



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

ΔΙΔΡΥΜΑΤΙΚΟ ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ  
ΣΠΟΥΔΩΝ



ΣΤΡΑΤΙΩΤΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΕΥΕΛΠΙΔΩΝ

Τμήμα Στρατιωτικών Επιστημών

ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ

ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗ ΕΡΕΥΝΑ & ΑΝΑΛΥΣΗ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

Σχολή Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης

(ΠΔ 97 /2015/ΦΕΚ 163Α'/20.08.2014)

# ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

«Study of Storage problem»

«Μελέτη του Προβλήματος Αποθήκευσης»

Διατριβή που υπεβλήθη για την μερική ικανοποίηση των απαιτήσεων για την απόκτηση  
Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ: ΧΡΗΣΤΟΣ Δ. ΚΟΚΚΙΝΟΥΛΗΣ

A.M.: 2014018033

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2018



Η Μεταπτυχιακή Διατριβή του Χρήστου Δ. Κοκκινούλη εγκρίνεται:

**ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

Γεώργιος Καϊμακάμης (Επιβλέπων)

Νικόλαος Δάρας

Νικόλαος Ματσατσίνης



Copyright© Χρήστος Δ. Κοκκινούλης, 2018

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.



### Ευχαριστίες

Ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα Καθηγητή μου, Δρ. Καϊμακάμη Γεώργιο, για την αμέριστη στήριξη και την βοήθεια του κατά την υλοποίηση της διπλωματικής μου εργασίας, εκτός χρονικών πλαισίων, αλλά και κατά την διάρκεια των σπουδών μου. Η καθοδήγησή του στην επίλυση των προβλημάτων που παρουσιάστηκαν ήταν καθοριστική ώστε να καταφέρω να εκπονήσω μία πλήρη διπλωματική εργασία.

Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω κυρίως τη σύζυγό μου Ελένη, στην οποία αφιερώνω την παρακάτω προσπάθεια καθώς επίσης και τους γονείς μου και τον αδελφό μου, καθότι αυτοί ήταν οι άνθρωποι οι οποίοι με στήριξαν ηθικά και ψυχολογικά ώστε να καταφέρω να ανταπεξέλθω στις απαιτήσεις του μεταπτυχιακού προγράμματος το οποίο παρακολούθησα τα τελευταία χρόνια.





## Περιεχόμενα

<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....</b>	<b>12</b>
<b>Κεφάλαιο 1: Εφοδιαστική αλυσίδα.....</b>	<b>13</b>
1.1 Τι είναι εφοδιαστική αλυσίδα.....	13
1.2 Logistics .....	13
1.3 Διοίκηση Εφοδιαστικής Αλυσίδας.....	14
1.4 Βελτιστοποίηση εφοδιαστικής αλυσίδας.....	15
1.5 Εφαρμογές βελτιστοποίησης εφοδιαστικής αλυσίδας .....	16
<b>Κεφάλαιο 2: Αποθήκη .....</b>	<b>18</b>
2.1 Γενικά .....	18
2.2 Αποθήκη: Η καρδιά μιας επιχείρησης.....	19
2.3 Γιατί υπάρχουν οι αποθήκες; .....	20
2.4 Ο ρόλος των αποθηκών.....	21
2.5 Η αποθήκευση και η συμβολή της .....	23
2.6 Τυπικές λειτουργίες αποθήκης και ροές .....	22
2.7 Αποθήκες και Τεχνολογία.....	24
<b>Κεφάλαιο 3: Συστήματα διαχείρισης αποθήκης .....</b>	<b>25</b>
3.1 Ιστορική εξέλιξη.....	25
3.2 Χαρακτηριστικά συστημάτων WMS .....	27
3.3 Πλεονεκτήματα συστημάτων διαχείρισης αποθηκών .....	28
3.4 Παράγοντες που περιορίζουν τα συστήματα WMS .....	29
<b>Κεφάλαιο 4: Αυτοματοποιημένα συστήματα αποθήκευσης και ανάκτησης(AS/RS)</b>	<b>30</b>
4.1 Ορισμός AS/RS.....	30
4.2 Τύποι AS/RS .....	31
4.3 Επισκόπηση των αποφάσεων σχεδιασμού .....	34
4.4 Φυσικοί σχεδιασμοί και σχεδιασμοί διάταξης των συστημάτων AS/RS .....	38
4.5 Πολιτικές εκχώρησης αποθήκευσης .....	41
4.5.1 Σταθερή αποθήκευση (dedicated storage).....	42
4.5.2 Τυχαία αποθήκευση (random storage) .....	43

4.5.3 Αποκλειστική αποθήκευση .....	43
4.5.4 Αποθήκευση πλήρους κύκλου εργασιών .....	44
4.5.5 Τοποθέτηση σε κλάσεις (class-based storage) .....	45
4.6 Ομαδοποίηση οικογένειας .....	46
4.7 Διαχωρισμός βάση ζωνών .....	47
4.8 Batching.....	50
4.9 Μέθοδοι δρομολόγησης .....	51
4.10 Δρομολογιακές ευρετικές μέθοδοι .....	52
4.11 Άλλα ζητήματα δρομολόγησης.....	55
4.12 Παραγγελία προσομοίωσης και διαλογής .....	55
4.13 Σημείο παραμονής γερανών.....	57
4.14 Ακολουθία αιτημάτων αποθήκευσης και ανάκτησης .....	59
<b>5. Μέτρηση επίδοσης - Συμπεράσματα .....</b>	<b>63</b>
<b>Βιβλιογραφία .....</b>	<b>66</b>

**Κατάλογος Εικόνων**

Εικόνα 1: ΣΧΗΜΑΤΙΚΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ.....	13
Εικόνα 2: ΑΠΟΘΗΚΗ.....	19
Εικόνα 3: ΑΠΟΘΗΚΗ – ΚΕΝΤΡΟ ΔΙΑΝΟΜΗΣ.....	22
Εικόνα 4: Περονοφόροι ανυψωτές - Κλαρχ.....	21
Εικόνα 5: ΣΧΗΜΑΤΙΚΑ ΟΙ 4 ΒΑΣΙΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΜΙΑ ΑΠΟΘΗΚΗΣ .....	23
Εικόνα 6: BARCODE.....	25
Εικόνα 7: RADIO-FREQUENCY IDENTIFICATION .....	26
Εικόνα 8: ΡΑΦΙΑ-ΓΕΡΑΝΟΣ-ΔΙΑΔΡΟΜΟΙ ΣΕ AS/RS SYSTEM .....	31
Εικόνα 9: ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΕΠΙΛΟΓΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ AS / RS.....	32
Εικόνα 10 : ΣΥΣΤΗΜΑ CAROUSEL .....	33
Εικόνα 11: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΝΟΣ AS/RS SYSTEM.....	34
Εικόνα 12: ΛΙΣΤΑ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ AS/RS.....	35
Εικόνα 13.....	39
Εικόνα 14.....	51
Εικόνα 15.....	54
Εικόνα 16.....	55
Εικόνα 17 (ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΑΡΑΜΟΝΗΣ ΓΕΡΑΝΩΝ) .....	57

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Για να εξασφαλίσουμε όλα τα απαραίτητα βήματα για τη συλλογή των βασικών υλικών ώστε να μετατραπούν σε τελικό προϊόν προς πώληση, προϋποτίθεται η σωστή διακίνηση των προϊόντων καθώς και των πληροφοριών/υπηρεσιών. Είναι κοινώς αποδεκτό πως η κατάλληλη σχεδίαση, η εφαρμογή, ο συστηματικός έλεγχος της αποτελεσματικής μετακίνησης αλλά και η αποθήκευση της πρώτης, ενδιάμεσης και τελικής μορφής των προϊόντων αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για ένα άρτιο αποτέλεσμα.

Λόγω της διεθνοποίησης, ο ρόλος της εφοδιαστικής αλυσίδας έχει γίνει βαρυσήμαντος καθώς οι προμήθειες είναι πολύπλοκες και ο χρόνος εκτέλεσης των παραγγελιών έχει μεγιστοποιηθεί λόγω των αποστάσεων. Απώτερος σκοπός είναι η ικανοποίηση των πελατών και η αποτελεσματική χρήση πόρων. Ο χώρος αποθήκευσης των αγαθών αποτελεί πολύτιμο μέρος της εφοδιαστικής αλυσίδας, καθώς πέρα από την αποθήκευση και διατήρηση των προϊόντων για μεγάλο χρονικό διάστημα συμβάλλουν στην ελαχιστοποίηση του κόστους εργασίας αλλά και στην επιλογή της παραγγελίας. Το Warehouse Management System παρέχει τη βασική πληροφορία για την οργάνωση των προϊόντων και η αποθήκευση των τελευταίων καθίσταται πιο άμεση και αποδοτική μέσω των σύγχρονων αυτόματων συστημάτων αποθήκευσης και ανάκτησης. (Automated Storage and Retrieval System AS/RS).

Η κατάλληλη χωροθέτηση των προϊόντων συμβάλλουν στην διάταξη ώστε να απαιτούνται όσο το δυνατόν γίνεται λιγότερες κινήσεις μειώνοντας κατ' αυτόν τον τρόπο τα εργατικά έξοδα και αυξάνοντας την παραγωγή. Η συμπληρωματική μέθοδος καθώς και αυτή των επαφών αποτελούν δύο πολιτικές αποθήκευσης που συμβάλλουν στην ομαδοποίηση των προϊόντων και καθιστούν την αποθήκευση πιο αποδοτική. Κλείνοντας, οι μέθοδοι δρομολόγησης αποτελούν την ταξινόμηση των στοιχείων στη λίστα επιλογής για την εξασφάλιση μιας καλής διαδρομής μέσα από την αποθήκη.

## Κεφάλαιο 1: Εφοδιαστική αλυσίδα

### 1.1 Τι είναι εφοδιαστική αλυσίδα

Μια εφοδιαστική αλυσίδα (supply chain) είναι ένα σύμπλεγμα ανθρώπων, τεχνολογίας, πληροφοριών, υλικών, υπηρεσιών και πόρων που ασχολείται με την μεταφορά ενός προϊόντος ή υπηρεσίας από τον προμηθευτή έως τον πελάτη. Οι διεργασίες της εφοδιαστικής αλυσίδας μετατρέπουν τους φυσικούς πόρους, τις πρώτες ύλες και τα εξαρτήματα σε τελικό προϊόν που φτάνει στον πελάτη. (Εικόνα 1)

Με λίγα λόγια και όσο πιο απλά μπορεί να αποδοθεί εφοδιαστική αλυσίδα είναι «όλα τα βήματα που χρειάζονται για να πάρεις βασικά υλικά και να τα μετατρέψεις σε τελικό προϊόν προς πώληση».



### 1.2 Logistics

Είναι το τμήμα της Εφοδιαστικής Αλυσίδας που διαχειρίζεται τη διακίνηση των προϊόντων προς όλες τις κατευθύνσεις. Διαχειρίζεται επίσης την αποθήκευση των πληροφοριών και των υπηρεσιών ξεκινώντας από το σημείο

που προέρχονται μέχρι το σημείο που καταναλώνονται. Κατ' αυτόν τον τρόπο ικανοποιούνται οι πελάτες.

Εφαρμόζονται σε δύο πεδία:

- Αρχικά σε ό,τι αφορά την επιχείρηση, οφείλει να ελέγχει την διείσδυση, την εσωτερική διασπορά και την εξαγωγή υλικών και προϊόντων έτσι ώστε να ικανοποιούνται οι χρήστες.
- Έπειτα η αλυσίδα εφοδιασμού αποτελείται από τους οργανισμούς και τις επιχειρήσεις που είναι αναγκαίοι ώστε το προϊόν να καταλήξει από τη στιγμή της δημιουργίας του στα χέρια του αγοραστή. Αποτελεί αδήριτη ανάγκη η κατάλληλη οργάνωση και διεύθυνση της διακίνησης των προϊόντων σε μια διεθνή και ψηφιακή οικονομία, στην οποία επικρατεί οικουμενικό παρά ατομικό πνεύμα ανταγωνισμού.

### **1.3 Διοίκηση Εφοδιαστικής Αλυσίδας**

Ο όρος αυτός (supply chain management) σχετίζεται με τη διαδικασία που περιέχει την σχεδίαση, την εφαρμογή και τον έλεγχο της αποτελεσματικής μετακίνησης αλλά και αποθήκευσης της πρώτης ύλης των προϊόντων, της ενδιάμεσης και της τελικής τους μορφής. Διαχειρίζεται επίσης τις πληροφορίες που έχουν να κάνουν με την ροή των προϊόντων από την παραγωγή στην κατανάλωση. Η διεθνοποίηση έχει κάνει τις προμήθειες πιο πολύπλοκες, ενώ ο χρόνος εκτέλεσης των παραγγελιών έχει διογκωθεί λόγω των αποστάσεων. Αυτό έχει ως επακόλουθο την αύξηση των προσδοκιών των πελατών και την απρόβλεπτη ζήτηση. Συνεπώς η εφοδιαστική αλυσίδα έχει να αντιμετωπίσει δυσκολότερα προβλήματα από την οικονομική μετακίνηση των εμπορευμάτων. Σκοπός της, οφείλει να είναι η άρτια συνεργασία με όλα τα τμήματα της επιχείρησης ώστε να αυξηθούν τα κέρδη, να επεταθούν τα

μερίδια στην αγορά, να βελτιωθεί η ρευστότητα να δημιουργηθούν νέες αγορές και να εισαχθούν καινούργια προϊόντα με μεγαλύτερη ταχύτητα και αξιοπιστία.

### ***1.4 Βελτιστοποίηση εφοδιαστικής αλυσίδας***

Ο βασικός σκοπός του χειρισμού της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις των αγοραστών παράλληλα με την αποτελεσματική χρήση των πόρων. Ιδιαίτερη σημασία έχει επίσης το πόσο εύκολα πραγματοποιείται η διανομή, η αποθήκευση και η εργασία. Στην ουσία επιδιώκει να συγχρονίσει την ζήτηση με την παροχή δημιουργώντας όσο το δυνατόν γίνεται μικρότερο απόθεμα. Κάπου εδώ έρχεται η βελτιστοποίηση. Είναι η εφαρμογή διαδικασιών και εργαλείων που έχουν ως στόχο την καλύτερη λειτουργία μιας εφοδιαστικής αλυσίδας (supply chain optimization) παραγωγής και διάθεσης. Κάτι τέτοιο περιλαμβάνει την καλύτερη θέση των αποθηκευμένων προϊόντων στην εφοδιαστική αλυσίδα, συρρικνώνοντας το κόστος παραγωγής, μεταφοράς και διάθεσης. Για να πραγματοποιηθεί κάτι τέτοιο, χρειάζονται τεχνικές μαθηματικών μοντέλων με λογισμικό ηλεκτρονικών υπολογιστών. Οι πτυχές της όλο και πιο παραγωγικής εφοδιαστικής αλυσίδας περιέχουν την επαφή με τους προμηθευτές προκειμένου να μειωθούν οι παράγοντες που προκαλούν καθυστέρηση, την στρατηγική προμήθεια προκειμένου να υπάρξει ισορροπία μεταξύ του χαμηλού κόστους υλικών και μεταφοράς, την εφαρμογή των τεχνικών Just in time για την αποτελεσματικότερη ροή παραγωγής, τη διατήρηση του ξεκάθαρου μίγματος και τοποθεσίας εργοστασίων και αποθηκών για την ικανοποίηση της αγοράς και την χρήση ανάλυσης δρομολόγησης οχημάτων, δυναμική οργάνωση και φυσικά την πιο αποδοτική logistics για τη όλο και πιο παραγωγική διανομή. Οι διακανονιστές της εφοδιαστικής αλυσίδας στοχεύουν σε μια βέλτιστη και οικονομικά άρτια λειτουργία της αλυσίδας παραγωγής και διανομής. Αυτό θα μπορούσε να περιλαμβάνει τα εξής μέτρα:

- Τη διόγκωση της επιστροφής ακαθάριστου περιθωρίου στο επενδυμένο απόθεμα φέρνοντας στην ίδια ευθεία το κόστος του αποθέματος με τη διαθεσιμότητα στον αγοραστή.
- Τη συρρίκνωση των συνολικών εξόδων μεταφοράς, αποθήκευσης και κατασκευής.
- Τη διόγκωση του μη καθαρού κέρδους των προϊόντων που διανέμονται μέσω της αλυσίδας.

Η προοδευτική πορεία της εφοδιαστικής αλυσίδας εφαρμόζεται σε όλες τις βιομηχανίες κατασκευής και διανομής αγαθών ακόμα και σε αυτές που περιλαμβάνουν λιανικά, βιομηχανικά και ταχέως κινούμενα προϊόντα.

### **1.5 Εφαρμογές βελτιστοποίησης εφοδιαστικής αλυσίδας**

Οι εφοδιαστικές αλυσίδες προσπαθούν πάντα να προβλέψουν τη μελλοντική ζήτηση των εμπορευμάτων με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια. Αυτό γίνεται με την εφαρμογή της στατιστικής και των «best fit» οι οποίες βασίζονται στην ιστορική ζήτηση και τα μελλοντικά γεγονότα που προβλέπονται. Το θετικό χαρακτηριστικό αυτής της προσέγγισης είναι ότι μπορεί να εφαρμοστεί σε δεδομένα συγκεντρωμένα σε υψηλό επίπεδο με μικρό χειρισμό και μέτριο μέγεθος βάσης δεδομένων. Ο καθορισμός των επιπέδων ασφάλειας των αποθεμάτων ρυθμίζει το πόσο προβλέψιμη θα είναι η ζήτηση. Κάτι τέτοιο σημαίνει για παράδειγμα πως ο διανομέας θα διατηρεί απόθεμα ενός είδους με σταθερή ζήτηση για τουλάχιστον δύο εβδομάδες, αλλά διπλάσιο απόθεμα για ένα προϊόν με ακανόνιστη ζήτηση. Έπειτα κάνοντας χρήση την προβλεψιμότητα αυτής της ζήτησης δημιουργείται ένα σχέδιο εφοδιαστικής αλυσίδας παραγωγής και διανομής προϊόντων με το λιγότερο δυνατό κόστος (και την πιο υψηλή παραγωγικότητα). Το σχέδιο αυτό εξετάζει τις εξής ανησυχίες:



- Ποια θα είναι η ποσότητα που θα παράγεται καθημερινά;
- Ποια θα είναι η ποσότητα του κάθε προϊόντος που θα παράγεται σε κάθε εργοστάσιο;
- Ποιες θα είναι οι αποθήκες που θα εφοδιάζονται με τα κατάλληλα προϊόντα η κάθε μία και σε ποια εργοστάσια;
- Ποια μέσα μεταφοράς θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν για τον ανεφοδιασμό των αποθηκών και την παράδοση των εμπορευμάτων στους πελάτες.

Οι μεγαλύτερες βάσεις δεδομένων καθώς και η δυνατότητα καταγραφής με μεγάλη ταχύτητα έχει δημιουργήσει μια νέα γενιά λύσεων προόδου εφοδιαστών αλυσίδων, οι οποίες προβλέπουν με μεγαλύτερη λεπτομέρεια (π.χ. ανά είδος, ανά πελάτη, ανά ημέρα). Αρκετοί είναι οι προμηθευτές που εφαρμόζουν μοντέλα «best fit» σε αυτά τα στοιχεία τα οποία εφαρμόζονται αποθέματα ασφάλειας, ενώ άλλοι προμηθευτές αρχίζουν να εφαρμόζουν τις στοχαστικές τεχνικές στο πρόβλημα διόγκωσης. Υπολογίζουν το απόθεμα για κάθε είδος σε κάθε κατάσταση και αντιπαραβάλλουν τη τιμή του αποθέματος έναντι στη προσδοκία πώλησης. Το διογκωμένο επίπεδο αποθέματος είναι γνωστό ως πρότυπο απόθεμα. Η ανταπόκριση στο πρότυπο επίπεδο αποθεμάτων είναι μια περιοχή που χρειάζεται βελτιστοποίηση επειδή η μεταφορά των αποθεμάτων πρέπει να είναι σε οικονομικές μονάδες αποστολής, όπως για παράδειγμα τα πλήρη φορτία μονάδων. Πολλά συστήματα προγραμματισμού διανομής αποθεμάτων κάνουν ακέραιο τον αριθμό της ποσότητας μέχρι την πιο κοντινή μονάδα αποστολής. Για να δημιουργηθούν πλήρη φορτηγά, απαιτούνται συστήματα προόδου για να εξασφαλίσει ότι πληρείται το βάρος σε κάθε άξονα, υπάρχει διαθέσιμος χώρος και η φόρτωση μπορεί να γίνει χωρίς ζημιές. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη διαρκή προσθήκη χρονισμένων απαιτήσεων μέχρι τα φορτία να φτάσουν κάποιο ελάχιστο βάρος ή κύβο. Πιο δύσκολοι αλγόριθμοι βελτιστοποίησης

λαμβάνουν υπόψη τους περιορισμούς στιβάγματος (stackability), όρους φόρτωσης και εκφόρτωσης, λογική παλετοποίησης, αποδοτικότητα αποθηκών και σταθερότητα φορτίων με σκοπό τη μείωση εξόδων μετακίνησης.

Οι λύσεις βελτιστοποίησης είναι χαρακτηριστικό μέρος του προγραμματισμού απαιτήσεων διανομής των εφοδιαστικών συστημάτων επιχείρησης με τέτοιο τρόπο ώστε οι διαταγές να παράγονται διατηρώντας το πρότυπο προφίλ αποθεμάτων. Η προοδευτική τάση των εφοδιαστικών αλυσίδων μπορεί να συμπεριλάβει βελτιώσεις σε διάφορα στάδια του κύκλου ζωής των προϊόντων και προσαρμογές για διαφορετικές κατηγορίες προϊόντων, όπως τα εμπορεύματα κάθε εποχής. Οι πιο πολλοί προμηθευτές προσφέρουν τη βελτιστοποίηση των αλυσίδων ως ενιαία λύση σε ένα λογισμικό. Μερικοί πάλι τρέχουν το λογισμικό ως φορείς που παρέχουν εφαρμοσμένες υπηρεσίες για λογαριασμό των πελατών. Πρωταρχικός παράγοντας για την άρτια ροή της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι η όσο το δυνατόν γίνεται καλύτερη αποθήκευση.

## Κεφάλαιο 2: Αποθήκη

### 2.1 Γενικά

Μια αποθήκη εμπορευμάτων είναι ο χώρος αποθήκευσης αγαθών. Τις αποθήκες εμπορευμάτων τις χρησιμοποιούν οι κατασκευαστές, οι εξαγωγείς, οι εισαγωγείς, οι χονδρέμποροι, οι επιχειρήσεις μεταφορών και το τελωνείο. Πρόκειται για μεγάλα κτήρια στις βιομηχανικές περιοχές των πόλεων. Περιλαμβάνουν αποβάθρες φόρτωσης για την φόρτωση και την εκφόρτωση των φορτηγών.

## 2.2 Αποθήκη: Η καρδιά μιας επιχείρησης

Πρόκειται για την «καρδιά» των logistics μιας επιχείρησης ή και ενός οργανισμού. Σε πρώτο στάδιο ο ρόλος της αποθήκης ήταν η φύλαξη προϊόντων τα οποία επρόκειτο να διατεθούν στην αγορά και τα οποία θεωρούνταν αναπόφευκτα κέντρα κόστους. Από τη δεκαετία του 90 έως και σήμερα λειτουργούν ως κέντρα παραλαβής πρώτων υλών και προϊόντων από τους προμηθευτές για την υποστήριξη παραγωγής προϊόντων (στο τελικό τους στάδιο). Μια ακόμη αρμοδιότητα που αναλαμβάνουν είναι να συνδυάζουν τα προϊόντα και να ενοποιούν τις αποστολές από τα διάφορα εργοστάσια παραγωγής προς τους πελάτες. Αναλαμβάνουν επίσης μεγάλα φορτία από τα εργοστάσια με παραγγελίες πολλών πελατών με τον μετέπειτα καταμερισμό σε μικρότερα φορτία για τη διανομή.



Από τα παραπάνω σημεία συμπεραίνουμε ότι οι αποθήκες είναι ένα σημαντικό και πολύτιμο μέρος της εφοδιαστικής αλυσίδας και γενικότερα μιας επιχείρησης (Εικόνα 2). Η παραδοσιακή αποθήκη έχει συρρικνωθεί τις τελευταίες δεκαετίες του 20<sup>ου</sup> αιώνα καθώς εισάγονται βαθμιαία οι τεχνικές

Just In Time οι οποίες στοχεύουν στη

βελτίωση της επιστροφής της επένδυσης (ROI) μιας επιχείρησης με τον κατακερματισμό του αποθέματος. Το σύστημα JIT συμβάλλει στην άμεση παράδοση των προϊόντων από το εργοστάσιο στο λιανεμπόριο ή από τους κατασκευαστές εξαρτημάτων σε ένα εργοστάσιο συναρμολόγησης. (π.χ. αυτοκινητοβιομηχανίες), χωρίς τη χρήση αποθηκών. Το διάστημα μεταξύ του κατασκευαστή και του λιανοπωλητή ή του κατασκευαστή εξαρτημάτων και βιομηχανιών αυξήθηκε αρκετά με την όλο και μεγαλύτερη εξωτερική ανάθεση

(outsourcing) και μετεγκατάσταση (offshoring) στον ίδιο χρόνο. Κάτι τέτοιο απαιτούσε την ύπαρξη τουλάχιστον μιας αποθήκης εμπορευμάτων ανά κράτος ή ανά περιοχή για οποιαδήποτε εφοδιαστική αλυσίδα μιας δεδομένης σειράς προϊόντων.

### **2.3 Γιατί υπάρχουν οι αποθήκες;**

Οι αποθήκες συνήθως περιλαμβάνουν πολλά λειτουργικά έξοδα (κόστος γης, εργασία, εξοπλισμός εγκαταστάσεων) και επενδύσεις. Ο Lambert ισχυρίζεται ότι οι αποθήκες μιας επιχείρησης συμβάλλουν στα εξής:

- Λιγότερο κοστοβόρες μετακινήσεις (π.χ. πλήρης φόρτωση φορτηγών και συνδυασμός αποστολών)
- Οικονομικότερη παραγωγή (παραγωγή προϊόντων με στόχο την αποθήκευση, make to stock)
- Λειτουργικότητα των εκπτώσεων και των πρόωρων αγορών (forward buys)
- Στήριξη πολιτικών εξυπηρέτησης αγοραστών
- Άμεση επαφή με τις νέες κάθε φορά συνθήκες αγοράς και αποφυγή της αβεβαιότητας (εποχικότητα, διακυμάνσεις ζήτησης, ανταγωνισμός)
- Επίλυση χωρικών και χρονικών διαφορών μεταξύ παραγωγών και αγοραστών.
- Επίτευξη του ελάχιστου κόστους ανάλογα πάντα με το επιθυμητό επίπεδο εξυπηρέτησης πελατών.
- Υποστήριξη προγραμμάτων JIT προμηθευτών και πελατών.
- Παροχή μίγματος προϊόντων αντί μοναδικού προϊόντος σε κάθε παραγγελία των πελατών.

- Παροχή προσωρινής αποθήκευσης υλικών προς διάλυση ή ανακύκλωση (reverse logistics)
- Παροχή μιας προσωρινής τοποθεσίας (buffer) για μεταμόρφωση (π.χ. cross-docking)

## 2.4 Ο ρόλος των αποθηκών

Ο όρος «αποθήκη» (warehouse) χρησιμοποιείται κυρίως όταν η βασική λειτουργία είναι η εναποθήκευση για σχετικά μεγάλο χρονικό διάστημα. Σε περίπτωση που η διανομή έχει σοβαρό ρόλο, τότε μιλάμε για «κέντρο



Εικόνα 3: ΑΠΟΘΗΚΗ – ΚΕΝΤΡΟ ΔΙΑΝΟΜΗΣ

διανομής» (distribution centre), ενώ αν πρόκειται για αποθήκευση μικρού χρονικού διαστήματος χρησιμοποιείται η «πλατφόρμα μεταμόρφωσης» («transshipment, cross-dock, platform).

Οι περισσότερες αποθήκες λειτουργούν χειροκίνητα με εργάτες (pickers-replenishers). Αυτές οι αποθήκες έχουν ως βασικές αρμοδιότητες την εκτέλεση βασικών εργασιών, τις μετακινήσεις προϊόντων και την εξυπηρέτηση παραγγελιών. Για τη συλλογή των προϊόντων οι εργάτες χρησιμοποιούν είτε τα

χέρια τους (για τα μικρά και ελαφριά προϊόντα), είτε περionoφόρους (κλαρκ-  
forklifts) ή άλλα ανυψωτικά μηχανήματα (για μεγαλύτερα προϊόντα, κουτιά και  
παλέτες). Άλλες αποθήκες μερικώς –  
αυτοματοποιημένες π.χ. με  
ταινιόδρομους (conveyors) ή  
συστήματα κυλιόμενων  
ραφιών(carousels), τα οποία οδηγούν  
απευθείας τα προϊόντα στον εργάτη,  
επιτρέποντας του να μη διανύει  
αποστάσεις.



Εικόνα 4: ΠΕΡΟΝΟΦΟΡΟΙ ΑΝΥΨΩΤΕΣ - ΚΛΑΡΚ

## 2.5 Η αποθήκευση και η συμβολή της

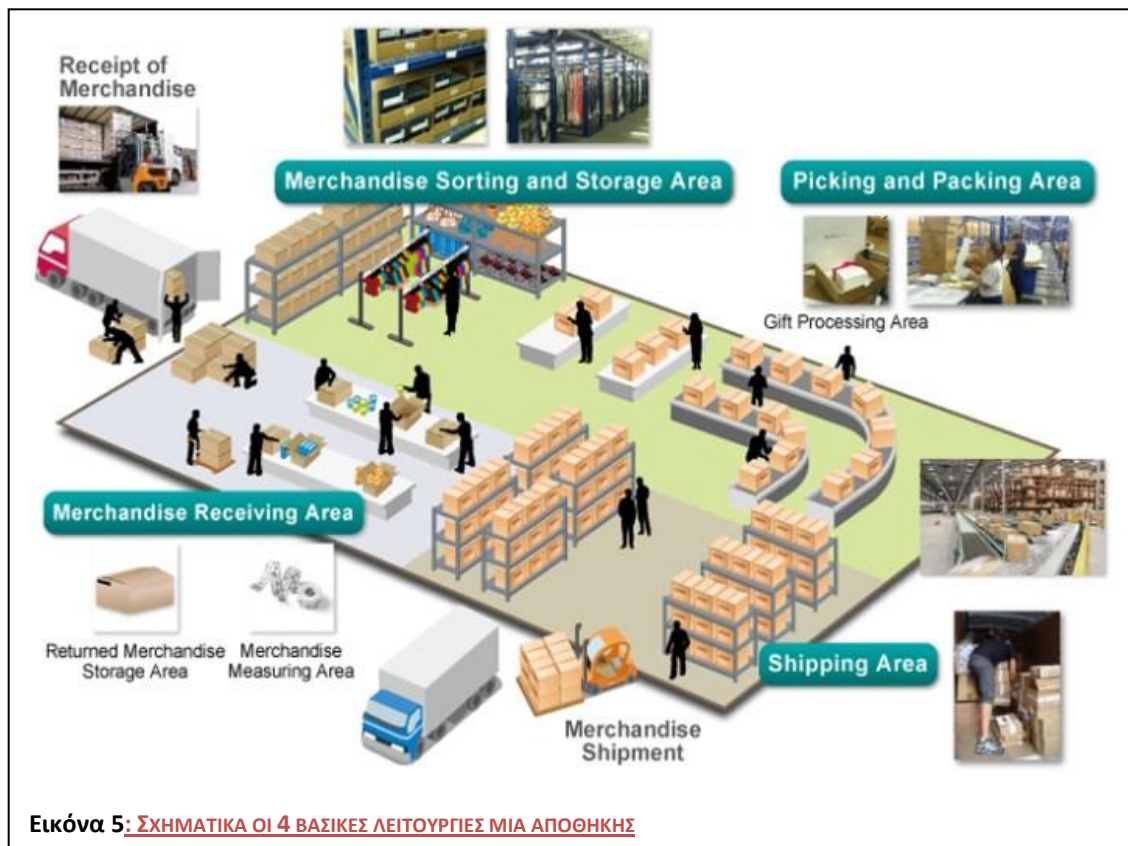
Αποθήκευση είναι η λειτουργία μιας επιχείρησης ή οργανισμού που ασχολείται με τη διατήρηση και διαχείριση των αποθεμάτων των προϊόντων παρέχοντας ενημέρωση για την κατάσταση και διαθεσιμότητα αυτών. Μέχρι σήμερα η έννοια της αποθήκευσης έχει μεταβληθεί ριζικά. Αρχικά η λειτουργία της φύλαξης διαδραματίζει δευτερεύοντα ρόλο, διότι ο αποθηκευτικός χώρος εξασφαλίζει ομαλές εναλλαγές ανάλογα με την προσφορά και τη ζήτηση αλλά και μειωμένο κόστος προμηθειών με την αγορά μεγάλων ποσοτήτων. Έπειτα καλύπτει την αυξημένη ζήτηση παρέχοντας μια μεγάλη ποικιλία προϊόντων από διαφορετικούς προμηθευτές σε ένα συγκεκριμένο μέρος. Τέλος ακόμα και σε περίπτωση προβλήματος του εργοστασίου με την παραγωγή, η αποθήκευση συμβάλλει στην διεκπεραίωση της παραγγελίας σε κάθε πελάτη.

Οι λειτουργίες που συντελούνται καθημερινά σε μία σύγχρονη αποθήκη είναι αρκετές και σημαντικές. Χωρίζονται σε 4 βασικές κατηγορίες οι οποίες είναι:

- Λειτουργία παραλαβής
- Λειτουργία εσωτερικής μεταφοράς στην αποθήκη



- Αποστολή
- Λειτουργίες που σχετίζονται με το λογιστήριο.



## 2.6 Τυπικές λειτουργίες αποθήκης και ροές

Η δραστηριότητα παραλαβής περιλαμβάνει: την ενημέρωση του μητρώου απογραφής, την επιθεώρηση για την ποσότητα και την ποιότητα των προϊόντων αλλά και την εκφόρτωση των προϊόντων από τον μεταφορέα. Η μεταφορά και η απόσυρση σημαίνει την αποθήκευση των εισερχόμενων προϊόντων προς αποθήκευση. Υπάρχει η πιθανότητα συσκευασίας (παλέτες στις θήκες ή τυποποιημένοι κλάδοι) και φυσικών κινήσεων (από τις αποβάθρες λήψης σε διαφορετικές περιοχές και στις αποβάθρες αποστολής). Βασική δραστηριότητα στις πιο πολλές αποθήκες αποτελεί η επιλογή της παραγγελίας.. Αυτό εμπερικλείει τη διαδικασία απόκτησης του σωστού ποσού των κατάλληλων προϊόντων για ένα σύνολο εντολών πελατών. Σε περίπτωση που οι

παραγγελίες έχουν ληφθεί σε παρτίδες τότε παραλαμβάνονται μεμονωμένες. Σε αυτή την περίπτωση οι μονάδες που έχουν ληφθεί πρέπει να ομαδοποιηθούν ανάλογα με την παραγγελία του πελάτη, αφού πρώτα τελειοποιηθεί η διαδικασία επιλογής. Μετά τη διαδικασία αυτή πρέπει να συσκευάζονται και να τακτοποιούνται στο σωστό φορτίο μονάδας. Η cross-docking πραγματοποιείται στην περίπτωση που τα προϊόντα που λαμβάνονται μεταφέρονται κατευθείαν στις αποβάθρες αποστολής.(οι υπηρεσίες μπορεί να χρειαστούν σύντομες διανομές αλλά τότε χρειάζεται μικρή ή και καθόλου παραγγελία.)

## **2.7 Αποθήκες και Τεχνολογία**

Οι σημερινές αποθήκες πιέζονται να βελτιώσουν τις λειτουργίες τους αυξάνοντας τους στόχους τους σε ό,τι αφορά την ακρίβεια του καταλόγου των αποθεμάτων, την έγκυρη υπηρεσία παράδοσης, τις εύκαμπτες υπηρεσίες προστιθέμενης αξίας, την εξατομικευμένη εκπλήρωση παραγγελιών και την ανταπόκριση στα αιτήματα των πελατών. Έτσι, η Τεχνολογία της Πληροφορίας (Information Technology, IT) έχει γίνει αναπόσπαστο κομμάτι των λειτουργιών της αποθήκης. Τέτοια τεχνολογία είναι τα συστήματα διαχείρισης της αποθήκης (warehouse management system, WMS), τα οποία είναι εφαρμογές λογισμικού που υποστηρίζουν καθημερινές εργασίες και βρίσκονται σε μία αποθήκη. Οι εφαρμογές WMS διαχειρίζονται την παρακολούθηση της ποσότητας των αποθεμάτων μέχρι της τοποθέτησή τους στα κατάλληλα σημεία της αποθήκης. Αναπτύχθηκαν με σκοπό την βελτίωση του χρόνου φορτοεκφόρτωσης, την εγκυρότητα του καταλόγου αποθεμάτων και την καλύτερη διαχείριση του χώρου της αποθήκης αλλά και την ενίσχυση της αποδοτικότητας της. Οι εφαρμογές αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αυτόνομα συστήματα ή υποσυστήματα ενός ολοκληρωμένου υποσυστήματος διαχείρισης επιχειρηματικών πόρων.

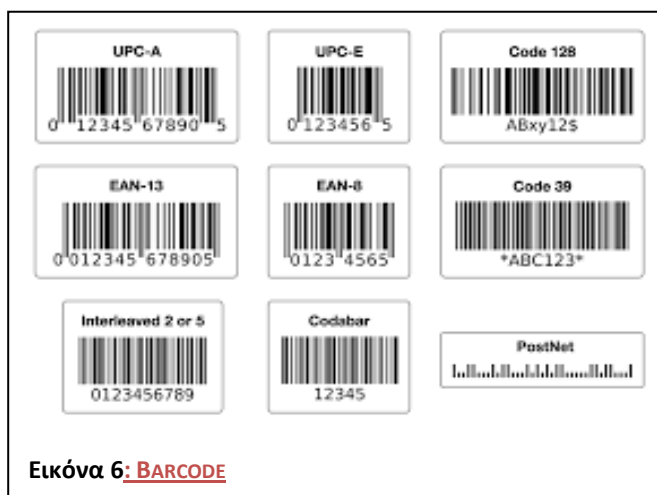


## Κεφάλαιο 3: Συστήματα διαχείρισης αποθήκης (warehouse management system, WMS)

### 3.1 Ιστορική εξέλιξη

Η παρακολούθηση των αποθεμάτων είναι μία επίπονη και αρκετά πολύπλοκη διαδικασία η οποία παραδοσιακά γινόταν με την χρήση χειρόγραφων εγγράφων. Η διαδικασία αυτή περιλάμβανε την αναγνώριση των προϊόντων από ένα υπάλληλο και στη συνέχεια την καταγραφή των στοιχείων τους και των στοιχείων συναλλαγής ή μεταφοράς. Είναι φανερό πως, ειδικά για επιχειρήσεις που διακινούν μεγάλο όγκο προϊόντων, η παραπάνω διαδικασία είναι χρονοβόρα και απαιτεί αρκετό προσωπικό για να ολοκληρωθεί, ενώ ταυτόχρονα η πιθανότητα λαθών και παραλείψεων είναι ιδιαίτερα αυξημένη. Επιπλέον, μετά την καταγραφή των συναλλαγών δημιουργείται ένας μεγάλος όγκος εγγράφων, των οποίων η επεξεργασία είναι εξίσου δύσκολη.

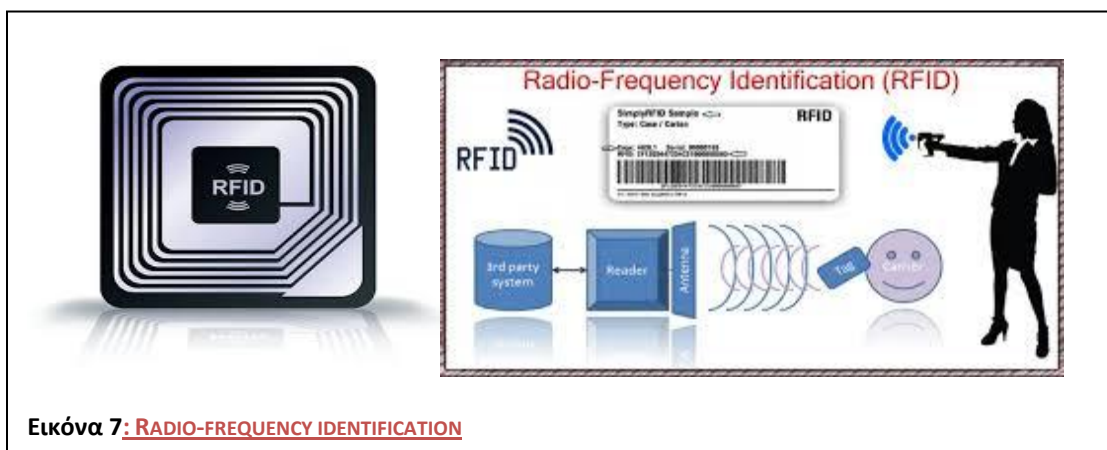
Η αυτοματοποίηση της παραπάνω διαδικασίας προέκυψε σαν μία λογική πρόοδος στον τομέα της διαχείρισης των αποθεμάτων. Οι πρώτες προσπάθειες ξεκίνησαν το 1932 στο Harvard Business School, αλλά βασιζόνταν στη χρήση μηχανικών συστημάτων που ήταν αρκετά



πολύπλοκα και ακριβά. Οι έρευνες στο τομέα συνεχίστηκαν και τις επόμενες δεκαετίες με αποτελέσματα το 1970 να αναπτυχθεί το πρότυπο UPC (Universal Product Code), το οποίο, με τη χρήση της νέας τότε τεχνολογίας των γραμμωτών κωδικών (barcode) (Εικόνα 6), υιοθέτησε μία συγκεκριμένη μορφή. Τα πρώτα συστήματα διαχείρισης αποθηκών

εμφανίστηκαν το 1975 και μπορούσαν να παρέχουν μόνο βασικές λειτουργίες όπως είναι η διαχείριση των θέσεων αποθήκευσης.

Σήμερα, οι εφαρμογές WMS μπορούν να είναι αρκετά πολύπλοκες ώστε τα δεδομένα που παρέχονται με τη μορφή πληροφοριών για τη διαχείριση μιας αποθήκης να απαιτούν την ύπαρξη εξειδικευμένου προσωπικού. Τα πιο εξελιγμένα συστήματα παρέχουν τη δυνατότητα παρακολούθησης και διαχείρισης των εμπορευμάτων μέσω της χρήσης RFID (Radio-frequency



identification)(Εικόνα 7), που είναι ετικέτες ραδιοσυχνοτήτων για την αυτόματη ταυτοποίηση αντικειμένων. Ανεξάρτητα από την πολυπλοκότητά τους, ο στόχος των συστημάτων WMS είναι να παρέχουν στους διαχειριστές τις απαραίτητες πληροφορίες για τον αποτελεσματικό έλεγχο της διακίνησης των αποθεμάτων μέσα στις εγκαταστάσεις μιας αποθήκης.

Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε αρχικά για την διαχείριση αποθήκης έπαιρνε την είσοδο με την χρήση punch cards και εκτύπωνε τα αποτελέσματα σε χαρτί, κάνοντας την χρήση του αρκετά δύσκολη. Όμως η εξέλιξη των υπολογιστών οδήγησε σύντομα την αντικατάστασή του με συστήματα που χρησιμοποιούσαν πληκτρολόγιο και ποντίκι. Οι περιορισμένες δυνατότητες παραγωγής γραφικών που είχαν οι πρώτοι υπολογιστές σε συνδυασμό με την περιορισμένη μνήμη και τον αδύναμο επεξεργαστή καθόρισαν την μορφή και τον τρόπο λειτουργίας του. Αρχικά δεν επέτρεπαν την ανάπτυξη πολύπλοκων και εύχρηστων διεπαφών, με αποτέλεσμα να τρέχει στην γραμμή εντολών. Συνήθως, για την επιτέλεση διαφόρων λειτουργιών

χρειαζόταν η χρήση κωδικών εντολών. Η αποθήκευση των δεδομένων από την άλλη έπρεπε να γίνει με τον πιο απλό τρόπο, καθώς το μικρό μέγεθος της μνήμης δεν επέτρεπε πολύπλοκες δομές δεδομένων. Κάθε πρόγραμμα χρησιμοποιούσε την δική του μορφή αρχείων, και τα δεδομένα πολλές φορές ήταν μοιρασμένα σε πολλά αρχεία συγκεκριμένου μεγέθους ώστε να χωράνε να φορτωθούν στη μνήμη (Σιφνιώτης, 1997).

### **3.2 Χαρακτηριστικά συστημάτων WMS**

Ο προγραμματισμός και ο έλεγχος της δομής που οδηγεί στην παραγωγικότητα των λειτουργιών της αποθήκης, πράγμα απαραίτητο για τη σύγχρονη αγορά, είναι απόρροια ουσιαστικής γνώσης και ενημέρωσης σχετικά με τα προϊόντα. Η σωστή οργάνωση της ροής των προϊόντων μέσα στην αποθήκη προϋποθέτει μια βασική πληροφορία, η οποία παραδίδεται, καταγράφεται και αποθηκεύεται από το WMS. Αυτό συμβαίνει από την ώρα που λαμβάνεται η πληροφορία μέχρι την ώρα που φορτώνεται ένα προϊόν.

Οι στόχοι των συστημάτων WMS εμπερικλείουν:

- Μείωση των λαθών που γίνονται όταν διεκπεραιώνεται μια παραγγελία με τον υπολογισμό και την επικύρωση των προϊόντων.
- Μεταβίβαση και λήψη(ηλεκτρονικά) απαραίτητων πληροφοριών σχετικά με την αποθήκη ή τον πελάτη στον ελάχιστο δυνατό χρόνο.
- Την βελτίωση της αποδοτικότητας του εργατικού δυναμικού με την εποπτεία και τον καθορισμό των ιεραρχιών στις εργασίες.
- Την ενίσχυση της καταλληλότητας του περιβάλλοντος επιλέγοντας τον κατάλληλο χώρο αποθήκευσης.
- Την συρρίκνωση της λίστας αποθεμάτων και τη οργάνωση της ζήτησης μέσω της συνεχόμενης ροής ενημέρωσης.

### 3.3 Πλεονεκτήματα συστημάτων διαχείρισης αποθηκών

Η ελαχιστοποίηση του κόστους λειτουργίας μέσω του αποδοτικότερου διακανονισμού των αποθεμάτων αποτελεί στόχο των εταιρειών που χρησιμοποιούν ως επί το πλείστον τέτοιες λύσεις. Τα πλεονεκτήματα που θα προκύψουν για την εταιρεία από έναν σωστό διακανονισμό είναι τα εξής:

- Εξάλειψη πιθανότητας έλλειψης προϊόντων, διότι θα είναι ευδιάκριτη πλέον η ελάττωση της ποσότητας ενός αγαθού.
- Εξάλειψη πιθανότητας διόγκωσης της ποσότητας ενός αγαθού. Παραγγελίες προϊόντων μόνο όταν υπάρχει ανάγκη και αποφυγή παραγγελίας συγκεκριμένης ποσότητας ανά τακτά χρονικά διαστήματα(που προκαλεί υπερσυγκέντρωση παλιότερων προϊόντων και καταστροφή τυχών ευπαθών σε βάθος χρόνου).
- Εποπτεία της μετακίνησης και του χώρου που τοποθετούνται τα προϊόντα κατά τη διάρκεια της προσέλευσής τους στην εταιρεία(μεταφέρονται σε διάφορες τοποθεσίες).
- Αποκλεισμός του ανθρώπινου παράγοντα(υπάρχει πιθανότητα λάθους διότι επρόκειτο για μια κουραστική και ατέρμονη διαδικασία).
- Αυτοματοποίηση της διαδικασίας και εξοικονόμηση εργατικού δυναμικού.
- Συγκεντρωτικό και γρήγορο αποτέλεσμα αναφορών και στοιχείων.
- Λήψη άμεσων επαγγελματικών αποφάσεων μέσω της παρακολούθησης των επιλογών του καταναλωτικού κοινού και της πώλησης.

Τα θετικά χαρακτηριστικά ενός WMS συστήματος περιέχουν :

- Ευχέρεια χειρισμού ποικίλων αποθηκών από ένα WMS σύστημα.

- Ελαχιστοποίηση ελλείψεων των αποθεμάτων δίνοντας μια συνολική εικόνα των ιδίων, επαναλαμβανόμενος έλεγχος της υπάρχουσας ποσότητας, ταχεία ενημέρωση για τυχόν ελλείψεις κάτω από τα προβλεπόμενα όρια παρέχοντας το δικαίωμα μείωσης στο χαμηλότερο δυνατό επίπεδο και εκμηδενίζοντας το κόστος διατήρησης αποθεμάτων.
- Συντομότερη διαδικασία παράδοσης ενός προϊόντος (συσκευασία, αποστολή, παράδοση, επιστροφή).
- Ελάττωση της εργατικής δαπάνης και σημαντική εξοικονόμηση πόρων.
- Βελτίωση του βαθμού εξυπηρέτησης και ορθότητα στις αντίστοιχες παραδόσεις των προϊόντων.
- Αποφυγή του ανθρώπινου λάθους που σχετίζεται με τις καταχωρήσεις και τις καθημερινές εργασίες.
- Άμεση ενημέρωση της διοίκησης για θέματα που σχετίζονται με τις αποθήκες(π.χ. ελλείψεις αποθεμάτων).
- Ενίσχυση γνώσεων του προσωπικού σε ό,τι αφορά τη χρήση του εξοπλισμού και κατ' επένταση βελτίωση της αποδοτικότητας με το ελάχιστο κόστος.
- Μείωση αναζήτησης αποθηκευτικού χώρου. Η αυτοματοποιημένη οργάνωση του χώρου αποθήκευσης και οι πρακτικές ενίσχυσης οδεύουν στη ολοκληρωτική χειραγώγηση των αποθηκευτικών εγκαταστάσεων και την συρρίκνωση των εξόδων.

### ***3.4 Παράγοντες που περιορίζουν τα συστήματα WMS***

Τα συστήματα αυτά βρίθουν σημασίας, καθώς επιφέρουν πρόοδο σε όλες τις διαδικασίες της αποθήκευσης και μειώνουν τα έξοδα. Μολαταύτα, παρουσιάζουν μειονεκτήματα, όπως το γεγονός ότι αποτελούν σοβαρή επένδυση. Επίσης, η διαδικασία που απαιτείται για την εφαρμογή, την

εκπαίδευση και την προσαρμογή στο περιβάλλον είναι ιδιαίτερα επίπονη και χρονοβόρα. Οι τροποποιήσεις και η διαδικασία της αποσφαλμάτωσης (debugging) απαιτούν την μεγαλύτερη χρονική διάρκεια κατά την εφαρμογή WMS, μέχρι αυτό να αρχίζει να λειτουργεί κανονικά. Έρευνα διεξήχθη η οποία έδειξε ότι ένα σημαντικό ποσοστό εταιρειών (πάνω από το 30%) που εγκατέστησε ένα WMS, χρειάστηκε να κάνει αλλαγές στο λογισμικό προκειμένου να το ενσωματώσουν στη λειτουργία της επιχείρησης (Γιαννάκαινας, 2004).

## Κεφάλαιο 4: Αυτοματοποιημένα συστήματα αποθήκευσης και ανάκτησης (AS/RS)

### 4.1 Ορισμός AS/RS

Ένα AS/RS σύστημα ορίζεται ως ένα σύστημα αποθήκευσης που χρησιμοποιεί μηχανήματα αποθήκευσης και ανάκτησης μίας σταθερής διαδρομής, τα οποία εκτελούνται σε μία ή περισσότερες σιδηροτροχιές μεταξύ των σταθερών ραφιών της αποθήκης. Ένα AS/RS σύστημα είναι ικανό να χειρίζεται παλέτες χωρίς την παρεμβολή κάποιου χειριστή γι' αυτό και είναι πλήρως αυτοματοποιημένα. Τα αυτοματοποιημένα συστήματα αποθήκευσης και ανάκτησης (AS/RS) έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως σε περιβάλλοντα διανομής και παραγωγής από την εισαγωγή τους στη δεκαετία του 1950. Η χρήση των είχε αρκετά πλεονεκτήματα έναντι των μη αυτοματοποιημένων συστημάτων αποθήκευσης όπως την εξοικονόμηση κόστους εργασίας και το χώρο δαπέδου, την αυξημένη αξιοπιστία και τα μειωμένα ποσοστά σφαλμάτων.

Κάθε σύστημα AS/RS αποτελείται από κάποια κύρια εξαρτήματα τα οποία βοηθούν στη διαδικασία της αποθήκευσης. Αυτά είναι τα ράφια τα



οποία είναι μεταλλικές κατασκευές με θέσεις που μπορούν να φιλοξενήσουν φορτία για αποθήκευση. Επίσης, οι γερανοί είναι εκείνοι που αποτελούν σημαντικό εξάρτημα καθώς είναι πλήρως αυτοματοποιημένα μηχανήματα



Εικόνα 8: ΡΑΦΙΑ-ΓΕΡΑΝΟΣ-ΔΙΑΔΡΟΜΟΙ ΣΕ AS/RS SYSTEM

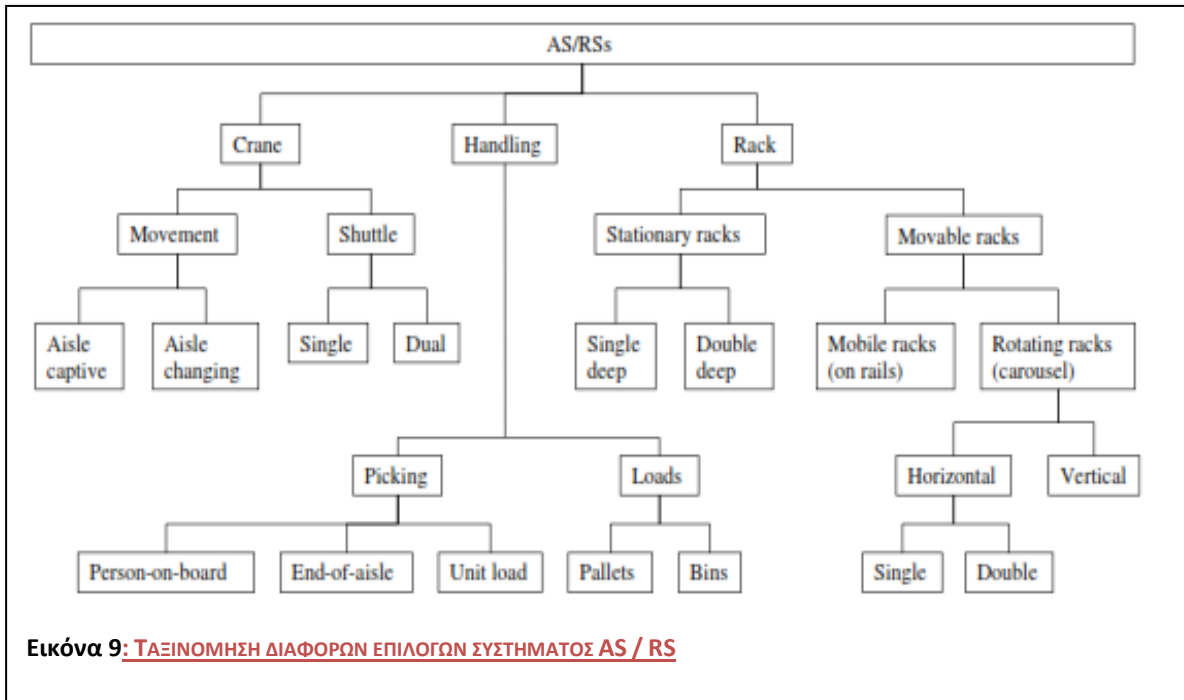
αποθήκευσης και ανάκτησης που μπορούν να μετακινούνται αυτόνομα, να μαζεύουν και να αφαιρούν φορτία. Οι διάδρομοι επιπλέον, οι οποίοι σχηματίζονται από τα κενά μεταξύ των ράβδων όπου μπορούν να κινηθούν οι γερανοί.

Τέλος, το σημείο εισόδου - εξόδου είναι μία τοποθεσία όπου τα ανακυκλωμένα φορτία πέφτουν και τα εισερχόμενα προσλαμβάνονται για αποθήκευση. Pick θέσεις είναι μέρη όπου οι άνθρωποι δουλεύουν για να μετακινούν μεμονωμένα στοιχεία από ένα φορτίο που έχει ανακτηθεί πριν επιστραφεί ξανά στο σύστημα.

## 4.2 Τύποι AS/RS

Υπάρχουν πολλές επιλογές συστημάτων για τα AS/RS. Η βασική εκδοχή έχει σε κάθε διάδρομο ένα γερανό και μπορεί να μεταφέρει ένα

φορτίο κάθε φορτά. Στην εκδοχή αυτή τα ράφια είναι ακίνητα και βαθιά, το οποίο σημαίνει ότι κάθε φορτίο είναι προσβάσιμο άμεσα από το γερανό. Αυτός ο τύπος AS/RS αναφέρεται ως a **single unit-load** aisle-captive AS/RS.



Εκτός από τη βασική εκδοχή ενός AS/RS συστήματος υπάρχουν και αρκετές παραλλαγές που αναφέρονται στη βιβλιογραφία. Μία πιθανή παραλλαγή είναι όταν οι γερανοί μπορούν να αλλάζουν διαδρομή. Αυτό σημαίνει ότι ένα σύστημα θα έχει λιγότερους γερανούς πράγμα το οποίο θα είναι χρήσιμο αν το ποσοστό των αιτήσεων δεν δικαιολογεί την αγορά γερανού για κάθε διάδρομο. Για να ξεπεραστεί ο περιορισμός ενός γερανού να μεταφέρει ένα φορτίο υπάρχουν και οι **multi-shuttle** γερανοί οι οποίοι μπορούν να μεταφέρουν δύο φορτία. Αυτοί οι γερανοί αναφέρονται και ως dual –shuttle. Η αυξημένη μεταφορική τους ικανότητα τους επιτρέπει να ανακτούν πρώτα ένα φορτίο και μετά να αποθηκεύουν άλλο φορτίο στην ίδια θέση χωρίς να πάει στη θέση εισόδου-εξόδου. Τα φορτία φτάνουν στη θέση εισόδου-εξόδου από άλλα μέρη της αποθήκης μέσω άλλων μετακομιστών ή φορτηγών οχημάτων. Τα φορτία αποθήκευσης σε ένα AS/RS και μετά από μία περίοδο



ανακτώνται ξανά για να αποσταλούν στην αρχική τους θέση. Όμως σε πολλές περιπτώσεις ένα μόνο μέρος του φορτίου χρειάζεται για την παραγγελία.

Αυτό μπορεί να επιλυθεί έχοντας μία ξεχωριστή περιοχή συλλογής στην αποθήκευση, στην οποία να γίνεται η «διαλογή». Μία επιλογή θα ήταν να σχεδιαστεί ένας γερανός τον οποίο θα μπορεί ένα άτομο να οδηγήσει μόνο του. Έτσι αντί να μεταφέρεται αυτόματα ολόκληρη παλέτα, ένα άτομο θα συλλέγει ένα τεμάχιο από την περιοχή. Μία πιο κοινή επιλογή για την επιλογή συγκεκριμένων αντικειμένων, είναι όταν ένα AS/RS απελευθερώνει τα μοναδιαία φορτία (unit-loads) που έχουν ανακτηθεί σε ένα συγκεκριμένο σταθμό εργασίας. Αυτό το σύστημα αναφέρεται ως end-of-aisle system. Αν τα

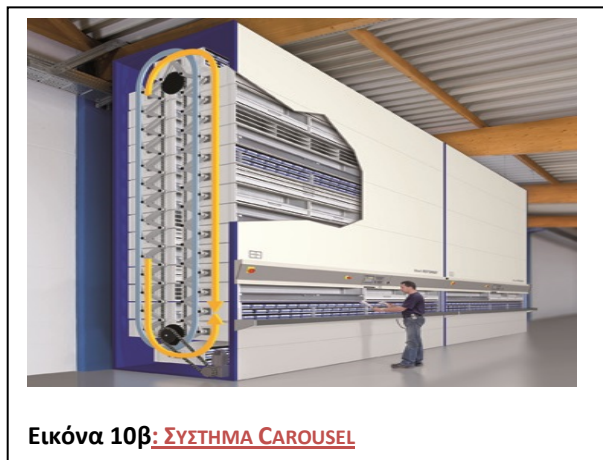
φορτία είναι μεγάλα δοχεία τότε το σύστημα γενικά ονομάζεται mini-load AS/RS.

Η αποθήκευση στα ράφια μπορεί να γίνει με δύο τρόπους: τη μονή και τη διπλή



**Εικόνα 10α: ΣΥΣΤΗΜΑ CAROUSEL**

αποθήκευση. Στη διπλή αποθήκευση το κάθε ράφι θα έχει χώρο για δύο φορτία, το ένα μπροστά από το άλλο. Αυτός ο τρόπος μπορεί να είναι ευεργετικός εάν η ποικιλία των φορτίων είναι χαμηλή και ο αριθμός των ανακυκλωμένων φορτίων είναι υψηλός. Το σύστημα carousel είναι κατάλληλο για την αποθήκευση μικρών και μεσαίων προϊόντων σε διαφορετικά επίπεδα. Το πάνω και κάτω τμήμα ενός διπλού carousel μπορούν να περιστρέφονται ανεξάρτητα το ένα

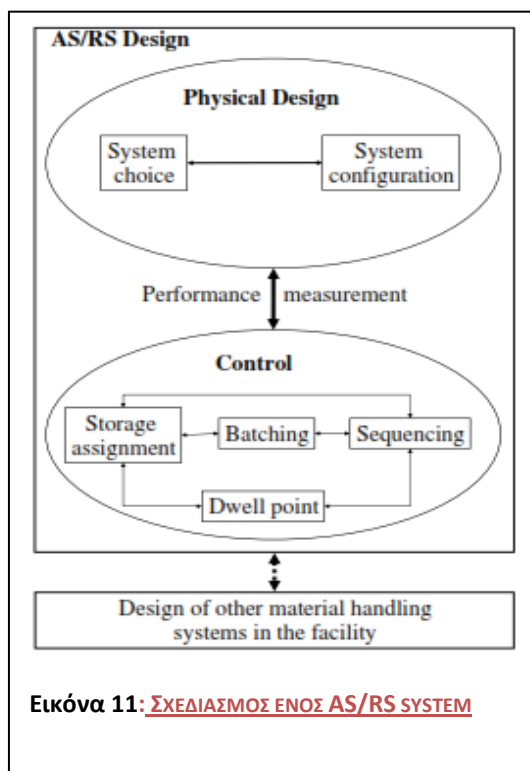


**Εικόνα 10β: ΣΥΣΤΗΜΑ CAROUSEL**

από το άλλο. Αξίζει επίσης να αναφερθεί ότι ένας ειδικός τύπος των AS/RS αναφέρεται ως autonomous vehicle storage and retrieval systems( αυτόνομα συστήματα αποθήκευσης και ανάκτησης οχημάτων), στο οποίο τα οχήματα μετακινούνται οριζόντια πάνω σε ράγιες μέσω διαδρόμων ενώ οι ανελκυστήρες χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά φορτίων κατακόρυφα.

### 4.3 Επισκόπηση των αποφάσεων σχεδιασμού

Είναι σημαντικό να σχεδιαστεί ένα σύστημα AS/RS με τρόπο ώστε να μπορεί να αντιμετωπίσει αποτελεσματικά τις τρέχουσες και μελλοντικές απαιτήσεις ζήτησης αποφεύγοντας παράλληλα τα σημεία συμφόρησης και την πλεονάζουσα παραγωγική ικανότητα. Επιπλέον, είναι απαραίτητο να



σχεδιαστεί εξαιτίας της έλλειψης ευελιξίας και της φυσικής διάταξης και του εξοπλισμού. Στην Εικόνα 11 παρουσιάζεται μια σχηματική απεικόνιση των παραγόντων σχεδίασης και της αλληλεξάρτησης τους.

Σημαντικό είναι να κατανοήσουμε ότι το σύστημα AS/RS είναι ένα από τα πολλά συστήματα που έχουν βρεθεί και η πραγματική απόδοση του επηρεάζεται από άλλα συστήματα όπως φυσικά και εκείνα

επηρεάζονται από ένα AS/RS σύστημα. Αυτό γίνεται πιο ορατό αλλά δεν περιορίζεται στην αλληλεπίδραση των συστημάτων της θέσης εισόδου-εξόδου στο AS/RS. Εκεί τα φορτία μαζεύονται και τοποθετούνται, κάτι που είναι έργο των μετακομιστών του συστήματος ή από σερβιτόρα οχημάτων. Καθυστερήσεις σε

ένα σύστημα μπορούν να προκαλέσουν καθυστερήσεις και σε άλλα για αυτό πρέπει να ελέγχεται το ρυθμιστικό δυναμικό και των άλλων χαρακτηριστικών των αυτοματοποιημένων συστημάτων. Επιπλέον, οι απαιτήσεις μπορεί να εξαρτώνται από το γενικό περιβάλλον του συστήματος. Στο περιβάλλον κατασκευής απαιτείται η έγκαιρη διάθεση όλων των απαιτούμενων υλικών για να εξασφαλιστεί η συνέχεια της παραγωγής.

Δύο πλευρές αποτελούν τον φυσικό καθορισμό του συστήματος AS/RS. Πρώτα, πρέπει να επιλέξουμε τον τύπο του συστήματος AS/RS και δεύτερον, η επιλογή του συστήματος πρέπει να ρυθμιστεί αποφασίζοντας π.χ. τον αριθμό των διαδρόμων και τις διαστάσεις των ραφιών. Αυτές οι αλληλένδετες επιλογές

μπορούν να βασιστούν μεταξύ άλλων σε ιστορικά και προβλεπόμενα χαρακτηριστικά δεδομένα, στον απαιτούμενο προϋπολογισμό, στην απαιτούμενη χωρητικότητα της αποθήκης και στον διαθέσιμο χώρο. Στην Εικόνα 12 εμφανίζεται μία λίστα αποφάσεων

Overview of design decisions for AS/RSs	
Class of problems	Decisions to be made
System configuration	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Number of aisles</li> <li>• Height of the storage racks</li> <li>• Length of the aisles</li> <li>• Equally sized or modular storage locations</li> <li>• Number and location of the I/O-points</li> <li>• Buffer capacity at the I/O-points</li> <li>• Number of cranes per aisle</li> <li>• Number of order pickers per aisle (if any)</li> </ul>
Storage assignment	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Storage assignment method</li> <li>• Number of storage classes</li> <li>• Positioning of the storage classes</li> </ul>
Batching	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Type of batching (static or dynamic)</li> <li>• Batch size (capacity or time based)</li> <li>• Selection rule for assignment of orders to batches</li> </ul>
Sequencing	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sequencing restrictions (e.g., due dates)</li> <li>• Type of operation (single or dual command)</li> <li>• Scheduling approach (block or dynamic)</li> <li>• Sequencing method</li> </ul>
Dwell-point	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Type of positioning (static or dynamic)</li> <li>• Location where idle cranes will be placed.</li> </ul>

**Εικόνα 12:** ΛΙΣΤΑ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ AS/RS

διαμόρφωσης για κάθε τύπο των AS/RS.

Για ένα τυπικό πρόβλημα σχεδίασης δίνεται η συνολική χωρητικότητα εκ των προτέρων. Αυτό σημαίνει ότι ο αριθμός των διαδρόμων, το ύψος και το μήκος των ραφιών είναι σταθερός. Η αύξηση του αριθμού των διαδρόμων

συνεπάγεται τη μείωση μήκους και ύψους των ραφιών για τη χωρητικότητα της αποθήκης. Εξαιτίας αυτής της σχέσης έχοντας δηλαδή περισσότερους διαδρόμους οδηγείται σε μικρότερους χρόνους απόκρισης εξαιτίας του μειωμένου μήκους και ύψους των ραφιών. Σε ένα συνηθισμένο σύστημα με ένα γερανό ανά διάδρομο, εάν έχουμε πολλούς διαδρόμους τότε σημαίνει και πολλούς γερανούς που οδηγούν σε υψηλότερη απόδοση και σε υψηλότερο επενδυτικό κόστος. Ακόμη και όταν δίνεται ο αριθμός των διαδρόμων εξακολουθεί να υπάρχει συμβιβασμός μεταξύ του ύψους και μήκους των ραφιών. Από τότε που οι γερανοί μπορούν να οδηγούν κάθετα και οριζόντια ταυτόχρονα ο πραγματικός χρόνος ταξιδιού ισούται με το μέγιστο του οριζοντίου και κάθετου χρόνου. Μία καλή ισορροπία μεταξύ ύψους και μήκους μπορεί να βοηθήσει στο χρόνο ταξιδιού. Μία συνηθισμένη διαμόρφωση των ραφιών είναι να γίνουν τετράγωνα, πράγμα που σημαίνει ότι ο χρόνος που απαιτείται για να φτάσει στην υψηλότερη σειρά ισούται με το χρόνο που απαιτείται για να φτάσει στην απομακρυσμένη στήλη. Κάθε ράφι που δεν είναι τετράγωνο ονομάζεται ορθογώνιο. Συχνά τα ράφια έχουν χώρο αποθήκευσης ίσου μεγέθους. Όμως προκειμένου να ικανοποιηθεί η μεγάλη ζήτηση των πελατών θα μπορούσε να επιτρέπεται η αποθήκευση διάφορων φορτίων σε ενιαίο ράφι και να υπάρχουν περισσότερες θέσεις εισόδου-εξόδου ανά διάδρομο. Αντί να υπάρχει μόνο μία θέση εισόδου-εξόδου μπροστά στο διάδρομο θα μπορούσε να υπάρχει και άλλη μία στο μέσο του. Έτσι οι ροές εισερχόμενων και εξερχόμενων φορτίων θα διαχωριστούν ευκολότερα.

Εξίσου, σημαντικοί με το φυσικό σχεδιασμό είναι οι έλεγχοι λογισμικού που απαιτούνται για να είναι τα συστήματα AS/RS λειτουργικά. Ανεξάρτητα από τη διαδικασία βελτιστοποίησης απαιτείται ένα σύστημα μέτρησης απόδοσης για την αξιολόγηση της συνολικής απόδοσης του προκύπτοντος συστήματος σε κάθε στάδιο. Αυτό υπογραμμίζει τη σημασία της μέτρησης των επιδόσεων στον τομέα. Κατά κανόνα η λειτουργία των AS/RS καθορίζεται από ένα συνεκτικό σύνολο τέτοιων πολιτικών ελέγχου το καθένα από τα οποία

ασχολείται με ένα συγκεκριμένο υποσύνολο δραστηριοτήτων. Μία πολιτική αποθήκευσης χρησιμεύει για τον προσδιορισμό στο ποια προϊόντα εκχωρούνται σε ποιες τοποθεσίες. Η θέση που ένας γερανός είναι αδρανής ονομάζεται dwell-point. Η dwell-point είναι η καλύτερη επιλογή για την ελαχιστοποίηση του αναμενόμενου χρόνου για το επόμενο αίτημα. Ένα φορτίο του AS/RS μπορεί να λειτουργήσει με δύο τρόπους. Δηλαδή είτε με μονό κύκλο εντολών είτε με διπλό κύκλο εντολών. Σε ένα μονό κύκλο εντολών ο γερανός εκτελεί είτε μία μόνο αποθήκευση είτε μία αίτηση ανάκτησης. Ο χρόνος κύκλου αποθήκευσης είναι τότε ίσος με το άθροισμα του χρόνου για να παραλάβει ένα φορτίο στο σταθμό εισόδου, το χρόνο να ταξιδεύει στη θέση αποθήκευσης, το χρόνο για ανατοποθετήσει το φορτίο στο ράφι και το χρόνο για να επιστρέψει στο σταθμό εισόδου. Όμοια καθορίζεται και για τον κύκλο ανάκτησης. Εάν ένα σύστημα AS/RS κάνει τόσο μία αποθήκευση όσο και ένα αίτημα ανάκτησης σε μονό κύκλο ονομάζουμε διπλό κύκλο εντολών. Σε αυτή την περίπτωση ο χρόνος κύκλου ορίζεται ως το άθροισμα του χρόνου για να πάρει το φορτίο, το χρόνο να ταξιδέψει στη θέση αποθήκευσης και να αποθηκεύσει το φορτίο, το χρόνο διαδρομής της θέσης αποθήκευσης στη θέση ανάκτησης και το χρόνο να πάρει το φορτίο και να το μεταφέρει στη θέση εξόδου. Σαφώς ο συνολικός χρόνος εκτέλεσης όλων των αιτημάτων αποθήκευσης και ανάκτησης μειώνεται εάν εκτελεστούν δύο εντολές. Μία περιήγηση σε ένα AS/RS αποτελείται από μία ακολουθία κύκλου μονών ή διπλών εντολών που ξεκινά από την αρχή του πρώτου αιτήματος και τελειώνει στον προορισμό του τελευταίου αιτήματος.

Οι κανόνες αντιστοίχησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία περιηγήσεων έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθεί ο συνολικός χρόνος για την διεκπεραίωση όλων των αιτημάτων ή των χρόνων παραβίασης, καθώς η τελική πολιτική ελέγχου εξετάζει πως μπορεί κανείς να συνδυάζει διαφορετικές παραγγελίες πελατών σε μία μόνο περιήγηση γερανού. Από τη βιβλιογραφία



είναι γνωστό ότι ορισμένοι συνδυασμοί πολιτικού ελέγχου λειτουργούν καλύτερα από άλλους συνδυασμούς.

#### 4.4 Φυσικοί σχεδιασμοί και σχεδιασμοί διάταξης των συστημάτων AS/RS

Για την αντιμετώπιση ενός ή περισσότερων ζητημάτων σχεδιασμού ενός συστήματος AS/RS οι μέθοδοι που κυμαίνονται από την προσομοίωση αναλυτικών μοντέλων προσεγγίσεων τεχνητής νοημοσύνης σε πειραματικές προσεγγίσεις έχουν προταθεί στη βιβλιογραφία. Η Εικόνα 13 παρουσιάζει μία επισκόπηση των εγγράφων και υποδηλώνει ποια θέματα απευθύνουν οι συγγραφείς που ασχολήθηκαν με το συγκεκριμένο θέμα. Σημειώνεται ότι δεν επισημαίνουμε μία πολιτική ελέγχου εάν χρησιμοποιείται μόνο ως σταθερός συντελεστής εισόδου στο μοντέλο. Μόνο οι μεταβλητές απόφασης σημειώνονται. Για όλα τα μοντέλα προσομοίωσης μπορούμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι αφορούν μόνο ορισμένες πτυχές του φυσικού σχεδιασμού και ότι η δυνατότητα ρύθμισης των πολιτικών ελέγχου είναι πολύ περιορισμένη.

Επιπλέον, μόνο λίγες διαμορφώσεις και τύποι των AS/RS έχουν δοκιμαστεί σε συνδυασμό με σταθερές τιμές για διάφορους συντελεστές

Overview of research in design models that can assist in decision making for physical design in combination with control issues											
Solution approach	Authors	Type of AS/RS	System configuration						Controls		
			Storage racks	Storage locations	Number of cranes	Number of aisles and their length	Number of I/O-points and location	Number of order pickers	Buffer capacity	Storage assignment	Dwell-point
Simulation	Ashayeri et al. (1983)	Unit-load									
	Houshyar and Chung (1991)	Unit-load				×					
	Taboun and Bhole (1993)	Unit-load				×				×	
	Randhawa and Shroff (1995)	Unit-load	×				×			×	
	Lee et al. (1996)	Unit-load			×						
	Potrè et al. (2004)	Unit-load and multi-shuttle	×								×
	Rosenblatt et al. (1993)	Unit-load	×	×	×		×				
Simulation and analytical	Karasawa et al. (1980)	Unit-load	×			×					
	Zollinger (1982)	Unit-load	×			×					
Analytical	Ashayeri et al. (1985)	Unit-load				×					
	Azadivar (1987)	Unit-load	×								

Bozer and White (1990)	End-of-aisle miniload				x	
Van Oudheusden and Zhu (1992)	Person-on-board	x				
Bozer and White (1996)	End-of-aisle miniload			x		x
Chang and Wen (1997)	Unit-load	x				
Hwang and Ko (1988)	Unit-load		x	x		
Park et al. (1999)	End-of-aisle miniload					x
Malmberg (2001a)	Unit-load	x		x		
Malmberg (2001b)	Multi-shuttle					
Malmberg (2002, 2003a)	Autonomous vehicle S/R	x		x		
Koh et al. (2005)	End-of-aisle miniload					x
Lee et al. (2005)	Unit-load		x			

Εικόνα 13

εισόδου. Η δύναμη της προσομοίωσης μπορεί να εξαντληθεί καλύτερα στην έρευνα των AS/RS για τη σύγκριση πολυάριθμων σχεδίων λαμβάνοντας παράλληλα υπόψη περισσότερες πτυχές του σχεδιασμού ιδίως σε σχέση με τις πολιτικές ελέγχου. Ακόμη και η ανάλυση ευαισθησίας των συντελεστών εισόδου πρέπει να εκτελείται έτσι ώστε να μπορεί να επιτευχτεί ο σχεδιασμός ο οποίος μπορεί να αποδώσει ικανοποιητικά σε όλα τα εφαρμοστέα σενάρια. Οι περισσότερες έρευνες πραγματοποιούνται στον προσδιορισμό της διάταξης μίας μονάδας αποθήκευσης. Καμία προσοχή δεν έχει δοθεί στην χωρητικότητα των αποθηκών καθώς και στον αριθμό των θέσεων εισόδου-εξόδου. Σε ορισμένους τύπους κέντρων διανομής ίσως είναι ενδιαφέρον να εξεταστούν τα σημεία εντοπισμού και στις δύο θέσεις στα άκρα των διαδρόμων. Από τη βιβλιογραφία πολλοί συγγραφείς συνδυάζουν μόνο ένα ή λίγους κανόνες ελέγχου με φυσικούς σχεδιασμούς.

Στο πλαίσιο της επιλογής παραγγελιών ο σχεδιασμός του σχεδίου διάταξης αφορά δύο υπό προβλήματα: τη **διάταξη της εγκατάστασης που περιέχει το σύστημα παραλαβής παραγγελιών και τη διάταξη μέσα στο σύστημα παραλαβής παραγγελιών**. Το πρώτο πρόβλημα συνήθως ονομάζεται το πρόβλημα της διάταξης εγκατάστασης το οποίο αφορά την επιλογή του τόπου εντοπισμού διαφόρων τμημάτων (παραλαβή, συλλογή, αποθήκευση, διαλογή και αποστολή) που πραγματοποιείται συχνά λαμβάνοντας υπόψη τη

σχέση δραστηριότητας μεταξύ των τμημάτων. Ο κοινός στόχος είναι η ελαχιστοποίηση του κόστους διαχείρισης το οποίο σε πολλές περιπτώσεις αντιπροσωπεύεται από μία γραμμική συνάρτηση της απόστασης διαδρομής. Χαρακτηριστικά αναφέρει ο Tompkins (2003) για μία περιγραφή αρχειών αποτελεσματικών διαδικασιών σχεδίασης διάταξης όπως επίσης και ο Meller και ο Gau(1996) για μία γενική επισκόπηση της βιβλιογραφίας σχετικά με αυτό το θέμα. Επιπλέον, ο Heragu (2005) δίνει ένα μοντέλο για το μέγεθος των περιοχών και την ανάθεση προϊόντων σε περιοχές.

Εστιάζουμε στο δεύτερο πρόβλημα το οποίο μπορεί να ονομαστεί ως σχεδίαση εσωτερικής διάταξης ή πρόβλημα διαμόρφωσης του διαδρόμου. Αφορά τον προσδιορισμό του αριθμού των ραφιών, του μήκους και του πλάτους των διαδρομών μιας περιοχής συλλογής. Ο κοινός στόχος είναι να βρεθεί μία καλύτερη διάταξη των αποθηκών σε σχέση με μία συγκεκριμένη αντικειμενική λειτουργία μεταξύ των διατάξεων που ταιριάζουν σε ένα δεδομένο σύνολο περιορισμών και απαιτήσεων. Και πάλι η πιο κοινή αντικειμενική συνάρτηση είναι η απόσταση ταξιδιού. Η βιβλιογραφία για το σχεδιασμό της διάταξης και για τα συστήματα χειροκίνητης παραλαβής παραγγελιών χαμηλού επιπέδου δεν είναι άφθονη. Μία πρώιμη δημοσίευση μολονότι επικεντρώνεται στα φορτία μονάδας είναι από τον Bassan (1980). Αυτοί που συνέκριναν δύο διαφορετικές παράλληλες διαδρομές για το χειρισμό και το κόστος διάταξης είναι οι Rosenblatt και Roll(1984) χρησιμοποιώντας και οι δύο αναλυτικές μεθόδους διάταξης προσομοίωσης. Έτσι, μελέτησαν την επίδραση της πολιτικής αποθήκευσης (πώς να σχεδιάσετε τα προϊόντα σε τοποθεσίες αποθήκευσης). Στην εσωτερική διάταξη της αποθήκης οι Rosenblatt και Roll(1984) εξέτασαν την επίδραση στοχαστικών απαιτήσεων και των διαφορετικών επιπέδων εξυπηρέτησης στη διάταξη της αποθήκης και στην ικανότητα αποθήκευσης. Πρόσφατα ο Roodbergen (2001) πρότεινε μία μη αντικειμενική λειτουργία (π.χ. ο μέσος όρος μήκους διαδρομής ανά αριθμό διαδρομών και ο αριθμός διαδρόμων ανά διαδρομή)



για τον προσδιορισμό της διαμόρφωσης του διαδρόμου για αποθήκες τυχαίας αποθήκευσης. Λαμβάνοντας επίσης υπόψη την ελαχιστοποίηση του μέσου μήκους του γύρου ως κύριο στόχο ο Caron (2000) θεωρεί 2 block αποθήκης (π.χ. ένα μεσαίο σταυροειδές διάδρομο) βασισμένες στην αντιστοίχιση αποθήκευσης ενώ ο Le-Duc και ο De Koster εστιάζει στην ταξινόμηση της αποθήκευσης και για τις μεθόδους εκχώρησης αποθήκευσης σε τυχαία βάση και σε όγκο. Ο Petersen δείχνει χρησιμοποιώντας προσομοίωση την επίδραση του μήκους διαδρόμου και του αριθμού διαδρομών στο συνολικό χρόνο διαδρομής. Σε σύγκριση με τα συστήματα επιλογής παραγγελιών χειροκίνητης επιλογής το πρόβλημα σχεδίασης διάταξης για τα συστήματα φορτίου μονάδας έχει λάβει μεγάλη προσοχή. Οι Bozer και White (1984) δείχνουν ότι ένα square in time rack ράφι (με βάση όπου η αναλογία ύψους προς μήκος ισούται με την αναλογία της κατακόρυφης προς την οριζόντια ταχύτητα του μηχανήματος) είναι βέλτιστο για κύκλους μονής και διπλής διαταγής. Ο Larson (1997) χρησιμοποιεί μία προσέγγιση για τη διαμόρφωση μιας αποθήκης σε μονάδες φόρτωσης και για την ανάθεση κλάσεων προϊόντων σε τοποθεσίες με στόχο την αύξηση της χρήσης χώρου και τη μείωση της διαδρομής.

#### **4.5 Πολιτικές εκχώρησης αποθήκευσης**

Για να λειτουργήσει αποτελεσματικά μια αποθήκη εμπορευμάτων, η εγκατάσταση πρέπει να χωροθετηθεί κατάλληλα. Η βελτιστοποίηση χωροθέτησης χρησιμοποιεί ως δεδομένα στοιχεία αναμενόμενης ζήτησης, κατηγοριοποίησης και φυσικών χαρακτηριστικών των προϊόντων και καταλήγει σε μια τελική διάταξη των προϊόντων μέσα στην αποθήκη κατά τέτοιο τρόπο ώστε να γίνονται όσο το δυνατό λιγότερες και μικρότερες κινήσεις (pickings). Με ένα κατάλληλο σχέδιο χωροθέτησης, μια αποθήκη μπορεί να μειώσει τις απαιτήσεις εσωτερικής μεταφοράς των εμπορευμάτων της, να μετριάσει τα εργατικά έξοδα και να αυξήσει την παραγωγικότητα της. Το κόστος

λειτουργίας μιας αποθήκης μπορεί να μειωθεί σημαντικά, ακόμα και με μικρές αλλαγές. Δυστυχώς, στην πλειοψηφία των περιπτώσεων παραβλέπεται εντελώς από τους υπεύθυνους επιχειρήσεων ή αντιμετωπίζεται εμπειρικά.

Τα προϊόντα πρέπει να τοποθετούνται σε χώρους αποθήκευσης πριν μπορέσουν να παραληφθούν για την εκτέλεση παραγγελιών των πελατών. Μία μέθοδος αποθήκευσης είναι ένα σύνολο κανόνων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκχώρηση προϊόντων σε τοποθεσίες αποθήκευσης. Πριν όμως γίνει μία τέτοια ανάθεση πρέπει να ληφθεί απόφαση σχετικά με τις δραστηριότητες που θα διεξαχθούν στο πλαίσιο του συστήματος αποθήκευσης.

Υπάρχουν πολλοί τρόποι με τους οποίους μπορούμε να ορίσουμε προϊόντα σε τοποθεσίες αποθήκευσης εντός των χώρων αποθήκευσης. Μπορούμε να περιγράψουμε αρκετούς τύπους που χρησιμοποιούνται στην αντιστοίχιση αποθήκευσης όπως:

- Σταθερή αποθήκευση
- Τυχαία αποθήκευση
- Αποκλειστική αποθήκευση
- Αποθήκευση πλήρους κύκλου εργασιών
- Αποθήκευση με βάση την κλάση

#### 4.5.1 Σταθερή αποθήκευση (dedicated storage)

Υπάρχει μια συγκεκριμένη σταθερή θέση για κάθε προϊόν μέσα στην αποθήκη. Το βασικό μειονέκτημα αυτής της πολιτικής είναι ότι είναι πιθανόν να μείνει πολύς χώρος κενός και αχρησιμοποίητος. Ένας απλός τρόπος οργάνωσης με σταθερή τοποθέτηση είναι η Αλφαριθμητική τοποθέτηση (alphanumeric storage). Τα προϊόντα τοποθετούνται κατά αλφαβητική σειρά

ή κατά σειρά κωδικού. Το πλεονέκτημα είναι ότι κατά πάσα πιθανότητα τα προϊόντα θα είναι ταξινομημένα με μια συμβατή για τους εργάτες λογική, το οποίο θα διευκολύνει την εύρεση τους.

#### **4.5.2 Τυχαία αποθήκευση (random storage)**

Το σύστημα επιλέγει μια τυχαία θέση για την τοποθέτηση ενός προϊόντος μέσα σε ένα χώρο. Το προτέρημα αυτής της πολιτικής είναι η μεγάλη αξιοποίηση του χώρου. Το βασικό μειονέκτημα είναι ότι οι εργάτες δυσκολεύονται να βρουν τα προϊόντα από μόνοι τους, επειδή αλλάζουν θέσεις συνεχώς. Ένα κριτήριο για τυχαία τοποθέτηση είναι για αρκετή διάρκεια αποθήκευσης (duration of stay). Τα προϊόντα που αναμένεται να παραμείνουν τον περισσότερο καιρό στην αποθήκη τοποθετούνται στο βάθος, ενώ όσα αναμένεται να φορτωθούν σύντομα παραμένουν κοντά στον χώρο φόρτωσης. Αν η τοποθέτηση γίνεται με πρωτοβουλία του εργάτη, τότε έχουμε ουσιαστικά μια τοποθέτηση κοντινότερης διαθέσιμης θέσης (closest open location storage).

#### **4.5.3 Αποκλειστική αποθήκευση**

Μία άλλη δυνατότητα είναι να αποθηκεύεται κάθε προϊόν σε μία σταθερή θέση που ονομάζεται αποκλειστική αποθήκευση. Ένα μειονέκτημα της αποκλειστικής αποθήκευσης είναι ότι μία τοποθεσία προορίζεται ακόμη και για κάποιο προϊόν που είναι εκτός αποθέματος. Επιπλέον, για κάθε προϊόν πρέπει να υπάρχει επαρκής χώρος ώστε να μπορεί να αποθηκευτεί το μέγιστο επίπεδο αποθέματος. Έτσι η χρήση του χώρου είναι χαμηλότερη μεταξύ όλων των πολιτικών αποθήκευσης. Ένα πλεονέκτημα είναι ότι οι παραγγελιοδότες εξοικειώνονται με τις θέσεις προϊόντων. Στις αποθήκες λιανικής πώλησης συχνά

η αντιστοίχιση προϊόντος στην τοποθεσία αντιστοιχεί στη διάταξη καταστημάτων. Αυτό μπορεί να εξοικονομήσει εργασία στα καταστήματα επειδή τα προϊόντα είναι λογικά ομαδοποιημένα. Τελικά, η αποκλειστική αποθήκευση μπορεί να είναι χρήσιμη εάν τα προϊόντα έχουν διαφορετικό βάρος. Τα βαριά προϊόντα πρέπει να βρίσκονται στο κάτω μέρος της παλέτας και για τα ελαφριά προϊόντα στην κορυφή. Με την αποθήκευση των προϊόντων κατά σειρά βάρους και τη δρομολόγηση των συλλεκτών παραγγελιών επιτυγχάνεται μία καλή ακολουθία χωρίς επιπλέον προσπάθεια. Η αποκλειστική αποθήκευση μπορεί να εφαρμοστεί σε περιοχές επιλογής με μία περιοχή χώμα για την αναπλήρωση που μπορεί να έχει για παράδειγμα η τυχαία αποθήκευση. Με το τρόπο αυτό εξακολουθούν να υπάρχουν τα πλεονεκτήματα της αποκλειστικής αποθήκευσης αλλά και τα μειονεκτήματα είναι ελάχιστα επειδή η αποκλειστική αποθήκευση εφαρμόζεται μόνο σε μία μικρή περιοχή.

#### 4.5.4 Αποθήκευση πλήρους κύκλου εργασιών

Μία άλλη πολιτική αποθήκευσης είναι η αποθήκευση πλήρους κύκλου εργασιών αυτή η πολιτική διανέμει προϊόντα στον αποθηκευτικό χώρο ανάλογα με τον κύκλο εργασιών τους. Τα προϊόντα με τα υψηλότερα ποσοστά πωλήσεων βρίσκονται στις πιο εύκολα προσιτές τοποθεσίες συνήθως κοντά στην αποθήκη. Τα αργά κινούμενα προϊόντα βρίσκονται κάπου προς το πίσω μέρος της αποθήκης. Μία πολιτική πρόωρης αποθήκευσης αυτού του τύπου είναι ο κανόνας δείκτη κύβου ανά παραγγελία (cube per order index COI) που βλέπει ο Heskett. Το COI από ένα στοιχείο ορίζεται ως ο λόγος του συνολικού απαιτούμενου χώρου του στοιχείου προς τον αριθμό των ταξιδιών που απαιτούνται για την ικανοποίηση της ζήτησης ανά περίοδο. Ο αλγόριθμος αποτελείται από τον εντοπισμό των στοιχείων με το χαμηλότερο COI κοντά στην αποθήκη. Η πρακτική εφαρμογή πολιτικών πλήρους κύκλου εργασιών θα

ήταν ευκολότερη εάν συνδυαστεί με αποκλειστική αποθήκευση. Το κύριο μειονέκτημα είναι ότι τα ποσοστά ζήτησης διαφέρουν συνεχώς και η ποικιλία των προϊόντων αλλάζει συχνά. Κάθε αλλαγή θα απαιτούσε μία νέα παραγγελία προϊόντων στην αποθήκη που θα οδηγούσε σε μεγάλη ανακατανομή των αποθεμάτων. Μία λύση θα μπορούσε να είναι η πραγματοποίηση του επαναπατρισμού μία φορά ανά περίοδο. Η απώλεια ευελιξίας και κατά συνέπεια η απώλεια αποδοτικότητας μπορεί να είναι σημαντική όταν χρησιμοποιείται αποθήκευση πλήρους κύκλου εργασιών. Η σύγκριση του COI-based storage assignment ή άλλες αναθέσεις που βασίζονται στη συχνότητα ζήτησης γενικά απαιτούν μία προσέγγιση με μεγαλύτερη ένταση πληροφοριών από την τυχαία αποθήκευση δεδομένου ότι η παραγγελία και οι πληροφορίες μπορεί να μην είναι διαθέσιμες.

#### **4.5.5 Τοποθέτηση σε κλάσεις (class-based storage)**

Είναι μια υβριδική πολιτική, κατά μια έννοια, μεταξύ της σταθερής και της τυχαίας τοποθέτησης. Διαιρεί τα προϊόντα σε διαφορετικές κατηγορίες (κλάσεις). Η σταθερή πολιτική τοποθέτησης χρησιμοποιείται μεταξύ των κλάσεων, ώστε κάθε κατηγορία να είναι περιορισμένη σε μια σταθερή περιοχή. Η τυχαία πολιτική τοποθέτησης εφαρμόζεται μέσα σε κάθε κλάση, έτσι ώστε ένα προϊόν να μπορεί να λάβει οποιαδήποτε θέση στην περιοχή που κατατάσσεται. Ένα σύνηθες κριτήριο κατάταξης προϊόντων σε κλάσεις είναι η μέση ζήτηση (π.χ. fast & others, A-B-C), το οποίο ακολουθεί την λογική του Pareto: 15% των 22 προϊόντων ευθύνονται για 85% των πωλήσεων. Άλλα κριτήρια μπορεί να είναι η συχνότητα κοινής παραγγελίας ή ομοιότητα κατηγορίας (affinity). Στην βιβλιογραφία δεν υπάρχει ένας αυστηρός κανόνας ορισμού του διαχωρισμού σε κλάσεις (αριθμός κλάσεων, ποσοστά ειδών ανά κλάση, ποσοστό συνολικού όγκου κινήσεων ανά κλάση) για χειροκίνητα συστήματα.

#### 4.6 Ομαδοποίηση οικογένειας

Όλες οι πολιτικές εκχώρησης αποθεμάτων που συζητήθηκαν μέχρι στιγμής δεν συνεπάγονται πιθανές σχέσεις μεταξύ των προϊόντων. Για παράδειγμα, οι πελάτες μπορεί να τείνουν να παραγγείλουν ένα συγκεκριμένο προϊόν μαζί με ένα άλλο προϊόν. Σε αυτή την περίπτωση μπορεί να είναι ενδιαφέρον να εντοπιστούν αυτά τα δύο προϊόντα το ένα κοντά στο άλλο. Ένα παράδειγμα αυτού ονομάζεται ομαδοποίηση οικογένειας όπου παρόμοια προϊόντα βρίσκονται στην ίδια περιοχή της αποθήκης. Είναι σαφές ότι ομαδοποίηση προϊόντων μπορεί να συνδυαστεί με ορισμένες από τις προαναφερθείσες πολιτικές αποθήκευσης. Για παράδειγμα, είναι δυνατή η χρήση αποθηκευτικού χώρου που βασίζεται σε τάξεις ταυτόχρονα με αντικείμενα που σχετίζονται με την ομάδα. Ωστόσο, η απόφαση στην οποία η τάξη μπορεί να εντοπίσει τα προϊόντα πρέπει να εξαρτάται από ένα συνδυασμό ιδιοτήτων όλων των προϊόντων της ομάδας. Για να εφαρμοστεί οικογενειακή ομαδοποίηση ο στατιστικός συσχετισμός μεταξύ των στοιχείων δεν πρέπει να είναι άγνωστος ή τουλάχιστον να είναι προβλέψιμος.

Στη βιβλιογραφία αναφέρονται δύο τύποι οικογενειακής ομαδοποίησης. Η πρώτη μέθοδος ονομάζεται η συμπληρωματική μέθοδος η οποία περιέχει δύο κύριες φάσεις. Στην πρώτη φάση συγκεντρώνουν τα στοιχεία σε ομάδες με βάση την κοινή ζήτηση. Στη δεύτερη φάση εντοπίζει τα αντικείμενα μέσα σε ένα σύμπλεγμα όσο το δυνατό πιο κοντά το ένα στο άλλο. Ο δεύτερος τύπος της οικογενειακής ομαδοποίησης ονομάζεται η μέθοδος των επαφών. Αυτή η μέθοδος είναι παρόμοια με τη συμπληρωματική εκτός από το ότι χρησιμοποιεί συχνότητες επαφής για να συγκεντρώνει στοιχεία σε ομάδες. Για μία δεδομένη λύση δρομολόγησης μία συχνότητα επαφής μεταξύ του τύπου στοιχείου  $i$  και του τύπου  $j$  ορίζεται ως ο αριθμός των φορών που ένας επιλογέας εντολών επιλέγει είτε τον τύπο στοιχείου  $i$  απευθείας μετά τον τύπο

στοιχείου  $j$  είτε τον τύπο στοιχείου  $j$  αμέσως μετά του τύπου στοιχείου  $i$ . Ωστόσο, η απόφαση δρομολόγησης εξαρτάται από τη θέση των τύπων αντικειμένων που δείχνει την ισχυρή αλληλεξάρτηση μεταξύ της θέσης του στοιχείου και της δρομολόγησης.

#### 4.7 Διαχωρισμός βάση ζωνών

Ως εναλλακτική λύση στην επιλογή μιας παραγγελίας η περιοχή επιλογής παραγγελιών μπορεί να χωριστεί σε ζώνες. Κάθε εντολέας παραγγελίας έχει εκχωρηθεί για να πάρει το τμήμα της παραγγελίας που βρίσκεται στη ζώνη που του έχει οριστεί. Σε σύγκριση με άλλα ζητήματα σχεδιασμού το πρόβλημα της χωροταξίας δεν έχει λάβει μεγάλη προσοχή παρά τον σημαντικό αντίκτυπο του στην απόδοση των συστημάτων επιλογής παραγγελιών. Τα πιθανά πλεονεκτήματα της τοποθέτησης ζωνών περιλαμβάνουν το γεγονός ότι κάθε επιλογέας παραγγελίας χρειάζεται μόνο να διασχίσει μία μικρότερη περιοχή με μειωμένη κυκλοφοριακή συμφόρηση και επιπλέον την πιθανότητα οι παραγγελιοδότες να εξοικειωθούν με τη θέση του στοιχείου στη ζώνη. Τα βασικά μειονεκτήματα της ζωνοποίησης είναι ότι οι παραγγελίες χωρίζονται και πρέπει να ενοποιηθούν ξανά πριν την αποστολή τους στον πελάτη.

Δύο προσεγγίσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος. Η πρώτη προσέγγιση είναι η προοδευτική συναρμολόγηση μιας τάξης. Χρησιμοποιώντας αυτή την προσέγγιση ο εντοπισμός ξεκινά με τη σειρά. Όταν τελειώσει το μέρος – ο τομέας του, ο κατάλογος των επιλογών παραδίδεται στον επόμενο επιλογέα ο οποίος συνεχίζει τη συναρμολόγηση της παραγγελίας. Ως εκ τούτου μία παραγγελία ολοκληρώνεται μόνο αφού επισκεφθεί όλες τις σχετικές ζώνες. Αυτό το σύστημα ονομάζεται επίσης pick-and-pass. Η δεύτερη προσέγγιση για την τοποθέτηση ζωνών είναι η παράλληλη συλλογή όπου ένας αριθμός παραγγελιών ξεκινάει με την ίδια παραγγελία κάθε επιλογέας παραγγελίας στη



δική του ζώνη. Στην πράξη η χωροθέτηση βασίζεται εν μέρει στις ιδιότητες του προϊόντος όπως το μέγεθος, το βάρος, η απαιτούμενη θερμοκρασία και οι απαιτήσεις ασφάλειας. Μικρή βιβλιογραφία σχετικά με την τοποθέτηση ζωνών είναι διαθέσιμη. Μία γενική συζήτηση σχετικά με τον καθορισμό ζωνών δίνεται στον Speaker(1975). Ο De Koster(1994) μοντελοποίησε ένα σύστημα με pick-and-pass ζώνες ως δίκτυο αναμονής του Jackson το οποίο επιτρέπει την ταχεία εκτίμηση της διάρκειας της παραγγελίας και της μέσης εργασίας κατά τη διάρκεια της διαδικασίας.

Τα αποτελέσματα συγκρίνονται με προσομοιώσεις. Οι εκτιμήσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό του αριθμού των ζωνών και του μεγέθους του συστήματος. Οι Mallema και Smith εξετάζουν τα αποτελέσματα της πολιτικής αποθεμάτων διαμόρφωσης διαδρομού και των κανόνων δοσοληψίας και ζωνών χρησιμοποιώντας προσομοίωση. Αυτοί υποδεικνύουν ότι ένας συνδυασμός δοσοληψίας και ζωνών μπορεί να αυξήσει σημαντικά την παραγωγικότητα. Ο Petersen, δείχνει ότι ζώνη διαμορφώνει τον αριθμό των στοιχείων στη λίστα επιλογής και η πολιτική αποθήκευσης επηρεάζει σημαντικά τη μέση απόσταση διαδρομής εντός της ζώνης. Ο Choe μελετά τις επιπτώσεις των τριών στρατηγικών σε ένα σύστημα διαλογής παραγγελιών με βάση το διάδρομο: επιλογή μεμονωμένων παραγγελιών, επιλογή κατά διαλογή και επιλογή και ταξινόμηση. Αυτοί προτείνουν αναλυτικά εργαλεία για ένα προγραμματιστή να αξιολογεί γρήγορα διάφορες εναλλακτικές λύσεις χωρίς να χρησιμοποιεί προσομοιώσεις. Ένα σημαντικό ζήτημα ιδίως όσον αφορά την προοδευτική τοποθέτηση ζωνών είναι ότι ο φόρτος εργασίας πρέπει να κατανέμεται εξίσου στους παραλήπτες των παραγγελιών ανάλογα με την κατασκευαστική ανισορροπία παραγγελίας και του χρόνου παραγγελίας. Ο Jane προτείνει διάφορους ευρετικούς αλγόριθμους για την εξισορρόπηση του φορτίου εργασίας μεταξύ του εργαλείου επιλογής παραγγελιών και για την προσαρμογή του μεγέθους ζώνης για τη διακύμανση του όγκου παραγγελιών στο προοδευτικό σύστημα ζωνών. Οι Jane και Laih



εξετάζουν το πρόβλημα της ευρετικής εκχώρησης προϊόντων σε ζώνες σε ένα συγχρονισμένο σύστημα. Η μέθοδος βασίζεται στην ταυτόχρονη εμφάνιση αντικειμένων με την ίδια σειρά (προϊόντα που εμφανίζονται στην ίδια παραγγελία αποθηκεύονται στην ίδια ζώνη). Ο Jewkes αντιμετώπισε το πρόβλημα εκχώρησης προϊόντος για ένα προοδευτικό σύστημα. Η μέθοδός του βασίζεται στο δυναμικό προγραμματισμό. Μία εναλλακτική λύση για την προοδευτική τοποθέτηση ζωνών με σταθερά μεγέθη ζωνών θα ήταν ένας πιο δυναμικός τρόπος μεγέθυνσης ζώνης και η ανάθεση επιλογών εντολών σε ζώνες. Η ιδέα της "ταξιαρχίας" είναι ένα παράδειγμα αυτού. Συντονίζει τους εργαζόμενους που συναρμολογούν σταδιακά τα προϊόντα κατά τη διάρκεια ροής. Η ιδέα είναι περίπου η ακόλουθη, υπάρχει ένα ράφι από το οποίο τα προϊόντα πρόκειται να ανακτηθούν. Ένας επιλογέας παραγγελίας ξεκινά μία παραγγελία στην άκρη του αριστερού άξονα του ραφιού επιλέγει μία σειρά προϊόντων και σε κάποιο σημείο δίνει την μερικώς εκπληκτική εντολή στον επόμενο παραγγελιοδότη που συνεχίζει να παραλαμβάνει τα προϊόντα κατά μήκος της γραμμής. Η εντολή παραδίδεται από το εργαλείο συλλογής μέχρι να φτάσει στην άκρη δεξιά της γραμμής όπου τοποθετείται σε ένα μεταφορέα για περαιτέρω μεταφορά. Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό των "ταξιαρχιών" είναι ο τρόπος με τον οποίο καθορίζεται όταν παραδίδεται μία παραγγελία από έναν παραλήπτη εντολών στην επόμενη. Ας υποθέσουμε ότι σε κάποια χρονική στιγμή όλοι οι παραγγελιοδότες δουλεύουν σε ξεχωριστές παραγγελίες. Αν ο εντολέας που βρίσκεται πλησιέστερα στο τέλος της γραμμής καταθέτει την τελική του παραγγελία επιστρέφει κατά μήκος της γραμμής προς το σημείο εκκίνησης. Εάν συναντήσει κάποιον άλλο εντολέα παραγγελίας τότε αναλαμβάνει την εντολή του άλλου και συνεχίζει να παραλαμβάνει αυτή την παραγγελία. Ο επιλογέας παραγγελιών από τον οποίο έγινε η παραγγελία κινείται πίσω κατά μήκος της γραμμής μέχρι να συναντήσει κάποιον άλλο παραγγελία και ούτω καθεξής. Ένας επιλογέας παραγγελιών ξεκινά όλες τις παραγγελίες και οι συλλέκτες παραγγελιών πρέπει να είναι σε σειρά της

αντίστοιχης ταχύτητας εργασίας τους ώστε το σύστημα να λειτουργεί επαρκώς. Το κύριο πλεονέκτημα των ταξιαρχιών είναι ότι εξισορροπεί σε σχέση με το φόρτο εργασίας.

#### **4.8 Batching**

Όταν οι παραγγελίες είναι αρκετά μεγάλες κάθε μέρος παραγγελίας μπορεί να παραληφθεί ξεχωριστά ανά διαδρομή. Αυτός ο τρόπος επιλογής αναφέρεται συχνά ως πολιτική ενιαίας επιλογής - ομαδοποίησης. Ωστόσο όταν οι παραγγελίες είναι μικρές υπάρχει πιθανότητα να μειωθούν οι χρόνοι ταξιδιού επιλέγοντας ένα σύνολο παραγγελιών σε μία περιήγηση. Η παραγγελία ομάδας είναι η μέθοδος της ομαδοποίησης ενός συνόλου παραγγελιών σε έναν αριθμό υποσυνόλων, ο καθένας από το οποίο μπορεί στη συνέχεια να ανακτηθεί από μία περιήγηση. Σύμφωνα με τους Choe και Sharp υπάρχουν δύο κριτήρια για τη δέσμευση: η εγγύτητα των θέσεων επιλογής και των χρονικών παραθύρων.

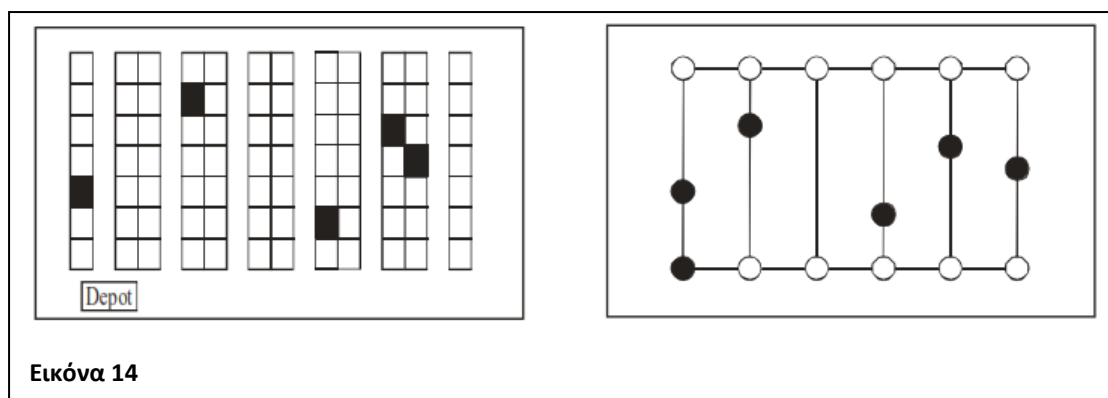
Η κατανομή της εγγύτητας εκχωρείται μεταξύ τους σε μία παρτίδα που βασίζεται στην εγγύτητα της θέσης αποθήκευσης σε εκείνη των άλλων παραγγελιών. Το κύριο ζήτημα της εγγύτητας είναι η μέτρηση της εγγύτητας μεταξύ των παραγγελιών η οποία προϋποθέτει ότι ο κανόνας επιλογής αλληλουχίας θα επισκεφτεί ένα σύνολο θέσεων. Ο Godman εξετάζει το πρόβλημα της εγγύτητας και της δοσοληψίας σε μία αποθήκη χειροκίνητης επιλογής(wave-picking). Ο στόχος είναι να ελαχιστοποιηθεί ο μέγιστος χρόνος παράδοσης οποιοδήποτε παρτίδας.

Κατά το δεύτερο κριτήριο, χρονικό παράθυρο είναι οι παραγγελίες οι οποίες φτάνουν κατά τη διάρκεια του ίδιου χρονικού διαστήματος. Αυτές οι παραγγελίες ομαδοποιούνται ως παρτίδα και επεξεργάζονται ταυτόχρονα. Εάν δεν επιτρέπεται η διάσπαση των παραγγελιών ακολουθείται η ομαδική συλλογή, σχετικά χρονοβόρο. Εάν είναι δυνατή η διάσπαση των παραγγελιών

η διαδικασία συλλογής γίνεται ταχύτερη. Αυτή η επιλογή στρατηγικής συχνά αναφέρεται ως στρατηγική βραχείας διαδρομής. Η διάσπαση της παραγγελίας είναι εφικτή εάν η περαιτέρω προσπάθεια που απαιτείται για την ταξινόμηση των αντικειμένων μετά τη συλλογή είναι αποδεκτή χρονικά και πρακτικά.

#### 4.9 Μέθοδοι δρομολόγησης

Ο σκοπός των πολιτικών δρομολόγησης είναι η ταξινόμηση των στοιχείων στη λίστα επιλογής για να εξασφαλιστεί μία καλή διαδρομή μέσα από την αποθήκη. Το πρόβλημα της επιλογής εντολών δρομολόγησης σε μία αποθήκη είναι στην πραγματικότητα μία ειδική περίπτωση όπως το travelling salesman problem το οποίο αναφέρει ο Lawler. Ένας πολίτης που αρχίζει από την πατρίδα του πρέπει να επισκεφτεί μία σειρά πόλεων ακριβώς μία φορά και να επιστρέψει στην πατρίδα του. Ξέρει την απόσταση μεταξύ κάθε ζεύγους πόλεων και θέλει να καθορίσει τη σειρά με την οποία πρέπει να επισκεφτεί τις πόλεις έτσι ώστε η συνολική διανυθείσα απόσταση να είναι όσο το δυνατόν



μικρότερη. Είναι σαφές ότι η κατάσταση του ταξιδιώτη πολίτη έχει πολλές ομοιότητες με εκείνες ενός παραγγελιοδότη στην αποθήκη. Ο επιλογέας παραγγελιών ξεκινά από την αποθήκη όπου ο παραλήπτης πρέπει να επισκεφτεί όλες τις θέσεις επιλογής και τελικά πρέπει να επιστρέψει στην αποθήκη. Στην Εικόνα 14 παρατίθεται ένα παράδειγμα διαρρύθμισης μιας αποθήκης με επιλογή και μία αντίστοιχη παράσταση γραφημάτων. Υπάρχουν μερικές διαφορές μεταξύ του κλασικού προβλήματος των πολιτών που ταξιδεύουν και της κατάστασης της παραλαβής των παραγγελιών στις αποθήκες. Πρώτα από

όλα αν κοιτάζουμε την Εικόνα 14 ορισμένοι κόμβοι δεν χρειάζονται να επισκέπτονται. Αυτοί οι κόμβοι είναι σημεία σταυροδρομικής μεταξύ διαδρομών και σταυροειδών διαδρομών. Ο επιλογέας παραγγελιών επιτρέπεται και τα επισκέπτεται αλλά δεν χρειάζεται. Οι μαύροι κύκλοι αντιπροσωπεύουν τις θέσεις επιλογής στην αποθήκη: αυτοί οι κόμβοι πρέπει να επισκέπτονται. Επιτρέπεται η επίσκεψη στις θέσεις επιλογής και στην αποθήκη περισσότερες από μία φορές. Το πρόβλημα της παραλαβής των παραγγελιών κατατάσσεται ως πρόβλημα του πολίτη που ταξιδεύει λόγω των δύο γεγονότων ότι δεν χρειάζεται να επισκέπτονται ορισμένους από τους κόμβους και ότι οι άλλοι κόμβοι μπορούν να επισκέπτονται περισσότερες από μία φορές. Η δυσκολία με το πρόβλημα του πολίτη που ταξιδεύει είναι ότι δεν είναι γενικά επιλύσιμο σε πολυωνυμικό χρόνο. Για τους τύπους των αποθηκών στην Εικόνα 14 φαίνεται από τον Ratliff και Rosenthal ότι εκεί υπάρχει ένας αλγόριθμος που μπορεί να λύσει το πρόβλημα στο χρόνο λειτουργίας γραμμικό στον αριθμό των διαδρομών και στον αριθμό θέσεων επιλογής. Φαίνεται ότι ο αλγόριθμος του Ratliff και Rosenthal μπορεί να επεκταθεί και να λύσει το πρόβλημα σε όλα τα παράλληλα γραφήματα. Στους De Koster και Ven der Poort ο αλγόριθμος από τον Ratliff και Rosenthal επεκτείνεται σε διαφορετικές καταστάσεις αποθήκευσης που δεν μπορούν να αναπαρασταθούν ως παράλληλες γραφές. Η αποκεντρωμένη κατάθεση σημαίνει ότι ο παραλήπτης παραγγελιών μπορεί να τοποθετεί τα παραγγελισμένα αντικείμενα στην κεφαλή κάθε διαδρομής για παράδειγμα σε ένα μεταφορέα. Οι οδηγίες για την επόμενη διαδρομή δίνονται μέσω τερματικού υπολογιστή.

#### **4.10 Δρομολογιακές ευρετικές μέθοδοι**

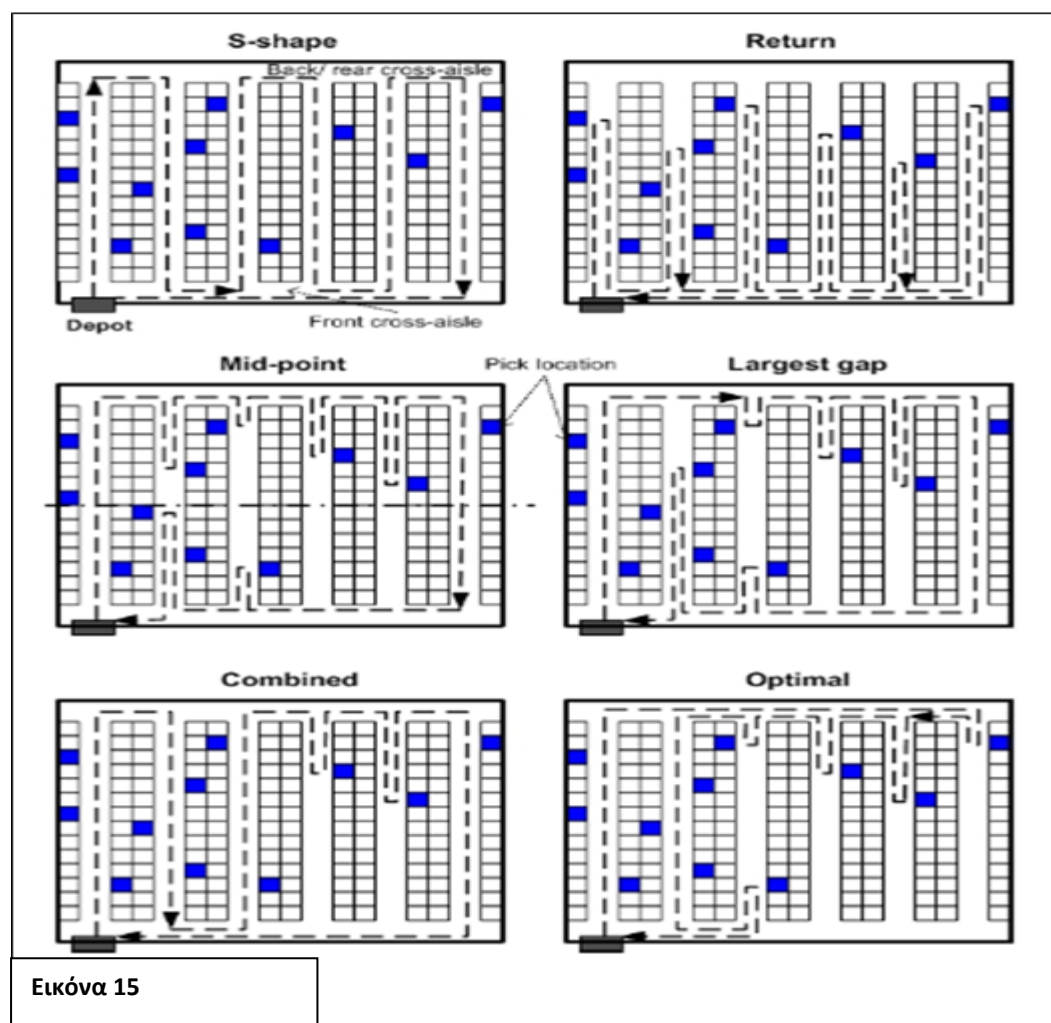
Στην πράξη το πρόβλημα επιλογής εντολών δρομολόγησης σε μία αποθήκη λύνεται κυρίως με τη χρήση ευρετικών μεθόδων. Αυτό οφείλεται σε ορισμένα μειονεκτήματα της βέλτιστης πρακτικής δρομολόγησης. Πρώτον, πρέπει να σημειωθεί ότι ένας βέλτιστος αλγόριθμος δεν είναι διαθέσιμος για

κάθε διάταξη. Δεύτερον, οι βέλτιστες διαδρομές μπορεί να φαίνονται παράλογες για τους παραλήπτες παραγγελιών οι οποίοι στη συνέχεια αποκλίνουν από συγκεκριμένες διαδρομές. Τρίτον, ένας πρότυπος βέλτιστος αλγόριθμος δεν μπορεί να λάβει υπόψη τη συμφόρηση του διαδρόμου ενώ με ευρετική μέθοδο μπορεί να είναι δυνατή η αποφυγή της συμφόρησης του.

Ένα από τα πιο απλά ευρετικά και τους δρομολογητές επιλογής παραγγελιών είναι το S-shape. Ο δρομολογητής επιλογής παραγγελιών χρησιμοποιώντας τη μέθοδο σχήματος S σημαίνει ότι σε κάθε διάδρομο που περιέχει τουλάχιστον μία διαδρομή διασχίζεται εξ ολοκλήρου. Δεν υπάρχουν καταχωρημένοι διάδρομοι χωρίς σιάλες. Ένα άλλο απλό ευρεστικό για δρομολογητές επιλογής παραγγελιών είναι μέθοδος επιστροφής όπου ένας διαλογέας παραγγελίας εισέρχεται και φεύγει από κάθε διάδρομο από το ίδιο άκρο. Μόνο διαδρόμους με επιλογή παραγγελίες επισκέπτονται οι γερανοί. Η μεσαία μέθοδος ουσιαστικά διαιρεί την αποθήκη σε δύο περιοχές. Οι επιλογές στο μπροστινό ημιχόριο προσεγγίζονται από το εμπρόσθιο σταυροειδές διάδρομο και προεκτάσεις στο οπίσθιο μισό προσεγγίζονται από τον πίσω σταυροειδές διάδρομο. Ο επιλογέας παραγγελιών μετακινείται στο πίσω μισό είτε από το τελευταίο ή από τον πρώτο διάδρομο που πρόκειται να επισκεφτεί.

Η μεγαλύτερη στρατηγική χασμάτων είναι παρόμοια με τη στρατηγική του μεσαίου σημείου εκτός από το ότι ο επιλογέας παραγγελιών μπορεί να εισέλθει σε διαδρόμους μέχρι το μεγαλύτερο κενό μέσα σε ένα διάδρομο αντί για το μεσαίο σημείο. Το κενό αντιπροσωπεύει το διαχωρισμό μεταξύ οποιοδήποτε δύο γειτονικών επιλογών μεταξύ της πρώτης διάταξης στο μπροστινό διάδρομο ή μεταξύ του τελευταίου διαδρόμου και του πίσω διαδρόμου. Εάν το μεγαλύτερο κενό είναι μεταξύ δύο παρακείμενων επιλογών ο επιλογέας εκτελεί μία διαδρομή επιστροφής από τα δύο άκρα του διαδρόμου. Διαφορετικά χρησιμοποιείται μία διαδρομή επιστροφής είτε από το μπροστινό είτε από το πίσω διάδρομο. Το μεγαλύτερο χάσμα μέσα σε ένα

διάδρομο είναι επομένως το τμήμα του διαδρόμου που δεν διανύουν οι παραλήπτες παραγγελιών. Τον πίσω διάδρομο μπορεί να προσεγγίσει μόνο μέσω του πρώτου ή τελευταίου διαδρόμου. Η μεγαλύτερη μέθοδος χάσματος πάντα υπερβαίνει τη μέθοδο του μέσου σημείου. Ωστόσο, από την άποψη εφαρμογής η μέθοδος του μεσαίου σημείου είναι απλούστερη. Για τους συνδυασμένους ευρετικούς διαδρόμους με βόλτες είτε μετακινούνται εντελώς είτε εισάγονται και απομένουν στο ίδιο άκρο. Ωστόσο, για κάθε διάδρομο επισκέψεων γίνεται επιλογή χρησιμοποιώντας δυναμικό προγραμματισμό. Ο Petersen πραγματοποίησε έναν αριθμό αριθμητικών πειραμάτων για να συγκρίνει 6 μεθόδους δρομολόγησης. (βλέπε Εικόνα 15)

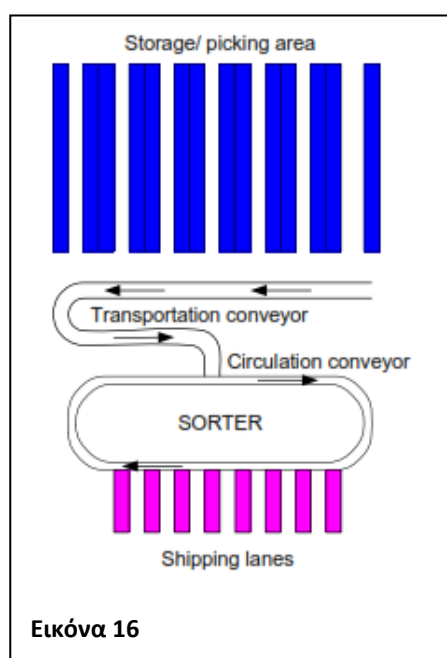




#### 4.11 Άλλα ζητήματα δρομολόγησης

Όλα τα άρθρα που συζητήθηκαν μέχρι στιγμής υποθέτουν ότι οι διάδρομοι της αποθήκης είναι αρκετά στενοί ώστε να επιτρέπουν στον παραγγελιοδότη να ανακτήσει προϊόντα και από τις δύο πλευρές του διαδρόμου χωρίς να αλλάξει θέση. Στους Goetschalckx και Ratliff ένας αλγόριθμος βέλτιστου πολυωνυμικού χρόνου αναπτύσσεται ο οποίος επιλύει προβλήματα της επιλογής εντολών δρομολόγησης σε ευρείς διαδρόμους. Ένα άλλο πρόβλημα με τη δρομολόγηση ενδέχεται να προκύψει, για τα προϊόντα που αποθηκεύονται σε πολλές τοποθεσίες σε μία αποθήκη, πως πρέπει να γίνει η επιλογή από ποια τοποθεσία πρέπει να ανακτηθούν τα προϊόντα πρώτα. Ένα περαιτέρω πρόβλημα δρομολόγησης είναι το να χρησιμοποιείται επιλογέας παραγγελιών, ο οποίος κάνει πολλαπλές επιλογές ανά στάση. Αυτός είναι ο παραγγελιοδότης που ταξιδεύει μέσα σε μια αποθήκη με ένα όχημα. Σταματάει το όχημα και περπατά πέρα δώθε σε διάφορα σημεία επιλογής για να ανακτήσει τα προϊόντα. Στη συνέχεια συνεχίζει στην επόμενη θέση στάσης και ούτω καθεξής.

#### 4.12 Παραγγελία προσομοίωσης και διαλογής



Κατά την εφαρμογή παρτίδων ή και ζωνών απαιτείται συνήθως κάποια πρόσθετη προσπάθεια για τη διάσπαση της παρτίδας και την ενοποίηση των αντικειμένων ανά παραγγελία πελάτη ή ανά προορισμό στον οποίο θα παραδοθούν οι παραγγελίες. Αυτές οι διαδικασίες ονομάζονται συχνά συσσώρευση- ταξινόμηση. Η Εικόνα 16 δείχνει ένα παράδειγμα τυπικού συστήματος A/S. Τα στοιχεία μιας ομάδας παραγγελιών που πρόκειται να φορτωθούν σε ορισμένο

αριθμό φορτηγών επιλέγονται από την περιοχή συλλογής.

Γενικά τα στοιχεία της ίδιας παραγγελίας αντιστοιχίζονται σε πολλαπλούς παραλήπτες παραγγελιών και ακολουθούν προκαθορισμένες διαδρομές για να διαλέξουν τα στοιχεία που έχουν εκχωρηθεί. Μετά τη συλλογή παραγγελιών οι παραλήπτες τοποθετούν τα στοιχεία τους στον μεταφορέα και τα αντικείμενα μεταφέρονται στον ταξινομητή. Λόγω της ανάθεσης παραγγελιών σε περισσότερους από ένα παραλήπτες παραγγελίας τα στοιχεία κάθε παραγγελίας φτάνουν στο διαλογέα με τυχαία σειρά. Τα στοιχεία απελευθερώνονται στο μεταφορέα κυκλοφορίας του ταξινομητή και εισάγονται στην εκχωρημένη λωρίδα αποστολής εάν έχουν ήδη εισαχθεί όλα τα στοιχεία της προηγούμενης εντολής που έχει εκχωρηθεί σε αυτή τη λωρίδα. Αν όχι τα στοιχεία επανακυκλοφορούν γύρω από το μεταφορέα κυκλοφορίας και οι παραγγελίες απελευθερώνονται από τις λωρίδες όπως απαιτείται από τα φορτηγά και η χωρητικότητα είναι διαθέσιμη για την επόμενη ομάδα ταξινόμησης.

Η διακίνηση ενός συστήματος A/S εξαρτάται όχι μόνο από τη χωρητικότητα του εξοπλισμού αλλά και από τις λειτουργικές πολιτικές όπως η ανάθεση παραγγελιών σε λωρίδες αποστολής. Το πρόβλημα της ταξινόμησης προς τη λωρίδα είναι κρίσιμο και για τα περισσότερα συστήματα όπως συνήθως ο αριθμός των λωρίδων αποστολής είναι μικρότερος από τον αριθμό των παραγγελιών, έτσι μπορεί να προκαλέσουν μπλοκάρισμα των παραγγελιών στην είσοδο των λωρίδων. Ο αριθμός των δημοσιεύσεων σε ένα A/S σύστημα είναι περιορισμένος. Με την προσομοίωση του Bozer και του Sharp εξετάζουν το πλεονέκτημα της χρήσης ενός βρόχου ανακυκλώσεως για να αποφευχθεί το κλειδωμα της λωρίδας σε ένα σύστημα A/S όταν μία λωρίδα αποστολής είναι πλήρης υποθέτοντας ότι κάθε λωρίδα εκχωρείται σε μία σειρά. Εξετάζοντας συστήματα όπου πολλαπλές παραγγελίες μπορούν να τεθούν σε μία λωρίδα οι Bozer και Johnson συστήνουν ότι η ανάθεση παραγγελιών σε λωρίδες



αποστολής λίγο πριν από την άφιξη των παραγγελιών στο γραφείο κυκλοφορίας του ταξινομητή είναι καλύτερη από οποιαδήποτε στατικό κανόνα σταθερής απόκλισης.

#### 4.13 Σημείο παραμονής γερανών

Έχουν προταθεί αρκετές μέθοδοι σχετικά με την εξέταση της απόφασης για το που πρέπει να τοποθετείται ένα αδρανής γερανός και πως πρέπει να προσδιορίσουν τις στρατηγικές του σταθμού γερανών. Παρουσιάστηκαν λοιπόν

Static dwell-point rules for unit-load AS/RS (Bozer and White, 1984)

Rule	Dwell-point
Input station	Always at input station
Midpoint	Always at midpoint location of racks
Input/output	If a single command storage request has been performed then positioning at input station If a single command retrieval request or a dual command has been performed then positioning at output station
Last location	If a single command storage request has been performed then positioning at last storage location If a single command retrieval request or a dual command has been performed then positioning at output station

Εικόνα 17 (ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΑΡΑΜΟΝΗΣ ΓΕΡΑΝΩΝ)

τέσσερις απλές στρατηγικές στατικής λήψης οι οποίες συνοψίζονται στην Εικόνα 17 (Πίνακας παραμονής γερανών). Επίσης, εκεί υποδεικνύεται η προκύπτουσα μονοδιάστατη θέση στάθμευσης. Ο Park έδειξε ότι ο κανόνας του σταθμού εισόδου που επιστρέφει σε ένα βέλτιστο σημείο παραμονής εάν η πιθανότητα ότι το πρώτο αίτημα μετά από μία αδρανή περίοδο είναι ένα αίτημα αποθήκευσης είναι τουλάχιστον το  $\frac{1}{2}$ . Ο Egbelu προτείνει γραμμικά μοντέλα προγραμματισμού τα οποία είναι ικανά να ανταποκρίνονται στις διακυμάνσεις των τύπων των αιτημάτων. Μία θέση δύο σημείων διαμονής μπορεί να προσδιοριστεί έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται ο χρόνος απόκρισης της θέσης ανάγκης.

Σημαντικά πλεονεκτήματα αυτής της δυναμικής προσέγγισης είναι το γεγονός ότι οι τεχνικές λύσεις πρέπει να εφαρμοστούν στο σύστημα ελέγχου AS/RS και οι χρόνοι υπολογισμού μπορεί να είναι υπερβολικά υψηλοί για να έχουν πρακτική αξία. Οι Hwang και Lim προτείνουν ένα αποδοτικό

αλγόριθμο για το ελάχιστο αναμενόμενο μοντέλο χρόνου ταξιδιού με το μετασχηματισμό του σε ένα ενιαίο μοντέλο εγκατάστασης. Οι Egbelu και Wu συγκρίνουν τους τέσσερις κανόνες από τους Bozer και White και δύο δυναμικούς κανόνες από τον Egbelu μέσω μελέτης προσομοίωσης.

Μία κατάταξη των εναλλακτικών λύσεων είναι δύσκολο να γίνει λόγω του γεγονότος ότι οι κανόνες συγκρίνονται με ένα μικρό αριθμό αντιγράφων για μία μόνο διάταξη με πέντε διαφορετικούς ρυθμούς αιτήσεων άφιξης κάτω από τυχαία και αφιερωμένη αποθήκευση. Πολλές στατικές προσεγγίσεις έχουν προταθεί για άλλους τύπους φορτίου μονάδας των AS/RS. Οι Chang και Egbelu θεωρούν ότι ένας μόνο γερανός εξυπηρετεί πολλούς διαδρόμους. Ένα μαθηματικό μοντέλο προγραμματισμού έχει αναπτυχθεί που καθορίζεται από ένα σημείο παραμονής από τρισδιάστατη άποψη. Περιμένοντας για το ύψος της θέσης πρέπει επίσης να προσδιοριστεί και ο ακριβής διάδρομος. Ο Peters αναπτύσσει τα μοντέλα κλειστού τύπου για τον προσδιορισμό σημείων παραμονής σε συνεχή και ορθογώνια ράφια υπό τυχαία αποθήκευση με βάση τις εκτιμήσεις του χρόνου ταξιδιού των Bozer και White. Ο Van de Berg παρουσιάζει αναλυτικά εκφράσεις για τον προσδιορισμό των σημείων παραμονής υπό τυχαίες πολιτικές αποθήκευσης με βάση την τάξη. Αντίθετα με του Peters αυτές οι μέθοδοι μπορούν να χρησιμοποιούν για διάφορες διαμορφώσεις του AS/RS με διαφορετικές θέσεις του σημείου αντί να το τοποθετήσουν στις κάτω γωνίες των ραφιών. Καταλήγοντας, θα λέγαμε ότι οι απλοί κανόνες κλειστού τύπου αναλυτικές εκφράσεις και οι μαθηματικές προσεγγίσεις προγραμματισμού έχουν διατυπωθεί για να τοποθετήσουν τους αδρανείς γερανούς σε ένα σημείο παραμονής σε διάφορες διαμορφώσεις. Οι περισσότερες προσεγγίσεις αφορούν την στατική τοποθέτηση της χωρητικότητας ενός μοναδικού φορτίου AS/RS και δεν μελετούν άλλους τύπους από AS/RS.

#### **4.14 Ακολουθία αιτημάτων αποθήκευσης και ανάκτησης**

Τα αιτήματα αποθήκευσης σε περιβάλλοντα διανομής και παραγωγής συνήθως δεν έχουν κρίσιμο χρόνο. Το ακριβές χρονικό σημείο κατά το οποίο αποθηκεύονται τα φορτία δεν έχει μεγάλη σημασία για την απόδοση του συστήματος, συνεπώς οι αιτήσεις αποθήκευσης συνήθως γίνονται σύμφωνα με την αρχή first-come-first-served. Κατά την ανάκτηση ακολουθίας αιτημάτων οι οποίες συνήθως οφείλονται σε περιόδους ανάκτησης πρέπει να τηρείται το γεγονός που καθιστά απαραίτητα να κοιτάξουμε πέρα από το first-come-first-served. Επιπλέον, με την αλληλουχία των αναζητήσεων με έξυπνο τρόπο βελτιώσεις μπορεί να επιτευχθούν στη συνολική απόδοση του AS/RS. Η λίστα αναζητήσεων μεταβάλλεται συνεχώς με την πάροδο του χρόνου. Οι εκτελούμενες αναζητήσεις διαγράφονται από τη λίστα και προστίθενται νέες εργασίες ανάκτησης. Ο Han προτείνει δύο τρόπους για να αντιμετωπιστεί αυτό το δυναμικό πρόβλημα. Αρχικά, πρέπει να γίνει επιλογή ενός block από τα πιο επείγοντα αιτήματα αποθήκευσης και ανάκτησης και να ακολουθηθεί η διαδικασία αυτή. Δεύτερον, πρέπει να επανεξεταστεί ολόκληρος ο κατάλογος αιτημάτων κάθε φορά που προστίθεται ένα νέο αίτημα και χρησιμοποιούνται οι κατάλληλοι χρόνοι και προτεραιότητες. Αυτό το είδος αλληλουχίας αναφέρεται ως δυναμική αλληλουχία (dynamic sequencing). Η απόδοση και των δύο προσεγγίσεων διαφέρει ανά κατάσταση. Για παράδειγμα, ο Eben-Chaime συμπεραίνει ότι μία στρατηγική αλληλουχίας μπορεί να είναι ακατάλληλη. Εν τούτοις, η προσέγγιση της ακολουθίας σε block είναι πιο διαφανής και απλούστερη σε σχέση με την εφαρμογή.

Ποιίοι αλγόριθμοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προγραμματισμό τη αποθήκευσης και της αίτησης ανάκτησης μέσα σε ένα block. Οι κύριοι στόχοι αυτών των προσεγγίσεων είναι η ελαχιστοποίηση των συνολικών χρόνων ταξιδιού ή των συνολικών αποστάσεων ταξιδιού. Η πλειονότητα της βιβλιογραφίας επικεντρώνεται στον προγραμματισμό μονών

και διπλών εντολών του φορτίου μονάδας του AS/RS σε μία θέση εισόδου-εξόδου και ένα γερανό ανά διάδρομο. Όσο αφορά το βασικό πρόβλημα της αλληλουχίας της μονάδας φορτίου του AS/RS δύο είναι οι συνήθεις τύποι από τους κύκλους που πρέπει να αντιμετωπιστούν. Αυτοί είναι ο κύκλος μονής και ο κύκλος διπλής διαταγής. Σε ένα μονό κύκλο εντολών μετακινείται μόνο ένα φορτίο πριν οι γερανοί επιστρέψουν στη θέση εισόδου-εξόδου. Ένας διπλός κύκλος εντολών περιλαμβάνει δυο μετακινήσεις μία στην αποθήκη και μία στην ανάκτηση. Η δυνατότητα εκτέλεσης διπλού κύκλου εντολών εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα αιτημάτων αποθήκευσης και ανάκτησης. Αν και οι δύο τύποι αιτημάτων είναι διαθέσιμοι οι διπλοί κύκλοι εντολών παρέχουν περισσότερα πλεονεκτήματα σε σχέση με τους χρόνους ταξιδιού.

Μία εναλλακτική λύση μπορεί να είναι η εκτέλεση διπλών εντολών διαφορετικά. Οι Eben-Chaime και Pliskin δείχνουν ότι τα συστήματα που λειτουργούν υπό αυτήν την πιο υβριδική λειτουργία θα μπορούσαν να επιτύχουν πιο σταθερές γραμμές αναμονής και χρησιμοποιούν λιγότερους γερανούς. Ορισμένες αποθήκες έχουν όμως μοτίβα κατά την άφιξη και την έξοδο φορτίων. Για παράδειγμα φορτηγά με εισερχόμενα φορτία φτάνουν το πρωί και φορτηγά με εξερχόμενα φορτία φτάνουν το βράδυ. Σε αυτή την περίπτωση οι γερανοί ενδέχεται να εκτελούν μονούς κύκλους εντολών. Εάν η άφιξη και η αναχώρηση των φορτηγών επικαλύπτονται στο χρόνο μπορούν να εκτελέσουν διπλό κύκλο εντολών. Ένας από τους λόγους που κάνουν πολύπλοκο το θέμα αυτό είναι το γεγονός ότι στο σύνολο θέσεων που διατίθενται για την αποθήκευση εξαρτάται από το που φυλάσσονται τα προηγούμενα φορτία και ποιες ανακτήσεις έχουν ήδη πραγματοποιηθεί. Ορισμένες ειδικές περιπτώσεις του προβλήματος της αλληλουχίας μπορούν να λυθούν σε πολυονυμικό χρόνο. Οι χρόνοι υπολογισμού είναι υψηλοί για την επίλυση του προβλήματος στο οποίο χρησιμοποιείται μη αποκλειστική αποθήκευση.

Για το πρόβλημα της δυναμικής αλληλουχίας έχουν διατυπωθεί διάφορες μέθοδοι. Έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές μελέτες συμπεριλαμβανομένων μελετών προσομοίωσης για τη σύγκριση των επιδόσεων αυτών των υβριδικών σε συνδυασμό με πολλές πολιτικές εκχώρησης αποθηκευτικών χωρών. Ο Han δείχνει ότι η ευρεσιτεχνία nearest-neighbour μπορεί να παρέχει χαμηλότερο μέσο χρόνο κύκλου από τον πρώτο εξυπηρετητή που εξυπηρετήθηκε για πρώτη φορά. Επιπλέον, φαίνεται ότι η nearest-neighbour έχει μία καλή απόδοση λόγω του γεγονότος ότι οι θέσεις αποθήκευσης είναι κοντά στο σταθμό εισόδου γεμίζοντας πρώτα και στη συνέχεια μόνο θέσεις μακριά από το σταθμό εισόδου ώστε να παραμένουν ανοιχτές. Άλλες προσεγγίσεις για την εξερεύνηση λύσεων στο πρόβλημα της αλληλουχίας περιλαμβάνουν νευρωνικά δίκτυα, συστήματα εμπειρογνομώνων, τεχνητή νοημοσύνη και γενικούς αλγόριθμους. Αυτές οι μέθοδοι μπορούν να εφαρμοστούν σε καταστάσεις με υψηλή αβεβαιότητα και ελάχιστες πληροφορίες. Η έξοδος μπορεί να αποτελείται από συνδυασμούς αντιστοίχισης αποθήκευσης, επιλογής θέσης ανάκτησης, επιλογή ουράς και ακολουθία εργασιών.

Μία επέκταση αυτού του προβλήματος του βασικού προγραμματισμού που περιγράφηκε παραπάνω είναι το πρόβλημα στο οποίο πρέπει να προγραμματιστούν οι αιτήσεις αποθήκευσης και ανάκτησης με απελευθέρωση και απαιτούμενες ώρες. Μοντέλα προγραμματισμού καθώς και υβριδικά μοντέλα έχουν σκοπό να ελαχιστοποιήσουν το άθροισμα των ποινών πρώτης και πτωτικής επιβάρυνσης στην περίπτωση που όλα τα αιτήματα ή μία ομάδα αιτήσεων έχουν ένα κοινό χρόνο. Άλλες διαμορφώσεις από ένα AS/RS όπως πολλαπλές θέσεις εισόδου-εξόδου ανά διάδρομο μπορεί να απαιτεί νέες προσεγγίσεις λύσεων. Ο Randhama χρησιμοποιεί προσομοίωση για την αξιολόγηση διάφορων κανόνων προγραμματισμού για συστήματα με ένα σταθμό εισόδου-εξόδου σε κάθε διάδρομο και συστήματα με δύο σταθμούς εισόδου-εξόδου σε κάθε διάδρομο. Φαίνεται ότι οι μειώσεις των αναμενόμενων

χρόνων ταξιδιού των γερανών και των χρόνων απόδοσης μπορούν να επιτευχθούν για συστήματα με δύο σταθμούς εισόδου-εξόδου. Οι Kanet και Ramirez πρόσθεσαν την επιλογή τοποθεσίας στο πρόβλημα προγραμματισμού σε περίπτωση που τα προϊόντα είναι αποθηκευμένα σε πολλές τοποθεσίες. Αυτή η απόφαση ενσωματώθηκε στο μοντέλο προγραμματισμού ανέκτατου μεγέθους συμπεριλαμβάνοντας το κόστος ανά λειτουργία ανάκτησης και το κόστος σε ξεχωριστά αντικείμενα σε μία τοποθεσία σε διαφορετικά μέρη που σχετίζονται με διάφορες εντολές ανάκτησης. Με την τοποθέτηση των φορτίων που αναμένεται να χρειαστούν στην επόμενη χρονική περίοδο πιο κοντά στο σημείο είναι δυνατόν να μειωθούν οι χρόνοι ταξιδιού κατά τη διάρκεια του πραγματικού χειρισμού συστημάτων ανάκτησης.

Έρευνα έχει γίνει και για τον προγραμματισμό της αποθήκευσης και της αίτησης ανάκτησης και για άλλους τύπους AS/RS. Πολλοί μελετητές αντιμετωπίζουν το πρόβλημα της αλληλουχίας των αιτημάτων αποθήκευσης και ανάκτησης σε δίδυμο λεωφορείο AS/RS. Λόγω της διπλής χωρητικότητας του γερανού εμφανίζονται περισσότερες επιλογές δρομολόγησης από τη στιγμή που μπορούν να πραγματοποιηθούν κύκλοι στις οποίες επισκέπτονται το πολύ τέσσερις θέσεις πριν επιστρέψουν στο σημείο εισόδου-εξόδου. Σε ένα miniload AS/RS τα τρέχοντα αιτήματα ανάκτησης γίνονται μελλοντικά αιτήματα αποθήκευσης δεδομένου ότι τα φορτία επιστρέφονται στα στοιχεία του συστήματος που έχουν επιλεγεί. Επομένως το πρόβλημα μπορεί να αναδιατυπωθεί έτσι ώστε να υπάρχει μόνο μία ουρά αιτήσεων ανάκτησης που οδηγούν σε λιγότερο περίπλοκο πρόβλημα. Ο επιλογέας στο τέλος του διαδρόμου πρέπει επίσης να ενσωματωθεί στο μοντέλο. Τα αιτήματα ανάκτησης αναδιατάσσονται έτσι ώστε τα διαδοχικά αιτήματα να βρίσκονται κοντά το ένα στο άλλο. Αποθήκες και ανακτήσεις που είναι κοντά μεταξύ τους μπορούν να συνδυαστούν με ένα υβριδικό nearest-neighbour.



## 5. Μέτρηση επίδοσης - Συμπεράσματα

Κατά την αιτιολόγηση των κανόνων σχεδιασμού και ελέγχου ενός AS/RS συστήματος μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορα μέτρα απόδοσης. Με βάση την επισκόπηση της βιβλιογραφίας που παρουσιάζεται μπορούμε να λάβουμε υπόψη τα ακόλουθα μέτρα απόδοσης.

- Χρόνος ταξιδιού κατόπιν αιτήματος
- Αριθμός αιτημάτων που διακινούνται ανά χρονική περίοδο
- Συνολικός χρόνος που απαιτείται για τη διεκπεραίωση συγκεκριμένου αριθμού αιτήσεων
- Χρόνοι αναμονής των γερανών των AS/RS
- Χρόνοι αναμονής των προϊόντων που πρόκειται να αποθηκευτούν
- Αριθμός αιτημάτων που πρόκειται να αποθηκευτούν

Σαφώς εκτιμήσεις της απόδοσης είναι αντίγραφο των αναμενόμενων χρόνων ταξιδιού ενός AS/RS συστήματος. Ως εκ τούτου ο υπολογισμός του χρόνου ταξιδιού είναι πολύ σημαντικός στο σχεδιασμό AS/RS. Έχουν γίνει πολλές έρευνες σχετικά με **μοντέλα του χρόνου ταξιδιού για φόρτωση μονάδας μεταφοράς AS/RS**. Ο Hausmal ήταν ένας από τους πρώτους που παρουσίασαν μοντέλα χρόνου ταξιδιού για μονάδες φόρτωσης μεταφοράς AS/RS. Οι συντάκτες πρότειναν εκτιμήσεις για τον προγραμματισμό σε square-in-time μίας συνεχούς εντολής τυχαίου πλήρη κύκλου εργασιών και εξετάστηκαν δύο και τρεις πολιτικές ειχώρησης αποθήκευσης ανά τάξη. Ο Graves, επέκτεινε αυτών των αποτελεσμάτων εξετάζοντας επίσης τους χρόνους παρεμβολής που προκύπτουν από την πολιτική πρώτης προβολής που ακολουθείται από την αρχή της διπλής εντολής. Οι Bozer και White πρότειναν μοντέλα χρόνου ταξιδιού σε ορθογώνια ράφια με εναλλακτικό μόνο σημείο εισόδου-εξόδου και θεωρούσαν τον προγραμματισμό διπλής εντολής και την τυχαία αποθήκευση ως πολιτικές ελέγχου. Οι συγγραφείς εισάγουν b



ως συντελεστή σχήματος των ραφιών για την αντιμετώπιση ορθογώνιων ραφιών. Εδώ  $b = \min$  όπου  $t$  υποδεικνύει τον οριζόντιο χρόνο ταξιδιού στην μακρύτερη σειρά και  $T = \max$ . Με βάση εμπειρικές δομές οι αναλυτές καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι η απόδοση του μοντέλου είναι ικανοποιητική. Άλλοι συγγραφείς συνεχίζουν τις προηγούμενες έρευνες μελετώντας διαφορετικές διαμορφώσεις των πολιτικών ελέγχου του AS/RS και τη λειτουργία των χαρακτηριστικών. Αντί για μία τέτοια πολιτική μία nearest-neighbour πολιτική μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προγραμματισμό αιτημάτων. Αναδρομικές διαδικασίες και εκφράσεις κλειστής μορφής έχουν προταθεί για n-class όπως την αποθήκευση με βάση τον πλήρη κύκλο εργασιών. Αντί να αντιμετωπίζουν διακριτές αξίες κατά την εφαρμογή των πολιτικών ελέγχου τους πολλοί συγγραφείς μελετούν στοχαστικά περιβάλλοντα με διαφορετική ζήτηση. Οι διαφορετικές διαμορφώσεις μονάδας φορτίου μεταφοράς των AS/RS που έχουν μελετηθεί περιλαμβάνουν πολλαπλούς διαδρόμους AS/RS και ράφια με κατώτερα μεγέθη κελιών. Σχεδόν όλα τα άρθρα που αναφέρθηκαν μέχρι σήμερα υποθέτουν ότι τα λειτουργικά χαρακτηριστικά ενός AS/RS μπορούν να αγνοηθούν. Οι Hwang και Lee ενσωματώνουν τόσο τη μέγιστη ταχύτητα ενός γερανού όσο και το χρόνο που απαιτείται για να φτάσετε στην κορυφή της ταχύτητας ή να σταματήσει. Ο Chang επέκτεινε το έργο των Bozer και White συμπεριλαμβανομένων των επιπέδων επιτάχυνσης και επιβράδυνσης αντί της ανάληψης σταθερής ταχύτητας.

Πέρα από το μοντέλο χρόνου ταξιδιού για φόρτωση μονάδας μεταφοράς AS/RS, έχουν γίνει αρκετές μελέτες σχετικά για τον χρόνο ταξιδιού για άλλους τύπους των AS/RS. Απαιτούνται νέες εκτιμήσεις χρόνου ταξιδιού για multi-shuttle AS/RS για να ασχοληθεί με τον προγραμματισμό 4πλάσιων και ακόμη με 6πλάσιων προγραμματισμένων εντολών. Έτσι πολλές μελέτες διάφορων ερευνητών έχουν γίνει για πολλαπλούς multi-shuttle AS/RS εξετάζοντας διαφορετικές πολιτικές ελέγχου. Στον επιλογέα miniload

AS/RS και στον γερανό εξαρτώνται ο ένας από τον άλλο: οι καθυστερήσεις επηρεάζουν την απόδοση του άλλου. Οι Foley και Frazelle θεωρούν ένα miniload square-in-time AS/RS λειτουργεί υπό μία πολιτική προγραμματισμού διπλής εντολής και τυχαία αποθήκευση. Επίσης έχουν διατυπωθεί εκφράσεις ταξιδιού κλειστού τύπου για miniload με αποθήκευση με βάση ένα κύκλο 2 κατηγοριών. Η person-on-board συνήθως χρειάζεται πολλαπλές τοποθεσίες σε μία περιοδεία. Οι μελετητές συνήθως παράγουν εκφράσεις για τα ανώτερα και κατώτερα όρια για τους χρόνους διαδρομής που βασίζονται στον αριθμό θέσεων που πρόκειται να επισκεφθούν λαμβάνοντας υπόψη μία πολιτική αποθήκευσης και ακολουθίας. Οι Hwang και Ha παρουσιάζουν μοντέλα χρόνου ταξιδιού για μονά και διπλά συστήματα carousel. Οι μελετητές διερευνούν τις επιπτώσεις στην επίδοση της διαθεσιμότητας πληροφοριών των εισερχόμενων παραγγελιών. Σαφώς μπορεί να επιτευχθεί αύξηση της διακίνησης με αυτές τις πρόσθετες πληροφορίες ωστόσο η αύξηση της απόδοσης είναι χαμηλότερη από την αναμενόμενη. Τέλος, ορισμένοι παρουσιάζουν τις εκτιμήσεις του χρόνου ταξιδιού για λιγότερο συχνά χρησιμοποιημένους τύπους όπως εκείνοι που είναι βασισμένοι σε πλατφόρμα γερανού με γερανό περιστρεφόμενο AS/RS και ράφια ροής AS/RS.

Συνοψίζοντας μπορούμε να συμπεράνουμε ότι τα μοντέλα χρόνου ταξιδιού τόσο για square-in-time όσο και για τα ορθογώνια ράφια έχουν αναπτυχθεί για φορτία των συστημάτων AS/RS λειτουργώντας με τις περισσότερες κοινές πολιτικές εκχώρησης και αποθήκευσης και 2 ευρετικές ακολουθίες που προκύπτουν από την πρακτική. Μέχρι στιγμής δεν έχουν πραγματοποιηθεί μελέτες που να περιλαμβάνουν κανόνες για dwell σε εκτιμήσεις ταξιδιού. Σε σύγκριση με το φορτίο μονάδας AS/RS πολλά ζητήματα όπως N-class που βασίζονται τα χαρακτηριστικά αποθήκευσης ή λειτουργικά χαρακτηριστικά δεν έχουν ληφθεί υπόψη σε μοντέλα ταξιδιού για άλλους τύπους AS/RS.

## Βιβλιογραφία

### Ελληνική βιβλιογραφία

- Δρ. Δημήτρης Φωλίνας, (2014) “ Οργάνωση και Διαχείριση Αποθηκών”, Θεσσαλονίκη
- Χαρίλαος Βασιλειάδης, Βέλτιστη χωροθέτηση προϊόντων σε αποθήκη με γενετικό αλγόριθμο, Πολυτεχνείο Κρήτης
- Τσαπακίδης Γεώργιος, (2014) «Μελέτη Λειτουργίας Αυτοματοποιημένου Συστήματος Αποθήκευσης της εταιρίας TRADE LOGISTICS AEBE»,Αθήνα
- Χριστόπουλος Απ., Σωτηροπούλου Παρασκευή, Sota Auron, (2017), “Πληροφοριακά Συστήματα και Διαχείριση Αποθηκών WMS”, Πάτρα
- Γιαννάκαινας, Β., (2004). *Ανατομία των business logistics*. Εκδόσεις Γιαννάκαινας
- Καραγεώργος Α., Ντιντάκης Ι., Ράπτη Ε.(2015),“Εφαρμογές Ηλεκτρονικών Υπολογιστών στην Επιπλοποιία”, Ε.Μ.Π.
- <https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/1487/1/%CE%9A%CE%B5%CF%86%CE%AC%CE%BB%CE%B1%CE%B9%CE%BF%204.pdf>

### Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

- De Koster, R., Le-Duc, T., and Roodbergen, K.J. (2007), Design and control of warehouse order picking: a literature review. *European Journal of Operational Research* 182(2), 481-501.
- A survey of literature on automated storage and retrieval systems  
Kees Jan Roodbergen, Iris F.A. Visb

### Ιστότοποι

- [https://en.wikipedia.org/wiki/Warehouse\\_management\\_system](https://en.wikipedia.org/wiki/Warehouse_management_system)
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Automated\\_storage\\_and\\_retrieval\\_system](https://en.wikipedia.org/wiki/Automated_storage_and_retrieval_system)

- <https://www.bastiansolutions.com/solutions/technology/asrs/mini-load>
- <http://searcherp.techtarget.com/definition/warehouse-management-system-WMS>
- <https://www.google.gr/search?q=as/rs&client=firefox-b-ab&dcr=0&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEwjIqJqg09XZAhXCa1AKHYZIDUoQsAQIMw&biw=1366&bih=631>
- <http://www.anaco.gr/gr/rob/pdf/AS-RSWAREHOUSES.pdf>
- <http://www.logistics-management.gr/news/269>
- <https://www.google.gr/search?q=warehouse+management+system&client=firefox-b-ab&dcr=0&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEwjzo5an0tXZAhWDXMAKHYYTCFwQsAQIYQ&biw=1366&bih=631>
- <https://www.oracle.com/applications/supply-chain-management/solutions/logistics/warehouse-management/what-is-warehouse-management.html>
- <http://www.supplychain.gr/%CE%B2%CE%B9%CE%B2%CE%B%CE%B9%CE%BF%CE%B8%CE%AE%CE%BA%CE%B7/71-%CE%BF%CF%81%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82-%CF%84%CF%89%CE%BD-logistics.html>