



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΑΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΘΕΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΓΚΙΝΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΔΙΟΚΗΣΗΣ

Χανιά, Σεπτέμβριος 2024

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

Ιωάννης Μαρινάκης

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Ιωάννης Μαρινάκης

Μαγδαληνή Μαρινάκη

Νικόλαος Ματσατσίνης

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελεί μία βιβλιογραφική επισκόπηση στις σύγχρονες τάσεις του Προβλήματος Δρομολόγησης και Αποθεματοποίησης. Στόχος της εργασίας αυτής είναι η συζήτηση και η κριτική ζητημάτων που αφορούν στις πρόσφατες μεταβολές κατά την προσέγγιση του προβλήματος εξετάζοντας τόσο κλασικές όσο και σύγχρονες έρευνες. Η συμβολή αυτής είναι καίρια και εστιάζει στην ανάδειξη των σύγχρονων τάσεων στο πεδίο με στόχο την περαιτέρω βελτιστοποίηση των νέων τεχνολογιών στην αποθεματοποίηση και δρομολόγηση.

Το πρόβλημα δρομολόγησης και αποθεματοποίησης βασίζεται στον τομέα της βελτιστοποίησης αποθεμάτων και σε αυτόν της δρομολόγησης αποθεμάτων, απαιτώντας ταυτόχρονη πολυτομική προσέγγιση με στόχο τη δημιουργία ενός ενιαίου προβλήματος. Παρ'όλαυτά ο τομέας της Εφοδιαστικής Αλυσίδας έχει εξελιχθεί αρκετά τα τελευταία χρόνια ώστε να είναι σε θέση να βελτιστοποιήσει τα πλέον μεγάλα και πολύπλοκα προβλήματα της σύγχρονης πραγματικότητας. Στο βασικό μέρος της παρούσας εργασίας θα γίνει εκτενής αναφορά σε ένα μέρος του συνόλου των δημοσιεύσεων που αφορούν σε σύγχρονες προσεγγίσεις προβλημάτων δρομολόγησης και αποθεματοποίησης. Ταυτόχρονα, κρίνεται σκόπιμη η ομαδοποίηση των εφαρμογών τόσο ως προς τον αλγόριθμο βελτιστοποίησης που χρησιμοποιούν όσο και την κατηγορία που ανήκει το εκάστοτε πρόβλημα καθώς παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον ο τρόπος με τον οποίο προσεγγίζονται τα προβλήματα αυτά στις μέρες μας. Τα αποτελέσματα της μελέτης παρουσιάζονται αναλυτικά προσφέροντας μια ολοκληρωμένη επισκόπηση των τρεχουσών τάσεων και προοπτικών στον τομέα της δρομολόγησης και αποθεματοποίησης. Ολοκληρώνοντας, η παρούσα διπλωματική εργασία παρέχει χρήσιμες γνώσεις για τους ερευνητές στον τομέα αυτό και δημιουργεί νέες προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά, ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κύριο Ιωάννη Μαρινάκη για την αμέριστη εμπιστοσύνη που μου έδειξε εξ' αρχής, αναθέτοντάς μου την παρούσα διπλωματική εργασία, την επιστημονική του καθοδήγηση, τις υποδείξεις του, την υπομονή του και τη συμπαράστασή του.

Ακόμη, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου για όλους όσους ήταν δίπλα μου στα φοιτητικά μου χρόνια με τους οποίους μοιραστήκαμε αξέχαστες στιγμές.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου, τη σύντροφό μου, τους κολλητούς και τους κοντινούς μου ανθρώπους, οι οποίοι έδειξαν τεράστια υπομονή μέσα στα χρόνια έως την ολοκλήρωση αυτού του κύκλου της ζωής μου.

Γιώργος Γκίνης

Χανιά, 2024

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο	6
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
1.1– ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΘΕΜΑΤΟΣ	6
1.2– ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΣΗΜΑΣΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	6
1.3– ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΚΕΙΜΕΝΟΥ	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο	8
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	8
2.1– ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΘΕΩΡΙΑ.....	8
2.1.1– ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ.....	8
2.1.2 - ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ (VRP)	11
2.1.3 - ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΘΕΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗΣ (IRP)	12
2.2– ΚΡΙΣΙΜΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ.....	17
2.3– ΚΕΝΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο	18
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	18
3.1– ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ.....	18
3.2– ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	18
3.3– ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	18
3.4– ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΑ ΑΡΘΡΑ.....	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο	25
ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΑΣ	25
4.1– ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	25
4.2– ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΕΥΡΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΠΙΘΑΝΩΝ ΕΡΜΗΝΕΙΩΝ	43
4.3– ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΕΣ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	44
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ^ο	46
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΤΗΣ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ.....	46
5.1– ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΩΝ ΒΑΣΙΚΩΝ ΕΥΡΗΜΑΤΩΝ	46
5.2– ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ.....	47
5.3– ΠΙΘΑΝΕΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ	47
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	49

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

<i>Εικόνα 1 Διάγραμμα διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας (MARTIN, 2017).....</i>	<i>8</i>
<i>Εικόνα 2 Αφετηρία σχεδιασμού της εφοδιαστικής, ο καταναλωτής (Μαλινδρέτος)</i>	<i>9</i>
<i>Εικόνα 3 Βασικοί στόχοι της εφοδιαστικής (Μαλινδρέτος)</i>	<i>11</i>
<i>Εικόνα 4 Το Πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων με πολλαπλές διαδρομές (Morell & Alba, 2017).....</i>	<i>12</i>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1– ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΘΕΜΑΤΟΣ

Η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, ειδικότερα σε μία μετα-COVID εποχή, αντιμετωπίζει σημαντικές προκλήσεις. Προβλήματα όπως ο πληθωρισμός, η εκπομπή καυσαερίων και οι αυξανόμενες ανάγκες της κοινωνίας σε αγαθά απαιτούν την ανάπτυξη νέων οργανωμένων και πιο αποτελεσματικών συστημάτων μεταφοράς των εμπορευμάτων. Παράλληλα, σημαντικό θέμα συζήτησης αποτελούν οι επιπτώσεις των λύσεων δρομολόγησης και αποθεματοποίησης στο περιβάλλον ενώ υπάρχει πλέον σαφής ανάγκη από λύσεις που συνδυάζουν αποτελεσματικότητα, βιωσιμότητα και υπευθυνότητα στον τομέα αυτό.

Ένα από τα κύρια ζητήματα που έχουν απασχολήσει πρόσφατα την επιστημονική κοινότητα είναι η ενσωμάτωση των προηγμένων τεχνολογιών για την επίλυση προβλημάτων δρομολόγησης και τη βελτίωση των διαδικασιών αποθεματοποίησης. Η αποδοτικότητα και αποτελεσματικότητα των αλγορίθμων κρίνονται πλέον από επιπλέον παράγοντες όπως το περιβαλλοντικό αποτύπωμα, το κοινωνικό αλλά και το τεχνολογικό κόστος συγκριτικά με τα προηγούμενα χρόνια. Συνεπώς, η τεχνολογία διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση του τρόπου λειτουργίας της Εφοδιαστικής Αλυσίδας αλλά και του τρόπου λήψης κρίσιμων αποφάσεων. Η παρούσα βιβλιογραφική ανασκόπηση επικεντρώνεται στην αναγνώριση των καινοτόμων στρατηγικών και πρακτικών υπογραμμίζοντας ταυτόχρονα τις προκλήσεις που αντιμετωπίζει ο σύγχρονος κόσμος της επιχειρηματικότητας.

1.2– ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΣΗΜΑΣΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η παρούσα βιβλιογραφική αναφορά στοχεύει στην παρουσίαση, αξιολόγηση και σύνοψη της τρέχουσας κατάστασης της έρευνας καθώς και των σύγχρονων εφαρμογών στον τομέα της δρομολόγησης και αποθεματοποίησης. Παράλληλα, μέσω της εργασίας αυτής επισημαίνονται οι πιο πρόσφατες εξελίξεις και οι καινοτόμες μεθοδολογίες που εφαρμόζονται στα σύγχρονα προβλήματα. Ακόμη, γίνεται αξιολόγηση του τρόπου με τον οποίο η έρευνα ανταποκρίνεται στις αναγκαιότητες της εποχής, αναδεικνύοντας τις προκλήσεις που προκύπτουν από την εξέλιξη του επιχειρησιακού περιβάλλοντος. Τέλος, αναδύονται οι διαφορετικές προσεγγίσεις του κάθε προβλήματος σε επίπεδο αλγορίθμου επίλυσης και πώς κατηγοριοποιούνται με βάση αυτό.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η βιβλιογραφική αναφορά διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στη λήψη εν γένει στρατηγικών αλλά και πολιτικών αποφάσεων στον χώρο της εφοδιαστικής αλυσίδας. Αποτελεί αδιαμφισβήτητο ένα χρήσιμο εργαλείο που προσφέρει ενδελεχή επισκόπηση της υφιστάμενης γνώσης, επιτρέποντας στους ακαδημαϊκούς αλλά και επαγγελματίες να αντιμετωπίσουν προκλήσεις, να αποκτήσουν σφαιρική γνώση σχετικά με τις σύγχρονες βέλτιστες πρακτικές και να συμβάλλουν στη διαμόρφωση μελλοντικών κατευθύνσεων σε ένα δυναμικά μεταβαλλόμενο τομέα.

1.3– ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΚΕΙΜΕΝΟΥ

Σε πρώτο χρόνο, στην τρέχουσα διπλωματική αναφορά θα γίνει ενδελεχής επεξήγηση στα βασικά χαρακτηριστικά του υπό μελέτη προβλήματος καθώς και στα οφέλη που προκύπτουν από την επίλυση αυτού. Στην ανάλυση περιλαμβάνονται όλα τα μοντέλα και εργαλεία τα οποία είναι απαραίτητα για την

πλήρη κατανόηση του προβλήματος καθώς και κάποιες απαραίτητες εισαγωγικές έννοιες που αφορούν στο πρόβλημα δρομολόγησης και αποθεματοποίησης. Σε δεύτερο χρόνο, θα γίνει παρουσίαση των ερευνητικών ερωτημάτων στα οποία καλείται να απαντήσει η παρούσα βιβλιογραφική αναφορά και κατόπιν θα γίνει λεπτομερής ανάλυση στη μεθοδολογία και στα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνηση της έρευνας.

Ύστερα, θα γίνει παράθεση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την έρευνα καθώς και συζήτηση σχετικά με τα ευρήματα και των πιθανών ερμηνειών αυτών. Η εργασία ολοκληρώνεται με μία ανασκόπηση των βασικών ευρημάτων σχολιάζοντας τέλος τη συνεισφορά της εργασίας στο πεδίο και δίνοντας πιθανές κατευθύνσεις για μελλοντική έρευνα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1– ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΘΕΩΡΙΑ

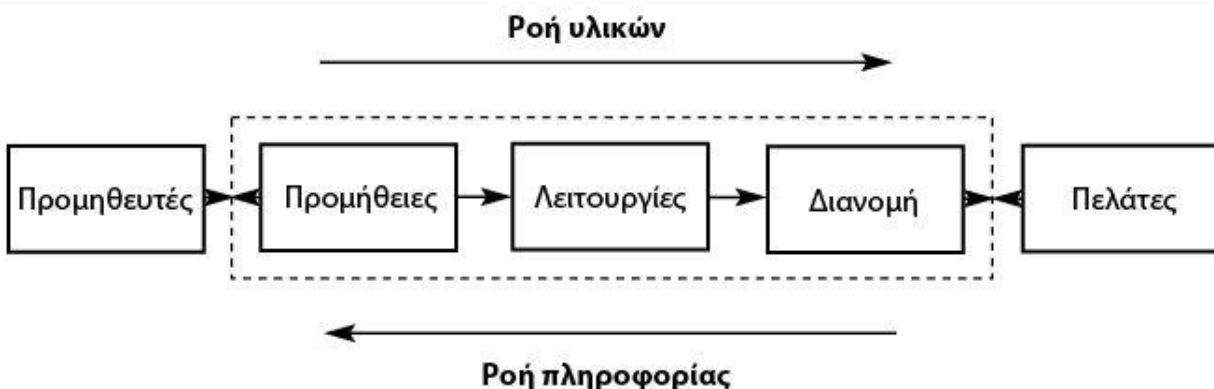
Τις τελευταίες δεκαετίες έχει παρατηρηθεί μία αυξανόμενη ζήτηση των πακέτων βελτιστοποίησης οι οποίες βασίζονται σε τεχνικές Επιχειρησιακής Έρευνας και Μαθηματικού προγραμματισμού με στόχο την αποτελεσματικότερη διαχείριση της παροχής αγαθών και υπηρεσιών στα συστήματα διανομής.

2.1.1– ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ

Ως εφοδιαστική αλυσίδα ορίζεται όλη η διαδικασία παραγωγής και πώλησης εμπορικών αγαθών, συμπεριλαμβανομένου κάθε σταδίου από την προμήθεια υλικών και την κατασκευή των αγαθών έως τη διανομή και την πώλησή τους. Η επιτυχής διαχείριση των αλυσίδων εφοδιασμού είναι απαραίτητη για κάθε εταιρεία που ελπίζει να ανταγωνιστεί.

Σύμφωνα με τους Jespersen και Larsen (2005) η εφοδιαστική αλυσίδα ορίζεται ως ένα σύστημα του οποίου τα συστατικά αποτελούνται από προμηθευτές υλικών, εγκαταστάσεις παραγωγής, υπηρεσίες διανομής και πελάτες τα οποία συνδέονται μεταξύ τους μέσω ροής υλικών προς τα εμπρός και τη ροή πληροφοριών προς τα πίσω. Ενώ σύμφωνα με τον Quinn (1977) η εφοδιαστική αλυσίδα περιλαμβάνει όλες τις δραστηριότητες και τις διαδικασίες που σχετίζονται με το σχεδιασμό και την παραγωγή προϊόντων και υπηρεσιών, τη διανομή και την εξυπηρέτηση πελατών που εκτελούνται από δύο ή περισσότερες επιχειρήσεις με σκοπό την ικανοποίηση των αναγκών του πελάτη.

Εξετάζοντας την εφοδιαστική αλυσίδα στρατηγικά, οι Fandel και Stammen (2004) ορίζουν την εφοδιαστική αλυσίδα ως τη διαδικασία επανεξέτασης των σχέσεων μιας επιχείρησης με τους προμηθευτές και τους πελάτες της, με σκοπό την εκκίνηση νέων επιχειρηματικών πεδίων. (Supply Chain Digital, χ.χ.)



Εικόνα 1 Διάγραμμα διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας (MARTIN, 2017)

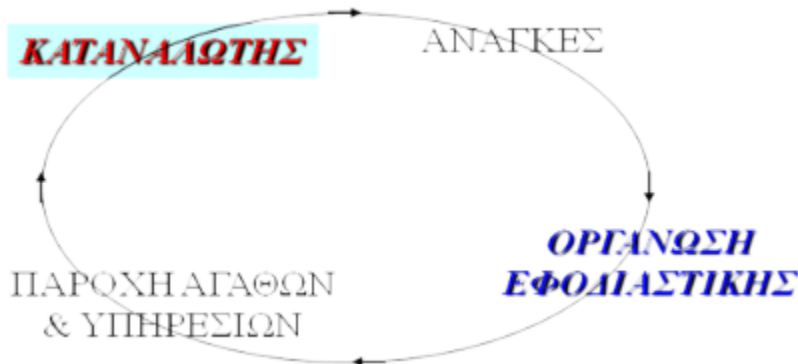
ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ

Η σημασία της Εφοδιαστικής για τον καταναλωτή, τις επιχειρήσεις και το περιβάλλον παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Έχοντας υπόψη την ταυτότητα, την ιστορική εξέλιξη και την προοδευτική πορεία της Εφοδιαστικής/Logistics, στην παράγραφο αυτή παρουσιάζονται τα αναμενόμενα οφέλη και η σημασία της για τον καταναλωτή, τις επιχειρήσεις και την προστασία του περιβάλλοντος. Όπως αναφέρθηκε ήδη, η αξία που παράγεται από τους προσφέροντες προϊόντα/υπηρεσίες στην αγορά, προέρχεται από την ικανοποίηση που παρέχεται στους καταναλωτές ως πελάτες των επιχειρήσεων ή Πολίτες ως λήπτες δημόσιων αγαθών από το κράτος, με την ευρεία έννοια του δημόσιου τομέα. (Μαλινδρέτος)

Σημασία για τους καταναλωτές.

Η ενοποίηση των επιχειρήσεων σε μία ολοκληρωμένη εφοδιαστική αλυσίδα, με σκοπό την αποτελεσματική αντιμετώπιση του ανταγωνισμού στον παγκόσμιο πλέον χώρο των αγορών, προϋποθέτει τη διασφάλιση της πελατείας ή/και την αύξησή της. Με αφετηρία τις πραγματικές ανάγκες και στόχο την ποιοτική εξυπηρέτηση και ικανοποίηση του τελικού καταναλωτή (πελάτη), επαναθεωρούνται όλες οι διαδικασίες παραγωγής και διακίνησης στην εφοδιαστική αλυσίδα, με εισαγωγή της έννοιας του πελάτη (και του προμηθευτή παράλληλα) σε όλες τις φάσεις της εφοδιαστικής αλυσίδας (ο έμπορος πελάτης του παραγωγού, η λιανική πελάτης των εμπόρων, κτλ.).

Η Εφοδιαστική ουσιαστικά αποσκοπεί στο να μετουσιώσει τις πραγματικές ανάγκες σε ικανοποίηση μέσω πρακτικών τρόπων διακίνησης αγαθών και υπηρεσιών. Με άλλα λόγια, ο καταναλωτής αποτελεί αφετηρία σχεδιασμού και το τέλος της αλυσίδας με την παροχή σε αυτούς αγαθών και υπηρεσιών. (Μαλινδρέτος)



Εικόνα 2 Αφετηρία σχεδιασμού της εφοδιαστικής, ο καταναλωτής (Μαλινδρέτος)

Σημασία για τις επιχειρήσεις

Η εμφάνιση και ταχεία πρόοδος της Εφοδιαστικής/Logistics εκφράζει επιχειρηματικές πρωτοβουλίες για την προσαρμογή και βιωσιμότητα της επιχείρησης, μέσα σε ένα εξ' ολοκλήρου νέο οικονομικό, κοινωνικό και οικολογικό περιβάλλον, σκληρού ανταγωνισμού σε παγκόσμιο πλέον επίπεδο. Αναγκαίες είναι λοιπόν οι δράσεις συνεργασίας και σύμπραξης μεταξύ των επιχειρήσεων σε ολόκληρο το πλέγμα της εφοδιαστικής αλυσίδας, από τις προμήθειες πρώτων υλών μέχρι τους τελικούς καταναλωτές. Με τον τρόπο αυτό θα αποκομίσουν πολλαπλασιαστικά «συνεργικά αποτελέσματα» (π.χ. μέσω αξιοποίησης οικονομιών κλίμακας), από τη συνεργατική δράση σε ολόκληρη την αλυσίδα. Αυτά συμπεριλαμβάνουν τον προσδιορισμό βέλτιστων λύσεων και πρακτικών σε λειτουργικό επίπεδο, τον εντοπισμό των οικονομικότερων και καλύτερης ποιότητας υλικών σε επίπεδο παγκόσμιων αγορών

(παγκοσμιοποίηση πηγών προμηθειών) και παράλληλα την εμφάνιση νέων ιδεών και μετατροπής τους σε εμπορεύσιμες καινοτομίες (innovations). Πρόσθετη θετική επίδραση ασκεί η παράλληλη ταχεία πρόοδος της διαδικτυακής επικοινωνίας μέσα σε όλο το κύκλωμα των συνεργαζόμενων επιχειρήσεων. Έτσι, είναι εφικτή η συλλογική μετατροπή των προκλήσεων σε ευκαιρίες αξιοποίησης, σε μία αλυσίδα θετικού οφέλους για όλους τους εμπλεκόμενους, κάτι που εξηγεί το γεγονός ότι οι παγκόσμιες συναλλαγές διεξάγονται πλέον σε επίπεδο εφοδιαστικών αλυσίδων. (Μαλινδρέτος)

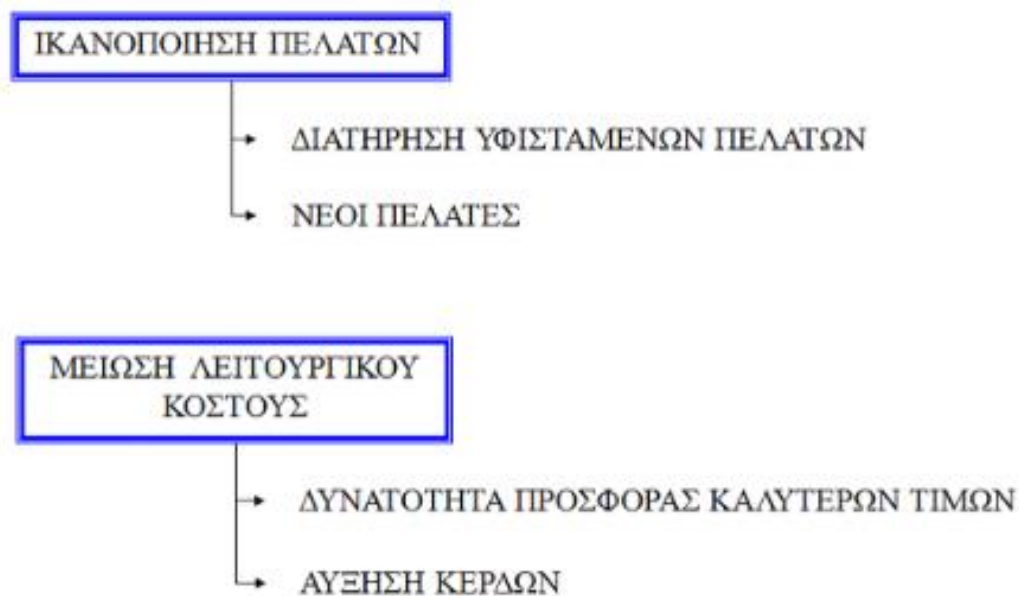
Σημασία για το περιβάλλον

Η σημασία της Εφοδιαστικής/Logistics για το περιβάλλον αναφέρεται στο ότι η πρόοδος στη Βιώσιμη Διαχείριση της Εφοδιαστικής Αλυσίδας (ΒΔΕΑ) και η ακόμη πιο πρόσφατα της Πράσινης Διαχείριση της Εφοδιαστικής Αλυσίδας (ΠΔΕΑ) αφορούν βασικά στην ενσωμάτωση της οικολογίας και της προστασίας του περιβάλλοντος, στον σχεδιασμό και οργάνωσή της. Σημειώτέον επίσης ότι το ενδιαφέρον για την προστασία του περιβάλλοντος εκδηλώθηκε με την έννοια της Βιωσιμότητας (Sustainability) το 1972 και την ΑΑ το 1987, με προέλευση τη «Λέσχη της Ρώμης» (Club of Rome) και την επονομαζόμενη Επιτροπή Burtland. Επί του παρόντος αναφερόμαστε σε μια σειρά από πλευρές του πολύπλοκου θέματος της προστασίας του περιβάλλοντος:

- Η εκδήλωση επίσημου ενδιαφέροντος για την προστασία του περιβάλλοντος υπήρξε μετά παρέλευση άνω των δύο αιώνων από την αποκαλούμενη «βιομηχανική επανάσταση» από τα μέσα του 18ου αιώνα.
- Οιαδήποτε ενασχόληση με το θέμα της προστασίας του περιβάλλοντος ή ορισμένων πλευρών αυτού συνίσταται να εντάσσεται στα πλαίσια της ολοκληρωμένης ΒΔΕΑ.
- Ο αυξανόμενος επιχειρηματικός ανταγωνισμός, που άσκησε πιέσεις στην ανταγωνιστικότητα των επιχειρήσεων, λειτούργησε στην ίδια κατεύθυνση με την ευαισθητοποίηση για το περιβάλλον, συνθέτοντας παράλληλα το πρόβλημα επιχειρήσεων και οργανισμών στο εντελώς νέο περιβάλλον και συνθήκες αλληλεξάρτησης (Seuring and Muller, 2008).
- Λόγω ευρύτερης ευαισθητοποίησης και θέσπισης νομοθεσίας και ειδικών μέτρων για την προστασία του περιβάλλοντος (π.χ. «ο ρυπαίνων πληρώνει»), δυσχεραίνεται η αξιολόγηση του κατά πόσον πρόκειται για ευαισθητοποίηση της διοίκησης των επιχειρήσεων ή επιβολή της νομοθεσίας.
- Παρά την αύξηση της ευαισθητοποίησης και της νομοθεσίας για την προστασία του περιβάλλοντος, τα διάφορα φαινόμενα, όπως η τρύπα του όζοντος, το φαινόμενο του θερμοκηπίου, η τήξη των πάγων της Αρκτικής και ευρύτερα οι διαγραφόμενοι κίνδυνοι σοβαρής διατάραξης της οικολογικής ισορροπίας και επικίνδυνης «αλλαγής του κλίματος», δυσχεραίνονται.
- Η αξιοποίηση των αποβλήτων αλλά και των επιστρεφόμενων προϊόντων ως πηγή αξίας αποτελεί πλέον ισχυρή κοινωνική επιταγή, μέσω οργανωμένης, ολοκληρωμένης εφοδιαστικής διαχείρισης στην ανάστροφη (αντίστροφη) εφοδιαστική αλυσίδα (Reverse Logistics).
- Υπάρχει μια τάση βαθμιαίας στροφής σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ιδιαίτερα αιολικής, ηλιακής και υδατοπτώσεις), μετά από τη μακρά επικράτηση του άνθρακα και κατόπιν του πετρελαίου, με υψηλή ρυπογόνο επιβάρυνση. (Μαλινδρέτος)

ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ

Η Εφοδιαστική (Logistics) επιδιώκει να ικανοποιήσει τους επιχειρησιακούς στόχους με το μικρότερο κόστος. Με λίγες λέξεις, επιδιώκει να βρísκεται το «σωστό προϊόν, στη σωστή ποσότητα και ποιότητα, στον σωστό τόπο, στον σωστό χρόνο, με το σωστό (ελάχιστο δυνατό) κόστος» (Gattorna, 1997). Από τα παραπάνω, είναι φανερό ότι η Εφοδιαστική πρέπει να ικανοποιεί δύο κριτήρια: Το ένα κριτήριο είναι η ποιότητα των υπηρεσιών που παρέχονται σε ολόκληρη την αλυσίδα με τελικό αποδέκτη τους καταναλωτές (ικανοποίηση πελατών) και το δεύτερο κριτήριο είναι το χαμηλό κόστος με το οποίο επιτυγχάνει την ποιότητα αυτών των υπηρεσιών.

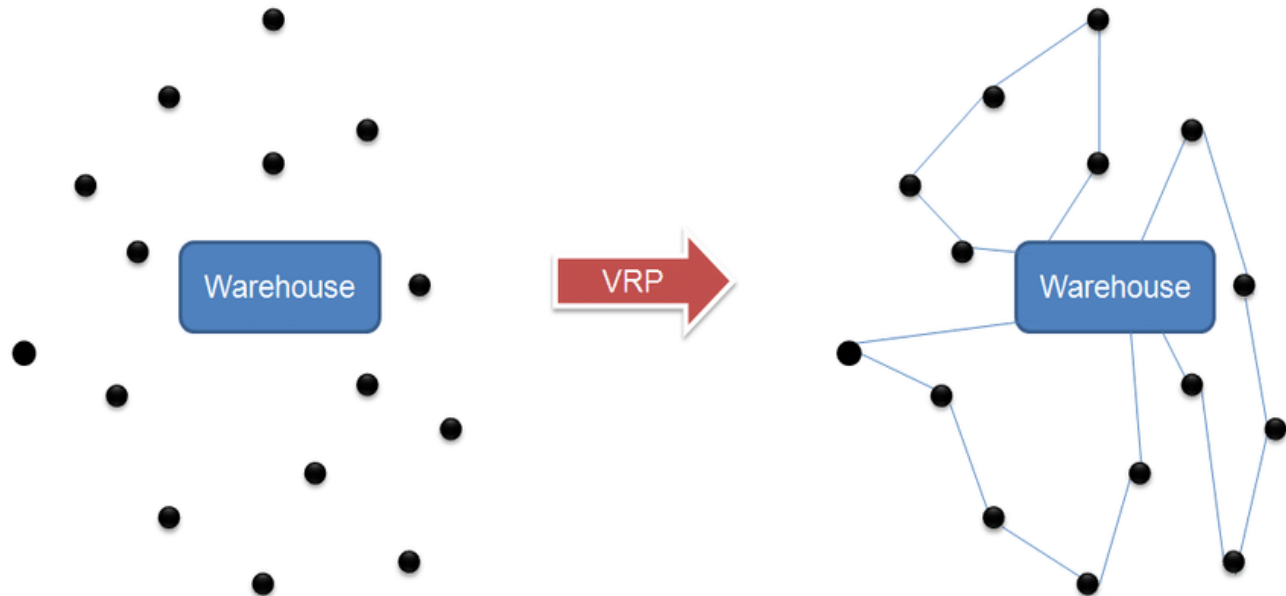


Εικόνα 3 Βασικοί στόχοι της εφοδιαστικής (Μαλινδρέτος)

2.1.2 - ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ (VRP)

Το πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων (Vehicle Routing Problem – VRP) έχει σαν στόχο να προσδιορίσει το βέλτιστο σύνολο των διαδρομών που θα χρησιμοποιηθούν από έναν αριθμό οχημάτων έτσι ώστε να μεταφερθούν τα αγαθά στους χώρους αποθήκευσης για χάρη πελατών της κάθε εταιρείας.

Το συγκεκριμένο πρόβλημα αποτελεί μια γενικευμένη μορφή του προβλήματος του πλανόδιου πωλητή που αναφέρθηκε προηγουμένως το οποίο εμφανίστηκε πρώτη φορά από τον G. Dantzig και τον J. Ranssen το 1959. Οι Dantzig και Ranssen παρουσίασαν μια αλγοριθμική προσέγγιση επίλυσης του προβλήματος της δρομολόγησης οχημάτων, χρησιμοποιώντας για παράδειγμα την παράδοση βενζίνης σε διάφορους σταθμούς εξυπηρέτησης με σκοπό την ελαχιστοποίηση του κόστους, δηλαδή την εύρεση της ελάχιστης απόστασης που οφείλουν να διανύσουν οι οδηγοί για την εξυπηρέτηση των πελατών. Αργότερα, δόθηκαν επιπλέον στοιχεία στη λύση του VRP από τους Clarke και Wright το 1964 προτείνοντας έναν ευρετικό αλγόριθμο για τη βελτίωσή του. Με βάση τις δύο αυτές προσεγγίσεις ακολούθησαν και άλλα μοντέλα και αλγόριθμοι οι οποίοι επιδίωκαν την βέλτιστη λύση του προβλήματος παρέχοντας δεκάδες πακέτα λύσεων στην αγορά.



Εικόνα 4 Το Πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων με πολλαπλές διαδρομές (Morell & Alba, 2017)

Στην παραπάνω εικόνα απεικονίζονται αρχικά οι σταθμοί εξυπηρέτησης που πρέπει να εξυπηρετηθούν από την κεντρική αποθήκη. Η λύση του προβλήματος δρομολόγησης οχημάτων δημιουργεί βέλτιστες διαδρομές εξυπηρέτησης των κόμβων μέσω τόξων. Τα τόξα αυτά μπορεί να είναι κατευθυνόμενα ή μη, λόγω της πιθανής παρουσίας μονοδρόμων ή διαφορετικού κόστους προς κάθε κατεύθυνση. Κάθε τόξο φέρει ένα σχετικό κόστος που δύναται να είναι είτε το μήκος είτε ο χρόνος του ταξιδιού που μπορεί να εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως ο τύπος του οχήματος.

2.1.3 - ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΘΕΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗΣ (IRP)

Το Πρόβλημα Δρομολόγησης και Αποθεματοποίησης (Inventory Routing Problem, IRP) αποτελεί ένα σημαντικό πρόβλημα ολοκλήρωσης δύο βασικών στοιχείων διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας, ήτοι τη διαδικασία διανομής και τον έλεγχο των αποθεμάτων. Τα δύο παραπάνω στοιχεία έχουν εξεταστεί ως επί το πλείστον ως ανεξάρτητες διαδικασίες χωρίς να έχει εξεταστεί διεξοδικά η αλληλεπίδρασή τους. Ωστόσο, έχει γίνει αντιληπτό ότι η αποτελεσματική ενασχόληση με την ενοποίησή τους μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικά οφέλη για το συνολικό σύστημα της εφοδιαστικής αλυσίδας (Zachariadis, Tarantilis, & Kiranoudis, 2009).

Πρέπει να ληφθούν τρεις αποφάσεις:

- Πότε πρέπει να εξυπηρετηθεί ένας πελάτης;
- Πόση ποσότητα πρέπει να μεταφερθεί στον πελάτη;
- Ποιά διαδρομή πρέπει να ακολουθηθεί; (Campbell, Clarke, Kleywegt, & Savelsbergh, 1998)

Η κατηγορία των προβλημάτων δρομολόγησης και αποθεματοποίησης είναι μεγάλη και ο αριθμός των προσεγγίσεων επίλυσης που έχουν προταθεί για την επίλυσή τους είναι ακόμη μεγαλύτερος. Όλα τα προβλήματα δρομολόγησης αποθεμάτων μοιράζονται ορισμένα βασικά χαρακτηριστικά. Όλα εξετάζουν περιβάλλοντα στα οποία τα προϊόντα αποστέλλονται από έναν προμηθευτή σε ένα ή περισσότερους πελάτες μέσω, συνήθως, δεδομένης χωρητικότητας οχημάτων. Τα κόστη που προκύπτουν για την απόσταση που διανύουν τα οχήματα και το κόστος αυτό περιλαμβάνεται στην αντικειμενική συνάρτηση. Αυτό το χαρακτηριστικό εξηγεί τη λέξη δρομολόγηση στην ονομασία της κατηγορίας προβλημάτων. (Bertazzi, Savelsbergh, & Speranza, Inventory Routing, 2008)

Αυτό που κάνει αυτή την κατηγορία προβλημάτων να διαφέρει σημαντικά από τις άλλες κατηγορίες προβλημάτων δρομολόγησης είναι η παρουσία μιας συνιστώσας αποθέματος, γεγονός που εξηγεί τη λέξη αποθέματα στο όνομα του προβλήματος της δεδομένης κατηγορίας. Η συνιστώσα του αποθέματος προκύπτει επειδή οι πελάτες καταναλώνουν το προϊόν με την πάροδο του χρόνου και έχουν μόνο περιορισμένη αποθηκευτική ικανότητα. Ο προμηθευτής πρέπει να διαχειριστεί το απόθεμα του προϊόντος των πελατών του για να διασφαλίσει ότι οι πελάτες δεν αντιμετωπίζουν ελλειμματική κατάσταση. Η συνιστώσα του αποθέματος προσθέτει έτσι μια χρονική διάσταση στην παραδοσιακή χωρική διάσταση των προβλημάτων δρομολόγησης. Η παρουσία του αποθέματος περιπλέκει τις αποφάσεις δρομολόγησης με δύο θεμελιώδεις τρόπους. Πρώτον, η περιορισμένη ικανότητα διατήρησης (αποθήκευσης) αποθεμάτων στον προμηθευτή ή/και στους πελάτες πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τη λήψη αποφάσεων σχετικά με τις ποσότητες παράδοσης. Δεύτερον, μπορεί να προκύψει, είτε στον προμηθευτή είτε στους πελάτες, κόστος αποθεματοποίησης, το οποίο πρέπει να ληφθεί υπόψη στην αντικειμενική συνάρτηση. (Bertazzi, Savelsbergh, & Speranza, Inventory Routing, 2008)

ΧΑΡΑΚΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Πέρα από αυτά τα βασικά χαρακτηριστικά, υπάρχει ένα σύνολο άλλων χαρακτηριστικών που μπορούν να αλλάξουν σημαντικά τη δομή ενός προβλήματος δρομολόγησης αποθεμάτων, όπως:

- ο ορίζοντας προγραμματισμού μπορεί να είναι πεπερασμένος ή άπειρος,
- το κόστος διακράτησης αποθεμάτων μπορεί να λαμβάνεται υπόψη ή όχι,
- το κόστος διακράτησης αποθεμάτων μπορεί να χρεώνεται μόνο στον προμηθευτή, στον προμηθευτή και στους πελάτες, ή μόνο στους πελάτες,
- οι ρυθμοί παραγωγής και κατανάλωσης μπορεί να είναι ντετερμινιστικοί ή στοχαστικοί,
- η παραγωγή και η κατανάλωση λαμβάνουν χώρα σε διακριτές χρονικές στιγμές ή πραγματοποιούνται συνεχώς,
- οι ρυθμοί παραγωγής και κατανάλωσης είναι σταθεροί με την πάροδο του χρόνου ή μεταβάλλονται με την πάροδο του χρόνου.
- η βέλτιστη πολιτική παράδοσης μπορεί να επιλεγεί μεταξύ όλων των πιθανών πολιτικών ή πρέπει να επιλεγεί μεταξύ μιας συγκεκριμένης κατηγορίας πολιτικών. (Bertazzi, Savelsbergh, & Speranza, Inventory Routing, 2008)

Το IRP περιλαμβάνει ένα σύνολο πελατών, όπου κάθε πελάτης έχει διαφορετική ζήτηση κάθε ημέρα. Για παράδειγμα, κάθε πελάτης χρησιμοποιεί ένα αγαθό, όπως το πετρέλαιο θέρμανσης ή το μεθάνιο, με έναν εκτιμώμενο ρυθμό κατανάλωσης. Κάθε πελάτης διαθέτει μια γνωστή χωρητικότητα (για παράδειγμα, το μέγεθος της δεξαμενής του για τη φύλαξη πετρελαίου θέρμανσης). Στόχος είναι η ελαχιστοποίηση του ετήσιου κόστους παράδοσης, ενώ παράλληλα επιχειρείται να διασφαλιστεί ότι κανένας πελάτης δεν θα ξεμείνει από το εμπόρευμα ανά πάσα στιγμή. Το κίνητρο πίσω από αυτό το σύστημα διανομής είναι η σημασία της διατήρησης επαρκούς αποθέματος στη θέση του πελάτη. Το πρόβλημα βελτιστοποίησης που επιλύεται στην πραγματικότητα, είναι το πρόβλημα της ελαχιστοποίησης

ενός "κόστους" για την ανάθεση πελατών σε συγκεκριμένες ημέρες για εξυπηρέτηση, συν το κόστος παράδοσης για μια περίοδο, λόγου χάριν, μιας εβδομάδας ή δύο εβδομάδων. Αναφερόμαστε στην πραγματική χρονική περίοδο για την οποία επιλύεται το πρόβλημα της παράδοσης ως "περίοδος προγραμματισμού". Το πρόβλημα που διατυπώνουμε και επιλύουμε αντανακλά μια προσπάθεια ελαχιστοποίησης του ετήσιου κόστους παράδοσης, το οποίο μπορεί να μην είναι το ίδιο με την ελαχιστοποίηση του κόστους παράδοσης για κάθε περίοδο προγραμματισμού ξεχωριστά. Καθ' όλη τη διάρκεια της ανάλυσης αυτού του προβλήματος, υποθέτουμε ότι εάν ένας πελάτης ξεμείνει από αποθέματα, αναπληρώνεται αμέσως από την υπηρεσία έκτακτης ανάγκης. Επιπλέον, υποθέτουμε ότι κάθε πελάτης καταναλώνει περισσότερο από ό,τι μπορεί να χωρέσει η σταθερή χωρητικότητα της δεξαμενής του κατά τη διάρκεια ενός έτους- έτσι, προκειμένου να μην ξεμείνει από το αγαθό, ένας πελάτης απαιτεί έναν αριθμό αναπληρώσεων ετησίως. Σε μια δεδομένη ημέρα, η ζήτηση του πελάτη ορίζεται ως η χωρητικότητα της δεξαμενής μείον το απόθεμα που είναι αποθηκευμένο. Αυτό συνεπάγεται μια πολιτική αναπλήρωσης σύμφωνα με την οποία η δεξαμενή ενός πελάτη γεμίζει πάντα όταν εξυπηρετείται. Κατά συνέπεια, εάν ο ρυθμός κατανάλωσης του πελάτη είναι γνωστός, η ποσότητα που παραδίδεται καθορίζεται από την ημέρα παράδοσης (Dror & Pierre, 1988).

Όλοι οι πελάτες εξυπηρετούνται από μία κεντρική αποθήκη στην οποία τα οχήματα ξεκινούν και τερματίζουν όλες τις διαδρομές τους. Αυτή η κεντρική αποθήκη χρησιμεύει τόσο ως σταθμός στάθμευσης όσο και ως σταθμός ανεφοδιασμού του στόλου των οχημάτων. Η στελέχωση των οδηγών και ο αριθμός και ο τύπος των οχημάτων που θα χρησιμοποιηθούν σε μια δεδομένη ημέρα είναι δεδομένες παράμετροι στη διατύπωση του προβλήματός μας και το κόστος τους θεωρείται ως σταθερά. Σημειώνουμε ότι ενώ το IRP είναι ένα επιχειρησιακό πρόβλημα, που αφορά άμεσα τις καθημερινές δραστηριότητες, τα ζητήματα που αφορούν τη στελέχωση και τη σύνθεση του στόλου αποτελούν μεσοπρόθεσμες τακτικές αποφάσεων. Εδώ δεν εξετάζουμε τα τακτικά ζητήματα, αλλά την καθημερινή λειτουργία ενός συστήματος δρομολόγησης αποθεμάτων. Υποθέτουμε ότι δεν καθορίζονται χρονικά παράθυρα παράδοσης- έτσι, η αναπλήρωση μπορεί να πραγματοποιηθεί οποιαδήποτε στιγμή κατά τη διάρκεια της εργάσιμης ημέρας (Dror & Pierre, 1988).

Οι βασικοί στόχοι που επιτυγχάνονται κατά την επίλυση του προβλήματος δρομολόγησης αποθεμάτων είναι οι εξής:

1. Βελτίωση χρόνων παράδοσης.
2. Μείωση επιπέδου Αποθεματικού.
3. Βελτίωση της Ολοκληρωμένης Παρακολούθησης.
4. Ενίσχυση της βιωσιμότητας.

ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Όπως περιγράφεται συνοπτικά στην εισαγωγική ενότητα, εξετάζεται το μοντέλο IRP σε πεπερασμένο χρονικό ορίζοντα T μονάδων ($t=1, 2, \dots, T$). Ο ορίζοντας αυτός επαναλαμβάνεται περιοδικά μέχρι το άπειρο, με χρονικό διάστημα κύκλου ίσο με το μήκος του T . Η παραδοχή αυτή οδηγεί στην παραγωγή πρακτικών και αναγνωρίσιμων χρονοδιαγραμμάτων προγραμματισμού για κάποια περίοδο αναφοράς μιας εβδομάδας, ενός μήνα, ενός έτους κ.λπ. Το μοντέλο ορίζεται ως ακολούθως σε ένα γράφημα $G = (V, A)$, όπου $V = \{v_0, v_1, \dots, v_n\}$ είναι το σύνολο των κορυφών και $A = \{(v_i, v_j): v_i, v_j \in V, i \neq j\}$ είναι το σύνολο τόξων. Η κορυφή v_0 αντιπροσωπεύει την κεντρική αποθήκη, όπου δεν υπάρχουν αποθέματα. Αυτή η αποθήκη λειτουργεί ως σταθμός για ένα στόλο K οχημάτων. Κάθε όχημα veh_i ($i = 1, \dots, K$) έχει χωρητικότητα ίση με Q . Οι κορυφές του $V \setminus \{v_0\}$ σχηματίζουν το σύνολο των πελατών (λιανοπωλητών). Με κάθε πελάτη v_i ($i = 1, 2, \dots, n$) συνδέεται μια ντετερμινιστική ζήτηση προϊόντος d_i ανά χρονική μονάδα,

και ένα μοναδιαίο κόστος διατήρησης αποθεμάτων ίσο με h_i (τόσο το d_i όσο και το h_i έχουν ακέραιες τιμές). Έστω το απαιτούμενο κόστος για τη μετακίνηση μεταξύ ενός ζεύγους θέσεων $(v_i, v_j) \in A$ είναι c_{ij} . Όλοι οι λιανοπωλητές έχουν επαρκή ικανότητα να αποθηκεύουν τη σχετική ζήτησή τους για έναν πλήρη κύκλο D_i ($D_i = T \cdot d_i$). Σε κάθε χρονική μονάδα t , κάθε λιανοπωλητής μπορεί να επισκεφθεί μία φορά - από οποιοδήποτε από τα K διαθέσιμα οχήματα - για να λάβει κάποια ποσότητα προϊόντος. Η συνολική ποσότητα που παραδίδεται σε κάθε πελάτη κατά τη διάρκεια του ορίζοντα προγραμματισμού πρέπει να ισούται με τη συνολική ζήτηση D_i . Το φορτίο μεταφοράς του οχήματος δεν μπορεί να υπερβαίνει τη χωρητικότητα του οχήματος Q . Ο στόχος του προβλήματος είναι να προσδιοριστεί το σύνολο των δρομολογίων για κάθε μία από τις χρονικές μονάδες του ορίζοντα προγραμματισμού, μαζί με τις σχετικές ποσότητες παράδοσης στους πελάτες, έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι συνολικές δαπάνες μεταφοράς και τα κόστη αποθεματοποίησης (Zachariadis, Tarantilis, & Kiranoudis, 2009).

Για να δώσουμε μια μαθηματική διατύπωση, εισάγουμε τα εξής συμβολισμό: έστω x_{ijk} μια δυαδική μεταβλητή που ισούται με 1, εάν και μόνο εάν η κορυφή v_j επισκέπτεται αμέσως μετά την v_i ($i - j$) τη χρονική στιγμή μονάδα t , από το όχημα k . Η μεταβλητή q_{it} αντιπροσωπεύει την ποσότητα του προϊόντος που παραδίδεται στον πελάτη i , τη χρονική στιγμή t . Το επίπεδο αποθέματος ενός πελάτη v_i , στη χρονική μονάδα t , πριν από την πιθανή αναπλήρωσή του είναι ίσο με sb_{it} . Η δυαδική μεταβλητή z_{it} είναι ίση με 1, εάν και μόνο εάν ο πελάτης v_i λαμβάνει κάποια ποσότητα προϊόντος κατά την t ($q_{it} > 0$). Η μεταβλητή e_{it} είναι ίση με 1, εάν το επίπεδο αποθέματος πριν από την αναπλήρωση του v_i τη χρονική στιγμή t είναι μεγαλύτερο από 0 ($sb_{it} > 0$)- και 0 διαφορετικά ($sb_{it} = 0$). Τέλος, για την ανώτερη για τον καθορισμό των ποσοτήτων παράδοσης, χρησιμοποιούμε τη σχέση $M = \max(D_i) + 1$, ($i = 1, \dots, n$). Η διατύπωση του προβλήματος έχει ως εξής:

Η αντικειμενική συνάρτηση (1) αποτελείται από δύο όρους. Ο πρώτος αξιολογεί το συνολικό κόστος των αποθεμάτων, ενώ ο δεύτερος αντιστοιχεί στο συνολικό κόστος δρομολόγησης κατά την περίοδο προγραμματισμού. Οι περιορισμοί (2) εξασφαλίζουν ότι όταν ένα όχημα επισκέπτεται μια τοποθεσία, αναχωρεί επίσης από αυτήν. Η εφάπαξ χρήση των οχημάτων σε κάθε χρονική στιγμή διασφαλίζεται από την (3). Οι σχέσεις (4) και (5) εγγυώνται ότι $z_{it} = 1$, εάν και μόνο αν $q_{it} > 0$. Οι περιορισμοί (6) δηλώνουν ότι κάθε φορά που ένας πελάτης λαμβάνει κάποια ποσότητα προϊόντος, ο πελάτης αυτός επισκέπτεται μία φορά από ένα μόνο όχημα, ενώ οι (7) είναι οι περιορισμοί χωρητικότητας των οχημάτων. Το επίπεδο αποθέματος ενός πελάτη τη χρονική στιγμή $t + 1$ εκφράζεται ως συνάρτηση του επιπέδου αποθέματος και της ποσότητας αναπλήρωσης στην προηγούμενη χρονική μονάδα t με τις σχέσεις (8) και (9). Οι περιορισμοί (10) και (11) εξασφαλίζουν ότι $e_{it} = 1$, εάν και μόνο εάν $sb_{it} > 0$. Επιπλέον, οι περιορισμοί (11) δεν επιτρέπουν κανένα απόθεμα για τους εμπόρους. Οι σχέσεις (12) εγγυώνται ότι για κάθε πελάτη v_i υπάρχει τουλάχιστον μία χρονική μονάδα t^* , για την οποία $sb_{it} = 0$. Αυτοί οι περιορισμοί επιβάλλουν το ελάχιστο ύψος του αποθέματος κάθε πελάτη στο 0. Αυτοί χρησιμοποιούνται για να ορίσουν αποκλειστικά το κόστος αποθέματος του πελάτη v_i , για μια δεδομένη σειρά αναπλήρωσης ποσοτήτων q_{it} ($t = 1, \dots, T$). Οι περιορισμοί (13) είναι τυπικές επιμέρους συνθήκες που εγγυώνται ότι η αποθήκη είναι παρούσα σε κάθε παραγόμενη διαδρομή. Τέλος, οι (14)-(17) καθορίζουν την τύπο των μεταβλητών του μοντέλου (Zachariadis, Tarantilis, & Kiranoudis, 2009).

$$\min \left(\sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n (sb_{it} + q_{it} - \frac{d_i}{2}) \cdot h_i + \sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_{ijtk} \cdot c_{ij} \right) \quad (1)$$

$$\text{υπό} \quad \sum_{i=0}^n x_{ijtk} - \sum_{p=0}^n x_{jp tk} = 0 \\ j = (0, \dots, n); k = (1, \dots, K); t = (1, \dots, T), \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{0jtk} \leq 1 \\ k = (1, \dots, K); t = (1, \dots, T), \quad (3)$$

$$q_{it} \leq M \cdot z_{it} \\ i = (1, \dots, n); t = (1, \dots, T), \quad (4)$$

$$q_{it} \geq z_{it}, i = (1, \dots, n) \\ t = (1, \dots, T), \quad (5)$$

$$\sum_{k=1}^K \sum_{j=0}^n x_{ijtk} - z_{it} = 0 \\ i = (1, \dots, n); t = (1, \dots, T), \quad (6)$$

$$\sum_{k=1}^K \sum_{j=0}^n x_{ijtk} \cdot q_{it} \leq Q \\ k = (1, \dots, K); t = (1, \dots, T), \quad (7)$$

$$sb_{i(t+1)} = sb_{it} + q_{it} - d_i \\ i = (1, \dots, n); t = (1, \dots, T-1), \quad (8)$$

$$sb_{i1} = sb_{iT} + q_{iT} - d_i \\ i = (1, \dots, n), \quad (9)$$

$$sb_{i1} \leq M \cdot e_{iT} \\ i = (1, \dots, n); t = (1, \dots, T) \quad (10)$$

$$sb_{i1} \leq e_{iT} \\ i = (1, \dots, n); t = (1, \dots, T) \quad (11)$$

$$sb_{i1} \leq M \cdot e_{iT} \\ i = (1, \dots, n), \quad (12)$$

$$\sum_{v_i \in B} \sum_{v_i \in B} x_{ijkt} \leq |B| - 1 \\ k = (1, \dots, K); i = (1, \dots, T); B \subseteq V \setminus \{v_0\}; |B| > 1, \quad (13)$$

$$x_{ijkt} \in \{0, 1\} \\ i = (0, \dots, n); j = (0, \dots, n); k = (1, \dots, K); t = (1, \dots, T); \quad (14)$$

$$z_{it} \in \{0, 1\} \\ i = (1, \dots, n); t = (1, \dots, T), \quad (15)$$

$$e_{it} \in \{0, 1\} \\ i = (1, \dots, n); t = (1, \dots, T), \quad (16)$$

$$q_{it} \text{ integer} \\ i = (1, \dots, n); t = (1, \dots, T). \quad (17)$$

2.2– ΚΡΙΣΙΜΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ

Οι τελευταίες τάσεις στα προβλήματα Δρομολόγησης και Αποθεματοποίησης περιλαμβάνουν αρχικά την ανάπτυξη κατάλληλου υποβάθρου για την αντιμετώπιση της ζήτησης υπό αβεβαιότητα, όπως λόγου χάριν την εισαγωγή προσαρμοσμένων λύσεων οι οποίες δημιουργούνται βάσει της ζήτησης σε πραγματικό χρόνο (Cue, Zhuoyu Long, Qi, & Zhang, 2022). Επιπλέον, παρατηρείται ιδιαίτερο ενδιαφέρον από τους μελετητές στην ενσωμάτωση συστημάτων διαχείρισης αποθεμάτων και εύρεση βέλτιστων διαδρομών, ειδικότερα σε περιπτώσεις διαχείρισης ευπαθών προϊόντων, για την αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση αυτών των περιπτώσεων συγκριτικά με περιπτώσεις όπου αυτά αντιμετωπίζονται ως μεμονωμένα προβλήματα (Shaabani, A literature review of the perishable inventory routing problem, 2022). Ταυτόχρονα, αυξημένο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα προβλήματα διαχείρισης αποθεμάτων από τον προμηθευτή (Vendor Managed Inventory, VMI) όπου οι προμηθευτές κατέχουν πλήρως τον έλεγχο της διαχείρισης των αποθεμάτων. Με τον τρόπο αυτό, μειώνονται τα επιπλέον κόστη παρόλη την αβεβαιότητα που σχετίζεται με τη ζήτηση και τους χρόνους μεταφοράς (Lefever, Hadj-Hamou, & Aghezzad, Robust inventory routing problem with variable travel times).

Κατόπιν, πολλές μελέτες στρέφουν το ενδιαφέρον τους σε προβλήματα τα οποία βασίζονται στην αγορά και όχι στη ζήτηση, όπου οι αποφάσεις που σχετίζονται με τα δρομολόγια και τα αποθέματα καθορίζονται από την αγορά, όπως λόγου χάριν στην αγορά βιοκαυσίμων, και εστιάζουν στην λήψη αποφάσεων συνεχούς χρόνου με βάση τη διαθεσιμότητα των οχημάτων και των αποθεμάτων (Fokkema J. E., Land, Coelho, Wortmann, & Huitema, 2020). Ολοκληρώνοντας, η Ναυτιλιακή Εφοδιαστική μελετάται πλέον με αυξημένο ενδιαφέρον, εστιάζοντας στη διανομή προϊόντων με ταυτόχρονη διατήρηση βέλτιστων αποθεμάτων και αποσκοπών στη μείωση των συνολικών εξόδων (Gocmen, Yilmaz, & Eroglu).

2.3– ΚΕΝΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η υφιστάμενη βιβλιογραφία και επιστημονική έρευνα στο πεδίο της δρομολόγησης και αποθεματοποίησης είναι εν γένει ιδιαίτερα εξελιγμένη και πλούσια. Παρόλα αυτά, είναι λίγες οι αναφορές εκείνες που αναδεικνύουν τις διαφορετικές πτυχές της εξέλιξης της τεχνολογίας στον τομέα του προβλήματος δρομολόγησης και αποθεματοποίησης. Ακόμη, υπάρχει έλλειψη συγκεντρωμένης γνώσης όσον αφορά τα σύγχρονα προβλήματα που αντιμετωπίζει η Εφοδιαστική Αλυσίδα στις μέρες μας καθώς και τους αλγορίθμους που προτιμώνται για την επίτευξη βέλτιστων αποτελεσμάτων. Η βιβλιογραφική αυτή ανάλυση θα αναδείξει τόσο τις κατηγορίες των σύγχρονων πρακτικών εφαρμογών των τεχνολογιών στον τομέα της δρομολόγησης και αποθεματοποίησης αλλά θα εμβαθύνει και στις διαφορές που παρατηρούνται στα μοντέλα που προτείνονται στη βιβλιογραφία της παρούσας αναφοράς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1– ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ

Όλα τα παραπάνω, καθιστούν την επίδραση του αλγορίθμου δρομολόγησης και αποθεματοποίησης ένα πολύτιμο εργαλείο για την επίλυση πολύπλοκων και απαιτητικών προβλημάτων που αντιμετωπίζει η σύγχρονη εφοδιαστική αλυσίδα. Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η σύγκριση και η βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών για την ανάδειξη των σύγχρονων τρόπων επίλυσης προβλημάτων που σχετίζονται με την δρομολόγηση και αποθεματοποίηση. Τα ερευνητικά ερωτήματα που εξετάζονται είναι τα ακόλουθα:

1. Ποιες είναι οι πιο πρόσφατες εξελίξεις στο πρόβλημα δρομολόγησης και αποθεματοποίησης;
2. Ποια είναι τα κύρια οφέλη και προκλήσεις που απορρέουν από την εφαρμογή προηγμένων λύσεων στον τομέα της δρομολόγησης και αποθεματοποίησης;
3. Ποιες είναι οι πρακτικές και οι στρατηγικές που εφαρμόζονται για την αντιμετώπιση προκλήσεων στη δρομολόγησης και αποθεματοποίησης;
4. Ποιοι είναι οι περιορισμοί που αντιμετωπίζει ο αλγόριθμος δρομολόγησης και αποθεματοποίησης;
5. Σε ποιους τομείς συναντάται το δρομολόγησης και αποθεματοποίησης;
6. Ποιες συγκεκριμένες πτυχές του προβλήματος δρομολόγησης και αποθεματοποίησης δεν έχουν αξιοποιηθεί;

3.2– ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

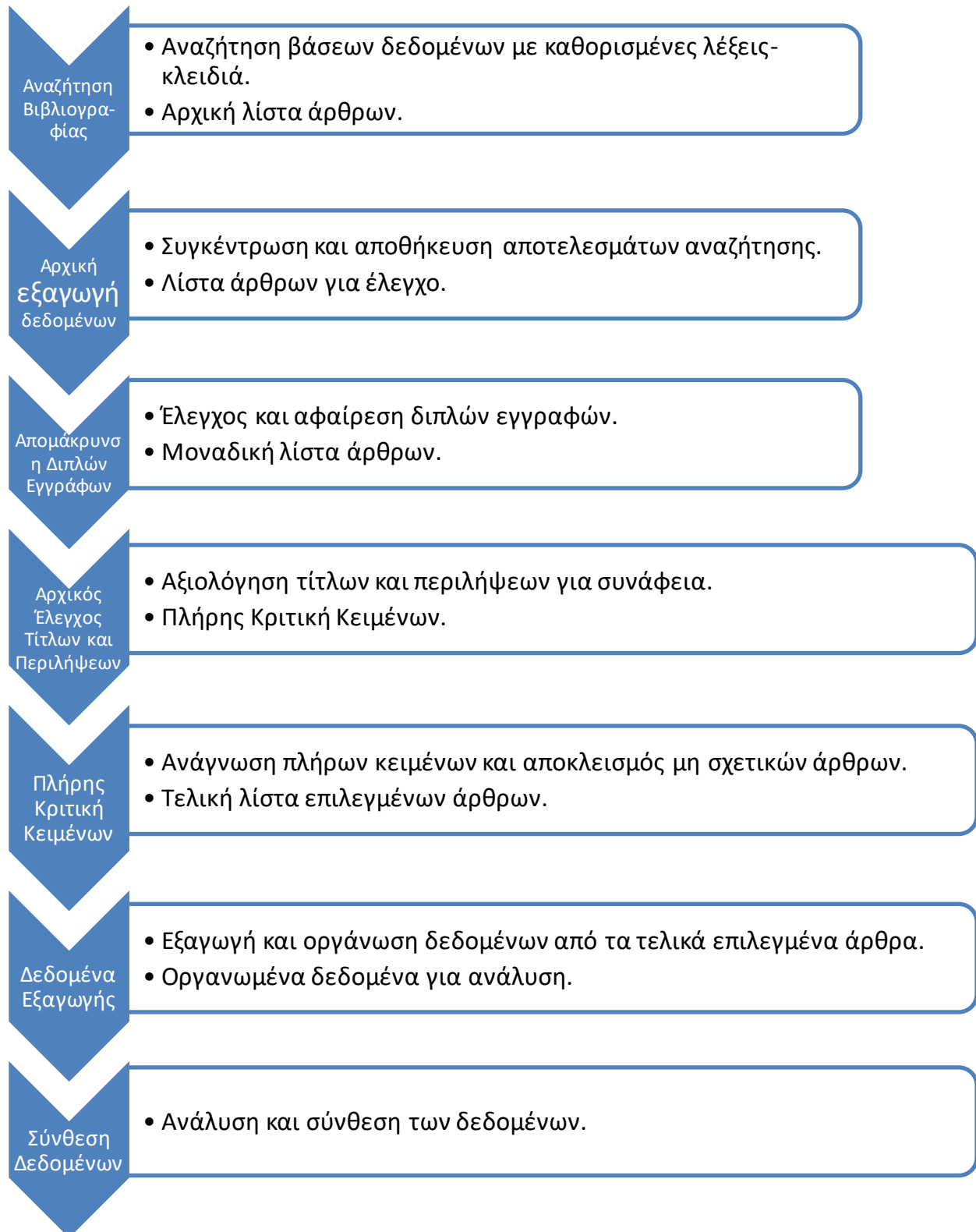
Η παρούσα συγκριτική και βιβλιογραφική ανασκόπηση ακολουθεί μία συγκεκριμένη μέθοδο η οποία αποτελείται από τρεις φάσεις μιας συστηματικής ανασκόπησης, σύμφωνα με την κατευθυντήρια γραμμή. Στην πρώτη φάση είναι η επιλογή και αναζήτηση υλικού, κατόπιν πραγματοποιήθηκε ανάλυση και σύνθεση των επιλεγμένων άρθρων και τέλος τα άρθρα ερμηνεύτηκαν βάσει του περιεχομένου τους. Η ακριβής πορεία που ακολουθήθηκε είναι η εξής:

1. Συλλογή Υλικού (Επιλογή και Αναζήτηση)
2. Κριτική αξιολόγηση (Ανάλυση και Σύνθεση)
3. Σύνταξη και σύνθεση (Έκθεση και Ερμηνεία)

3.3– ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΡΕΥΝΑΣ

Για την ανασκόπηση αυτής της έρευνας πραγματοποιήθηκε αναζήτηση επιστημονικών άρθρων με κατάλληλες λέξεις κλειδιά με χρονικό περιορισμό μερικών ετών από τη δημοσίευσή τους. Συνολικά 65 άρθρα είναι αυτά που πληρούσαν όλα τα κριτήρια και κρίθηκε ικανοποιητικός αριθμός για την εκπόνηση της εργασίας. Παρακάτω ακολουθεί διάγραμμα ροής της συστηματικής ανασκόπησης.

Ένα σύστημα ανασκόπησης σκοπεύει να συγκεντρώσει την υπάρχουσα βιβλιογραφία, εφαρμόζοντας προκαθορισμένα κριτήρια επιλογής και απόρριψης μελετών, με σκοπό να ανταποκριθεί σε συγκεκριμένα ερευνητικά ερωτήματα.



Πίνακας 1 :Διάγραμμα ροής συστηματικής ανασκόπησης

3.4– ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΑ ΑΡΘΡΑ

Οι Fatima Ezzahra Achamrah, Fouad Riane, Sabine Limbourg (Achamrah, Riane, & Limbourg, 2022) εστιάζουν στην πρόταση ενός προβλήματος διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας ανταλλακτικών με διαμετακόμιση και substitution, με την ύπαρξη ζήτησης από ενδιάμεσους σταθμούς διανομής. Κατόπιν, οι Waleed Najy, Claudia Archetti, Ali Diabat (Waleed, Archetti, & Diabat, 2023) εξετάζουν την αποδοτικότητα των προβλημάτων δρομολόγησης με τη χρήση drones. Πιο συγκεκριμένα, εξετάζεται η συνδυαστική χρήση drones με οχήματα για μεταφορές σε μια εφοδιαστική αλυσίδα και εξετάζουν την απόδοση του συστήματος αυτού.

Τα ευπαθή προϊόντα αποτελούν έναν κλάδο της εφοδιαστικής αλυσίδας με ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Οι Bhakti Stephan Onggo, Javier Panadero, Canan G. Corluc, Angel A. Juanb (Onggo, Panadero, Corlu, & Juan, 2019) ερευνούν την εφοδιαστική αλυσίδα με ευπαθή προϊόντα και εισάγουν τη στοχαστική ζήτηση στις εφοδιαστικές αλυσίδες αγροτικών προϊόντων. Η ναυτιλιακή εφοδιαστική αποτελεί μια κατηγορία της εφοδιαστικής με αυξημένο ενδιαφέρον. Πιο συγκεκριμένα, οι Amir Zojaji, Kiarash Soltaniani, Lars Magnus Hvattum, Sebastián Urrutia (Zojaji, Soltaniani, Hvattum, & Urrutia, 2022) εστιάζουν τη μελέτη τους σε έναν ετερογενή στόλο πλοίων και αναπτύσσουν κυκλικά προγράμματα μέσω ενός Mixed Integer IRP για την ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους. Το ίδιο πρόβλημα προσεγγίζεται από τους Homayoun Shaabani, Lars Magnus Hvattum, Gilbert Laporte, Arild Hoff (Shaabani, Hoff, Hvattum, & Laporte, 2023) οι οποίοι προτείνουν έναν προγραμματισμό επίτευξης στόχων για την βελτιστοποίηση του δικτύου της εφοδιαστικής. Στην άρθρο των Felipe Lagos, Natashia Boland, Martin Savelsbergh (Lagos, Boland, & Savelsbergh, 2022) γίνεται μελέτη ενός προβλήματος δρομολόγησης και αποθεματοποίησης συνεχούς χρόνου (CTIRPOBR) με Out-and-Back Routes, ενώ ταυτόχρονα εστιάζουν στον αλγόριθμο Dynamic Discovery Discretization για βέλτιστα αποτελέσματα συνεχούς χρόνου. Έπειτα, οι Samaneh Daroudi, Hamed Kazemipoor, Esmaeel Najafi, Mohammad Fallah (Daroudi, Kazemipoor, Najafi, & Fallah, 2021) αναλύουν ένα integrated fuzzy μοντέλο με πλήθος από ευπαθή προϊόντα στην εφοδιαστική αλυσίδα. Πιο συγκεκριμένα, περιλαμβάνει τη διαχείριση αποθέματος, των δρομολογίων και των τοποθεσιών σε μία πράσινη εφοδιαστική με γενετικούς αλγορίθμους όπως οι NSGA II και PESA II.

Στη συνέχεια, οι Jan Eise Fokkema, Martin J. Land, Leandro C. Coelho, Hans Wortmann, George B. Huitema (Fokkema J., Land, Coelho, Wortmann, & Huitema, 2020) προτείνουν με τη μελέτη τους ένα πρόβλημα δρομολόγησης και αποθεματοποίησης βασισμένο στην προσφορά για τη συνεχή μεταφορά εμπορεύματος μέσω εμπορευματοκιβωτίων. Εστιάζει συγκεκριμένα στην εφοδιαστική μεταφοράς από πολλούς προμηθευτές σε ένα σημείο εξυπηρέτησης με τη χρήση οχημάτων κατανάλωσης βιοκαυσίμων. Η αντίστροφη εφοδιαστική αλυσίδα μελετάται από τους Leopoldo E. Cárdenas-Barrón, Rafael A. Melo (Cárdenas-Barrón & Melo, 2021) και προτείνεται η προσέγγιση με MIP ευρετικό αλγόριθμο για την ελαχιστοποίηση του κόστους ο οποίος μάλιστα φαίνεται πως ξεπερνά σε απόδοση αντίστοιχους αλγορίθμους πολύ πιο μοντέρνους. Κατόπιν, οι Özlem Mahmutogullari, Hande Yaman (Mahmutoğulları & Yaman, 2023) αντιμετωπίζουν ένα πρόβλημα δρομολόγησης και αποθεματοποίησης με αλλαγές προϊόντων (substitutions) χρησιμοποιώντας τον branch-and-cut αλγόριθμο ενώ πειραματίζονται με την αποτελεσματικότητα της λύσης. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το άρθρο των Leandro C. Coelho, Jean-Francois Cordeau, Gilbert Laporte (Coelho, Cordeau, & Laporte, 2012) οι οποίοι εισάγουν το πρόβλημα δρομολόγησης και αποθεματοποίησης με Διαμετακόμιση (Transshipment) όπου η διαχείριση του αποθέματος γίνεται από τον προμηθευτή. Ο ευρετικός που προτείνουν είναι ένας ευρετικός αναζήτησης μεγάλης αποικίας (adaptive large neighborhood search). Στο άρθρο των Raúl F. Roldán, Rosa Basagoiti, Leandro C. Coelho (Roldán, Basagoiti, & Coelho, 2016) γίνεται ανάλυση του προβλήματος δρομολόγησης και αποθεματοποίησης με προτεραιοποίηση τις προτιμήσεις των πελατών.

Έπειτα, οι Wouter Lefever, El-Houssaine Aghezzaf, Khaled Hadj-Hamou, Bernard Penz (Lefever, Aghezzaf, Hadj-Hamou, & Penz, 2018) ερευνούν το πρόβλημα δρομολόγησης και αποθεματοποίησης με Διαμετακόμηση, προτείνοντας νέες βελτιώσεις μέσω έγκυρων ανισοτήτων, βελτιωμένα όρια και βελτιώσεις σχετικά με τις διαδρομές υπερνικώντας τα αποτελέσματα υπάρχουσων σχετικών μελετών. Οι Cleider M. Schenekemberg, Cassius T. Scarpin, José E. Pécora Jr., Thiago A. Guimarães, Leandro C. Coelho (Schenekemberg, Scarpin, Pécora Jr., Guimarães, & Coelho, 2020) εισάγουν ένα πρόβλημα με δύο αποθήκες (Two-Echelon IRP) με διαχείριση του στόλου, μέσω ενός branch-and-cut αλγορίθμου και υβριδικών αλγορίθμων για περιπτώσεις με μεγάλο πλήθος δεδομένων. Τα IRP με χρονικά περιθώρια προσεγγίζονται από τους Gizem Ozbaygin Tiniç, Esra Koca, Hande Yaman (Tiniç, Koca, & Yaman, 2021) αποτελεσματικά με τη χρήση branch-price-and-cut αλγορίθμου. Ο αλγόριθμος αυτός αναγνωρίζει τις βέλτιστες λύσεις για μεσαία έως μεγάλα προβλήματα. Στη μελέτη των Yixuan Wang, Nuo Wang, Peixiu Han (Wang, Wang, & Han, 2023) μελετάται ένα μοντέλο για το δίκτυο εφοδιαστικής αλυσίδας σε νησιά μέσω της δρομολόγησης θαλάσσιων μέσων. Συγκεκριμένα, ο μιμητικός αλγόριθμος σε δύο επίπεδα δοκιμάζεται σε πραγματικά νησιά και γίνεται ανάλυση ευαισθησίας με βάση τις εκάστοτε παραμέτρους. Οι Emilio J. Alarcon Ortega, Karl F. Doerner (Ortega & Doerner, A sampling-based matheuristic for the continuous-time stochastic inventory, 2023) ερευνούν ένα πρόβλημα δρομολόγησης και αποθεματοποίησης συνεχούς ζήτησης με στοχαστική ζήτηση χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο adaptive large neighborhood search καθώς και μεθευρετικών αλγορίθμων ενώ η αποτελεσματικότητά τους συγκρίνεται με υπάρχουσες μελέτες.

Έπειτα, οι Homayoun Shaabani, Arild Hoff, Lars Magnus Hvattum, Gilbert Laporte (Shaabani, Hvattum, Laporte, & Hoff, 2023) προτείνουν έναν μαθηματικό ευρετικό αλγόριθμο για προβλήματα πολλαπλών προϊόντων ναυτιλιακής εφοδιαστικής σε έναν ορίζοντα 60 ημερών χρησιμοποιώντας έναν ευρετικό δύο φάσεων. Μία βελτιωμένη μέθοδος δρομολόγησης και αποθεματοποίησης προτείνεται από τους Jørgen Skålnes, Simen T. Vadseth, Henrik Andersson, Magnus Stålhane (Skålnes, Vadseth, Andersson, & Stålhane, 2023) και το επιλύουν με μαθηματικοευρετικούς branch-and-cut. Συγκεκριμένα επιτυγχάνουν το βέλτιστο αφού συγκρίνονται με υπάρχουσες μελέτες. Έπειτα, τα ευπαθή προϊόντα προσεγγίζονται από τους Samira Mirzaei, Abbas Seifi (Mirzaei & Seifi, 2015) με ένα μαθηματικό μοντέλο το οποίο περιλαμβάνει χαμένες πωλήσεις (lost sales) και χρησιμοποιούν μεθευρετικούς αλγορίθμους για την επίτευξη βέλτιστων λύσεων. Ομοίως, οι A. Azadeh, S. Elahi, M. Hosseinabadi Farahani, B. Nasirian (Azadeh, Elahi, Hosseinabadi Farahani, & Nasirian, 2017) παρουσιάζουν το ίδιο πρόβλημα χρησιμοποιώντας τη διαμετακόμηση και γενετικούς αλγορίθμους. Ουσιαστικά εισάγουν την ευπάθεια των προϊόντων στο πρόβλημα δρομολόγησης και αποθεματοποίησης με διαμετακόμηση χρησιμοποιώντας γενετικό αλγόριθμο και σχεδιασμό Taguchi για την επίλυση του προβλήματος.

Μία σημαντική παραλλαγή του υπό μελέτη προβλήματος αποτελεί η διανομή προϊόντων μέσω ψυχρής αλυσίδας (Cold chain distribution). Η μελέτη των Chen Wei, Wen-Wen Gao, Zhi-Hua Hu, Yu-Qi Yin, Shi-De Pan (Wei, Gao, Hu, Yin, & Pan, 2019) αποτελείται είτε από ιδίας είτε άλλης κατοχής οχήματα με χρονικούς περιορισμούς. Η μελέτη των Atefeh Hemmati Golsefidia, Mohammad Reza Akbari Jokar (Golsefidia & Jokar, 2020) προσεγγίζει το πρόβλημα δρομολόγησης με ταυτόχρονες παραλαβές και παραδόσεις στην εφοδιαστική αλυσίδα. Προτείνονται αυστηρά γραμμικά προβλήματα μικτών ακεραίων (MILP) και εισάγονται μεθευρετικοί αλγόριθμοι. Στη συνέχεια, οι Vincent F. Yu, Audrey Tedja Widjaja, Aldy Gunawan, Pieter Vansteenwegen (Yu, Widjaja, Gunawan, & Vansteenwegen, 2021) εισάγουν μία νέα μεταβλητή ελαχιστοποίησης του συνολικού κόστους με τη χρήση του αλγορίθμου προσομοιωμένης απόκτησης τα αποτελέσματα του οποίου συγκρίνονται με άλλες βέλτιστες λύσεις. Οι Huali Sun, Suning Sun, Yi Zhou, Yaofeng Xue (Sun, Sun, Zhou, & Xue, 2023) περιλαμβάνουν τον περιβαλλοντικό αντίκτυπο στην μελέτη τους σχετικά με τη παραγωγή, δρομολόγηση και αποθεματοποίηση ευπαθών προϊόντων. Συγκεκριμένα αναπτύσσονται δύο μοντέλα που εξισορροπούν τις εκπομπές, τα κόστη και την απώλεια αξίας των προϊόντων μέσω μίας μεθόδου PSO.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η μελέτη των Mina Dehghani Jeshvaghani, Maghsoud Amiri, Kaveh Khalili-Damghani, Laya Olfat (Jeshvaghani, Amiri, & Khalili-Damghani, 2023) οι οποίοι εισάγουν την έννοια της λήψης αποφάσεων για την εφοδιαστική αλυσίδα ταχέως κινούμενων καταναλωτικών προϊόντων (FMCG) και προτείνουν μεθευρετικούς αλγορίθμους για την ντετερμινιστική επίλυση αντίστοιχων προγραμματιστικών μοντέλων. Οι Pieter Vansteenwegen, Manuel Mateo (Vansteenwegen & Mateo, 2014) προσεγγίζουν το υπό μελέτη πρόβλημα χρησιμοποιώντας ένα όχημα και στοχεύουν στην ελαχιστοποίηση του κόστους και ταυτόχρονα στη μεγιστοποίηση των κερδών και στην αποφυγή ελλείψεων. Η μελέτη σχετικά με τα ευπαθή προϊόντα από τους Aldair Alvarez, Jean-François Cordeau, Raf Jans, Pedro Munari, Reinaldo Morabito (Alvarez, Cordeau, Munari, Jans, & Morabito, 2020) γίνεται με χρήση υβριδικών ευρετικών αλγορίθμων που δίνουν λύσεις υψηλής ποιότητας σε σύντομο χρονικό διάστημα. Το πρόβλημα που εξετάζουν οι Eleftherios Manousakis, Panagiotis Repoussis, Emmanouil Zachariadis, Christos Tarantilis (Manousakis, Repoussis, Zachariadis, & Tarantilis, 2021) προσθέτει τον περιορισμό του μέγιστου επιπέδου αποθέματος και προτείνει τη ροή των προϊόντων μέσω δύο μέσων εξυπηρέτησης με τη χρήση ενός branch-and-cut αλγορίθμου.

Οι Luca Bertazzi, Geoffrey A. Chua, Demetrio Laganà, Rosario Paradiso (Bertazzi, Chua, Laganà, & Paradiso, 2022) μελετούν ένα πρόβλημα δρομολόγησης και αποθεματοποίησης βασισμένο στη διαδρομή και την εύρεση βέλτιστων διαδρομών με τη χρήση brand-and-cut αλγορίθμου. Κατόπιν, οι Melih Çelik, Claudia Archetti, Haldun Süral (Çelik, Archetti, & Süral, Inventory routing in a warehouse: The storage replenishment routing problem, 2022) εστιάζουν στα προβλήματα δρομολόγησης και εφοδιασμού αποθηκών σε πολλαπλές τοποθεσίες, ενώ οι Jørgen Skålnes, Henrik Andersson, Guy Desaulniers, Magnus Stålhane (Skålnes, Andersson, Desaulniers, & Stålhane, 2022) προτείνουν μία νέα μέθοδο που επιτυγχάνουν μείωση 29% σε υπάρχον πρόβλημα συμπεραίνοντας πως ο προγραμματισμός των πελατών βελτιώνει την απόδοση του αλγορίθμου. Αξιοσημείωτη είναι η έρευνα των Alejandro Gutierrez-Alcoba, Roberto Rossi, Belen Martin-Barragan, Tim Embley (Gutierrez-Alcoba, Rossi, Martin-Barragan, & Embley, 2023) οι οποίοι εισάγουν την έννοια της στοχαστικής ζήτησης σε ένα πράσινο πρόβλημα δρομολόγησης και αποθεματοποίησης που σχετίζεται με τους ηλεκτρικούς δρόμους. Οι Ying Ji, Jianhui Du, Xiaoya Han, Xiaoqing Wu, Ripeng Huang, Shilei Wang, Zhimin Liu (Ji, και συν., 2020) εισάγουν την έννοια της αβεβαιότητας στην αγορά των ευπαθών προϊόντων ενώ η πρώτη μετατρέπεται σε ένα μοντέλο MIRP. Έπειτα, οι W.J. Guerrero, C. Prodhon, N. Velasco, C.A. Amaya (Guerrero, Prodhon, Velasco, & Amaya, 2013) χρησιμοποιούν μία υβριδική μέθοδο βασισμένη σε ένα MILP και υβριδικό ευρετικό αλγόριθμο ο οποίος δοκιμάζεται σε τρεις διαφορετικές περιπτώσεις. Το μοντέλο κυκλικής οικονομίας που προτείνουν οι Kannan Govindan, Farhad Salehian, Hadi Kian, Seyed Teimoor Hosseini, Hassan Mina (Govindan, Salehian, Hosseini, & Mina, 2023) βελτιστοποιεί τις αποφάσεις στην εφοδιαστική αλυσίδα για καλύτερη αποδοτικότητα ενώ στοχεύει τις βέλτιστες τοποθεσίες με το χαμηλότερο αποτύπωμα άνθρακα.

Αξιοσημείωτη είναι η μελέτη των Panagiotis Karakostas, Angelo Sifaleras, Michael C. Georgiadis (Karakostas, Sifaleras, & Georgiadis, 2020) σχετικά με ένα πρόβλημα δρομολόγησης και αποθεματοποίησης όπου το μέγεθος του στόλου επηρεάζει τα επίπεδα ρύπανσης. Ένας ακόμη υβριδικός μεθευρετικός αλγόριθμος εισάγεται από τους Weitao Wu, Wei Zhou, Yue Lin, Yuanqi Xie, Wenzhou Jin (Wu, Zhou, Lin, Xie, & Jin, 2021) για την εύρεση βέλτιστων τοποθεσιών με βελτιστοποίηση της κατανάλωσης καυσίμων. Ο αλγόριθμος ολοκληρώνεται σε δύο στάδια για βέλτιστα αποτελέσματα. Έπειτα, οι İlker Köseli, Mehmet Soysal, Mustafa Çimen, Çağrı Sel (Köseli, Soysal, Çimen, & Sel, 2023) εισάγουν ένα πρόβλημα μοναδικής περιόδου σε μια βιώσιμη αλυσίδα τροφίμων το οποίο προτείνεται να επιλυθεί με αλγορίθμους κατηγοριοποίησης σε μεγαλύτερα παραδείγματα. Μία ακόμη περίπτωση αντικειμενικής συνάρτησης πολλαπλών στόχων μελετάται από τους Satya Prakash, Indrajit Mukherjee (Prakash & Mukherjee, 2023) όπου το αποτύπωμα άνθρακα διαδραματίζει σημαντικό ρόλο. Η προσέγγιση πραγματοποιείται με υβριδικό γενετικό αλγόριθμο για σχεδόν βέλτιστες λύσεις Pareto. Επίσης, οι Hsin Raua, Syarif Daniel Budimana, Gede Agus Widyadana (Raua, Budiman, & Widyadana, 2018) προτείνουν μια κυκλική μορφή IRP με περιβαλλοντικούς περιορισμούς για τη βελτιστοποίηση του κόστους. Στην

προσέγγιση αυτή χρησιμοποιείται ο PSO ενώ φαίνεται πως το απόθεμα επηρεάζεται σημαντικά από τους ρύπους.

Το πρόβλημα πολλαπλών αποθηκών στο πρόβλημα δρομολόγησης και αποθεματοποίησης προσεγγίζεται από τους Luca Bertazzi, Leandro C. Coelho, Annarita De Maio, Demetrio Laganà (Bertazzi, Chua, Laganà, & Paradiso, 2022) οι οποίοι συγκρίνουν λύσεις μαθηματικοευρετικών λύσεων με αυτές του branch-and-cut. Κατόπιν, οι Leandro Callegari Coelho, Annarita De Maio, Demetrio Laganà (Coelho, De Maio, & Laganà, 2020) μελετούν ένα πρόβλημα πολλαπλών στοιχείων με λύσεις που προέρχονται από ακριβείς αλγορίθμους οι οποίοι μπορεί να είναι και υβριδικοί. Το δίκτυο εφοδιασμού ιατροφαρμακευτικών προϊόντων μελετάται από τους Xiaoting Shang, Guoqing Zhang, Bin Jia, Mohammed Almanaseer (Shang, Zhang, Jia, & Almanaseer, 2022) οι οποίοι χρησιμοποιούν αυστηρά μοντέλα βελτιστοποίησης υπό αβέβαιη ζήτηση σε 78 νοσοκομεία. Το πρόβλημα με πολλαπλές παραδόσεις και παραλαβές προσεγγίζεται επίσης από τους Fábio Neves-Moreira, Bernardo Almada-Lobo, Luís Guimarães, Pedro Amorim (Neves-Moreira, Almada-Lobo, Guimarães, & Amorim, 2022) οι οποίοι προτείνουν την προσέγγισή του με branch-and-cut αλγόριθμο. Η σθεναρή βελτιστοποίηση χρησιμοποιείται και από τους Runjie Li, Zheng Cui, Yong-Hong Kuo, Lianmin Zhang (Li, Cui, Kuo, & Zhang, 2023) οι οποίοι την χρησιμοποιούν για την επίλυση του προβλήματος με αβεβαιότητα.

Ακόμη, οι Fezzeh Partovi, Mehdi Seifbarghy, Maryam Esmaeili (Partovi, Seifbarghy, & Esmaeili, 2023) ελαττώνουν τα επι μέρους κόστη με προγραμματισμό βασισμένο σε σενάρια με αβεβαιότητα όπως αυτό του COVID-19. Η μελέτη του Krzysztof Michalak (Michalak, 2021) σχετικά με γενετικές λειτουργίες για υβριδικούς αλγορίθμους εστιάζει στην πιθανότητα να εξελιχθούν οι αλγόριθμοι βελτιστοποίησης που σχετίζονται με το υπό μελέτη πρόβλημα. Κατόπιν, οι Liying Song, Zhengqiang Wu (Song & Wu, 2023) προτείνουν μια αναβαθμισμένη προσέγγιση των προβλημάτων με ευπαθή προϊόντα χρησιμοποιώντας στρατηγικές σχετικά με τα αποθέματα, την τοποθεσία και τα δρομολόγια σε ένα σύστημα τριών αποθηκευτικών χώρων. Το πρόβλημα πολλαπλών περιόδων μελετάται επίσης από τους Meysam Mahjoob, Seyed Sajjad Fazeli, Leyla Sadat Tavassoli, Mirpouya Mirmozaffari, Soodabeh Milanlouei (Mahjoob, Fazeli, Tavassoli, Mirmozaffari, & Milanlouei, 2021) με παραλαβές και παραδόσεις σε φούρνους, στο οποίο πρόβλημα ενσωματώνονται παράγοντες όπως το περιβάλλον. Η μελέτη των Faycal A. Touzout, Anne-Laure Ladier, Khaled Hadj-Hamou (Touzout, Ladier, & Hadj-Hamou, Modelling and comparison of stability metrics for a re-optimisation approach, 2021) προτείνει την προσθήκη σταθερών για την επαναβελτιστοποίηση του προβλήματος κάνοντας συγκρίσεις με 3000 άλλα παραδείγματα από τη βιβλιογραφία.

Έπειτα, οι Mohammad Yavari, Hossein Enjavi, Mohaddese Geraeli (Yavari, Enjavi, & Geraeli, 2020) ερευνούν την εφοδιαστική αλυσίδα με ευπαθή προϊόντα υπό το πρίσμα της δυναμικής τιμολόγησης, ενώ αναπτύσσουν ένα μη γραμμικό μοντέλο που σχετίζεται με το κέρδος της εφοδιαστικής αλυσίδας. Οι Mahdi Alinaghian, Erfan Babaee Tirkolaee, Zahra Kaviani Dezaki, Seyed Reza Hejazi, Weiping Ding (Alinaghian, Tirkolaee, Dezaki, Hejazi, & Ding, 2021) μελετούν ένα πράσινο πρόβλημα δρομολόγησης και αποθεματοποίησης με Χρονικά Παράθυρα, όπου χρησιμοποιούν μεθευρετικούς αλγορίθμους όπως Tabu Search και Differential Evolution. Στο άρθρο των Emilio J. Alarcon Ortega, Michael Schilde, Karl F. Doerner (Ortega, Schilde, & Doerner, Matheuristic search techniques for the consistent inventory routing problem, 2020) εισάγονται νέες μεταβλητές που αφορούν στην εφοδιαστική αλυσίδα αναψυκτικών όπου χρησιμοποιούνται μαθηματικοευρετικοί αλγόριθμοι για τη δοκιμή της αποδοκτικότητας τόσο σε τεχνητά όσο και σε πραγματικά παραδείγματα. Το άρθρο των Katyanne Farias, Khaled Hadj-Hamou, Claude Yugma (Farias, Hadj-Hamou, & Yugma, 2019) εστιάζει στην ελαχιστοποίηση του κόστους με την παρουσία δύο αποθηκευτικών χώρων και προτείνονται δύο μαθηματικές μοντελοποιήσεις.

Μία μελέτη κλειστού κυκλώματος αναλύεται από τους Yipei Zhang, Feng Chu, Ada Che (Zhang, Chu, & Che, 2022) σε μία εφοδιαστική αλυσίδα που σχετίζεται με ευπαθή προϊόντα και στοχεύει στη

μεγιστοποίηση του κέρδους. Η αστικοποίηση και το ηλεκτρονικό επόριο, σύμφωνα με τους Meysam Mahjoob, Seyed Sajjad Fazeli, Soodabeh Milanlouei, Leyla Sadat Tavassoli, Mirpouya Mirmozaffari (Mahjoob, Fazeli, Milanlouei, Tavassoli, & Mirmozaffari, 2022), φαίνεται πως επιφέρουν βιώσιμες εφοδιαστικές αλυσίδες οι οποίες προσεγγίζονται με τη χρήση ευρετικού αλγορίθμου Modified Adaptive γενετικού αλγορίθμου. Κατόπιν, οι Zhuo Dai, Kuo Gao, B.C. Giri (Dai, Gao, & Giri, 2020) μελετούν το κυκλικό πρόβλημα δρομολόγησης και αποθεματοποίησης όπου ο προμηθευτής διαχειρίζεται το απόθεμα ευπαθών προϊόντων. Το προτεινόμενο μοντέλο χρησιμοποιεί υβριδικό ευρετικό αλγόριθμο για τη βελτίωση της απόδοσης της εφοδιαστικής αλυσίδας. Έπειτα, οι Guido J.L. Michelia, Fabio Mantella (Micheli & Mantellab, 2018) εισάγουν τις εκπομπές διοξειδίου στη λήψη αποφάσεων και σχεδιάζουν μοντέλα με αβέβαιη ζήτηση.

Η μελέτη των Masoud Rabbani, Kimiya Rahmani Mokarrari, Niloofar Akbarian-saravi (Rabbani, Mokarrari, & Akbarian-saravi, 2021) προσεγγίζει το υπό μελέτη πρόβλημα με χρονικά παράθυρα χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο branch-price-and-cut με μεγάλη αποτελεσματικότητα. Στη συνέχεια, μια μελέτη των Yousef Ghiami, Emrah Demir, Tom Van Woensel, Marielle Christiansen, Gilbert Laporte (Ghiami, Demir, Van Woensel, Christiansen, & Laporte, 2019) σχετικά με τη διανομή LNG σε χερσαίο έδαφος προτείνει μαθηματικοευρετικές μεθόδους επίλυσης για αποτελεσματική δρομολόγηση των οχημάτων. Οι Luca Bertazzi, M. Grazia Speranza (Bertazzi & Speranza, Inventory routing problems with multiple customers, 2013) μελετούν τη σημασία της έννοιας των μεταφορών στην εφοδιαστική αλυσίδα και αναλύουν σενάρια τόσο με μοναδικά όσο και με πολλαπλά οχήματα από την υπάρχουσα βιβλιογραφία. Στη συνέχεια, οι Hugo Chevrotton, Yannick Kergosien, Lotte Berghman, Jean-Charles Billaut (Chevrotton, Kergosien, Berghman, & Billaut, 2021) μελετούν ένα συνδυαστικό πρόβλημα δρομολόγησης και αποθεματοποίησης με το κόστος αποθεματοποίησης και την ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους μέσω υπολογιστικών πειραμάτων σε θεωρητικά παραδείγματα.

Ολοκληρώνοντας, η μελέτη των Ali Diabat, Nicola Bianchessi, Claudia Archetti (Diabat, Bianchessi, & Archetti, 2024) αναλύει τον αντίκτυπο της στρατηγικής παραγγελίας με μηδενικό απόθεμα και τις συγκρίνει με άλλες στρατηγικές και πρακτικές εφαρμογές. Τέλος, οι Agostinho Agra, Marielle Christiansen, Laurence Wolsey (Agra, Christiansen, & Wolsey, 2022) μελετούν ένα πρόβλημα δρομολόγησης και αποθεματοποίησης με μοναδικό όχημα και σταθερή ζήτηση και προσφορά ενώ πραγματοποιούνται δοκιμές σε περιπτώσεις της ναυτιλίας με έγκυρες ανισότητες και μοντέλα συνεχούς χρόνου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

4.1– ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Το σύνολο των 65 άρθρων που μελετήθηκαν για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας κατηγοριοποιήθηκε με βάση δύο κριτήρια. Αυτά είναι αφενός η κατηγορία του προβλήματος στην οποία άνηκε το εκάστοτε πρόβλημα και αφετέρου η κατηγορία του αλγορίθμου που χρησιμοποιήθηκε. Αξίζει να σημειωθεί πως πολλά προβλήματα ανήκαν ταυτόχρονα σε παραπάνω από μία κατηγορία όπως παρατηρήθηκε και με τις κατηγορίες των αλγορίθμων. Στις περιπτώσεις αυτές, το άρθρο προστέθηκε σε όσες κατηγορίες απαιτήθηκε ώστε η έρευνα να είναι ορθή.

Τα προβλήματα που εξετάζονται στα υπό μελέτη άρθρα έχουν χωριστεί σε εννέα κατηγορίες. Οι κατηγορίες αυτές προέκυψαν βάσει του πλήθους των άρθρων που μελετήθηκαν. Επιπλέον, κρίθηκε σκόπιμο να προστεθεί και μία κατηγορία η οποία περιλαμβάνει αξιοσημείωτα άρθρα τα οποία όμως είτε ήταν μοναδικά σε μία κατηγορία είτε ήταν αδύνατο να προσδιοριστεί η κατηγορία στην οποία ανήκαν.

		Χρονολογία	Παραπομπή
1	Fatima Ezzahra Achamrah, Fouad Riane, Sabine Limbourg	2022	(Achamrah, Riane, & Limbourg, 2022)
2	Bhakti Stephan Onggo, Javier Panadero, Canan G. Corluc, Angel A. Juanb	2019	(Onggo, Panadero, Corlu, & Juan, 2019)
3	Yixuan Wang, Nuo Wang, Peixiu Han	2023	(Wang, Wang, & Han, 2023)
4	W.J.Guerrero, C.Prodhon, N.Velasco, C.A.Amaya	2013	(Guerrero, Prodhon, Velasco, & Amaya, 2013)
5	Satya Prakash, Indrajit Mukherjee	2023	(Prakash & Mukherjee, 2023)
6	Fábio Neves-Moreira, Bernardo Almada-Lobo, Luís Guimarães, Pedro Amorim	2022	(Neves-Moreira, Almada-Lobo, Guimarães, & Amorim, 2022)
7	Mahdi Alinaghian a, Erfan Babae Tirkolae b, Zahra Kaviani Dezaki a, Seyed Reza Hejazi a, Weiping Ding	2021	(Alinaghian, Tirkolae, Dezaki, Hejazi, & Ding, 2021)

Πίνακας 4.1 Πίνακας μελετών στην κατηγορία στοχαστική ζήτηση

		Χρονολογία	Παραπομπή
1	Fatima Ezzahra Achamrah, Fouad Riane, Sabine Limbourg	2022	(Achamrah, Riane, & Limbourg, 2022)
2	Felipe Lagos, Natasha Boland , Martin Savelsbergh	2022	(Lagos, Boland, & Savelsbergh, 2022)
3	Raúl F.Roldán, RosaBasagoiti , Leandro C.Coelho	2016	(Roldán, Basagoiti, & Coelho, 2016)
4	Jørgen Skålnes , Simen T. Vadseth, Henrik Andersson, Magnus Stålhane	2023	(Skålnes, Vadseth, Andersson, & Stålhane, 2023)
5	Samira Mirzaei , Abbas Seifi	2015	(Mirzaei & Seifi, 2015)
6	A. Azadeh, S. Elahi , M. Hosseinabadi Farahani , B. Nasirian	2017	(Azadeh, Elahi, Hosseinabadi Farahani, & Nasirian, 2017)
7	Pieter Vansteenwegen, Manuel Mateo	2014	(Vansteenwegen & Mateo, 2014)
8	Melih Çelik, Claudia Archetti , Haldun Süräl	2022	(Çelik, Archetti, & Süräl, Inventory routing in a warehouse: The storage replenishment routing problem, 2022)
9	Jørgen Skålnes , Henrik Andersson , Guy Desaulniers , Magnus Stålhane	2022	(Skålnes, Andersson, Desaulniers, & Stålhane, 2022)
10	Kannan Govindan, Farhad Salehian , Hadi Kian , Seyed Teimoor Hosseini, Hassan Mina	2023	(Govindan, Salehian, Hosseini, & Mina, 2023)
11	İlker Köseli, Mehmet Soysal, Mustafa Çimen, Çağrı Sel	2023	(Köseli, Soysal, Çimen, & Sel, 2023)
12	Hsin Raua, Syarif Daniel Budimana, Gede Agus Widyadanab	2018	(Raua, Budiman, & Widyadana, 2018)
13	Leandro Callegari Coelho, Annarita De Maio, Demetrio Laganà	2020	(Coelho, De Maio, & Laganà, 2020)
14	Xiaoting Shang, Guoqing Zhang, Bin Jia, Mohammed Almanaseer	2022	(Shang, Zhang, Jia, & Almanaseer, 2022)
15	Runjie Li , Zheng Cui, Yong-Hong Kuo, Lianmin Zhang	2023	(Li, Cui, Kuo, & Zhang, 2023)
16	Luca Bertazzi, M. Grazia Speranza	2013	(Bertazzi & Speranza, Inventory routing problems with multiple customers, 2013)
17	Mohammad Yavari*, Hossein Enjavi, Mohaddese Geraeli	2020	(Yavari, Enjavi, & Geraeli, 2020)

Πίνακας 4.2 Πίνακας μελετών στην κατηγορία ευπαθή προϊόντα

		Χρονολογία	Παραπομπή
1	Vincent F. Yu, Audrey Tedja Widjaja, Aldy Gunawan, Pieter Vansteenwegen	2021	(Yu, Widjaja, Gunawan, & Vansteenwegen, 2021)
2	Alejandro Gutierrez-Alcoba , , Roberto Rossi, Belen Martin-Barragan, Tim Embley	2023	(Gutierrez-Alcoba, Rossi, Martin-Barragan, & Embley, 2023)
3	Ali Diabat, Nicola Bianchessi, Claudia Archetti	2024	(Diabat, Bianchessi, & Archetti, 2024)
4	W.J.Guerrero, C.Prodhon, N.Velasco, C.A.Amaya	2013	(Guerrero, Prodhon, Velasco, & Amaya, 2013)
5	Guido J.L. Micheli, Fabio Mantella	2018	(Micheli & Mantellab, 2018)
6	Kannan Govindan, Farhad Salehian , Hadi Kian , Seyed Teimoor Hosseini, Hassan Mina	2023	(Govindan, Salehian, Hosseini, & Mina, 2023)
7	Xiaoting Shang, Guoqing Zhang, Bin Jia, Mohammed Almanaseer	2022	(Shang, Zhang, Jia, & Almanaseer, 2022)
8	Fezzeh Partovi, Mehdi Seifbarghy , Maryam Esmaeili	2023	(Partovi, Seifbarghy, & Esmaeili, 2023)
9	Mahdi Alinaghian, Erfan Babaee Tirkolaee b , Zahra Kaviani Dezaki a , Seyed Reza Hejazi a , Weiping Ding	2021	(Alinaghian, Tirkolaee, Dezaki, Hejazi, & Ding, 2021)
10	Masoud Rabbani, Kimiya Rahmani Mokarrari, Niloofar Akbarian-saravi	2021	(Rabbani, Mokarrari, & Akbarian-saravi, 2021)

Πίνακας 4.3 Πίνακας μελετών στην κατηγορία Βιωσιμότητα και Πράσινη εφοδιαστική Αλυσίδα

		Χρονολογία	Παραπομπή
1	Fatima Ezzahra Achamrah, Fouad Riane, Sabine Limbourg	2022	(Achamrah, Riane, & Limbourg, 2022)
2	Özlem Mahmutogulları, Hande Yaman	2023	(Mahmuto ̇gulları & Yaman, 2023)
3	Leandro C. Coelho, Jean-Francois Cordeau, Gilbert Laporte	2020	(Coelho, De Maio, & Laganà, 2020)
4	Raúl F. Roldán, RosaBasagoiti , Leandro C.Coelho	2016	(Roldán, Basagoiti, & Coelho, 2016)
5	Samira Mirzaei , Abbas Seifi	2015	(Mirzaei & Seifi, 2015)
6	Hsin Raua, Syarif Daniel Budimana, Gede Agus Widyadanab	2018	(Raua, Budiman, & Widyadana, 2018)

Πίνακας 4.4 Πίνακας μελετών στην κατηγορία Διαμετακόμιση

		Χρονολογία	Παραπομπή
1	Amir Zojaji, Kiarash Soltaniani, Lars Magnus Hvattum *, Sebastián Urrutia	2022	(Zojaji, Soltaniani, Hvattum, & Urrutia, 2022)
2	Yousef Ghiami , Emrah Demir , Tom Van Woensel , Marielle Christiansen , Gilbert Laporte	2019	(Ghiami, Demir, Van Woensel, Christiansen, & Laporte, 2019)
3	Atefeh Hemmati Golsefidia, Mohammad Reza Akbari Jokar	2020	(Golsefidi & Jokar, 2020)
4	Mina Dehghani Jeshvaghani, Maghsoud Amiri, Kaveh Khalili-Damghani , Laya Olfat	2023	(Jeshvaghani, Amiri, & Khalili-Damghani, 2023)
5	Eleftherios Manousakis , Panagiotis Repoussis , Emmanouil Zachariadis , Christos Tarantilis	2021	(Manousakis, Repoussis, Zachariadis, & Tarantilis, 2021)
6	Kannan Govindan, Farhad Salehian , Hadi Kian , Seyed Teimoor Hosseini, Hassan Mina	2023	(Govindan, Salehian, Hosseini, & Mina, 2023)

Πίνακας 4.5 Πίνακας μελετών στην κατηγορία Κυκλικά και Περιοδικά Προβλήματα

		Χρονολογία	Παραπομπή
1	Leandro C. Coelho, Jean-Francois Cordeau ,Gilbert Laporte	2020	(Coelho, De Maio, & Laganà, 2020)
2	Chen Wei, Wen-Wen Gao, Zhi-Hua Hu, Yu-Qi Yin, Shi-De Pan	2019	(Wei, Gao, Hu, Yin, & Pan, 2019)
3	Huali Sun, Suning Sun, Yi Zhou , Yaofeng Xue	2023	(Sun, Sun, Zhou, & Xue, 2023)
4	Melih Çelik, Claudia Archetti , Haldun Süral	2022	(Çelik, Archetti, & Süral, Inventory routing in a warehouse: The storage replenishment routing problem, 2022)
5	Satya Prakash , Indrajit Mukherjee	2023	(Prakash & Mukherjee, 2023)

Πίνακας 4.6 Πίνακας μελετών στην κατηγορία Ευσταθή Βελτιστοποίηση και Αβεβαιότητα

		Χρονολογία	Παραπομπή
1	Amir Zojaji, Kiarash Soltaniani, Lars Magnus Hvattum, Sebastián Urrutia	2022	(Zojaji, Soltaniani, Hvattum, & Urrutia, 2022)
2	Homayoun Shaabani, Lars Magnus Hvattum , Gilbert Laporte, Arild Hoff	2023	(Shaabani, Hvattum, Laporte, & Hoff, 2023)
3	Gizem Ozbaygin Tiniç, Esra Koca, Hande Yaman	2021	(Tiniç, Koca, & Yaman, 2021)
4	Emilio J. Alarcon Ortega , Karl F. Doerner	2020	(Ortega, Schilde, & Doerner, Matheuristic search techniques for the consistent inventory routing problem, 2020)

Πίνακας 4.7 Πίνακας μελετών στην κατηγορία Ναυτιλιακή Εφοδιαστική

		Χρονολογία	Παραπομπή
1	Wouter Lefever, El-Houssaine Aghezzaf, Khaled Hadj-Hamou , Bernard Penz	2018	(Lefever, Aghezzaf, Hadj-Hamou, & Penz, 2018)
2	Cleder M. Schenekemberg, Cassius T. Scarpin , JoséE. Pécora Jr., Thiago A. Guimarães , Leandro C. Coelho	2020	(Schenekemberg, Scarpin, Pécora Jr., Guimarães, & Coelho, 2020)
3	Aldair Alvarez, Jean-François Cordeau, Raf Jans, Pedro Munari, Reinaldo Morabito	2020	(Alvarez, Cordeau, Munari, Jans, & Morabito, 2020)
4	Agostinho Agra, Marielle Christiansen , Laurence Wolsey	2022	(Agra, Christiansen, & Wolsey, 2022)
5	Ying Ji, Jianhui Du, Xiaoya Han, Xiaoqing Wu, Ripeng Huang, Shilei Wang, Zhimin Liu	2020	(Ji, et al., 2020)
6	Zhuo Dai, Kuo Gao , B.C. Giri	2020	(Dai, Gao, & Giri, 2020)
7	Panagiotis Karakostas, Angelo Sifaleras , Michael C. Georgiadis	2020	(Karakostas, Sifaleras, & Georgiadis, 2020)
8	Liyong Song , Zhengqiang Wu	2023	(Song & Wu, 2023)
9	Faycal A. Touzout , Anne-Laure Ladier, Khaled Hadj-Hamou	2021	(Touzout, Ladier, & Hadj-Hamou, Modelling and comparison of stability metrics for a re-optimisation approach, 2021)

Πίνακας 4.8 Πίνακας μελετών στην κατηγορία πολλαπλές αποθήκες

		Χρονολογία	Παραπομπή
1	Waleed Najy, Claudia Archetti , AIN25:N38	2023	(Waleed, Archetti, & Diabat, 2023)
2	Samaneh Daroudi, Hamed Kazemipoor, Esmaeel Najafi , Mohammad Fallah	2021	(Daroudi, Kazemipoor, Najafi, & Fallah, 2021)
3	Jan Eise Fokkema, Martin J. Land, Leandro C. Coelho , Hans Wortmann, George B. Huitema	2020	(Fokkema J. E., Land, Coelho, Wortmann, & Huitema, 2020)
4	Leopoldo E. Cárdenas-Barrón , Rafael A. Melo	2021	(Cárdenas-Barrón & Melo, 2021)
5	Homayoun Shaabani , Arild Hoff , Lars Magnus Hvattum , Gilbert Laporte	2023	(Shaabani, Hoff, Hvattum, & Laporte, 2023)
6	Luca Bertazzi , Geoffrey A. Chua , Demetrio Laganàc , Rosario Paradiso	2022	(Bertazzi, Chua, Laganàc, & Paradiso, 2022)
7	Weitian Wu, Wei Zhou , Yue Lin , Yuanqi Xie , Wenzhou Jin	2021	(Wu, Zhou, Lin, Xie, & Jin, 2021)
8	Luca Bertazzi, Leandro C. Coelho, Annarita De Maior, Demetrio Laganàc	2022	(Bertazzi, Chua, Laganàc, & Paradiso, 2022)
9	Krzysztof Michalak	2021	(Michalak, 2021)
10	Emilio J. Alarcon Ortega, Michael Schilde, Karl F. Doerner	2023	(Ortega & Doerner, A sampling-based heuristic for the continuous-time stochastic inventory, 2023)
11	Katyanne Farias, Khaled Hadj-Hamou, Claude Yugma	2019	(Farias, Hadj-Hamou, & Yugma, 2019)
12	Yipei Zhang, Feng Chu, Ada Che	2022	(Zhang, Chu, & Che, 2022)
13	Meysam Mahjoob, Seyed Sajjad Fazeli, Leyla Sadat Tavassoli, Mirpouya Mirmozaffari, Soodabeh Milanlouei	2022	(Mahjoob, Fazeli, Milanlouei, Tavassoli, & Mirmozaffari, 2022)
14	Meysam Mahjoob, Seyed Sajjad Fazeli , Soodabeh Milanlouei , Leyla Sadat Tavassoli , Mirpouya Mirmozaffari	2021	(Mahjoob, Fazeli, Tavassoli, Mirmozaffari, & Milanlouei, 2021)

Πίνακας 4.9 Πίνακας μελετών στην κατηγορία άλλα προβλήματα

Παρακάτω, ακολουθούν αναλυτικά οι κατηγορίες των Προβλημάτων δρομολόγησης και αποθεματοποίησης καθώς και το πλήθος προβλημάτων ανά κατηγορία όπως προέκυψαν από την έρευνα.

1 . Στοχαστική Ζήτηση (Stochastic demand)

Πλήθος: 7 μελέτες

Η στοχαστική ζήτηση στα προβλήματα IRP αναφέρεται σε μία προσέγγιση που λαμβάνει υπόψη την αβεβαιότητα στη ζήτηση των προϊόντων. Αυτό σημαίνει πως η ζήτηση των πελατών δεν μπορεί να προβλεφθεί καθώς είναι αβέβαιη και μεταβαλλόμενη με την πάροδο του χρόνου. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν προβλήματα που διαχειρίζονται απρόβλεπτα πρότυπα ζήτησης και διασφαλίζουν πως η διαχείριση των αποθεμάτων είναι αποτελεσματική και χωρίς ελλείψεις και ακραία κόστη.

2 . Ευπαθή Προϊόντα (Perishable Products)

Πλήθος: 17 μελέτες

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν όλα τα προβλήματα στα οποία διακινούνται προϊόντα όπως τρόφιμα και φαρμακευτικά προϊόντα και απαιτούν ιδιαίτερο χειρισμό λόγω του περιορισμένου χρόνου ζωής τους. Βασικό μέλημα αποτελεί η διατήρηση της ποιότητας και της ασφάλειας των προϊόντων κατά τη μεταφορά και αποθήκευση των προϊόντων ενώ συχνά στόχος αποτελεί η ελαχιστοποίηση των αποβλήτων και η εύρεση βέλτιστων προγραμματισμών των δρομολογίων για την έγκαιρη κατανάλωση.

3 . Βιωσιμότητα και Πράσινη εφοδιαστική Αλυσίδα (Sustainability and Green Logistics)

Πλήθος: 10 μελέτες

Μια βιώσιμη αλυσίδα εφοδιασμού είναι αυτή που ενσωματώνει πλήρως ηθικές και περιβαλλοντικά υπεύθυνες πρακτικές σε ένα ανταγωνιστικό και επιτυχημένο μοντέλο. Η πράσινη εφοδιαστική αλυσίδα είναι μια διαδικασία που καλύπτει όλες τις φάσεις ζωής ενός προϊόντος, από την εξόρυξη των πρώτων υλών, τον σχεδιασμό των προϊόντων, τη διανομή τους μέχρι και την τελική τους χρήση από τους καταναλωτές και τη διαθεσή τους στο τέλος του κύκλου ζωής τους. Αυτή κατηγορία περιλαμβάνει προβλήματα που στοχεύουν στη μείωση του αποτυπώματος άνθρακα, περιλαμβάνοντας χρήση εναλλακτικών καυσίμων, βελτιστοποίηση δρομολογίων και εφαρμογή οικολογικών πρακτικών στις λειτουργίες της εφοδιαστικής αλυσίδας.

4 . Διαμετακόμιση (Transshipment)

Πλήθος: 5 μελέτες

Η διαμετακόμιση αναφέρεται κατά κύριο λόγο στη μεταφορά αγαθών μεταξύ διαφορετικών οχημάτων ή τρόπων μεταφοράς έως τον τελικό τους προορισμό. Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται προβλήματα που αποσκοπούν στη βελτίωση της αποδοτικότητας της εφοδιαστικής αλυσίδας, τη μείωση των δαπανών και την ενίσχυση της ευελιξίας. Οι μελέτες που εξετάστηκαν μελετούν τα βέλτιστα σημεία της διαμετακόμισης, τον συντονισμό μεταξύ διαφόρων τρόπων μεταφοράς και τον αντίκτυπο στην συνολική απόδοση της εφοδιαστικής αλυσίδας.

5 . Κυκλικά και Περιοδικά Προβλήματα (Cyclic and periodic problems)

Πλήθος: 6 μελέτες

Τα κυκλικά και περιοδικά προβλήματα αφορούν στην ανάπτυξη επαναλαμβανόμενων προγραμμάτων, για τομείς όπως η παραγωγή και η μεταφορά, τα οποία δύναται να γίνουν ιδιαίτερα κοστοβόρα αλλά μπορούν να αποτρέψουν την εμφάνιση επιπτώσεων που παρατηρούνται σε μη κυκλικά μοντέλα μυωπικών αποφάσεων. Προβλήματα δρομολόγησης και αποθεματοποίησης με πολλά οχήματα είτε με πολλές περιόδους απαιτούν την εύρεση μίας σχέσης μεταξύ των περιόδων καθώς και τη βελτιστοποίηση των αποθεμάτων του κάθε πελάτη με αποτέλεσμα να επηρεάζεται ανάλογα και η απόδοση του αλγορίθμου.

6 . Ευσταθής Βελτιστοποίηση και Αβεβαιότητα (Robust Optimization and uncertainty)

Πλήθος: 5 μελέτες

Η ευσταθής βελτιστοποίηση εισάγει την αβεβαιότητα στα προβλήματα βελτιστοποίησης για την εύρεση λύσεων που περιλαμβάνουν πλήθος παραμέτρων. Σύμφωνα με τις υπάρχουσες μελέτες προτείνεται πλήθος μεθόδων για την αντιμετώπιση της αβεβαιότητας που σχετίζονται λόγω χάριν με τα κόστη είτε με δεδομένα για την εκπαίδευση στην αβεβαιότητα που οδηγούν στον προσδιορισμό της ευστάθειας και την βελτιστοποίηση της υπολογιστικής αποδοτικότητας. Σε ευρύτερο πλαίσιο, οι μέθοδοι ευσταθούς βελτιστοποίησης στοχεύουν στην εξισορρόπηση της βέλτιστης λύσης, του υπολογιστικού κόστους και της ευστάθειας σε σχέση με την αβεβαιότητα.

7 . Ναυτιλιακή Εφοδιαστική (Maritime Logistics)

Πλήθος: 4 μελέτες

Τα προβλήματα ναυτιλιακής εφοδιαστικής αποτελούν ένα εξαιρετικά σημαντικό στοιχείο του παγκόσμιου εμπορίου και της εφοδιαστικής αλυσίδας και πιο συγκεκριμένα στη βέλτιστη μεταφορά αγαθών σε μακρινές αποστάσεις. Η αξιολόγηση των δυνατοτήτων της ναυτιλιακής εφοδιαστικής είναι καίρια, ειδικότερα στο πλαίσιο του Διαδικτύου των πραγμάτων (Internet of Things) και των μεγάλων δεδομένων (Big Data) εστιάζοντας στη ροή της πληροφορίας μέσω έξυπνων συστημάτων εφοδιαστικής αλυσίδας. Η εξέλιξη της ναυτιλιακής εφοδιαστικής διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη βελτίωση εν γένει της απόδοσης της εφοδιαστικής αλυσίδας μιας χώρας διευκολύνοντας το διεθνές εμπόριο και τις ξένες επενδύσεις. Εν κατακλείδι, η αφοσίωση στην ανάπτυξη νέων στρατηγικών, συνδυαστικά με τις τεχνολογικές καινοτομίες, η ναυτιλιακή εφοδιαστική δύναται να υποστηρίξει την βιώσιμη ανάπτυξη και να βελτιώσει τις εμπορικές ροές σε παγκόσμιο επίπεδο.

8 . Πολλαπλές αποθήκες (Multiple depot)

Πλήθος: 9 μελέτες

Σε πολλές μελέτες παρατηρήθηκαν περιπτώσεις όπου τα αγαθά αποθηκεύονται και διακινούνται απο περισσότερες από μία τοποθεσίες. Η πολυπλοκότητα που παρατηρείται στον συντονισμό δραστηριοτήτων στις πολλαπλές τοποθεσίες είναι αυξημένη και έχει στόχο την αποτελεσματική και βιώσιμη κάλυψη των τρεχουσών και μελλοντικών αναγκών. Η χρήση πολλαπλών αποθηκών δίνει το πλεονέκτημα της μείωσης των λειτουργικών εξόδων και της ευελιξίας στην ικανοποίηση της ζήτησης και

των πελατών. Στόχος της επίλυσης των προβλημάτων με πολλαπλές αποθήκες είναι η ελαχιστοποίηση της συνολικής απόστασης

9 . Άλλα Προβλήματα (Other)

Πλήθος : 14 μελέτες

Στην παρούσα κατηγορία έχουν συμπεριληφθεί όλες οι μελέτες οι οποίες δεν εμπίπτουν στις προαναφερθείσες κατηγορίες. Αυτό συμβαίνει καθώς είτε κάποιες μελέτες ανήκουν σε μοναδική κατηγορία η οποία περιλαμβάνει μοναδική μελέτη είτε δεν μπορεί να συμπεριληφθεί σε κάποια συγκεκριμένη κατηγορία προβλημάτων. Οι μελέτες αυτές καλύπτουν διάφορα θέματα, όπως η ενσωμάτωση προηγμένων τεχνολογιών (λ.χ. τεχνητή νοημοσύνη, IoT) και πιο ειδικά προβλήματα που αναφέρονται σε διάφορες βιομηχανικές περιπτώσεις.

Επιπλέον, τα υπό μελέτη επιστημονικά άρθρα εξετάστηκαν και ως προς τον αλγόριθμο που χρησιμοποιούν κατά την προσέγγιση του εκάστοτε προβλήματος. Κατόπιν μελέτης, επιλέχθηκαν τέσσερις βασικές κατηγορίες αλγορίθμων βάσει των οποίων έγινε και η κατηγοριοποίηση των προβλημάτων. Αξίζει να σημειωθεί ότι πολλά προβλήματα είναι δυνατό να επιλύονται με αλγορίθμους που ανήκουν σε παραπάνω από μία κατηγορία. Παρακάτω, παρουσιάζεται η κατηγοριοποίηση του συνόλου των μελετών βάσει του παραπάνω κριτηρίου.

		Χρονολογία	Παραπομπή
1	Fatima Ezzahra Achamrah, Fouad Riane, Sabine Limbourg	2022	(Achamrah, Riane, & Limbourg, 2022)
2	Waleed Najy, Claudia Archetti , Ali Diabat	2023	(Waleed, Archetti, & Diabat, 2023)
3	Amir Zojaji, Kiarash Soltaniani, Lars Magnus Hvattum, Sebastián Urrutia	2022	(Zojaji, Soltaniani, Hvattum, & Urrutia, 2022)
4	Homayoun Shaabani, Lars Magnus Hvattum , Gilbert Laporte, Arild Hoff	2023	(Shaabani, Hvattum, Laporte, & Hoff, 2023)
5	Jan Eise Fokkema, Martin J. Land, Leandro C. Coelho , Hans Wortmann, George B. Huitema	2020	(Fokkema J. E., Land, Coelho, Wortmann, & Huitema, 2020)
6	Özlem Mahmutogulları, Hande Yaman	2023	(Mahmuto ̇gulları & Yaman, 2023)
7	Raúl F.Roldán, RosaBasagoiti , Leandro C.Coelho	2016	(Roldán, Basagoiti, & Coelho, 2016)

8	Wouter Lefever, El-Houssaine Aghezzaf, Khaled Hadj-Hamou , Bernard Penz	2018	(Lefever, Aghezzaf, Hadj-Hamou, & Penz, 2018)
9	Cleder M. Schenekemberg, Cassius T. Scarpin , JoséE. Pécora Jr., Thiago A. Guimarães , Leandro C. Coelho	2020	(Schenekemberg, Scarpin, Pécora Jr., Guimarães, & Coelho, 2020)
10	Gizem Ozbaygın Tiniç, Esra Koca, Hande Yaman	2021	(Tiniç, Koca, & Yaman, 2021)
11	Ying Ji, Jianhui Du, Xiaoya Han, Xiaoqing Wu, Ripeng Huang, Shilei Wang, Zhimin Liu	2020	(Ji, et al., 2020)
12	Kannan Govindan, Farhad Salehian , Hadi Kian , Seyed Teimoor Hosseini, Hassan Mina	2023	(Govindan, Salehian, Hosseini, & Mina, 2023)
13	İlker Köseli, Mehmet Soysal, Mustafa Çimen, Çağrı Sel	2023	(Köseli, Soysal, Çimen, & Sel, 2023)
14	Fábio Neves-Moreira, Bernardo Almada-Lobo, Luís Guimarães, Pedro Amorim	2022	(Neves-Moreira, Almada-Lobo, Guimarães, & Amorim, 2022)
15	Liyong Song , Zhengqiang Wu	2023	(Song & Wu, 2023)
16	Faycal A. Touzout , Anne-Laure Ladier, Khaled Hadj-Hamou	2022	(Touzout, Ladier, & Hadj-Hamou, An assign-and-route matheuristic for the time-dependent inventory routing problem, 2022)
17	Katyanne Farias,Khaled Hadj-Hamou, Claude Yugma	2019	(Farias, Hadj-Hamou, & Yugma, 2019)
18	Yipei Zhang, Feng Chu, Ada Che	2022	(Zhang, Chu, & Che, 2022)
19	Luca Bertazzi, M. Grazia Speranza	2013	(Bertazzi & Speranza, Inventory routing problems with multiple customers, 2013)
20	Ali Diabat, Nicola Bianchessi, Claudia Archetti	2024	(Diabat, Bianchessi, & Archetti, 2024)

21	Agostinho Agra, Marielle Christiansen , Laurence Wolsey	2022	(Agra, Christiansen, & Wolsey, 2022)
-----------	---	------	--------------------------------------

Πίνακας 4.10 Πίνακας αλγορίθμων στην κατηγορία ακριβής αλγόριθμος

		Χρονολογία	Παραπομπή
1	Bhakti Stephan Onggoa, Javier Panadero, Canan G. Corluc, Angel A. Juanb	2019	(Onggoa, Panadero, Corlu, & Juan, 2019)
2	Samaneh Daroudi, Hamed Kazemipoor, Esmaeel Najafi , Mohammad Fallah	2021	(Daroudi, Kazemipoor, Najafi, & Fallah, 2021)
3	Leandro C.Coelho, Jean-Franc-ois Cordeau ,GilbertLaporte	2012	(Coelho, Cordeau, & Laporte, 2012)
4	Samira Mirzaei , Abbas Seifi	2015	(Mirzaei & Seifi, 2015)
5	Vincent F. Yu, Audrey Tedja Widjaja, Aldy Gunawan, Pieter Vansteenwegen	2021	(Yu, Widjaja, Gunawan, & Vansteenwegen, 2021)
6	Aldair Alvarez, Jean-François Cordeau, Raf Jans, Pedro Munari, Reinaldo Morabito	2020	(Alvarez, Cordeau, Munari, Jans, & Morabito, 2020)
7	Jørgen Skålnes , Henrik Andersson , Guy Desaulniers , Magnus Stålhane	2022	(Skålnes, Andersson, Desaulniers, & Stålhane, 2022)
8	Alejandro Gutierrez-Alcoba , , Roberto Rossi, Belen Martin-Barragan, Tim Embley	2023	(Gutierrez-Alcoba, Rossi, Martin-Barragan, & Embley, 2023)
9	W.J.Guerrero, C.Prodhon, N.Velasco, C.A.Amaya	2013	(Guerrero, Prodhon, Velasco, & Amaya, 2013)
10	Weitiao Wu, Wei Zhou , Yue Lin , Yuanqi Xie , Wenzhou Jin	2021	(Wu, Zhou, Lin, Xie, & Jin, 2021)
11	Satya Prakash , Indrajit Mukherjee	2023	(Prakash & Mukherjee, 2023)
12	Leandro Callegari Coelho, Annarita De Maio, Demetrio Laganà	2020	(Coelho, De Maio, & Laganà, 2020)
13	Krzysztof Michalak	2021	(Michalak, 2021)

14	Meysam Mahjoob, Seyed Sajjad Fazeli, Leyla Sadat Tavassoli , Mirpouya Mirmozaffari , Soodabeh Milanlouei	2021	(Mahjoob, Fazeli, Tavassoli, Mirmozaffari, & Milanlouei, 2021)
15	Mahdi Alinaghian , Erfan Babaee Tirkolaee , Zahra Kaviani Dezaki , Seyed Reza Hejazi a , Weiping Ding	2021	(Alinaghian, Tirkolaee, Dezaki, Hejazi, & Ding, 2021)
16	Meysam Mahjoob , Seyed Sajjad Fazeli , Soodabeh Milanlouei , Leyla Sadat Tavassoli , Mirpouya Mirmozaffari	2022	(Mahjoob, Fazeli, Milanlouei, Tavassoli, & Mirmozaffari, 2022)
17	Zhuo Dai, Kuo Gao , B.C. Giri	2020	(Dai, Gao, & Giri, 2020)
18	Guido J.L. Micheli, Fabio Mantella	2018	(Micheli & Mantella, 2018)
19	Masoud Rabbani, Kimiya Rahmani Mokarrari, Niloofar Akbarian-saravi	2021	(Rabbani, Mokarrari, & Akbarian-saravi, 2021)

Πίνακας 4.11 Πίνακας αλγορίθμων στην κατηγορία υβριδικός αλγόριθμος

		Χρονολογία	Παραπομπή
1	Emilio J. Alarcon Ortega , Karl F. Doerner	2023	(Ortega & Doerner, A sampling-based matheuristic for the continuous-time stochastic inventory, 2023)
2	Homayoun Shaabani, Arild Hoff , Lars Magnus Hvattum , Gilbert Laporte	2023	(Shaabani, Hoff, Hvattum, & Laporte, 2023)
3	Jørgen Skålnes, Simen T. Vadseth, Henrik Andersson, Magnus Stålhane	2023	(Skålnes, Vadseth, Andersson, & Stålhane, 2023)
4	Luca Bertazzi , Geoffrey A. Chua , Demetrio Laganà , Rosario Paradiso	2022	(Bertazzi, Chua, Laganà, & Paradiso, 2022)
5	Luca Bertazzia, Leandro C. Coelho, Annarita De Maio, Demetrio Laganà	20216	(Bertazzi, Coelho, De Maio, & Laganà, 2019)
6	Emilio J. Alarcon Ortega, Michael Schilde, Karl F. Doerner	2023	(Ortega & Doerner, A sampling-based matheuristic for the continuous-time stochastic inventory, 2023)

7	Yousef Ghiami , Emrah Demir , Tom Van Woensel , Marielle Christiansen , Gilbert Laporte	2019	(Ghiami, Demir, Van Woensel, Christiansen, & Laporte, 2019)
8	Felipe Lagos, Natashia Boland , Martin Savelsbergh	2022	(Lagos, Boland, & Savelsbergh, 2022)
9	Leopoldo E. Cárdenas-Barrón , Rafael A. Melo	2021	(Cárdenas-Barrón & Melo, 2021)
10	Melih Çelik, Claudia Archetti , Haldun Süral	2022	(Çelik, Archetti, & Süral, Inventory routing in a warehouse: The storage replenishment routing problem, 2022)

Πίνακας 4.12 Πίνακας αλγορίθμων στην κατηγορία μαθηματικοευρετικός αλγόριθμος

		Χρονολογία	Παραπομπή
1	Yixuan Wang, Nuo Wang , Peixiu Han	2023	(Wang, Wang, & Han, 2023)
2	A. Azadeh, S. Elahi , M. Hosseinabadi Farahani , B. Nasirian	2017	(Azadeh, Elahi, Hosseinabadi Farahani, & Nasirian, 2017)
3	Chen Wei, Wen-Wen Gao, Zhi-Hua Hu, Yu-Qi Yin, Shi-De Pan	2019	(Wei, Gao, Hu, Yin, & Pan, 2019)
4	Atefeh Hemmati Golsefidia, Mohammad Reza Akbari Jokar	2020	(Golsefidi & Jokar, 2020)
5	Huali Sun, Suning Sun, Yi Zhou , Yaofeng Xue	2023	(Sun, Sun, Zhou, & Xue, 2023)
6	Mina Dehghani Jeshvaghani, Maghsoud Amiri, Kaveh Khalili-Damghani , Laya Olfat	2023	(Jeshvaghani, Amiri, & Khalili-Damghani, 2023)
7	Pieter Vansteenwegen, Manuel Mateo	2014	(Vansteenwegen & Mateo, 2014)
8	Eleftherios Manousakis , Panagiotis Repoussis , Emmanouil Zachariadis , Christos Tarantilis	2021	(Manousakis, Repoussis, Zachariadis, & Tarantilis, 2021)
9	Panagiotis Karakostas, Angelo Sifaleras , Michael C. Georgiadis	2020	(Karakostas, Sifaleras, & Georgiadis, 2020)
10	Hsin Raua, Syarif Daniel Budimana, Gede Agus Widyadanab	2018	(Raua, Budiman, & Widyadana, 2018)

11	Xiaoting Shang, Guoqing Zhang, Bin Jia, Mohammed Almanaseer	2022	(Shang, Zhang, Jia, & Almanaseer, 2022)
12	Runjie Li , Zheng Cui, Yong-Hong Kuo, Lianmin Zhang	2023	(Li, Cui, Kuo, & Zhang, 2023)
13	Fezzeh Partovi, Mehdi Seifbarghy , Maryam Esmaeili	2023	(Partovi, Seifbarghy, & Esmaeili, 2023)
14	Meysam Mahjoob , Seyed Sajjad Fazeli , Leyla Sadat Tavassoli , Mirpouya Mirmozaffari , Soodabeh Milanlouei	2021	(Mahjoob, Fazeli, Tavassoli, Mirmozaffari, & Milanlouei, 2021)
15	Mohammad Yavari, Hossein Enjavi, Mohaddese Geraeli	2020	(Yavari, Enjavi, & Geraeli, 2020)
16	Masoud Rabbani , Kimiya Rahmani Mokarrari, Niloofar Akbarian-saravi	2021	(Rabbani, Mokarrari, & Akbarian-saravi, 2021)
17	Hugo Chevroton, Yannick Kergosien , Lotte Berghman, Jean-Charles Billaut	2021	(Chevroton, Kergosien, Berghman, & Billaut, 2021)

Πίνακας 4.13 Πίνακας αλγορίθμων στην κατηγορία μεθευρετικός αλγόριθμος

1 . Ακριβής αλγόριθμος (Exact)

Πλήθος: 21 μελέτες

Ο ακριβής αλγόριθμος είναι μέθοδος που χρησιμοποιείται για την βελτιστοποίηση προβλημάτων με την εγγύηση εύρεσης μίας βέλτιστης λύσης. Ουσιαστικά γίνεται η εύρεση της βέλτιστης λύσης ανάμεσα σε ένα σύνολο πιθανών βέλτιστων λύσεων. Ο αλγόριθμος βασίζεται στη λύση ενός μαθηματικού μοντέλου χρησιμοποιώντας πλήθος στρατηγικών επίλυσης για την αναζήτηση της βέλτιστης λύσης. Η μέθοδος αυτή βρίσκει εφαρμογές σε διάφορες προσεγγίσεις ανάλογα με τη φύση του εκάστοτε προβλήματος. Σχετικά με την απόδοση του αλγορίθμου, αυτή αξιολογείται μέσω υπολογιστικών πρακτικών και κατόπιν συγκρίνεται με υπάρχουσες λύσεις από άλλους αλγορίθμους. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, ένας ακριβής αλγόριθμος επιτυγχάνει καλύτερη προσέγγιση στη λύση μεταξύ λιγότερων πιθανών βέλτιστων λύσεων συγκριτικά με άλλους αλγορίθμους, αλλά χρειάζεται περισσότερο υπολογιστικό χρόνο.

2 . Υβριδικός αλγόριθμος (Hybrid)

Πλήθος: 19 μελέτες

Ένας υβριδικός αλγόριθμος, στα προβλήματα δρομολόγησης και αποθεματοποίησης, συνδυάζει πλήθος τεχνικών βελτιστοποίησης με στόχο την αποτελεσματική επίλυση σύνθετων προβλημάτων δρομολόγησης. Εν γένει, οι υβριδικοί αλγόριθμοι είναι σχεδιασμένοι ώστε να βελτιστοποιούν τις συναρτήσεις, να βελτιώνουν τις αποκρίσεις των συστημάτων, να λύνουν σύνθετα προβλήματα και να

βελτιώνουν τις διαδικασίες αναζήτησης συνδυάζοντας αποτελεσματικά διάφορες προσεγγίσεις. Ένα πλεονέκτημα που παρουσιάζουν οι υβριδικοί αλγόριθμοι είναι η αυξημένη ακρίβεια και ευστοχία σε συνδυασμό με την προσαρμοστικότητα και τα υψηλά επίπεδα προσαρμοστικότητας στο κάθε μοναδικό πρόβλημα. Αδιαμφισβήτητα αποτελούν χρήσιμα εργαλεία για πολλές εφαρμογές βελτιστοποίησης.

3 . Μαθηματικός ευρετικός αλγόριθμος (Matheuristic)

Πλήθος: 10 μελέτες

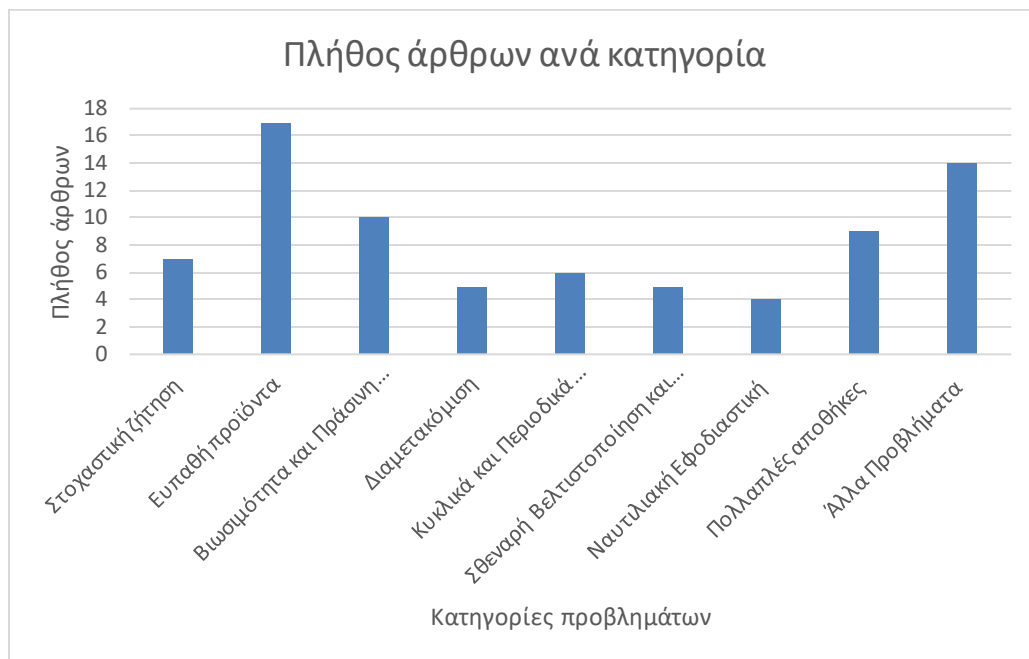
Ένας μαθηματικός ευρετικός αλγόριθμος συνδυάζει στοιχεία από μαθηματικές τεχνικές βελτιστοποίησης με ευρετικές προσεγγίσεις για την αποτελεσματική επίλυση σύνθετων προβλημάτων κατανομής και προβλήματα δρομολόγησης. Οι συγκεκριμένοι αλγόριθμοι στοχεύουν στον συνδυασμό των δυνατών στοιχείων των δύο παραπάνω μεθοδολογιών οδηγώντας σε λύσεις υψηλής ποιότητας ενώ ταυτόχρονα είναι υπολογιστικά εφικτές. Σε ευρύτερο πλαίσιο οι μαθηματικά ευρετικοί αλγόριθμοι αποτελούν μία πολύ καλή προσέγγιση στη βελτιστοποίηση προσφέροντας ευελιξία και αποτελεσματικότητα ενώ ταυτόχρονα επιλύουν σύγχρονα προβλήματα της πραγματικότητας.

4 . Μεθευρετικός αλγόριθμος (Metaheuristic)

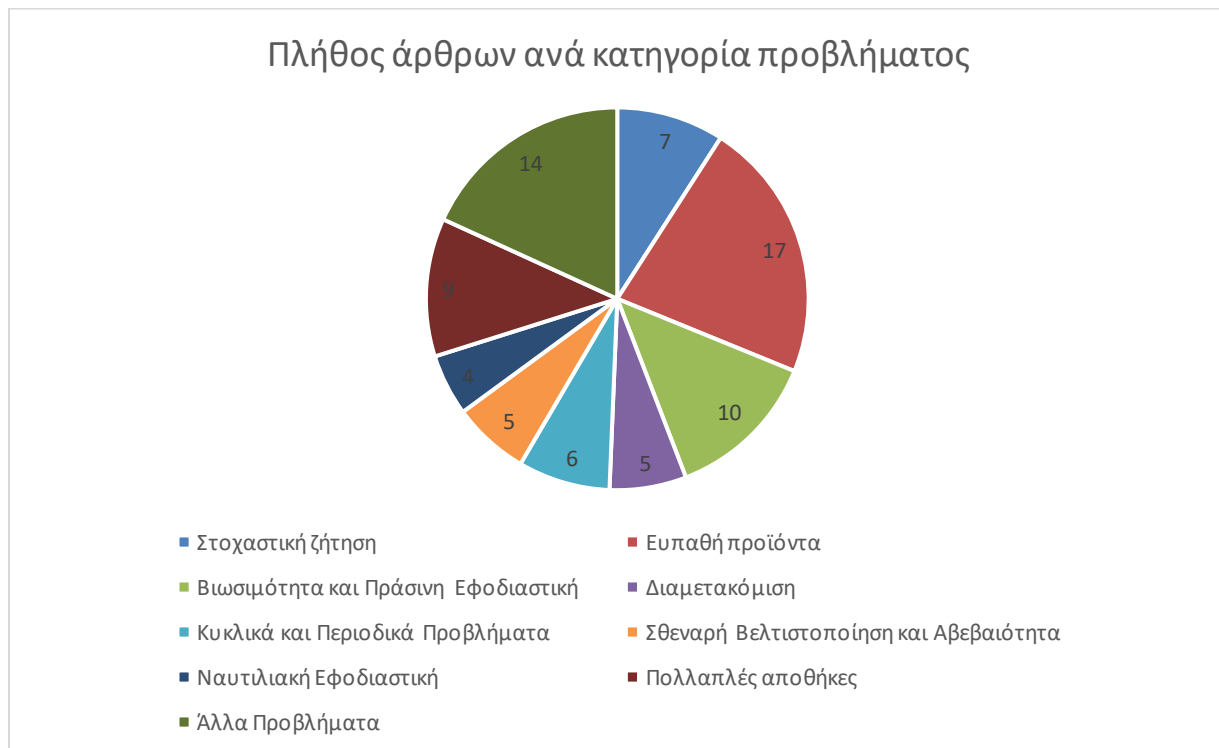
Πλήθος: 17 μελέτες

Οι μεθευρετικοί αλγόριθμοι αποτελούν τεχνικές βελτιστοποίησης κυρίως εμπνευσμένοι από φυσικές διαδικασίες όπως η γενετική, η συμπεριφορά σμηνών και η εξέλιξη και χρησιμοποιούνται για την επίλυση σύνθετων προβλημάτων που δεν μπορούν να προσεγγίσουν οι κλασικές μέθοδοι επίλυσης. Οι συγκεκριμένοι αλγόριθμοι ερευνούν ένα ευρύ πεδίο λύσεων για την εύρεση της βέλτιστης λύσης ενός προβλήματος και διαχωρίζονται ανάλογα με το πόσες λύσεις χρησιμοποιούν. Υπάρχουν αλγόριθμοι που χρησιμοποιούν μία λύση και κάνουν αναζήτησης τοπικά ενώ άλλοι έχουν ένα πληθυσμό από λύσεις και προσπαθούν να κάνουν αναζήτηση σε όλο το χώρο των λύσεων. Ταυτόχρονα είναι αδιαμφισβήτητη η ύπαρξη υβριδικών λύσεων που επιλύουν συγκεκριμένους τύπους προβλημάτων. Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται σημαντική εξέλιξη στην αποτελεσματικότητα των μεθευρετικών αλγορίθμων και προτιμώνται αρκετά συχνά για την επίλυση σύγχρονων προβλημάτων.

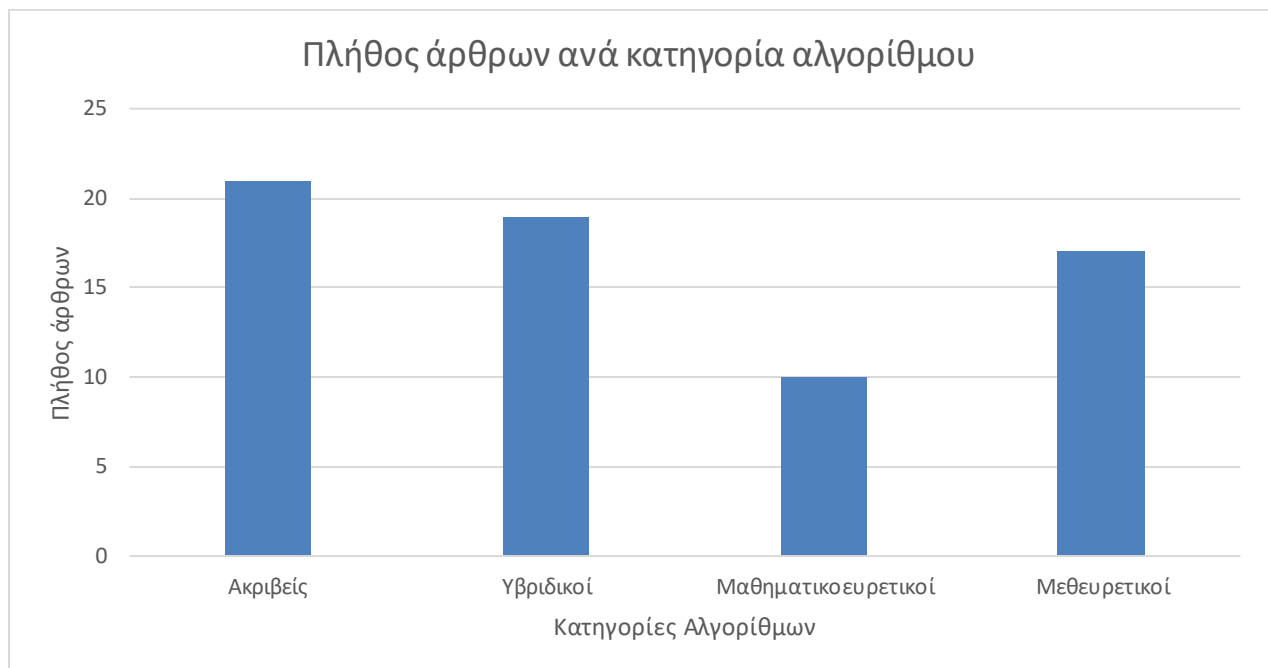
Τα παραπάνω ευρήματα παρουσιάζονται και γραφικά στα παρκάτω τέσσερα γραφήματα.



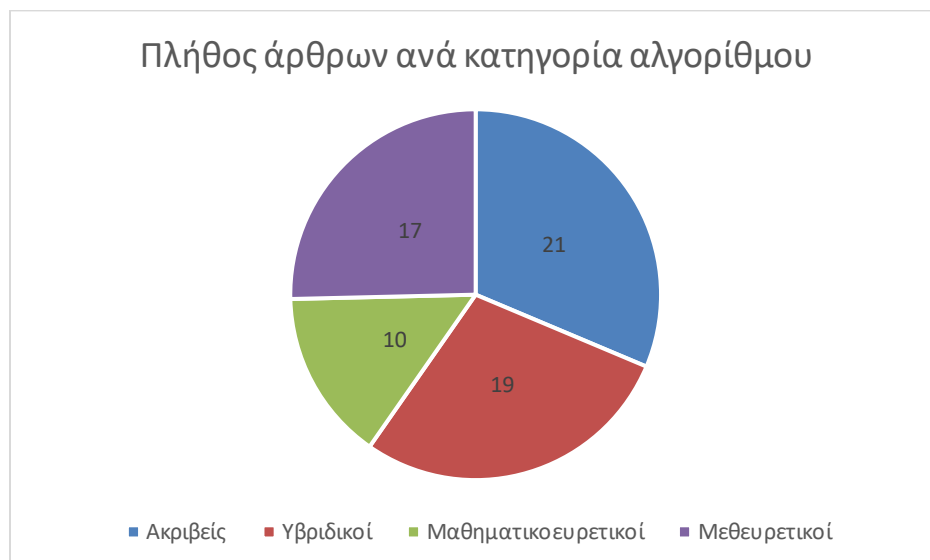
Γράφημα 1 Γραφική αναπαράσταση του πλήθους των άρθρων ανά κατηγορία



Γράφημα 2 Γραφική αναπαράσταση του πλήθους των άρθρων ανά κατηγορία σε διάγραμμα πίτας



Γράφημα 3 Γραφική αναπαράσταση του πλήθους των άρθρων ανά κατηγορία αλγορίθμου



Γράφημα 4 Γραφική αναπαράσταση του πλήθους των άρθρων ανά κατηγορία αλγορίθμου

4.2– ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΕΥΡΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΠΙΘΑΝΩΝ ΕΡΜΗΝΕΙΩΝ

Η συζήτηση των πιθανών ερμηνειών αποτελεί ένα κρίσιμο μέρος της διπλωματικής εργασίας, καθώς με τον τρόπο αυτό εξετάζονται σε βάθος τα αποτελέσματα της έρευνας και διατυπώνονται σε δεύτερο χρόνο ως τεκμηριωμένα συμπεράσματα. Η ενότητα αυτή περιλαμβάνει την ανάλυση των ευρημάτων της μελέτης, την αξιολόγηση των τάσεων, τη δημιουργία συσχετισμών και έπειτα αποδίδονται πιθανές ερμηνείες συγκριτικά με την υπάρχουσα βιβλιογραφία και το θεωρητικό πλαίσιο. Σε ευρύτερο πλαίσιο, η ενότητα αυτή προσφέρει μια ολοκληρωμένη και κριτική αποτίμηση των αποτελεσμάτων, υπογραμμίζοντας τη σημασία τους και τη δυνατότητα εφαρμογής τους σε πρακτικά και θεωρητικά πλαίσια.

Τα αποτελέσματα της κατηγοριοποίησης που πραγματοποιήθηκε συνδυαστικά με τα τελευταία γραφήματα οδηγούν αρχικά στη δυνατότητα εξαγωγής δεδομένων. Σύμφωνα με τα παραπάνω, η πλειοψηφία της επιλεγμένης βιβλιογραφίας για την παρούσα βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνά προβλήματα που σχετίζονται ή αφορούν αποκλειστικά ευπαθή προϊόντα. Κατόπιν, φαίνεται πως η Βιωσιμότητα και η Πράσινη Εφοδιαστική αποτελεί ένα πρόβλημα που κεντρίζει το ενδιαφέρον της έρευνας στον τομέα της Εφοδιαστικής Αλυσίδας. Φυσικά υπάρχει και ένα σημαντικό πλήθος μελετών που πραγματεύεται άλλα μεμονωμένα προβλήματα που σχετίζονται με το Πρόβλημα Δρομολόγησης και Αποθεματοποίησης.

Η προτίμηση επίλυσης προβλημάτων που αφορούν στα Ευπαθή Προϊόντα απαιτεί ταυτόχρονα την διαχείριση προβλημάτων που περιλαμβάνουν αυξημένη ευαισθησία ως προς τον χρόνο και ταυτόχρονη εστίαση στην ελαχιστοποίηση των αποβλήτων. Ακόμη, κρίνεται σκόπιμη η ικανοποίηση της ανάγκης για αποδοτικό συγχρονισμό μεταξύ διαχείρισης αποθεμάτων και μεταφοράς. Συχνά απαιτείται και η πραγματοποίηση συχνότερων μεταφορών και μικρότερων ποσοτήτων. Ολοκληρώνοντας τα υψηλά επίπεδα αβεβαιότητας αποτελούν έναν σημαντικό παράγοντα κατά την επίλυση προβλημάτων που εμπεριέχουν διαχείριση Ευπαθών Προϊόντων.

Όσον αφορά την κατηγοριοποίηση βάσει αλγορίθμου, φαίνεται πως οι Ακριβείς Αλγόριθμοι βρίσκονται πρώτοι σε προτίμηση μελέτης από την ερευνητική κοινότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας, ενώ έπεται η κατηγορία των Υβριδικών Αλγορίθμων με μικρή διαφορά σε αριθμό άρθρων.

Κατόπιν συγκρίσεως των 21 άρθρων που περιλαμβάνονται στην κατηγορία με τους Ακριβείς Αλγορίθμους (Exact algorithms), παρατηρήθηκε πως για την επίλυση σύνθετων προβλημάτων βελτιστοποίησης απαιτείται μία πολύπλευρη προσέγγιση. Οι μεθοδολογίες περιλαμβάνουν τη διάσπαση του προβλήματος σε μικρότερα υπο-μέρη, καθορισμό του πλήθους των επισκέψεων στον πελάτη αλλά και τις απαιτούμενες ποσότητες και τη δημιουργία διαδρομών με τη χρήση ειδικά σχεδιασμένων αλγορίθμων. Επιπλέον, οι έρευνες αναλύουν τη σημασία της χρήσης παραμέτρων όπως η σειρά επίσκεψης και η μεταφερόμενη ποσότητα για την επίτευξη βέλτιστων λύσεων. Αξιοσημείωτη είναι και η αξιολόγηση της επίδοσης των αλγορίθμων σε κάθε μέρος του ξεχωριστά η οποία επιδρά σαφώς στην τελική λύση. Συνεπώς, ένας πιθανός συνδυασμός Ακριβών Αλγορίθμων να επιφέρει καλύτερα συνολικά αποτελέσματα και να περιλαμβάνει όλες τις πτυχές του επιτυγάνοντας λύσεις υψηλής ποιότητας.

Οι Ακριβείς Αλγόριθμοι διαθέτουν ένα άρτια δομημένο θεωρητικό επίπεδο το οποίο έχει εφαρμοστεί σε πολλές εφαρμογές σε βάθος χρόνου. Οι Ακριβείς Αλγόριθμοι πιθανώς προτιμούνται για την επίλυση προβλημάτων Δρομολόγησης και Αποθεματοποίησης καθώς προσφέρουν εγγυημένη εύρεση βέλτιστης λύσης ενώ παράλληλα προσδίδουν ευελιξία κατά την επίλυση παραλλαγών των συνηθισμένων προβλημάτων.

Η επόμενη βασική κατηγορία αλγορίθμων που επιλέχθηκε για την κατηγοριοποίηση αυτών στην παρούσα ανάλυση είναι οι Υβριδικοί Αλγόριθμοι. Βάσει των δεδομένων των ερευνών, η σύγκριση των αλγορίθμων είναι πολύπλευρη καθώς οι αποδόσεις κυμαίνονται σε πολλαπλά επίπεδα. Ο αλγόριθμος PESA II υπερτερεί έναντι του γενετικού αλγορίθμου πολλαπλών στόχων (multi-objective genetic algorithm) στα πλαίσια του χρόνου τρεξίματος του αλγορίθμου και της ακρίβειας προς τη βέλτιστη λύση και ειδικότερα όσο μεγαλώνει η κλίμακα του προβλήματος, καθιστώντας τον προτιμητέο σε προβλήματα μεγάλης κλίμακας καθώς και σε πραγματικές εφαρμογές (Daroudi, Kazemipoor, Najafi, & Fallah, 2021). Επιπλέον, ο Υβριδικός αλγόριθμος που συνδυάζει τον Αλγόριθμο Προσομοιωμένης Ανόπτησης (Simulated Annealing, SA) με την Περιορισμένη Αναζήτηση (Tabu Search, TS) στοχεύει στην εύρεση του βέλτιστου μέσω του SA και τα χαρακτηριστικά απομνημόνευσης του TS, κρίνοντας τον υποσχόμενο για την βελτίωση των λύσεων σε προβλήματα της Εφοδιαστικής Αλυσίδας (Mirzaei & Seifi, 2015). Τέλος, η μέθοδος Taguchi χρησιμοποιείται για τη ρύθμιση παραμέτρων σε αλγορίθμους όπως ο Differential Evolution (DE), βελτιώνοντας την απόδοσή του στα προβλήματα δρομολόγησης (Alinaghian, Tirkolaee, Dezaki, Hejazi, & Ding, 2021).

Στην κατηγορία των μαθηματικοευρετικών αλγορίθμων περιλαμβάνεται ένα μικρότερο πλήθος μελετών καθιστώντας την λιγότερο δημοφιλή στα προβλήματα δρομολόγησης και αποθεματοποίησης σε σύγκριση με τις προηγούμενες κατηγορίες. Στο πρόβλημα δρομολόγησης και αποθεματοποίησης με πολλαπλά οχήματα και αποθηκευτικούς χώρους, ο μαθηματικοευρετικός αλγόριθμος που χρησιμοποιήθηκε αποδείχθηκε ισχυρότερος των exact αλγορίθμων (Ghiami, Demir, Van Woensel, Christiansen, & Laporte, 2019). Ομοίως συνέβη και στο πρόβλημα με ένα όχημα εξυπηρέτησης και έναν αποθηκευτικό χώρο όπου επιτεύχθηκε σημαντικά χαμηλό υπολογιστικό κόστος (Ghiami, Demir, Van Woensel, Christiansen, & Laporte, 2019). Ομοίως, ο αλγόριθμος Ant Colony Optimization (ACO) επιφέρει καλύτερες λύσεις συγκριτικά με τον αλγόριθμο Προσομοιωμένης Ανόπτησης (Simulated Annealing Algorithm, SAA) καθώς διαθέτει μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα στην επίλυση σύνθετων προβλημάτων (Shang, Zhang, Jia, & Almanaseer, 2022).

Η κατηγορία των μεθευρετικών αλγορίθμων αποτελεί μία δημοφιλή κατηγορία καθώς επιλέγεται από αρκετούς ερευνητές για την επίλυση προβλημάτων δρομολόγησης και αποθεματοποίησης. Στο άρθρο των Eleftherios Manousakis, Panagiotis Repoussis, Emmanouil Zachariadis, Christos Tarantilis (Manousakis, Repoussis, Zachariadis, & Tarantilis, 2021) γίνεται σύγκριση διάφορων μεθευρετικών αλγορίθμων όπως οι Invasive Weed Optimization (IWO) και Teaching-Learning-Based Optimization (TLBO) όπου ο δεύτερος κρίνεται ως αποδοτικότερος με κριτήριο την ελαχιστοποίηση του κόστους. Επιπλέον, τα αποτελέσματα του Γενετικού Αλγορίθμου στο άρθρο των Hsin Raua, Syarif Daniel Budimana, Gede Agus Widyadana (Raua, Budiman, & Widyadana, 2018) κρίνονται αποτελεσματικότερα συγκριτικά με αυτά του Αλγορίθμου Βελτιστοποίησης Σμήνους Σωματιδίων.

4.3– ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΕΣ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

Στη βιβλιογραφία γίνονται ποικίλες μελέτες και προσεγγίσεις οι οποίες στοχεύουν στην εξέταση και ανάδειξη των τρεχουσών τάσεων και εξελίξεων στο πρόβλημα της δρομολόγησης και αποθεματοποίησης. Οι τεχνικές αυτές διαφοροποιούνται όσον αφορά στο αντικείμενο το οποίο μελετούν. Με άλλα λόγια, κάποια άρθρα όπως φαίνεται και στον πίνακα 2 που ακολουθεί μπορεί να μελετούν τις συγχρονες τάσεις στο πρόβλημα δρομολόγησης και αποθεματοποίησης όμως από μία συγκεκριμένη κατηγορία προβλημάτων. Αυτό μπορεί να είναι λόγω χάριν είτε τα ναυτιλιακά είτε τα ευπαθή προϊόντα. Συνεπώς, φαίνεται πως απουσιάζουν πρόσφατες μελέτες από τη βιβλιογραφία που να ερευνούν τις σύγχρονες τάσεις σε ευρύτερο πλαίσιο τόσο σε επίπεδο προβλημάτων όσο και κατηγοριών αλγορίθμων. Είναι σαφές πως υπάρχει πληθώρα προβλημάτων και ταυτόχρονα μεγάλο πλήθος αλγορίθμων που

χρησιμοποιούνται για την επίλυση των προβλημάτων δρομολόγησης και αποθεματοποίησης. Όλα τα παραπάνω εξετάζονται, αναλύονται και παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στην παρούσα μελέτη.

Παραπομπή	Αντικείμενο
(Cao, Gao, Li, & Xiangting, 2020)	Τυπικοί αλγόριθμοι
(Kumar, Shankar, & Vrat, 2022)	<i>Industry 4.0</i>
(Fagerholt, Hvattum, Papageorgiou, & Urrutia, 2023)	<i>Ναυπλία</i>
(Zelin & Jiansheng, 2020)	<i>Ευπαθή προϊόντα</i>

Πίνακας 2: Αντικείμενο μελέτης νέων τάσεων προβλήματος δρομολόγησης και αποθεματοποίησης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΤΗΣ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ

5.1– ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΩΝ ΒΑΣΙΚΩΝ ΕΥΡΗΜΑΤΩΝ

Στην παρούσα έρευνα, πραγματοποιήθηκε μια μελέτη και ανασκόπηση σε ένα σημαντικό μέρος της βιβλιογραφίας σχετικά με τις εφαρμογές που βρίσκει ο αλγόριθμος δρομολόγησης και αποθεματοποίησης σε προβλήματα της σύγχρονης εφοδιαστικής αλυσίδας. Οι εφαρμογές αυτές καθώς και οι διαφοροποιήσεις του αλγορίθμου δρομολόγησης και αποθεματοποίησης βάσει της εφαρμογής έχουν προσδιοριστεί εκτενώς καθ' όλη την έκταση της ανασκόπησης.

Τα προβλήματα που ερευνούνται σήμερα από την ερευνητική κοινότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας σχετίζονται κυρίως με τα ευπαθή προϊόντα. Ταυτόχρονα, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η έρευνα της βιωσιμότητας και της πράσινης εφοδιαστικής καθώς και η μελέτη της στοχαστικής ζήτησης ενώ η ύπαρξη πολλών άλλων μεμονομένων προβλημάτων διευρύνει ακόμα περισσότερο το πεδίο έρευνας του προβλήματος δρομολόγησης και αποθεματοποίησης καθιστώντας το ένα πρόβλημα με πολλά ακόμη περιθώρια ανάπτυξης.

Οι κατηγορίες των αλγορίθμων που χρησιμοποιούνται για την προσέγγιση του προβλήματος που μελετάται στην παρούσα διπλωματική εργασία είναι τέσσερις με κυρίαρχη αυτή των Ακριβών Αλγορίθμων και έπειτα των Υβριδικών και Μεθευρετικών.

Επιπλέον, από την παρούσα βιβλιογραφική ανασκόπηση παρατηρήθηκαν και σημαντικές προκλήσεις που αντιμετωπίζονται κατά την προσέγγιση προβλημάτων δρομολόγησης και αποθεματοποίησης. Αρχικά, παρατηρείται σε αρκετά προβλήματα η αδυναμία των αλγορίθμων επίλυσης να επιτύχουν βέλτιστα αποτελέσματα σε προβλήματα μεγάλης κλίμακας με μεγάλο πλήθος κόμβων εξυπηρέτησης, οχημάτων και χρονικών περιορισμών. Συνεπώς, απαιτείται συχνά η χρήση υβριδικών αλγορίθμων που σύνανται να προσεγγίσουν αποδοτικά το εκάστοτε πρόβλημα με χαμηλό υπολογιστικό κόστος. Επιπλέον, η αποδοτικότητα των αλγορίθμων του προβλήματος είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την ακρίβεια των δεδομένων που εισάγονται. Σε περιπτώσεις λοιπόν που υπεισέρχονται οι παράγοντες της αβεβαιότητας και της μεταβλητότητας, όπως λόγου χάριν σε διακυμάνσεις της ζήτησης και στη ρύθμιση της κυκλοφορίας οχημάτων, η διαδικασία της βελτιστοποίησης γίνεται ιδιαίτερα πολύπλοκη. Μία ακόμη πρόκληση που αντιμετωπίζεται είναι η διαχείριση προβλημάτων με πολλαπλούς στόχους όπως λόγου χάριν η ελαχιστοποίηση του κόστους με ταυτόχρονη αύξηση των επιπέδων ικανοποίησης και την τήρηση των χρονικών περιθωρίων. Ο συνδυασμός των παραπάνω με την απαιτούμενη ενσωμάτωσή και συνεργασία τους με άλλα συστήματα όπως λόγου χάριν ανθρώπινο προσωπικό, υπολογιστικά συστήματα και παρόχους καθιστά το πρόβλημα δρομολόγησης και αποθεματοποίησης ιδιαίτερα απαιτητικό και χρίζει πολύπλευρης προσέγγισης.

5.2– ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ

Η συνεισφορά της παρούσας διπλωματικής εργασίας με θέμα Σύγχρονες Τάσεις στο Πρόβλημα Δρομολόγησης και Αποθεματοποίησης μπορεί να είναι σημαντική για την ακαδημαϊκή κοινότητα με ποικίλους τρόπους. Αρχικά, η εκτενής βιβλιογραφική ανασκόπηση παρέχει μια ολοκληρωμένη επισκόπηση των τελευταίων ερευνών και εξελίξεων στον τομέα βοηθώντας άλλους ερευνητές να κατανοήσουν τις τρέχουσες τάσεις και να εντοπίσουν κενά στη βιβλιογραφία. Η ομαδοποίηση των προβλημάτων και των τεχνικών προσέγγισης που χρησιμοποιούνται σήμερα από τους ερευνητές στη δρομολόγηση και αποθεματοποίηση δημιουργεί μια συγκεντρωτική εικόνα στα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της κάθε προσέγγισης.

Επιπλέον, παρουσιάζει νέες αλγοριθμικές προσεγγίσεις ή βελτιώσεις στις υπάρχουσες προσεγγίσεις για την καλύτερη επίλυση προβλημάτων δρομολόγησης και αποθεματοποίησης. Η αξιολόγηση των νέων αυτών μεθόδων επιτρέπει την αντικειμενική σύγκριση με υπάρχουσες τεχνικές δημιουργώντας νέες προοπτικές βελτίωσης. Αξίζει να σημειωθεί πως τα αποτελέσματα της παρούσας βιβλιογραφικής ανασκόπησης αναδεικνύουν ταυτόχρονα προσεγγίσεις που χρησιμοποιούν πραγματικές επιχειρήσεις με εφαρμογές διαχείρισης δρομολογίων και αποθεμάτων από την πραγματικότητα. Συνεπώς, η εξέταση πραγματικών σεναρίων και προβλημάτων μπορούν να προτείνουν λύσεις και άμεσες εφαρμογές από επιχειρήσεις σχετικές με την εφοδιαστική αλυσίδα αλλά και την πρακτική εφαρμογή από τη βιομηχανία.

Ολοκληρώνοντας, μέσω της παρούσας διπλωματικής εργασίας αναπτύσσεται εκπαιδευτικό υλικό που μπορεί να φανεί χρήσιμο τόσο για φοιτητές σχετικούς με τον κλάδο όσο και επαγγελματιών στον χώρο της εφοδιαστικής αλυσίδας και πιο συγκεκριμένα στα προβλήματα δρομολόγησης και αποθεματοποίησης. Η οργανωμένη πληροφορία που παρουσιάζεται καθ' όλη την έκταση της εργασίας δύναται να φανεί χρήσιμη σε εργαστήρια και σεμινάρια, βοηθώντας στην κοινοποίηση της γνώσης και την ανάπτυξη δεξιοτήτων.

5.3– ΠΙΘΑΝΕΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Το Πρόβλημα Δρομολόγησης και Αποθεματοποίησης αποτελεί έναν σημαντικό τομέα έρευνας στην εφοδιαστική αλυσίδα και τη διαχείριση αυτής, συνδυάζοντας θέματα που αφορούν στη δρομολόγηση των αποθεμάτων και των οχημάτων. Παρά τη σημαντική πρόοδο που έχει σημειωθεί τα τελευταία χρόνια, υπάρχουν κάποια σημεία τα οποία μπορούν δυνητικά να προσφέρουν ευκαιρίες για μελλοντική έρευνα.

Πιο συγκεκριμένα, κρίσιμη κρίνεται η στροφή προς την ανάπτυξη μοντέλων που ενσωματώνουν την αβεβαιότητα στη ζήτηση, στους χρόνους παράδοσης και στις συνθήκες κυκλοφορίας καθώς και σε δυναμικά μοντέλα IRP με ενημέρωση πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο με ανάλογη προσαρμογή των αποφάσεων. Ένα ακόμη στοιχείο που απαιτεί περαιτέρω μελέτη αποτελεί ο τομέας των μεταφορών σε παγκόσμιο επίπεδο καθώς οι συνδέσεις μεταξύ των χωρών συνεχώς βελτιώνονται ενώ ταυτόχρονα υπάρχει ανάγκη για τη διαχείριση πολλαπλών προμηθευτών και αποθηκών.

Αδιαμφισβήτητο ρόλο διαδραματίζει η βιωσιμότητα και η πράσινη ανάπτυξη στην Εφοδιαστική Αλυσίδα. Τα σύγχρονα προβλήματα Δρομολόγησης και Αποθεματοποίησης απαιτούν τη χρήση εργαλείων τελευταίας τεχνολογίας, με εφαρμογές στη τεχνητή νοημοσύνη αλλά και χρήση Μεγάλων Δεδομένων (Big Data) και Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT). Τα ευφυή συστήματα υποστήριξης αποφάσεων είναι προσαρμοστικά στις ανάγκες της κάθε αγοράς ενώ αυτά χαράσσουν την πορεία προς την εγκαθίδρυση δικτύου αυτόνομων οχημάτων. Στις περιπτώσεις όπου ο άνθρωπος έρχεται σε αλληλεπίδραση με την

τεχνητή νοημοσύνη και το IoT, κρίνεται καίρια η αντιμετώπιση ζητημάτων που ανακύπτουν σχετικά με την οικονομική αλλά και κοινωνική διάσταση που μπορεί να λάβει το πρόβλημα. Συμπερασματικά, οι σύγχρονες τάσεις απαιτούν την αδιάκοπη μελέτη των νέων ιδιαίτερων αναγκών της κοινωνίας και κατ'επέκτασιν την εφοδιαστικής αλυσίδας.

Ολοκληρώνοντας, σε κάθε περίπτωση η ερευνητική δραστηριότητα στον τομέα του Προβλήματος Δρομολόγησης και Αποθεματοποίησης παραμένει σημαντικά δραστήρια και έτοιμη να αντιμετωπίσει τις νέες προκλήσεις. Η αντιμετώπιση των κατευθύνσεων αυτών θα διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στη βελτίωση της αποδοτικότητας και της αποτελεσματικότητας των συστημάτων εφοδιαστικής αλυσίδας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Achamrah, F., Riane, F., & Limbourg, S. (2022). Spare parts inventory routing problem with transshipment and substitutions under stochastic demands. *Applied Mathematical Modelling*, 101, 309-331.
- Agra, A., Christiansen, M., & Wolsey, L. (2022). Improved models for a single vehicle continuous-time inventory routing problem with pickups and deliveries. *European Journal of Operational Research*, 164-179.
- Alinaghian, M., Tirkolaee, E., Dezaki, Z., Hejazi, S., & Ding, W. (2021). An augmented Tabu search algorithm for the green inventory-routing problem with time windows. *Swarm and Evolutionary Computation*.
- Alvarez, A., Cordeau, e.-F., Munari, P., Jans, R., & Morabito, R. (2020). Formulations, branch-and-cut and a hybrid heuristic algorithm for an inventory routing problem with perishable products. *European Journal of Operational Research*, 511–529.
- Azadeh, A., Elahi, S., Hosseinabadi Farahani, M., & Nasirian, B. (2017). A genetic algorithm-Taguchi based approach to inventory routing. *Computers & Industrial Engineering*(104), 124-133.
- Bertazzi, L., & Speranza, M. (2012). Inventory routing problems: an introduction. *EURO Journal on Transportation and Logistics*, 307-326.
- Bertazzi, L., & Speranza, M. (2013). Inventory routing problems with multiple customers. *The Association of European Operational Research*.
- Bertazzi, L., Chua, G. A., Laganà, D., & Paradiso, R. (2022). Analysis of effective sets of routes for the split-delivery periodic inventory routing problem. *European Journal of Operational Research*, 463-477.
- Bertazzi, L., Coelhob, L. C., De Maio, A., & Laganà, D. (2019). A matheuristic algorithm for the multi-depot inventory routing. *Transportation Research Part E*, 524-544.
- Bertazzi, L., Savelsbergh, M., & Speranza, M. (2008). Inventory Routing. *The Vehicle Routing Problem Latest Advances and New Challenges*, σσ. 49-72.
- Campbell, A., Clarke, L., Kleywegt, A., & Savelsbergh, M. (1998). The Inventory Routing Problem. *Fleet Management and Logistics*, 95-113.
- Cao, J., Gao, J., Li, B., & Xiangting, W. (2020). The Inventory Routing Problem: A Review. *CICTP2020*.
- Cárdenas-Barrón, L. E., & Melo, R. A. (2021). A fast and effective MIP-based heuristic for a selective and periodic inventory routing problem in reverse logistics. *Omega*.
- Cárdenas-Barrón, L., & Melo, R. (2021). A fast and effective MIP-based heuristic for a selective and periodic inventory routing problem in reverse logistics. *Omega*, 103.
- Çelik, M., Archetti, C., & Süral, H. (2022). Inventory routing in a warehouse: The storage replenishment routing problem. *European Journal of Operational Research*, 1117-1132.
- Çelik, M., Archetti, C., & Süral, H. (2022). Inventory routing in a warehouse: The storage replenishment routing problem. *European Journal of Operational Research*, 1117-1132.
- Chevrotton, H., Kergosien, Y., Berghman, L., & Billaut, J.-C. (2021). Solving an integrate d sche duling and routing problem with inventory, routing and penalty costs. *European Journal of Operational Research*, 517-589.
- Coelho, L., Cordeau, J.-F.-o., & Laporte, G. (2012). The inventory-routingproblemwithtransshipment. *Computers & OperationsResearch*, 39, 2537–2548.
- Coelho, L., De Maio, A., & Laganà, D. (2020). A variable MIP neighborhood descent for the multi-attribute. *Transportation Research Part E*.
- Cue, Z., Zhuoyu Long, D., Qi, J., & Zhang, L. (2022). The Inventory Routing Problem Under Uncertainty. *Operations Research*, 71(1).
- Dai, Z., Gao, K., & Giri, B. C. (2020). A hybrid heuristic algorithm for cyclic inventory -routing problem with perishable products in VMI supply chain. *Expert Systems With Applications*.
- Daroudi, S., Kazemipoor, H., Najafi, E., & Fallah, M. (2021). The minimum latency in location routing fuzzy inventory problem for. *Applied Soft Computing*.
- Diabat, A., Bianchessi, N., & Archetti, C. (2024). On the zero-inventory-ordering policy in the inventory

- routing problem. *European Journal of Operational Research*, 1024-1038.
- Dror, M., & Pierre, T. (1988). Inventory Routing: Operational Design. *Journal of Business Logistics*, 9(2), 1-3.
- Fagerholt, K., Hvattum, L., Papageorgiou, D., & Urrutia, S. (2023). Maritime inventory routing : recent trends and future directions. *International Transactions in Operational Research*, 30(6), 3013-3056.
- Farias, U., Hadj-Hamou, K., & Yugma, C. (2019). Mathematical formulations for a two-echelon inventory routing problem. *IFAC*.
- Fokkema, J. E., Land, M. J., Coelho, L. C., Wortmann, H., & Huitema, G. B. (2020). A continuous-time supply-driven inventory-constrained routing problem. *Omega*, 92.
- Fokkema, J., Land, M., Coelho, L., Wortmann, H., & Huitema, G. (2020). A continuous-time supply-driven inventory-constrained routing problem. *Omega*.
- Ghiami, Y., Demir, E., Van Woensel, T., Christiansen, M., & Laporte, G. (2019). A deteriorating inventory routing problem for an inland liquefied natural gas distribution network. *Transportation Research Part B*, 45-67.
- Gocmen, E., Yilmaz, E., & Eroı, R. (χ.χ.). A Mathematical Programming Model for Maritime Inventory Routing Problem. *Industrial Engineering in the Big Data Era*. Nevsehir.
- Golsefidi, A., & Jokar, M. (2020). A robust optimization approach for the production-inventory-routing. *Computers & Industrial Engineering*(143).
- Govindan, K., Salehian, F., Hosseini, S., & Mina, H. (2023). A location-inventory-routing problem to design a circular closed-loop. *International Journal of Production Economics*.
- Guerrero, W., Prodhon, C., Velasco, N., & Amaya, C. (2013). Hybrid heuristic for the inventory location - routing problem. *Int. J. Production Economics*, 359-370.
- Gutierrez-Alcoba, A., Rossi, R., Martin-Barragan, B., & Embley, T. (2023). The stochastic inventory routing problem on electric roads. *European Journal of Operational Research*, 126-167.
- Jeshvaghani, M., Amiri, M., & Khalili-Damghani, K. (2023). A robust possibilistic multi-echelon multi-product multi-period. *Computers & Industrial Engineering*.
- Ji, Y., Du, J., Han, X., Wu, X., Huang, R., Wang, S., & Liu, Z. (2020). A mixed integer robust programming model for two-echelon. *Physica A*.
- Karakostas, P., Sifaleras, A., & Georgiadis, M. C. (2020). Adaptive variable neighborhood search solution methods for the fleet size and mix pollution location-inventory-routing problem. *Expert Systems With Applications*.
- Köseli, İ., Soysal, M., Çimen, M., & Sel, Ç. (2023). Optimizing food logistics through a stochastic inventory routing problem. *Journal of Cleaner Production*.
- Kumar, V., Shankar, R., & Vrat, P. (2022). An analysis of Industry 4.0 implementation-variables by using SAP-LAP and e-IRP approach. *Benchmarking : An International Journal*, 29(5), 1606-1639.
- Lagos, F., Boland, N., & Savelsbergh, M. (2022). Dynamic discretization discovery for solving the Continuous Time Inventory. *Computers and Operations Research*, 121.
- Lefever, W., Aghezzaf, E.-H., Hadj-Hamou, K., & Penz, B. (2018). Analysis of an improved branch-and-cut formulation for the Inventory-Routing Problem with Transshipment. *Computers and Operations Research*, 98, 137-148.
- Lefever, W., Hadj-Hamou, K., & Aghezzad, E.-H. (χ.χ.). Robust inventory routing problem with variable travel times.
- Li, R., Cui, Z., Kuo, Y.-H., & Zhang, L. (2023). Scenario-based Distributionally Robust Optimization for the. *Transportation Research Part E*.
- Mahjoob, M., Fazeli, S., Milanlouei, S., Tavassoli, L., & Mirmozaffari, M. (2022). A modified adaptive genetic algorithm for multi-product multi-period inventory routing problem. *Sustainable Operations and Computers*, 1-9.
- Mahjoob, M., Fazeli, S., Tavassoli, L., Mirmozaffari, M., & Milanlouei, S. (2021). A green multi-period inventory routing problem with pickup and split delivery: A case study in flour industry. *Sustainable Operations and Computers*, 64-70.
- Mahmuto ̇gulları, Ö., & Yaman, H. (2023). A Branch-and-Cut Algorithm for the Inventory Routing Problem with Product Substitution. *Omega*(115).

- Manousakis, E., Repoussis, P., Zachariadis, E., & Tarantilis, C. (2021). Improved branch-and-cut for the Inventory Routing Problem based on a two-commodity flow formulation. *European Journal of Operational Research*, 870–885.
- MARTIN, C. (2017). *LOGISTICS ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ*. 2017.
- Michalak, K. (2021). Feasibility-Preserving Genetic Operators for Hybrid Algorithms. *25th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems*.
- Micheli, G., & Mantellab, F. (2018). Modelling an environmentally-extended inventory routing problem with. *International Journal of Production Economics*, 316-327.
- Mirzaei, S., & Seifi, A. (2015). Considering lost sale in inventory routing problems for perishable. *Computers & Industrial Engineering*(87), 213-227.
- Morell, J., & Alba, E. (2017). *Distributed Genetic Algorithms on Portable*.
- Natalia, K. (χ.χ.). *An introduction to heuristic algorithms*. University of Trento: Department of Informatics and Telecommunications.
- Neves-Moreira, F., Almada-Lobo, B., Guimarães, L., & Amorim, P. (2022). The multi-product inventory-routing problem with pickups and. *Transportation Research Part E*.
- Onggo, S. B., Panadero, J., Corlu, C. G., & Juan, A. A. (2019). Agri-food supply chains with stochastic demands: A multi-period. *Simulation Modelling Practice and Theory*.
- Ortega, E., & Doerner, K. (2023). A sampling-based matheuristic for the continuous-time stochastic inventory. *Computers and Operations Research*(152).
- Ortega, E., Schilde, M., & Doerner, K. (2020). Matheuristic search techniques for the consistent inventory routing problem. *Operations Research Perspectives*.
- Partovi, F., Seifbarghy, M., & Esmaili, M. (2023). Revised solution technique for a bi-level location-inventory-routing. *Applied Soft Computing*.
- Prakash, S., & Mukherjee, I. (2023). A multi-objective solution framework for the assembly inventory routing. *Journal of Cleaner Production*.
- Rabbani, M., Mokarrari, K., & Akbarian-saravi, N. (2021). A multi-objective location inventory routing problem with pricing decisions. *Sustainable Cities and Society*.
- Raua, H., Budiman, S., & Widyadana, G. (2018). Optimization of the multi-objective green cyclical inventory. *Transportation Research Part E*, 51-57.
- Roldán, R., Basagoiti, R., & Coelho, L. (2016). Robustness of inventory replenishment and customer selection policies. *Computers & Operations Research*, 74, 14-20.
- Schenekemberg, C., Scarpin, C., Pécora Jr., J., Guimarães, T., & Coelho, L. (2020). The two-echelon inventory-routing problem with fleet management. *Computers and Operations Research*, 121.
- Shaabani, H. (2022). A literature review of the perishable inventory routing problem. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 38(3), 143-161.
- Shaabani, H., Hoff, A., Hvattum, L., & Laporte, G. (2023). A matheuristic for the multi-product maritime inventory routing problem. *Computers and Operations Research*(154).
- Shaabani, H., Hvattum, L., Laporte, G., & Hoff, A. (2023). A goal programming model for the stability analysis of a maritime. *Maritime Transport Research*.
- Shang, X., Zhang, G., Jia, B., & Almanaseer, M. (2022). The healthcare supply location-inventory-routing problem: A robust. *Transportation Research Part E*.
- Skålnes, J., Andersson, H., Desaulniers, G., & Stålhane, M. (2022). An improved formulation for the inventory routing problem with time-varying demands. *European Journal of Operational Research*, 1189-1201.
- Skålnes, J., Vadseth, S., Andersson, H., & Stålhane, M. (2023). A branch-and-cut embedded matheuristic for the inventory routing problem. *Computers and Operations Research*(159).
- Song, L., & Wu, Z. (2023). An integrated approach for optimizing location-inventory and. *International Journal of Transportation*, 148-172.
- Sun, H., Sun, S., Zhou, Y., & Xue, Y. (2023). Trade-offs between economic and environmental goals of. *Computers & Industrial Engineering*.
- Supply Chain Digital*. (χ.χ.). Ανάκτηση από <https://supplychaindigital.com/digital-supply-chain/what-supply-chain-definitive-guide>

- Tiniç, G., Koca, E., & Yaman, H. (2021). An exact solution approach for the inventory routing problem with. *Computers and Operations Research*, 134.
- Touzout, F. A., Ladier, A.-L., & Hadj-Hamou, K. (2021). Modelling and comparison of stability metrics for a re-optimisation approach. *EURO Journal on Transportation and Logistics*.
- Touzout, F. A., Ladier, A.-L., & Hadj-Hamou, K. (2022). An assign-and-route matheuristic for the time-dependent inventory routing problem. *European Journal of Operational Research*, 1081-1097.
- Vansteenwegen, P., & Mateo, M. (2014). An iterated local search algorithm for the single-vehicle cyclic inventory. *European Journal of Operational Research*, 802–813.
- Waleed, N., Archetti, C., & Diabat, A. (2023). Collaborative truck-and-drone delivery for inventory-routing. *Transportation Research Part C*.
- Wang, Y., Wang, N., & Han, P. (2023). Maritime location inventory routing problem for island supply chain. *Computers and Operations Research*(129).
- Wei, C., Gao, W.-W., Hu, Z.-H., Yin, Y.-Q., & Pan, S.-D. (2019). Assigning customer-dependent travel time limits to routes in a cold-chain. *Computers & Industrial Engineering*(133), 275-291.
- Wu, W., Zhou, W., Lin, Y., Xie, Y., & Jin, W. (2021). A hybrid metaheuristic algorithm for location inventory routing problem. *Expert Systems With Applications*.
- Yavari, M., Enjavi, H., & Geraeli, M. (2020). Demand management to cope with routes disruptions in location-inventoryrouting. *Research in Transportation Business & Management*.
- Yu, V., Widjaja, A., Gunawan, A., & Vansteenwegen, P. (2021). The Multi-Vehicle Cyclic Inventory Routing Problem: Formulation and a. *Computers & Industrial Engineering*(157).
- Zachariadis, E. E., Tarantilis, C. D., & Kiranoudis, C. T. (2009). An integrated local search method for inventory and routing decisions. *Expert Systems with Applications*, 10239–10248.
- Zelin, W., & Jiansheng, P. (2020). Research on IRP of Perishable Products Based on Improved Differential Evolution Algorithm. *Artificial Intelligence Algorithms and Applications*, 497-513.
- Zhang, Y., Chu, F., & Che, A. (2022). Closed-loop Inventory Routing Problem for Perishable Food with Multi-type Returnable. *IFAC*.
- Zojaji, A., Soltaniani, K., Hvattum, L., & Urrutia, S. (2022). Cyclic solutions to a maritime inventory routing problem. *Maritime Transport Research*.
- Μαλινδρέτος, Γ. (χ.χ.). *Εφοδιαστική Αλυσίδα, Logistics & Εξυπηρέτηση Πελατών*.
- Μαρινάκης, Ι., Μαρινάκη, Μ., & Μυγδαλάς, Α. (2019). *Προβλήματα Δρομολόγησης Οχημάτων στη Διαχείριση της Εφοδιαστικής Αλυσίδας*. Αθήνα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.