregas, C., Swain, R., ReVelle, C. and Berman, L., 1971. The location of emergency service facilities. *Operations Research*, vol. 19-2, pp. 1363-1373.
189. Toregas C, ReVelle C. Binary logic solutions to a class of location problems. *Geographical Analysis* 1973;5: 145–55.
190. Trudeau, P., Rousseau, J., Ferland, J., and Choquette, J., 1989, An operations research approach for the planning and operation of an ambulance service, *INFOR*, vol. 27-1, pp.95-113.
191. Valenzuela, T., Goldberg, J., Keeley, K., and Criss, E., 1990, Computer Modeling of Emergency Medical System Performance, *The Annals of Emergency Medicine*, vol. 19, pp. 898-901.
192. Van Buer, M., Venta, E., Hurter, A., and Lurigio, A., 1996, The effect of vehicular flow patterns on crime and emergency services: The location of cul-de-sacs and one-way streets, *Journal of the Operational Research Society*, vol. 47-9, pp. 1110-1119.
193. VanRoy, T.J. Erlenkotter, D.A dual-based procedure for dynamic facility location, *Management Science* 28 (10) (1982) 1091-1105.
194. Vanston, J.H. Frisbie, W.P. Lopreato, S.C. Poston, D.L. *Alternate scenario planning, Technological Forecasting and Social Change* 10 (1977) 159-180.
195. Volz, R., 1971, Optimum ambulance location in semi-rural areas, *Transportation Science*, vol. 5-3, pp. 193-203.
196. Weaver, J.R. Church, R.L. Computational procedures for location problems on stochastic networks, *Transportation Science* 17 (2) (1983) 168-180.
197. Weber, A. Uber den Standort der Industrien (Alfred Weber's Theory of the Location of Industries), *University of Chicago*, 1929.

198. Weintraub, A., Aboud, J., Fernandez, C., Laporte, Gilbert, and Ramirez, E., 1999, An emergency vehicle dispatching system for an electric utility in Chile, *Journal of the Operational Research Society*, vol. 50-7, 690-696.
199. Wesolowsky, G.O. Dynamic facility location, *Management Science* 19 (11) (1973) 1241-1248.
200. Wesolowsky, G.O. Truscott, W.G. The multiperiod location-allocation problem with relocation of facilities, *Management Science* 22 (1) (1976) 57-65.
201. White, J.A. Case, K.E. On covering problems and the central facilities location problem, *Geographical Analysis* 6 (1974) 281-293.
202. Williams JC, ReVelle C. Reserve assemblage of critical areas: a zero-one programming approach. *European Journal of Operational Research* 1998;104:497–509.
203. Zaki, A., Cheng, H., and Parker, B., 1997, A simulation model for the analysis and management of an emergency service system, *Socio-Economic Planning Sciences*, vol. 31-3, pp.173-189.

ΠΡΟΣΑΡΤΗΜΑ

Όνομασία Μοντέλου	Όνομα Ερευνητή (-ων)	Έτος	Είδος Μοντέλου	Χρήση	Στόχος	Μέθοδος Επίλυσης
Μοντέλο Κάλυψης Θέσης (Set Covering Model)	Toregas και λοιποί	1971	Στατικό	Οχήματα Έκτακτης Ανάγκης	Ελαχιστοποίηση του αριθμού των οχημάτων και συνεπώς του κόστους που απαιτούνται προκειμένου να καλυφτούν ομοιόμορφα όλες οι ζώνες	
Μοντέλο Μεγιστοποίησης Κάλυψης (Maximal Covering Model)	Church και ReVelle	1974	Στατικό	Οχήματα Έκτακτης Ανάγκης	Μεγιστοποίηση του αριθμού κλήσεων για τα υπάρχοντα οχήματα	
FLEET	Schilling και λοιποί	1979	Στατικό	Οχήματα Έκτακτης Ανάγκης	Το μοντέλο εξετάζει δύο τύπους εξοπλισμού (Εκτεταμένο Επίπεδο Υποστήριξης ALS – Advanced Life Support και Βασικό Επίπεδο Υποστήριξης BLS - Basic Level Support για παράδειγμα). Ο στόχος είναι να μεγιστοποιηθεί το ποσό της ζήτησης που καλύπτεται από τους δύο τύπους οχημάτων.	
Επέκταση του Μοντέλου Κάλυψης Θέσης	Daskin και Stern	1981	Στατικό	Οχήματα Έκτακτης Ανάγκης	Το μοντέλο αρχικά εντοπίζει τον ελάχιστο αριθμό οχημάτων που απαιτούνται για την κάλυψη κάθε ζώνης. Στη συνέχεια η κάθε ζώνη καλύπτεται περισσότερο από μια φορά	
Μοντέλο Διανυσματικού Φορέα P-	Church και Weaver	1985	Στατικό	Οχήματα Έκτακτης Ανάγκης	Στο μοντέλο αυτό, η ζήτηση μιας ζώνης εξυπηρετείται στο x% του χρόνου από το πλησιέστερο προς το σημείο όχημα	

Όνομασία Μοντέλου	Όνομα Ερευνητή (-ων)	Έτος	Είδος Μοντέλου	Χρήση	Στόχος	Μέθοδος Επίλυσης
διάμεσου					της, $y\%$ του χρόνου από το 2ο πλησιέστερο όχημα και ούτω καθ' εξής.	
Επέκταση του Μοντέλου Κάλυψης Θέσης	Hogan και ReVelle	1986	Στατικό	Οχήματα Έκτακτης Ανάγκης	Μεγιστοποίηση του αριθμού κλήσεων που καλύπτονται από 2 ή περισσότερα οχήματα.	Μέθοδος Στάθμισης
FAST	ReVelle και Snyder	1995	Στατικό	Οχήματα Έκτακτης Ανάγκης	Μεγιστοποίηση του αριθμού κλήσεων για 2 πυροσβεστικά οχήματα και ασθενοφόρα	Σύνολο Pareto
Επέκταση του Μοντέλου Κάλυψης Θέσης	Gendreau, Laporte, και Semet	1997	Στατικό	Οχήματα Έκτακτης Ανάγκης	Μεγιστοποίηση κάλυψης ζήτησης των κλήσεων ανάμεσα σε δύο όρια. Με βάση αυτό το μοντέλο με την ίδια κλήση καλύπτεται η περίπτωση ώστε όταν δεν υπάρχει διαθέσιμο ασθενοφόρο εντός των x λεπτών, το αμέσως εναλλακτικό ασθενοφόρο εντός των y λεπτών (όπου $y > x$) να είναι σε θέση να μεταβεί στον τόπο της ανάγκης.	
Μέγιστη Αναμενόμενη Κάλυψη Ζήτησης	Daskin 1983	1983	Πιθανολογικό	Οχήματα Έκτακτης Ανάγκης	Μεγιστοποίηση της αναμενόμενης κάλυψης ζήτησης. Στο μοντέλο αυτό κάθε όχημα θεωρείται ότι είναι απασχολημένο με πιθανότητα ίση με P . Το μοντέλο αυτό βρίσκει τον αριθμό οχημάτων που βρίσκονται σε αδράνεια ανάλογα με τις αντίστοιχες πιθανότητες, προκειμένου να καλύψουν όσο το δυνατόν περισσότερο αριθμό κλήσεων	

Όνομασία Μοντέλου	Όνομα Ερευνητή (-ων)	Έτος	Είδος Μοντέλου	Χρήση	Στόχος	Μέθοδος Επίλυσης
Επέκταση του μοντέλου Αναμενόμενης Κάλυψης Ζήτησης του Daskin	ReVelle και Hogan	1989	Πιθανολογικό	Οχήματα Έκτακτης Ανάγκης	Μεγιστοποίηση της συνολικής κάλυψης ζήτησης των κλήσεων που καλύπτονται από 2 τουλάχιστον οχήματα ανάλογα με πιθανότητα P.	
Επέκταση του Μοντέλου Αναμενόμενης Κάλυψης Ζήτησης	Batta και Mannur	1990	Πιθανολογικό	Οχήματα Έκτακτης Ανάγκης	Το μοντέλο αυτό εξετάζει την κάλυψη ζήτησης κλήσεων για πολλά οχήματα. Για παράδειγμα, εάν μια κλήση απαιτεί 3 μονάδες, τότε η κλήση μπορεί να θεωρηθεί ότι καλύπτεται αν η πρώτη μονάδα βρίσκεται μέσα σε 5 λεπτά, η δεύτερη μονάδα μέσα σε 7 λεπτά και η τρίτη μονάδα μέσα σε 10 λεπτά.	
Υπερκύβος	Larson	1974	Πιθανολογικό (Τυχαίων Παραμέτρων)	Οχήματα Έκτακτης Ανάγκης	Το συγκεκριμένο μοντέλο εξετάζει διαφορετικές παραμέτρους, όπως ο μέσος χρόνος υπηρεσίας μ , ο αριθμός των πελατών N, η συχνότητα των κλήσεων λ , ώστε να προσδιορίζεται η κατάσταση για κάθε όχημα (αδρανές ή απασχολημένο). Για παράδειγμα, αν υπάρχουν πέντε οχήματα, τότε η κατάσταση (1, 0, 1, 1, 0) αντιστοιχεί στα οχήματα 1, 3, και 4 να είναι απασχολημένα ενώ τα οχήματα 2 και 5 να είναι σε αδράνεια.	Κατανομή Poisson
Επέκταση του Μοντέλου Υπερκύβος	Goldberg και λοιποί	1990	Πιθανολογικό (Τυχαίων Παραμέτρων)	Οχήματα Έκτακτης Ανάγκης	Μεγιστοποίηση της αναμενόμενης ζήτησης κλήσεων μέσα σε χρόνο 8 λεπτών.	

Όνομασία Μοντέλου	Όνομα Ερευνητή (-ων)	Έτος	Είδος Μοντέλου	Χρήση	Στόχος	Μέθοδος Επίλυσης
Επέκταση του μοντέλου Μεγιστοποίησης Αναμενόμενης Κάλυψης του Daskin	Repede και Bernardo	1994	Δυναμικό Μοντέλο Πραγματικού Χρόνου (Δυναμική Επανατοποθέτηση)	Οχήματα Έκτακτης Ανάγκης	Το μοντέλο αυτό επιτρέπει να επιτρέψει διαφορετικά σύνολα τοποθεσιών σε διαφορετικές χρονικές στιγμές της εβδομάδας.	
Επέκταση του μοντέλου Μεγιστοποίησης Αναμενόμενης Κάλυψης του Daskin	Marianov και ReVelle	1994	Μοντέλο Ουράς Αναμονής	Οχήματα Έκτακτης Ανάγκης	Η κατανομή των κλήσεων διαμορφώνεται μέσα από μια διαδικασία παραμονής σε μια ουρά εξυπηρέτησης (σειρά προτεραιότητας). Ελαχιστοποίηση του αριθμού των εξυπηρετητών κλήσεων	
Επέκταση του Μοντέλου Μεγιστοποίησης Αναμενόμενης Κάλυψης του Daskin	Mandell	1998	Μοντέλο Ουράς Αναμονής	Οχήματα Έκτακτης Ανάγκης	Το μοντέλο αυτό στηρίζεται στις έρευνες των Hogan και ReVelle (1989) για την μεγιστοποίηση κάλυψης θέσης από δύο κατηγορίες οχημάτων ανάλογα με την προτεραιότητά τους. Αποτελεί το πιο εξελιγμένο μοντέλο του είδους αυτού.	
Μοντέλο Εύρεσης Ζήτησης Τοποθεσίας	Weber	1909	Στατικό	Σταθερή Εγκατάσταση	Το μοντέλο μελετάει την τοποθεσία μιας αποθήκης ώστε να ελαχιστοποιείται η συνολική απόστασή της από τους πελάτες που εξυπηρετούνται από αυτήν	
Μοντέλο P - Διαμέσου	Hakimi	1964	Στατικό	Σταθερή Εγκατάσταση	Το συγκεκριμένο μοντέλο εξετάζει το γενικότερο πρόβλημα του εντοπισμού ενός ή περισσότερων εγκαταστάσεων σε ένα δίκτυο, έτσι ώστε να	

Όνομασία Μοντέλου	Όνομα Ερευνητή (-ων)	Έτος	Είδος Μοντέλου	Χρήση	Στόχος	Μέθοδος Επίλυσης
					ελαχιστοποιηθεί η συνολική απόσταση μεταξύ των πελατών και των πλησιέστερων εγκαταστάσεων ή, εναλλακτικά, την ελαχιστοποίηση της μέγιστης αυτής απόστασης. Ο συγγραφέας θεωρεί ότι οι εγκαταστάσεις είναι καλύτερα να τοποθετηθούν στους κόμβους του δικτύου από ότι στις γραμμές σύνδεσης των κόμβων του δικτύου.	
Μοντέλο Χωροθέτησης Εγκατάστασης Σταθερής Επιβάρυνσης	Daskin	1995	Στατικό	Σταθερή Εγκατάσταση	Το μοντέλο αυτό εξετάζει την ύπαρξη μιας σταθερής χρέωσης σε κάθε πιθανή τοποθεσία εγκατάστασης	
Μοντέλα αντι-κέντρου και αντι-διαμέσου	Brandeau και Chiu, Daskin, Erkut και Neuman, Schilling και Λουποί	1989 1995 1989 1993	Στατικό	Σταθερή Εγκατάσταση	Τα μοντέλα αυτά χρησιμοποιούνται για τον εντοπισμό εγκαταστάσεων οι οποίες είναι λιγότερο επιθυμητές για τους πελάτες. Π.χ. Πυρηνικά εργοστάσια, χώροι απόθεσης απορριμμάτων, αεροδρόμια, βιομηχανικές εγκαταστάσεις κτλ.	
Δυναμική εύρεσης εγκατάστασης και μετεγκατάστασης	Ballou	1968	Δυναμικό μονής τοποθεσίας εγκατάστασης	Σταθερή Εγκατάσταση	Το μοντέλο αυτό εξετάζει πιθανές εγκαταστάσεις τοποθεσίας και βρίσκει τις καταλληλότερες από αυτές τόσο όσον αφορά την αρχική τους θέση, όσο και την θέση μελλοντικής μετεγκατάστασής τους σε άλλα πιθανά	Δυναμικός Προγραμματισμός

Όνομασία Μοντέλου	Όνομα Ερευνητή (-ων)	Έτος	Είδος Μοντέλου	Χρήση	Στόχος	Μέθοδος Επίλυσης
Επέκταση του Μοντέλου Δυναμικής Εύρεσης Εγκατάστασης και Μετεγκατάστασης του Ballou	Sweeney και Tatham	1976	Δυναμικό μονής τοποθεσίας εγκατάστασης.	Σταθερή Εγκατάσταση	σημεία. Το μοντέλο αυτό βρίσκει τις καλύτερες τοποθεσίες εγκατάστασης σε μια συγκεκριμένη περίοδο μέσω μιας ειδικής διαδικασίας ταξινόμησης.	Αποσύνθεση Benders
Επέκταση του Μοντέλου Δυναμικής Εύρεσης Εγκατάστασης και Μετεγκατάστασης του Ballou	Wesolowsky	1973	Δυναμικό μονής τοποθεσίας εγκατάστασης	Σταθερή Εγκατάσταση	Το συγκεκριμένο μοντέλο εξετάζει την εγκατάσταση και μετεγκατάσταση μιας παραγωγικής μονάδας, χωρίς περιορισμούς, ενώ εμπεριέχεται ρητά και ο χρόνος κατασκευής καθώς και το κόστος εγκατάστασης ή μετεγκατάστασης της μονάδας.	Αλγόριθμοι Brand and Bound
Επέκταση του Μοντέλου Δυναμικής Εύρεσης Εγκατάστασης και Μετεγκατάστασης του Ballou	Drezner και Wesolowsky	1991	Δυναμικό μονής τοποθεσίας εγκατάστασης	Σταθερή Εγκατάσταση	Το συγκεκριμένο μοντέλο εξετάζει την εξεύρεση του τόπου αλλά και του χρόνου μιας εγκατάστασης ή μετεγκατάστασης σε μια αναπτυσσόμενη πόλη με προβλέψιμες μεταβολές του πληθυσμού μέσα σε ένα ορισμένο χρονικό ορίζοντα.	
Μοντέλο Δυναμικής Τοποθεσίας Κατανομής	Scott	1971	Δυναμικό πολλαπλών τοποθεσιών εγκαταστάσεων	Σταθερή Εγκατάσταση	Το συγκεκριμένο μοντέλο εξετάζει την εύρεση της κατάλληλης τοποθεσίας πολλαπλών εγκαταστάσεων σε διακριτές ισαπέχουσες χρονικές περιόδους	
Επέκταση του	Wesolowsky και Truscott	1976	Δυναμικό	Σταθερή	Το μοντέλο αυτό επιτρέπει στις	Αλγόριθμός

Όνομασία Μοντέλου	Όνομα Ερευνητή (-ων)	Έτος	Είδος Μοντέλου	Χρήση	Στόχος	Μέθοδος Επίλυσης
Μοντέλου Δυναμικής Τοποθεσίας Κατανομής			πολλαπλών τοποθεσιών εγκαταστάσεων	Εγκατάσταση	εγκαταστάσεις να τοποθετηθούν ανάλογα με τις προβλεπόμενες αλλαγές στη ζήτηση	ακέрайου προγραμματισμού
Επέκταση του Μοντέλου Δυναμικής Τοποθεσίας Κατανομής	Tapiero	1971	Δυναμικό πολλαπλών τοποθεσιών εγκαταστάσεων	Σταθερή Εγκατάσταση	Το συγκεκριμένο μοντέλο περιλαμβάνει τις χωρητικότητες της κάθε εγκατάστασης καθώς και τα έξοδα αποστολής προϊόντων σε πελάτες, την πιθανή ζήτηση των προϊόντων και τις ποσότητες που πρόκειται να αποσταλούν.	Δυναμικός προγραμματισμός
Επέκταση του Μοντέλου Δυναμικής Τοποθεσίας Κατανομής	Sheppard	1974	Δυναμικό πολλαπλών τοποθεσιών εγκαταστάσεων	Σταθερή Εγκατάσταση	Ο ερευνητής κατασκεύασε μια σειρά από μοντέλα που εξετάζουν όχι μόνο την ελαχιστοποίηση της απόστασης από την εγκατάσταση στον πελάτη, αλλά και το μέγεθος των εγκαταστάσεων καθώς και την χρονική στιγμή η οποία είναι κατάλληλη για την κατασκευή ή επανατοποθέτησης μιας εγκατάστασης.	Μη γραμμικός, ακέрайος, δυναμικός προγραμματισμός
Μοντέλο Προοδευτικής Ρ - Διαμέσου	Drezner	1995	Δυναμικό πολλαπλών εγκαταστάσεων	Σταθερή Εγκατάσταση	Το συγκεκριμένο σύστημα εντοπίζει εγκαταστάσεις πάνω σε χρονικό διάστημα T – περιόδων. Περιλαμβάνει γνωστή και εξαρτώμενη με βάση τον χρόνο, ζήτηση, καθώς και τις περιόδους κατά τις οποίες θα πρέπει να τοποθετηθούν οι εγκαταστάσεις. Αντικειμενικός στόχος του μοντέλου	Ευρετική διαδικασία

Όνομασία Μοντέλου	Όνομα Ερευνητή (-ων)	Έτος	Είδος Μοντέλου	Χρήση	Στόχος	Μέθοδος Επίλυσης
					είναι η ελαχιστοποίηση του κόστους μεταφοράς ή της απόστασης της εγκατάστασης σε μία συγκεκριμένη χρονική περίοδο.	
Μοντέλο χωροχρονικής προσέγγισης ζήτησης	Erlenkotter	1982	Δυναμικό πολλαπλών εγκαταστάσεων	Σταθερή Εγκατάσταση	Ο ερευνητής εξετάζει μια σειρά από δυναμικές προσεγγίσεις υπολογισμού της βέλτιστης ζήτησης για εγκαταστάσεις πάνω σε χρονικές περιόδους με διακριτά χρονικά περιθώρια, σε ένα μόνο μοντέλο	Ευρετική διαδικασία
Επέκταση του μοντέλου χωροχρονικής προσέγγισης ζήτησης του Erlenkotter	VanRoy και Erlenkotter	1982	Δυναμικό πολλαπλών εγκαταστάσεων	Σταθερή Εγκατάσταση	Το συγκεκριμένο μοντέλο εστιάζει στην αποστολή αγαθών από τις εγκαταστάσεις στους πελάτες, προκειμένου η ζήτηση να αντιστοιχηθεί στην προσφορά η οποία είναι γνωστή εκ των προτέρων. Στο μοντέλο αυτό μπορούν να δημιουργηθούν νέες εγκαταστάσεις και να κλείσουν οι ήδη υπάρχουσες. Στόχος του μοντέλου είναι να ελαχιστοποιηθεί το συνολικό κόστος της τοποθεσίας εγκατάστασης, τα λειτουργικά έξοδα της εγκατάστασης και το κόστος παραγωγής και διανομής αγαθών που αποστέλλονται στους πελάτες	Branch and Bound
Μοντέλο μεταφοράς φορτίων	Campbell	1990	Δυναμικό πολλαπλών εγκαταστάσεων	Σταθερή Εγκατάσταση	Ο μελετητής βασισμένος από εφαρμογές σε τερματικούς σταθμούς μεταφοράς φορτίων καταρτίζει μια	

Όνομασία Μοντέλου	Όνομα Ερευνητή (-ων)	Έτος	Είδος Μοντέλου	Χρήση	Στόχος	Μέθοδος Επίλυσης
					σειρά από απλά μοντέλα προκειμένου να εντοπίσει σχεδόν βέλτιστες λύσεις εγκατάστασης. Στα μοντέλα του περιλαμβάνει στοιχεία όπως είναι οι οικονομίες κλίμακας και οι ναύλοι μεταφοράς φορτίων. Αντικειμενικός σκοπός των μοντέλων αυτών είναι η ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους. Τα μοντέλα αυτά είναι ιδανικά για την εύρεση των κατάλληλων τοποθεσιών εγκατάστασης εφόσον εκείνες θα παραμείνουν για μεγάλο χρονικό διάστημα στην ίδια θέση.	
Μοντέλα χωροθέτησης Δημόσιου Τομέα	Gunawardane	1982	Δυναμικό πολλαπλών εγκαταστάσεων	Σταθερή Εγκατάσταση	Ο συγκεκριμένος ερευνητής προσεγγίζει διάφορα μοντέλα κάλυψης τοποθεσίας από την οπτική γωνία των εγκαταστάσεων δημόσιου τομέα (π.χ. σχολεία, λιμάνια, αεροδρόμια, δημόσιες υπηρεσίες κτλ). Χρησιμοποιούνται μοντέλα κάλυψης θέσης και μοντέλα μέγιστης κάλυψης ζήτησης. Ο σκοπός των μοντέλων αυτών είναι να μην επιτρέψουν την εύκολη μετακίνηση των ήδη τοποθετημένων εγκαταστάσεων, εκτός αν αυτό είναι απολύτως απαραίτητο.	
Πολυκριτηριακό Μοντέλο	Min	1988	Δυναμικό πολλαπλών	Σταθερή Εγκατάσταση	Το μοντέλο αυτό εξετάζει την επέκταση και μετεγκατάσταση βιβλιοθηκών στην	Fuzzy (ασαφής) προγραμματισμός

Όνομασία Μοντέλου	Όνομα Ερευνητή (-ων)	Έτος	Είδος Μοντέλου	Χρήση	Στόχος	Μέθοδος Επίλυσης
Μετεγκατάσταση			εγκαταστάσεων		περιοχή του Ohio των ΗΠΑ	στόχου
Μοντέλο Αβεβαιότητας	Daskin, Horp και Medina	1992	Δυναμικό πολλαπλών εγκαταστάσεων	Σταθερή Εγκατάσταση	Το μοντέλο αυτό λαμβάνει υπόψη τον παράγοντα αβεβαιότητα και τον ρόλο που παίζει στην λήψη των επιχειρησιακών αποφάσεων. Στόχος του μοντέλου είναι η εύρεση της βέλτιστης λύση στα αρχικά στάδια της διαδικασίας και η αποφυγή τυχόν μετεγκαταστάσεων στη συνέχεια.	
Μοντέλο τυπικής διαδικασίας προγραμματισμού	Manne	1961	Πιθανολογικό	Σταθερή Εγκατάσταση	Το μοντέλο αυτό εξετάζει την ζήτηση ανάλογα με τις πιθανότητες και επιτρέπει την ακύρωση της ζήτησης που δεν είναι ικανοποιητική, σε έναν ακαθόριστο χρονικό ορίζοντα. Ένας ειδικός δείκτης έκπτωσης εκφράζει το ποσοστό αβεβαιότητας που επηρεάζει τις πιθανότητες ζήτησης. Σκοπός του μοντέλου είναι η ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους εγκατάστασης.	
Επέκταση του Μοντέλου Τυπικής διαδικασίας προγραμματισμού του Manne	Bean και λοιποί	1992	Πιθανολογικό	Σταθερή Εγκατάσταση	Το μοντέλο αυτό επιτρέπει μεγαλύτερο εύρος υποθέσεων από αυτές που είχε εκφράσει ο Manne. Δεν επιτρέπονται ακυρώσεις παραγγελιών όπως συμβαίνει στο μοντέλο του Manne. Επιπλέον χωρητικότητα στις εγκαταστάσεις προστίθεται μόνο όταν η ήδη υπάρχουσα χωρητικότητα έχει εξαντληθεί. Οι στόχοι είναι οι ίδιοι με	

Όνομασία Μοντέλου	Όνομα Ερευνητή (-ων)	Έτος	Είδος Μοντέλου	Χρήση	Στόχος	Μέθοδος Επίλυσης
					αυτούς του μοντέλου του Manne.	
Επέκταση του μοντέλου P-διαμέσου του Hakimi	Mirchandani και Odoni	1972	Πιθανολογικό	Σταθερή Εγκατάσταση	Με το συγκεκριμένο μοντέλο τα πορίσματα του μοντέλου P – Διαμέσου του Hakimi ισχύουν και πιθανολογικά.	
Επέκταση του μοντέλου P-διαμέσου του Hakimi	Mirchandani	1980	Πιθανολογικό	Σταθερή Εγκατάσταση	Το μοντέλο αυτό εξετάζει την περίπτωση περιβαλλόντων που βρίσκονται κάτω από καθεστώς συμφόρησης, έτσι ώστε η εγκατάσταση να μην είναι ικανή να εξυπηρετήσει τους πελάτες της. Δημιουργείται μια ουρά αναμονή για την καλύτερη κατανομή της ζήτησης και υποδεικνύονται διαφορετικές λύσεις και διατυπώσεις για έναν αριθμό από διαφορετικές καταστάσεις.	Διαδικασία επίλυσης Markov
Μοντέλο Πολλαπλής Χωροθέτησης Εγκαταστάσεων Λιανικής Πώλησης	Ghosh και Graig	1983	Πιθανολογικό	Σταθερή Εγκατάσταση	Το μοντέλο αυτό εξετάζει την εύρεση πολλαπλών εγκαταστάσεων για κέντρα λιανικής πώλησης όπως είναι τα σούπερ μάρκετ, ή τα σημεία πωλήσεων	Ευρετική μέθοδος προσέγγισης ανταλλαγής Tietz και Bart
Μοντέλο αντιμετώπισης πετρελαιοκηλίδων σε θαλάσσιους χώρους	Belardo και λοιποί	1984	Πιθανολογικό	Σταθερή Εγκατάσταση	Το συγκεκριμένο μοντέλο εξετάζει την εύρεση των κατάλληλων πόρων αντιμετώπισης μιας θαλάσσιας πετρελαιοκηλίδας. Εξετάζονται 6 διαφορετικά μέσα ανταπόκρισης ανάλογα με τον τύπο του πετρελαίου.	
Μοντέλο Θεωρίας	Hanink	1984	Πιθανολογικό	Σταθερή	Το μοντέλο αυτό χρησιμοποιεί την	Διάδικο τετραγωνικό

Όνομασία Μοντέλου	Όνομα Ερευνητή (-ων)	Έτος	Είδος Μοντέλου	Χρήση	Στόχος	Μέθοδος Επίλυσης
Χαρτοφυλακίου				Εγκατάσταση	θεωρία του χαρτοφυλακίου (portfolio) από την οικονομική επιστήμη προκειμένου να εξετάσει την βέλτιστη τοποθεσία μιας εγκατάστασης με βάση την αξία του παγίου, την δυνατότητα επιστροφής της επένδυσης, την μείωση του επιχειρησιακού κινδύνου και την γεωγραφική κατανομή του ενεργητικού	πρόγραμμα
Μοντέλο στοχαστικών προγραμμάτων δύο σταδίων	Louveau	1986	Πιθανολογικό	Σταθερή Εγκατάσταση	Το μοντέλο αυτό χωρίζεται σε δύο στάδια: Στο πρώτο καθορίζεται η τοποθεσία και το μέγεθος των εγκαταστάσεων. Στο δεύτερο στάδιο καθορίζεται η διανομή των πόρων παραγωγής προκειμένου να αυξηθούν τα ποσοστά κέρδους της επιχείρησης. Εξετάζεται επίσης η αβεβαιότητα της ζήτησης, η συνολική παραγωγή, το κόστος μεταφοράς των προϊόντων και οι τιμές πώλησης.	
Μοντέλο Στοχαστικής Απώλειας Μέσου Χρόνου	Berman και λοιποί	1985	Μοντέλο Ουράς Αναμονής	Σταθερή Εγκατάσταση	Το συγκεκριμένο μοντέλο εξετάζει το ποσοστό απασχόλησης ενός εξυπηρετητή (π.χ. ταμείο ή ATM), το μέσο χρόνο αναμονής του πελάτη, την χρονική καθυστέρηση στην ουρά. Στόχος του μοντέλου αυτού είναι η ελαχιστοποίηση του χρόνου εξυπηρέτησης ώστε να μην υπερφορτώνεται ο εξυπηρετητής	

Όνομασία Μοντέλου	Όνομα Ερευνητή (-ων)	Έτος	Είδος Μοντέλου	Χρήση	Στόχος	Μέθοδος Επίλυσης
Επέκταση του Μοντέλου Στοχαστικής Απώλειας Μέσου χρόνου του Berman	Batta	1989	Μοντέλο Ουράς Αναμονής	Σταθερή Εγκατάσταση	Το μοντέλο αυτό προσθέτει περιορισμούς στο υφιστάμενο μοντέλο του Berman. Το μοντέλο βρίσκει ένα σύνολο από συγκεκριμένα μόνο σημεία τοποθέτησης του εξυπηρετητή και επιλέγει το καλύτερο.	
Μοντέλα Προσέγγισης Ευρωστίας	Kouvelis και Yu	1996	Μοντέλο δημιουργίας σεναρίων	Σταθερή Εγκατάσταση	Το συγκεκριμένο μοντέλο δημιουργεί διαφορετικές περιπτώσεις χειρότερων σεναρίων, ώστε να επιλεγεί η καλύτερη δυνατή απόφαση από μια σειρά δυσμενών αποφάσεων.	
Μοντέλο κάλυψης θέσης για αεροπορικούς κόμβους	Marianon και Serra	2003	Πιθανολογικό	Αεροπορικοί σταθμοί μετεπιβίβασης	Το συγκεκριμένο σύστημα λαμβάνει υπόψη τις πιθανότητες ένας αεροπορικός σταθμός μετεπιβίβασης (hub) να είναι απασχολημένο. Υπάρχουν διαφορετικά σενάρια ανάλογα με τα αεροπλάνα που περιμένουν στην ουρά αναμονής	Πινακοειδής έρευνα (tabu)
Μοντέλο κάλυψης θέσης για αεροδιαδρόμους	Peterson και λοιποί	1995	Μοντέλο Ουράς Αναμονής	Αεροπορικοί διάδρομοι	Μοντέλο εντοπισμού της βέλτιστης θέσης ενός αεροδιαδρόμου. Αρκετά περιορισμένο στην λειτουργία του	
Μοντέλο επιλογής κεντρικών τοποθεσιών ενός αεροδρομίου	Drezner	2001	Δυναμικό	Αεροπορικοί σταθμοί μετεπιβίβασης	Το συγκεκριμένο μοντέλο έχει ως σκοπό την ελαχιστοποίηση της συνολικής απόστασης που διανύεται από τους επιβάτες από ένα αεροδρόμιο σε έναν σταθμό μετεπιβίβασης.	
Μοντέλο επιλογής τοποθεσιών	Kirkpatrick Margules και λοιποί	1983 1988	Στατικό	Οικότοποι	Τα συγκεκριμένα μοντέλα έχουν ως σκοπό τον εντοπισμό της βέλτιστης	

Όνομασία Μοντέλου	Όνομα Ερευνητή (-ων)	Έτος	Είδος Μοντέλου	Χρήση	Στόχος	Μέθοδος Επίλυσης
έμβιων όντων					θέσης τοποθεσιών ή εκτάσεων γης (parcels) προκειμένου στους χώρους αυτούς να διαβιούν με ασφάλεια διαφορετικά είδη έμβιων όντων (θηλαστικά, πουλιά, ψάρια κτλ). Τα μοντέλα αυτά στηρίζονται στα αντίστοιχα μοντέλα κάλυψης θέσης και μεγιστοποίησης κάλυψης ζήτησης	
Μοντέλο Διαχείρισης Τοποθεσίας	Ando και λοιποί Polasky και λοιποί	1998 2001	Πιθανολογικά	Οικότοποι	Αυτά τα μοντέλα ενσωματώνουν πέρα από την επιλογή της βέλτιστης τοποθεσίας και την αξία της γης στην οποία βρίσκονται οι οικότοποι. Επίσης εξετάζεται το κόστος ευκαιρίας που βαρύνει την μη βέλτιστη επιλογή τοποθεσίας.	
Μοντέλο επιλογής εναλλακτικών τοποθεσιών	Snyder Arthur και λοιποί Church και λοιποί Nalle και λοιποί McDonnel και λοιποί	1999 2000 2002 2002 2002	Δυναμικά	Οικότοποι	Τα συγκεκριμένα μοντέλα εξετάζουν πέρα από τις αρχικές τοποθεσίες για οικότοπους και εναλλακτικές τοποθεσίες για έμβια είδη που είναι αποδημητικά.	
Μοντέλο συμπλεγμάτων περιοχής	Fischer και Church Williams και ReVelle Marianon και λοιποί	2003 1998 2008	Δυναμικό	Οικότοποι	Τα μοντέλα αυτά εστιάζουν στην αποτελεσματικότερη συγκρότηση μεμονομένων κομματιών γης, ώστε να αποφευχθεί ο κατακερματισμός των οικότοπων, να διαχωριστούν οι περιοχές ανάλογα με το είδος και να προστατευτούν μεμονομένα είδη, ανάλογα με την σπανιότητά τους.	

