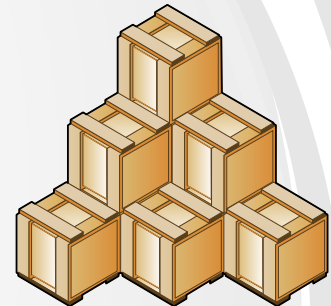
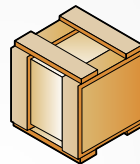
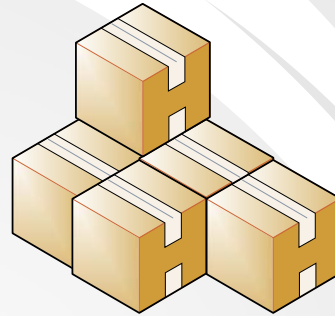
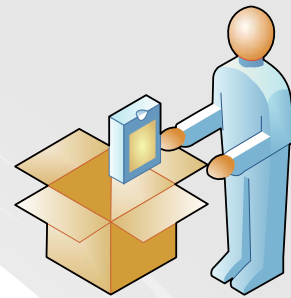


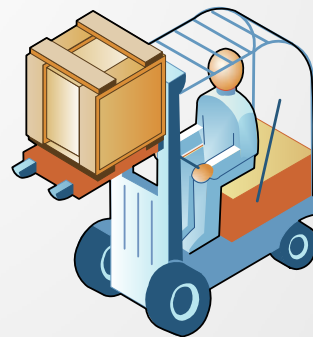
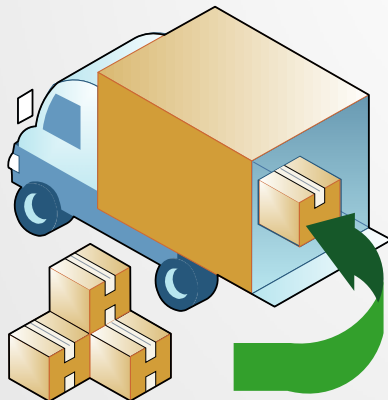
[2009]

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ  
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ LOGISTICS**



**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΘΕΜΑ:**

**ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΜΕΤΡΗΣΗΣ  
ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΟΥ ORDER PICKING**



**ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ: ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ Δ. ΣΚΑΡΛΑΤΟΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ Μ. ΕΜΙΡΗΣ**

## Περιεχόμενα

Εισαγωγή .....	3
1. Ανάλυση του Παραμετρικού Μοντέλου .....	5
1.1. Τα τέσσερα βασικά στάδια για την ανάπτυξη του μοντέλου .....	5
1.1.1. Το 1ο στάδιο «Χαρακτηριστικά και η φύση των προϊόντων» .....	6
1.1.2. Το 2ο Στάδιο «Ανάλυση των παραγγελιών» .....	7
1.1.3. Το 3 <sup>ο</sup> Στάδιο «Χωροταξική Καταγραφή Αποστάσεων» .....	9
1.1.4. Το 4 <sup>ο</sup> Στάδιο «Μέθοδοι και στρατηγικές προετοιμασίας παραγγελιών» .....	9
1.2. Work Breakdown Structure on Order Picking .....	13
1.3. Γενικό & Ειδικά μοντέλα Κινήσεων .....	18
1.4. Μέτρηση Βασικών, Κανονικών και Πρότυπων χρόνων .....	22
2. Μετρήσεις Απόδοσης .....	24
2.1. Συλλογή Δεδομένων & Ανάπτυξη Βάσης Δεδομένων .....	25
2.1.1. Δεδομένα Αποστάσεων .....	25
2.1.2. Δεδομένα Παραγγελιών .....	29
2.1.3. Δεδομένα Κινήσεων .....	31
2.1.4. Δεδομένα Βασικών Χρόνων .....	33
2.2. Μηχανισμοί Μοντέλου .....	35
2.3. Αποτελέσματα .....	40
2.3.1. ABC Ανάλυση του PSM .....	40
2.3.2. Βελτιστοποίηση της Απόδοσης .....	46
2.3.3. Διαχείριση και Αξιολόγηση εργαζομένων .....	48
Συμπεράσματα .....	49
Βιβλιογραφία .....	50

## Εισαγωγή

Η αυξανόμενη ανταγωνιστικότητα στον χώρο των 3PL έχει ως αποτέλεσμα να οδηγεί όλες τις εταιρείες στο να προσπαθούν να παρέχουν το μέγιστο επίπεδο εξυπηρέτησης με όσο το δυνατόν χαμηλότερο κόστος. Οι εταιρίες συνεχώς προσπαθούν να μειώσουν το κόστος στις εφοδιαστικές αλυσίδες και οι ειδικοί αδιαλείπτως προσπαθούν με σχολαστικότητα να μειώσουν τα κόστη των αποθηκών, να βελτιώσουν την παραγωγικότητα και να αυξήσουν την ακρίβεια τους στην εκτέλεση των παραγγελιών.

Μια από τις πιο σημαντικές, πολυσύνθετες και δαπανηρές διαδικασίες σε μια αποθήκη είναι η συλλογή των παραγγελιών (order picking), που αποτελεί και το κλειδί για όλες τις εταιρίες στο να μειώσουν το κόστος τους, αυτοματοποιώντας διαδικασίες με νέες τεχνολογίες. Το κόστος που σχετίζεται με την διαδικασία της προετοιμασίας των παραγγελιών κυμαίνεται από 40% έως και 60% του συνολικού κόστους των διαδικασιών σε μια αποθήκη. Συνεπώς η αύξηση της παραγωγικότητας του picking θα σήμαινε αυτομάτως και τη μείωση του κόστους. Πώς όμως μπορούμε να αυξήσουμε την παραγωγικότητα του picking; Πώς μπορούμε να θέσουμε τους στόχους μας και να παρακολουθήσουμε την ημερήσια δραστηριότητά μας; Πώς μπορούμε να αξιοποιήσουμε στο μέγιστο το εργατικό δυναμικό και τους πόρους μας; Πώς μπορούμε να παρακολουθήσουμε την παραγωγικότητα του κάθε picker; Πώς μπορούμε να προσδιορίσουμε την δυναμικότητα της αποθήκης στην εκτέλεση παραγγελιών;

Αυτές είναι μόνον μερικές από τις ερωτήσεις που πρέπει να απαντηθούν, προκειμένου να επιτευχθεί ο στόχος που έχει τεθεί (η μεγιστοποίηση της παραγωγικότητας της διαδικασίας picking). Εξ ίσου σημαντικό είναι να ληφθούν υπόψη και παράμετροι όπως οι παρακάτω:

- Η αποθήκη πρέπει να είναι έτσι σχεδιασμένη, ώστε να γίνεται εύκολα και ανά πάσα στιγμή έλεγχος της εργασίας των pickers σε όλα τα στάδια
- Προκειμένου στο να υπάρχουν ορθές μετρήσεις πάνω στους pickers, οφείλουν να υπάρχουν μετρήσιμα standards
- Για να εκτιμηθεί και να μεγιστοποιηθεί η παραγωγικότητα των pickers, πρέπει να γίνει ανάλυση για συνολικά για τη διαδικασία και μερικώς ανά picker.

Μια τέτοια σειρά από τα παραπάνω ερωτήματα και παραμέτρους, μας οδηγεί στην ανάγκη ανάπτυξης ενός μαθηματικού παραμετρικού μοντέλου, που να μπορεί να μας καθοδηγήσει και να μας βοηθήσει στην απάντηση όλων των παραπάνω ερωτημάτων. Άλλωστε αυτό που μπορεί να μετρηθεί είναι και αυτό που μπορεί να είναι διαχειρίσιμο με τον αποτελεσματικότερο τρόπο (what you can measure, you can manage). Σκοπός αυτού του μοντέλου είναι να αναπτύξει μια μεθοδολογία έχοντας ως κύριο σκοπό να βοηθήσει στην παρακολούθηση του order picking και να βελτιώσει την παραγωγικότητα. Με τη χρήση του μοντέλου ο κάθε manager μπορεί να έχει ένα όπλο στα χέρια του με το οποίο θα μπορεί να παρακολουθήσει το order picking και να βελτιστοποιήσει τη διαδικασία κάνοντας τις απαραίτητες διορθωτικές ενέργειες όπου αυτό απαιτηθεί.

Είναι ευκολονόητο πως για να οριστεί ο στόχος της παραγωγικότητας θα πρέπει να ληφθούν υπόψη σημαντικοί παράγοντες που την επηρεάζουν. Συνήθως η μέτρηση της παραγωγικότητας βασίζεται σε μια σειρά από μετρήσεις που δίνουν ένα μέσο όρο και ο οποίος υιοθετείται ως στόχος. Μια τέτοια μεθοδολογία όμως μπορεί να οδηγήσει σε λανθασμένα συμπεράσματα που δεν ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα, δεδομένου ότι το περιβάλλον του order picking είναι μεταβαλλόμενο.

## 1. Ανάλυση του Παραμετρικού Μοντέλου

Σκοπός του κεφαλαίου είναι να αναπτύξει τη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για τη δημιουργία του παραμετρικού μοντέλου. Για την ανάπτυξη ενός μαθηματικού μοντέλου χρειάζεται πάνω από όλα να οριστούν και να υπολογιστούν οι μεταβλητές και οι συντελεστές του προβλήματος.

Στην ενότητα 1.1 γίνεται μια πρώτη προσέγγιση στην ανάπτυξη του μηχανισμού για τον υπολογισμό των μεταβλητών του μαθηματικού μοντέλου. Αναλύονται σε τέσσερα βασικά στάδια, οι τέσσερις βασικές μεταβλητές που επηρεάζουν την δημιουργία του μοντέλου που είναι α) η φύση του προϊόντος, β) το μέγεθος των παραγγελιών (κιβώτια/ κωδικοί), γ) η απόσταση και δ) η μέθοδος και η στρατηγική προετοιμασίας των παραγγελιών.

Με την βοήθεια της πρώτης ενότητας στην συνέχεια (§1.2) αναπτύσσεται η μεθοδολογία του WBS (Work Breakdown Structure) με σκοπό να εξαχθούν όλες οι κινήσεις που μπορούν να προκύψουν κατά την διεκπεραίωση μια παραγγελίας.

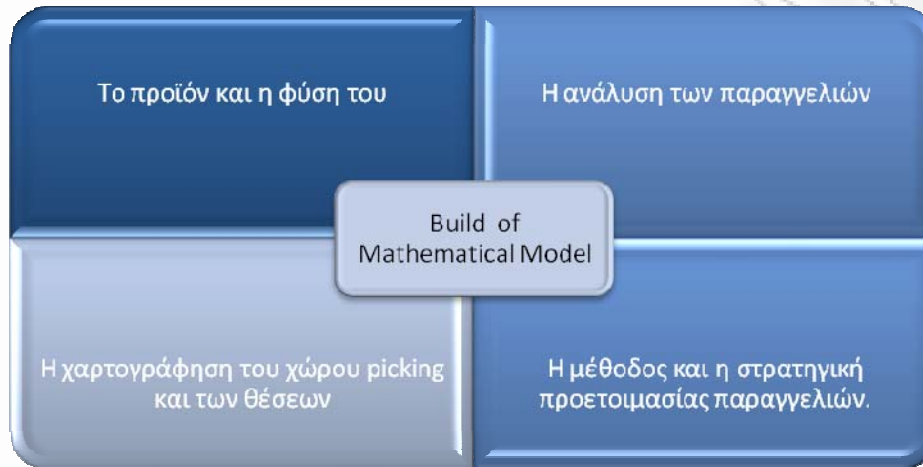
Στην ενότητα 1.3 γίνεται αναφορά στο γενικό μοντέλο κινήσεων που στην ουσία είναι το αποτέλεσμα της μεθοδολογίας του WBS και το οποίο εμπεριέχει όλες τις κινήσεις που μπορούν να πραγματοποιηθούν κατά την διαδικασία της συλλογής μιας παραγγελίας. Στην συνέχεια το γενικό μοντέλο θα λάβει την παραμετροποίηση με βάση τους τύπους των παραγγελιών τη μέθοδο και την στρατηγική προετοιμασίας, και θα εξαχθούν τα ειδικά μοντέλα.

Τέλος, στην ενότητα 1.4 γίνεται αναφορά στις μετρήσεις των χρόνων, αναλύοντας τις έννοιες του βασικού, του κανονικού και του πρότυπου χρόνου μέτρησης των κινήσεων. Ο βασικός χρόνος θα αποτελέσει και ένα από τους συντελεστές του παραμετρικού μαθηματικού μοντέλου.

### **1.1. Τα τέσσερα βασικά στάδια για την ανάπτυξη του μοντέλου**

Η Ενότητα αυτή έχει σκοπό την πρώτη προσέγγιση στην ανάπτυξη και την ανάλυση του μηχανισμού που θα δημιουργήσει στην συνέχεια το παραμετρικό μοντέλο για την διαδικασία του order picking. Πριν ξεκινήσει η δημιουργία του μαθηματικού μοντέλου θα πρέπει να εξεταστούν και να αναλυθούν όλοι οι παράγοντες που επηρεάζουν τη διαδικασία του order picking και την παραγωγικότητα του. Έτσι για τις ανάγκες του μοντέλου, η ανάπτυξη του χρειάζεται να χωριστεί σε τέσσερα βασικά στάδια, όπου στο κάθε στάδιο θα εξετάζεται ένας από τους τέσσερις πιο σημαντικούς παράγοντες. Οι τέσσερις αυτοί παράγοντες αναλυτικά είναι:

- Το προϊόν και η φύση του
- Η ανάλυση των παραγγελιών
- Η χαρτογράφηση του χώρου picking και των θέσεων
- Η μέθοδος και η στρατηγική προετοιμασίας παραγγελιών.



**Figure 1** «Απεικόνιση των τεσσάρων βασικών σταδίων για την ανάπτυξη του μοντέλου.»

### 1.1.1. Το 1<sup>ο</sup> στάδιο «Χαρακτηριστικά και η φύση των προϊόντων»

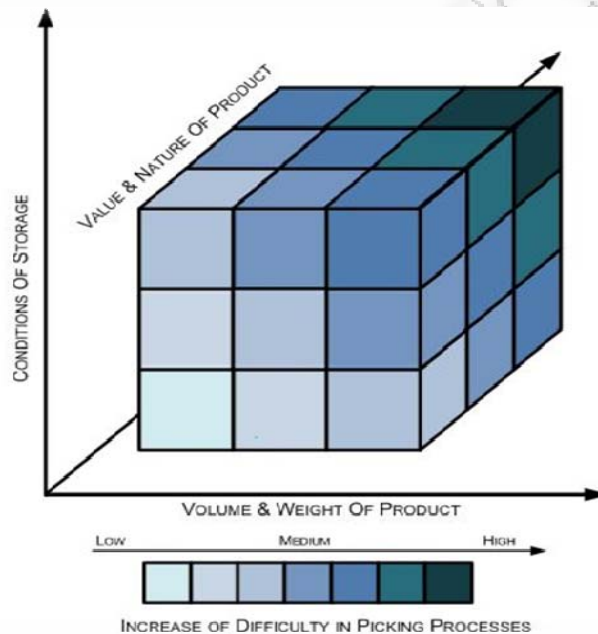
Πολύ σημαντικό ρόλο παίζουν η οικογένεια είδους του προϊόντος και η φύση του, στην διαδικασία του order picking και στην παραγωγικότητα της διαδικασίας. Υπάρχουν διάφοροι παράγοντες που ομαδοποιούν και χωρίζουν τα προϊόντα σε τρεις μεγάλες κατηγορίες.

Η **πρώτη κατηγορία** χωρίζει τα προϊόντα με βάση τις ειδικές συνθήκες αποθήκευσής τους. Οι τρεις βασικές ειδικές συνθήκες αποθήκευσης είναι οι κανονικές, οι ψύχους και οι καταψύξεως. Στις κανονικές συνθήκες ή ξηρού φορτίου συμπεριλαμβάνονται και τα προϊόντα κλιματισμού, όπως είναι τα είδη σοκολάτας. Οι συνθήκες αποθήκευσης επηρεάζουν άμεσα την εργασία του picker και συνάμα την παραγωγικότητα και την ποιότητα του picking. Έτσι για παράδειγμα, είναι αυτονόητο πως στις κανονικές συνθήκες η διαδικασία του picking γίνεται σαφώς με μεγαλύτερη απόδοση και καλύτερη ποιότητα σε σχέση με τις συνθήκες καταψύξεως, στις οποίες ο picker καλείται να εργαστεί στους  $-25^{\circ}\text{C}$  με ένα βαρύ ρουχισμό που τον δυσχεραίνει στη μετακίνηση του και στη συλλογή των προϊόντων.

Μια **δεύτερη μεγάλη κατηγορία** είναι τα logistics data, δηλαδή το βάρος και ο όγκος του προϊόντος. Τα χαρακτηριστικά του προϊόντος επηρεάζουν τη συλλογή και τη μεταχείριση του προϊόντος και συνάδουν άμεσα με το χρόνο προετοιμασίας μιας παραγγελίας. Η διαχείριση προϊόντων με μεγάλο όγκο ή βάρος απαιτούν δυσκολότερη διαχείριση και πολλές φορές απαιτούν και τη χρήση ειδικού εξοπλισμού για την συλλογή τους, αυξάνοντας παράλληλα το χρόνο προετοιμασίας μιας παραγγελίας.

Η **τρίτη κατηγορία** είναι η αξία και η φύση του προϊόντος όπου επηρεάζουν τον τρόπο διαχείρισής του. Προϊόντα που έχουν μεγάλη αξία, είναι εύλογο πως απαιτούν πολυσύνθετες και πιο απαιτητικές διαδικασίες συλλογής, ώστε να εξασφαλίζεται η σωστή διαχείριση τους και η ελαχιστοποίηση λαθών της διαδικασίας.

Το παρακάτω τρισδιάστατο σχήμα απεικονίζει το πως επηρεάζεται η διαδικασία του order picking από τους τρεις παράγοντες που αναφέρθηκαν παραπάνω. Καθώς όσο δυσχεραίνουν οι συνθήκες αποθήκευσης, όσο αυξάνεται ο όγκος ή το βάρος του προϊόντος, και όσο το προϊόν έχει μεγαλύτερες απαιτήσεις στην προετοιμασία του, τόσο αυξάνεται η δυσκολία στην προετοιμασία μιας παραγγελίας.



**Figure 2** «Απεικόνιση της δυσκολίας στην διαδικασία της συλλογής σε σχέση με τα χαρακτηριστικά και την φύση του προϊόντος »

### 1.1.2. Το 2<sup>ο</sup> Στάδιο «Ανάλυση των παραγγελιών»

Το δεύτερο στάδιο έχει ως σκοπό να εξετάσει τις παραγγελίες και να τις ομαδοποιήσει με βάση τα χαρακτηριστικά τους. Μια παραγγελία μπορεί να χαρακτηριστεί από το πλήθος των διαφορετικών κωδικών (γραμμών) που ζητάει και την ποσότητα αυτών, καθώς και από το πλήθος των προετοιμασμένων κιβωτίων. Σε αυτό το στάδιο ο τελικός σκοπός είναι να δημιουργηθούν προφίλ<sup>1</sup> πρότυπων παραγγελιών που αποτελούν και ένα από τα πιο βασικά στοιχεία για να υπολογιστεί η παραγωγικότητα.

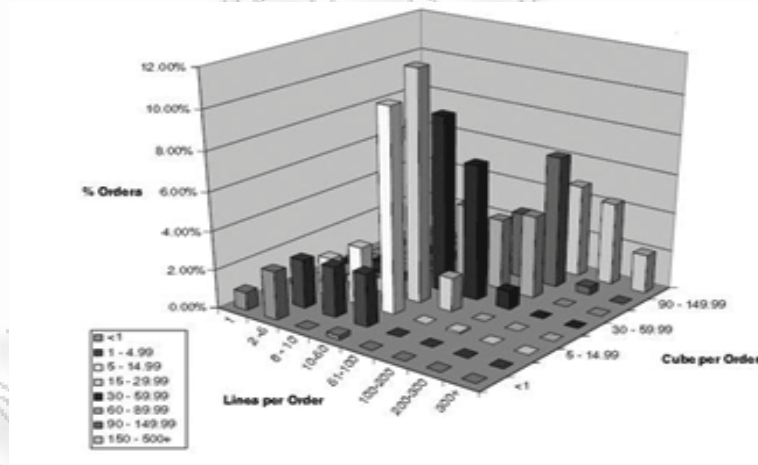
<sup>1</sup> Προφίλ ή τύπος παραγγελίας είναι μια ομάδα παραγγελιών των οποίων τα χαρακτηριστικά είναι κοινά (π.χ. τις γραμμές)

Στην ουσία τα προφίλ των πρότυπων παραγγελιών θα αποτελέσουν τις μεταβλητές του μαθηματικού μοντέλου. Για τον υπολογισμό των πρότυπων παραγγελιών χρειάζεται να εξεταστούν ιστορικά δεδομένα μεγάλου χρονικού διαστήματος. Με τα ιστορικά δεδομένα μπορεί να υπολογιστεί ο μέσος όρος κωδικών (γραμμών), ποσοτήτων και προετοιμασμένων κιβωτίων για κάθε κατηγορία παραγγελίας και με αυτό τον τρόπο να δημιουργηθούν προφίλ πρότυπων παραγγελιών. Το προφίλ κάθε πρότυπης παραγγελίας θα χαρακτηρίζεται από το πλήθος των κωδικών, τις ποσότητες ανά κωδικό καθώς και τον αριθμό των προετοιμασμένων κιβωτίων βάσει των οποίων θα γίνεται ο υπολογισμός των πρότυπων χρόνων προετοιμασίας.

Σε αυτό το σημείο να σημειωθεί πως το προφίλ των παραγγελιών είναι κάτι που αλλάζει με μεγάλη συχνότητα και βασίζεται στη ζήτηση της αγοράς. Επομένως θα ήταν λάθος να θεωρείται δεδομένο και σταθερό και να μην επαναπροσδιορίζεται ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Για παράδειγμα το προφίλ των παραγγελιών μπορεί να επηρεάζεται από την εποχικότητα του προϊόντος. Επίσης σε ένα τμήμα<sup>1</sup> με πολλά προφίλ παραγγελιών η ανάλυση των παραγγελιών είναι μια πολύπλοκη διαδικασία. Είναι μείζονος σημασίας να οριστεί με μεγάλη ακρίβεια και σωστή κατηγοριοποίηση το προφίλ των προτύπων παραγγελιών, ώστε να διασφαλιστεί η ακεραιότητα του μοντέλου και η εξαγωγή σωστών αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων.

Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζονται τα προφίλ των παραγγελιών με βάση τις γραμμές (lines per order) και τα προετοιμασμένα κιβώτια (Cubes per order). Ενώ παρουσιάζεται και το ποσοστό για κάθε τύπο παραγγελίας.

(Κράτηση\_θέσης1)



**Figure 3** «Οι γραμμές και τα κιβώτια ανά προφίλ παραγγελίας και το ποσοστό του κάθε προφίλ παραγγελίας σε σχέση με το σύνολο των παραγγελιών» (Edward H. Frazelle, 2002)

<sup>1</sup> Τμήμα είναι το ξεχωριστό κομμάτι μιας αποθήκης που χαρακτηρίζεται από συγκεκριμένο χώρο και συγκεκριμένη δουλειά. Για παράδειγμα σε 3pl εταιρίες «τμήμα» αποτελεί ο κάθε ένας αποθήτης.



### **1.1.3. Το 3<sup>ο</sup> Στάδιο «Χωροταξική Καταγραφή Αποστάσεων»**

Το τρίτο στάδιο αφορά τη χαρτογράφηση του χώρου που κινείται ο picker για τη συλλογή των προϊόντων. Ο picker το μεγαλύτερο ποσοστό του χρόνου του το χρησιμοποιεί στην μετακίνηση του μέσα στο χώρο του picking. Εκτός από τη μετακίνηση του προς και από τις θέσεις συλλογής, καλείται να μετακινηθεί για μια σειρά από εργασίες που έχει να εκτελέσει πριν τη συλλογή μιας παραγγελίας αλλά και μετά την εκτέλεση της. Για παράδειγμα ο picker πριν ξεκινήσει για τη συλλογή της πρώτης ποσότητας που ζητάει μια παραγγελία, χρειάζεται συνήθως να μετακινηθεί προς την περιοχή που βρίσκονται οι λίστες συλλογής, μετά προς την περιοχή που βρίσκονται τα υλικά συσκευασίας (π.χ. χαρτοκιβώτια) και εφόσον τελειώσει τη συλλογή της παραγγελίας να μετακινηθεί προς την περιοχή όπου τοποθετούνται οι προετοιμασμένες παραγγελίες και που συνήθως είναι ο τόπος φόρτωσης.

Έτσι αυτό το στάδιο έχει ως κύριο σκοπό να υπολογιστούν όλες οι αποστάσεις που μπορεί να κάνει ένας εργαζόμενος για την προετοιμασία μιας παραγγελίας. Επίσης, ο χρόνος που χρειάζεται ο εργαζόμενος για την κάλυψη των αποστάσεων αποτελεί το μεγαλύτερο ποσοστό στο συνολικό χρόνο προετοιμασίας μιας παραγγελίας. Συνεπώς, η μείωση των αποστάσεων θα ήταν ο γρηγορότερος τρόπος ώστε να αυξηθεί η παραγωγικότητα του order picking. Για αυτόν το λόγο τα τμήματα που έχουν πολλούς κωδικούς προϊόντων, θα ήταν χρήσιμο να εξετάζουν την αναδιάρθρωση του χώρου ανά τακτά χρονικά διαστήματα και να επιδιώκουν την μείωση των αποστάσεων.

Εκτός από τον υπολογισμό των αποστάσεων που καλείται να καλύψει ο picker, σε αυτό το στάδιο εξετάζεται και το ποιος είναι ο τρόπος αποθήκευσης των προϊόντων, εάν δηλαδή βρίσκονται τα προϊόντα σε παλετοθέσεις, κιβωτιοθέσεις, bins απλά ή συρταρωτά ή ακόμα και αν ο τύπος αποθήκευσης είναι μορφής carousel. Αυτό συμβαίνει επειδή ο τρόπος που είναι αποθηκευμένα τα προϊόντα προς συλλογή, επηρεάζει άμεσα το χρόνο συλλογής ενός προϊόντος. Παραδείγματος χάριν, για τη συλλογή του προϊόντος που βρίσκεται σε ένα υψηλό επίπεδο μπορεί ο picker να χρειάζεται το διπλάσιο ή και περισσότερο χρόνο σε αντίθεση με κάποιο άλλο πιο εύκολα προσβάσιμο στον εργαζόμενο. Επομένως άλλο ένα στοιχείο που καταγράφεται σε αυτό το στάδιο εκτός από το πλήθος των διαδρόμων με τα προϊόντα προς συλλογή, είναι και το εάν τα προϊόντα βρίσκονται τοποθετημένα σε περισσότερα των δύο επιπέδων, περίπτωση στην οποία ο picker ίσως να χρειαστεί τη χρήση σκάλας ή ανυψωτικού μηχανήματος.

### **1.1.4. Το 4<sup>ο</sup> Στάδιο «Μέθοδοι και στρατηγικές προετοιμασίας παραγγελιών»**

Στο τέταρτο και τελευταίο στάδιο εξετάζεται η μέθοδος και η στρατηγική συλλογής με την οποία γίνεται η προετοιμασία των παραγγελιών, με σκοπό να μπορέσουμε στην επόμενη ενότητα να καταγράψουμε όλες τις κινήσεις που εκτελεί ένας picker.

Προτού προχωρήσουμε στην αναλυτική καταγραφή των κινήσεων θα πρέπει να κάνουμε μια ανασκόπηση στις μεθόδους και στρατηγικές που ακολουθούνται στην διαδικασία της προετοιμασίας των παραγγελιών.

#### 1.1.4.1. Μέθοδοι προετοιμασίας παραγγελιών

Οι μέθοδοι προετοιμασίας των παραγγελιών μπορεί να διαφέρουν από τμήμα σε τμήμα, αλλά μπορεί και στο ίδιο τμήμα να υπάρχουν δυο ή περισσότερες μέθοδοι συλλογής που χρησιμοποιούνται. Οι πλέον πιο διαδεδομένες μέθοδοι προετοιμασίας παραγγελιών είναι τέσσερις, α) Pick by list, β) Pick by light, γ) Voice picking και δ) RF picking. Η κάθε μια μέθοδος διαφέρει σημαντικά από την άλλη, έχοντας διαφορετικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Παρακάτω ακολουθεί μια αναλυτική περιγραφή για κάθε μέθοδο, αναπτύσσοντας τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της:

- **Pick by list:** Με αυτήν τη μέθοδο προετοιμασίας παραγγελιών, η παραγγελία αποτυπώνεται σε μια λίστα και εκτελείται από τον picker. Η λίστα αναφέρει με σειρά τις θέσεις που θα πρέπει να επισκεφτεί ο picker, τους κωδικούς και την περιγραφή τους, την ημερομηνία λήξης του προϊόντος (όταν υπάρχει) καθώς και τις ποσότητες για κάθε μια γραμμή. Η μέθοδος αυτή ενδείκνυται για μικρά τμήματα με χαμηλή τεχνική υποστήριξη. Βασικό πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ότι έχει μικρό κόστος μηχανογραφικής υποστήριξης και μικρό ρίσκο. Τα βασικά μειονεκτήματα είναι το χαμηλό επίπεδο ακρίβειας στην προετοιμασία των παραγγελιών και ο μεγάλος χρόνος προετοιμασίας σε σχέση με τις άλλες μεθόδους.
- **Pick by light:** Σε αυτήν τη μέθοδο υπάρχουν τοποθετημένοι μικροϋπολογιστές με λαμπτήρες σε κάθε θέση συλλογής. Ο picker συλλέγει από την θέση που είναι αναμμένη η λυχνία, την ποσότητα που του αναγράφει ο μικροϋπολογιστής. Με αυτήν τη μέθοδο οι παραγγελίες δεν μπορούν να εκτελεστούν ταυτόχρονα, αλλά εκτελείται κάθε φορά μια παραγγελία. Βασικά πλεονεκτήματα της μεθόδου, είναι ο υψηλός ρυθμός εκτέλεσης παραγγελιών με μεγάλη ακρίβεια. Το μειονέκτημα της μεθόδου είναι το υψηλό κόστος του εξοπλισμού.
- **Voice picking:** Με αυτήν τη μέθοδο ο picker εκτελεί τις παραγγελίες υπό την καθοδήγηση των φωνητικών εντολών του συστήματος. Βασικά πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι η ελευθερία κινήσεων που δίνεται στον picker, το μεσαίο με υψηλό επίπεδο ακρίβειας στην εκτέλεση των παραγγελιών καθώς και το σχετικά ικανοποιητικό επίπεδο απόδοσης. Το βασικό μειονέκτημα της μεθόδου είναι το σχετικά υψηλό κόστος του εξοπλισμού.
- **RF picking:** Με τη μέθοδο αυτήν η εκτέλεση των παραγγελιών γίνεται με τη χρήση Jenny (υπολογιστή χειρός-σαρωτή. Ο picker οδηγείται στην θέση συλλογής που του αναγράφει το Jenny και επιβεβαιώνει την συλλογή της ποσότητας σαρώνοντας το barcode του προϊόντος. Η μέθοδος αυτή είναι πλέον η πιο διαδεδομένη για την συλλογή προϊόντων που χρειάζονται παρακολούθηση των σειριακών αριθμών (IME) ώστε να διασφαλιστεί η ιχνηλασιμότητα. Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι ο υψηλός βαθμός ακρίβειας στην εκτέλεση των παραγγελιών και η ικανότητα της συλλογής προϊόντων με σειριακούς αριθμούς. Βασικό μειονέκτημα είναι ο χαμηλός ρυθμός στην εκτέλεση των παραγγελιών.

Στον παρακάτω πίνακα συνοψίζονται οι μέθοδοι προετοιμασίας συλλογής αναφέροντας την συνήθη χρήση τους, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα τους.

Methods	Commonly By Operations	Benefits	“Draw Backs”
Pick by list	-Small operations with little systemic support	-Low technology cost Low risk	-Low pick rate -Low pick accuracy -Long order cycle time
Radio Frequency Picking	-All types of operations	-High accuracy -Paperless -Ability to capture item specific information (i.e. serial numbers)	Low pick rate (often the same as paper picking)
Pick to Light	-Low # of items with high volumes	-High accuracy -High pick rate -“Hands Free”	-High hardware costs
Voice Picking	-Large # of items spread across a large area	-Medium pick rate -Medium to High accuracy -“Hands Free”	-Medium to high capital costs for systems & headsets

**Table 1** «Συγκεντρωτικός πίνακας των μεθόδων συλλογής»( Robert Muller, 2007)

#### 1.1.4.2. Στρατηγικές Συλλογής Παραγγελιών

Είναι δεδομένο πως εάν αυξηθεί ο αριθμός των παραγγελιών ή ο αριθμός των ποσοτήτων που συλλέγονται σε κάθε διαδρομή του picker, τότε θα υπάρχει και ανάλογη μείωση στην απόσταση που θα αναλογεί για κάθε συλλεχθείσα. Έτσι με αυτό τον τρόπο θα μπορούσε να αυξηθεί και η παραγωγικότητα σημαντικά. Οι στρατηγικές συλλογής έχουν ως κύριο στόχο την μείωση των μετακινήσεων σε μεγάλο βαθμό αναθέτοντας τη συλλογή μιας παραγγελίας σε περισσότερους από έναν picker, αυξάνοντας όμως έτσι τον χρόνο και την προσπάθεια για την συγκέντρωση και επαλήθευση της ακεραιότητας της παραγγελίας. Το κόστος που προκύπτει από τον επιπρόσθετο χρόνο και την αυξημένη επικινδυνότητα για την σωστή εκτέλεση των παραγγελιών θα πρέπει να συνυπολογιστεί με βάσει τις ωφέλειες που προκύπτουν από τη χρήση των στρατηγικών order batching.

Για παράδειγμα παραγγελίες που έχουν μια γραμμή προϊόντος μπορούν να ομαδοποιηθούν με σχετική ευκολία και να επιτευχθεί η συλλογή τους με μια μόνο διαδρομή, μειώνοντας σε μεγάλο βαθμό τις άσκοπες μετακινήσεις των pickers αλλά και τον χρόνο συλλογής τους. Από την άλλη μεριά, μπορεί να οριστεί μία συγκεκριμένη διαδρομή picking στην οποία θα μπορεί να κινείται ο κάθε εργαζόμενος. Κάτι τέτοιο θα ήταν ιδανικό για παραγγελίες με πολλές γραμμές, όπου θα υπήρχε μείωση του χρόνου διαδρομής των pickers. Επίσης

υπάρχουν περιπτώσεις στις οποίες γίνεται προετοιμασία μαζικών παραγγελιών. Αυτό συμβαίνει όταν οι παραγγελίες αποτελούνται από τα ίδια προϊόντα και εν συνεχεία γίνεται ο διαχωρισμός του πλήθους των προϊόντων ανά παραγγελία. Συγκεκριμένα παρακάτω ακολουθούν οι τρεις βασικές στρατηγικές συλλογής:

- **Single Order Picking:** Με αυτήν τη στρατηγική, ο κάθε picker καλείται να εκτελέσει μόνο μια παραγγελία. Στην περίπτωση αυτή ο picker αναλαμβάνει εξ ολοκλήρου την εκτέλεση της παραγγελίας και την συλλογή όλης της ποσότητας. Το βασικό πλεονέκτημα της στρατηγικής είναι η διασφάλιση της ακεραιότητας της παραγγελίας. Μειονέκτημα της στρατηγικής είναι ότι ο picker καλείται να διανύσει άσκοπα μεγάλες αποστάσεις, ιδίως για μικρές παραγγελίες που ο picker μπορεί να χρειαστεί να διανύσει ολόκληρο το picking circuit. Με αποτέλεσμα η μέθοδος να ενδείκνυται για μεγάλες παραγγελίες με πολλές γραμμές, ώστε ο χρόνος μετακίνησης ανά γραμμή παραγγελίας να διατηρείται χαμηλός.

- **Batch Picking:** Με αυτή την στρατηγική ο picker καλείται να εκτελέσει μια ομάδα από παραγγελίες, δηλαδή ένα batch παραγγελιών. Πιο συγκεκριμένα, καλείται να συλλέξει την ποσότητα που χρειάζεται για την εκτέλεση των παραγγελιών με μόνο μια μετακίνηση στο χώρο του picking. Με τον τρόπο αυτό μειώνονται σε μεγάλο βαθμό οι αποστάσεις που πρέπει να διανύει ο picker, με αποτέλεσμα να μειώνεται και ο μέσος χρόνος μετακίνησης ανά γραμμή παραγγελίας. Τα βασικά μειονεκτήματα της στρατηγικής αυτής, είναι ο μεγάλος χρόνος που απαιτείται για την σωστή τοποθέτηση των προϊόντων μέσα στις παραγγελίες και η υψηλή επικινδυνότητα για τη λανθασμένη εκτέλεση παραγγελιών. Η συγκεκριμένη στρατηγική αποτελεί μια δύσκολη επιλογή και θα πρέπει να εξεταστεί κατά πόσο μπορεί να είναι παραγωγική. Τέλος προτείνεται για προφίλ παραγγελιών που είναι κάτω των 5 γραμμών.

- **Zone Picking:** Σε αυτήν τη στρατηγική ο picker καλείται να συλλέγει αποκλειστικά τα προϊόντα που βρίσκονται στην ζώνη που εξ αρχής έχει οριστεί. Σε αυτήν την περίπτωση ο picker συλλέγει τα προϊόντα είτε ανά παραγγελία είτε ομαδικά. Με τη στρατηγική αυτή μπορεί να επιτευχθεί σημαντική μείωση των μετακινήσεων και συνάμα μείωση του χρόνου, εφόσον ο picker καλείται να καλύψει μόνο το χώρο της ζώνης που είναι υπεύθυνος. Και σε αυτήν τη στρατηγική θα πρέπει να συνυπολογιστεί το αυξημένο κόστος και ο αριθμός των λαθών κατά την εκτέλεση των παραγγελιών. Μεγάλο πλεονέκτημα της στρατηγικής είναι η εξοικείωση που αποκτά ο picker με τα προϊόντα της ζώνης στην οποία βρίσκεται καθώς και η υπευθυνότητα που έχει ο picker για το δικό του χώρο.

Για κάθε μια από τις παραπάνω μεθόδους και στρατηγικές προετοιμασίας, ο picker καλείται να εκτελέσει ένα πλήθος κινήσεων για μια συγκεκριμένη ομάδα και προφίλ παραγγελιών. Έτσι στην επόμενη ενότητα καλούμαστε να κάνουμε μια αναλυτική καταγραφή των κινήσεων ώστε σε επόμενη φάση να μπορέσει να υπολογιστεί και ο χρόνος που χρειάζεται να ολοκληρωθεί μια τέτοια πλήρης κίνηση. Αυτή η καταγραφή θα πρέπει να εμπεριέχει όλες εκείνες τις κινήσεις που αποτελούν μέρος της διαδικασίας. Για αυτόν το λόγο ο καλύτερος τρόπος για την καταγραφή των κινήσεων είναι η παρακολούθηση των pickers την ώρα που εκτελούν τις παραγγελίες.

## 1.2. Work Breakdown Structure on Order Picking

Στην προηγούμενη ενότητα έγινε μια πρώτη προσέγγιση του προβλήματος εξετάζοντας τα τέσσερα βασικά βήματα που θα οδηγήσουν στην βασική ανάλυση του παραμετρικού μαθηματικού μοντέλου. Στην ενότητα αυτή θα γίνει η αναλυτική καταγραφή των κινήσεων που καλείται να κάνει ένας picker σε ένα συγκεκριμένο τμήμα ώστε να ολοκληρώσει μια παραγγελία. Για την αναλυτική καταγραφή των κινήσεων θα ακολουθηθεί η μεθοδολογία του work breakdown structure για κάθε τύπο παραγγελίας αλλά και για κάθε μέθοδο και στρατηγική συλλογής της παραγγελίας. Εφόσον όπως είναι λογικό οι κινήσεις διαφέρουν σημαντικά από τύπο σε τύπο παραγγελίας αλλά και εξαρτώνται από τις μεθόδους και στρατηγικές συλλογής τους.

Για την καλύτερη δυνατή καταγραφή των κινήσεων συνιστάται η παρακολούθηση της διαδικασίας συλλογής σε ένα σημαντικό αριθμό pickers και για κάθε τύπο παραγγελίας. Με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζεται η σωστή και πλήρης καταγραφή των κινήσεων, καθώς και η σειρά αλλά και η συχνότητα με την οποία εκτελούνται, κάτι που θα χρειαστεί στο επόμενο κεφάλαιο.

Για παράδειγμα καταγράφοντας τις διαδικασίες συλλογής ενός απλού operation όπου η διαδικασία συλλογής πραγματοποιείται με scanner θα σημειώναμε ότι:

«Ο picker ξεκινάει με την μετακίνηση του προς το χώρο όπου βρίσκονται οι λίστες προς συλλογή και οι ετικέτες που θα επικολλήσει στα προετοιμασμένα κιβώτια. Εφόσον παραλάβει την λίστα και τις ετικέτες επικόλλησης κάνει το log in στο scanner με τα στοιχεία της παραγγελίας και μεταβαίνει στο χώρο των κενών χαρτοκιβωτίων όπου με βάση τα δεδομένα της παραγγελίας επιλέγει και προετοιμάζει τους τύπους χαρτοκιβωτίων που θα χρησιμοποιήσει. Στην συνέχεια μετακινείται στην πρώτη θέση του picking για να συλλέξει τον πρώτο απαιτούμενο κωδικό και ποσότητα σαρώνοντας τα barcodes της συλληφθείσας συσκευασίας. Πριν την μετάβαση του picker στην επόμενη θέση επιβεβαιώνει την συλλογή του, σαρώνοντας την τελική θέση που είναι η ετικέτα του κιβωτίου. Όταν συλλεχθούν όλες οι ποσότητες, κλείνει τα χαρτοκιβώτια και μεταβαίνει στην μηχανή δεματοποίησης για να τα σφραγίζει. Η συλλογή της παραγγελίας ολοκληρώνεται με την τοποθέτηση των κιβωτίων στην περιοχή των φορτώσεων»

Επομένως για το operation που περιγράφηκε παραπάνω παρατηρείται ένα πλήθος κινήσεων που καλείται να κάνει ο picker ώστε να συλλέξει μια παραγγελία. Οι κινήσεις αυτές μπορούν να αναλυθούν περαιτέρω και να αποδώσουν περισσότερες κινήσεις. Στον παρακάτω πίνακα καταγράφεται το πλήθος των κινήσεων που πραγματοποιούνται, καθώς και η σειρά εκτέλεσής τους, συγκεκριμένα :

A/A	Δραστηριότητα
1	Μετακίνηση προς τον χώρο των λιστών
2	Παραλαβή λίστας συλλογής & ετικετών
3	Log in στο Scanner και στην παραγγελία
4	Μετακίνηση στο χώρο των κενών χαρτοκιβωτίων
5	Δημιουργία κενού χαρτοκιβωτίου
6	Μετακίνηση προς την αρχή του picking circuit
7	Αναγνώριση θέσης - κωδικού - ποσότητας
8	Άνοιγμα χαρτοκιβωτίου στη θέση συλλογής
9	Συλλογή της απαιτούμενης ποσότητας
10	Scan picking unit
11	Τοποθέτηση picking unit στο κιβώτιο
12	Scan ετικέτας κιβωτίου
13	Μετακίνηση σε όλο το picking circuit
14	Τοποθέτηση ετικέτας στο κιβώτιο
15	Σφράγιση Κιβωτίου
16	Αναγραφή Αρ. Χκβ
17	Μετακίνηση στην μηχανή τσερκαρίσματος
18	Τοποθέτηση τσέρκι στο κιβώτιο
19	Μετακίνηση στον χώρο των προετοιμασμένων παραγγελιών
20	Τοποθέτηση κιβωτίων στην παλέτα

**Table 2** «Καταγραφή των κινήσεων με σειρά εκτέλεσης»

Το Work Breakdown Structure της διαδικασίας συλλογής των παραγγελιών γίνεται σε έξι βασικά βήματα. Από το κάθε βήμα του WBS απορρέουν τα βασικά κριτήρια που επηρεάζουν την διαδικασία συλλογής και που θα αποτελέσουν στην συνέχεια τις παραμέτρους του παραμετρικού μαθηματικού μοντέλου. Συγκεκριμένα τα έξι βασικά βήματα του WBS είναι:

1. Ο διαχωρισμός των διαφόρων τμημάτων μιας αποθήκης. (Operations)
2. Η καταγραφή των μεθόδων συλλογής των παραγγελιών (Picking Methods)
3. Η καταγραφή των στρατηγικών συλλογής των παραγγελιών (Picking Strategies)
4. Η καταγραφή των διαφορετικών τύπων παραγγελίας (Orders' Classification)
5. Η καταγραφή των κατηγοριών των κινήσεων (Picking System Management)
6. Η καταγραφή των κινήσεων σε κάθε κατηγορία (Group of Movements)

Στο πρώτο βήμα καταγράφονται και διαχωρίζονται τα τμήματα της αποθήκης. Ο διαχωρισμός των τμημάτων γίνεται με βάση τα χαρακτηριστικά τους, όπου τα κάνουν να διαφέρουν. Συγκεκριμένα ο διαχωρισμός αυτός θα μπορούσαν να βασίζεται:

- Στην χωροταξία του τμήματος μέσα στην αποθήκη
- Στις συνθήκες αποθήκευσης
- Στις οικογένειες των προϊόντων
- Στη φύση και στις απαιτήσεις της δουλειάς.

Στην συνέχεια στο δεύτερο βήμα καταγράφονται οι μέθοδοι συλλογής για κάθε ένα από τα διαφορετικά τμήματα. Στην παράγραφο 1.1.4.1. έγινε αναφορά στις τέσσερις βασικές μεθόδους που είναι α) Pick by list, β) Pick by light, γ) Voice picking και δ) RF picking. Είναι σύνηθες σε κάθε ένα τμήμα να χρησιμοποιείται μόνο μια μέθοδος συλλογής, όμως αυτό δεν σημαίνει ότι σε ένα τμήμα δεν θα μπορούσαν να υπάρχουν περισσότερες της μια μεθόδους συλλογής.

Στο τρίτο βήμα καταγράφονται οι στρατηγικές συλλογής για κάθε μια από τις μεθόδους συλλογής του κάθε τμήματος της αποθήκης. Για τις τρεις βασικές στρατηγικές συλλογής έγινε αναφορά στην παράγραφο 1.1.4.2, όπου αναλύθηκε το α) Single Order Picking, β) Batch Picking και γ) Zone Picking. Ομοίως όπως και πριν, σε κάθε μέθοδο συλλογής ενός τμήματος μπορούν να υπάρξουν περισσότερες της μιας στρατηγικές συλλογής.

Το τέταρτο βήμα είναι η ανάλυση των παραγγελιών για κάθε στρατηγική, μέθοδο και τμήμα της αποθήκης. Όπως αναφέρθηκε και στην παράγραφο 1.1.2. η κατηγοριοποίηση των παραγγελιών μπορεί να γίνει με βάση τις γραμμές, τις ποσότητες αυτών, τα κιβώτια, τις παλέτες καθώς και με τους διαφορετικούς τύπους των προϊόντων.

Στο πέμπτο βήμα καταγράφονται οι κατηγορίες των κινήσεων που γίνονται από τον εργαζόμενο στην διεκπεραίωση μιας παραγγελίας. Όλες οι κινήσεις που καλείται να κάνει ένας picker για την συλλογή μιας παραγγελίας κατηγοριοποιούνται σε επτά ομάδες. Οι κατηγορίες αυτές αποτελούν το Picking System Management, δηλαδή την συνολική διαχείριση των κινήσεων της διαδικασίας συλλογής. Συγκεκριμένα οι επτά ομάδες είναι:

- **Set up Management** (Προετοιμασία έναρξης εργασίας): Στην ομάδα του Set up management (SUM) συγκαταλέγονται όλες οι κινήσεις που αποτελούν το set up της διαδικασίας του picking. Τέτοιες κινήσεις είναι η τοποθέτηση της παλέτας στο παλετοφόρο, η τοποθέτηση των κενών χαρτοκιβωτίων στο παλετοφόρο ή το καρότσι, η παραλαβή της λίστας ή το log in στο scanner και άλλες κινήσεις που μπορεί να αποτελούν το set up του picking και που πραγματοποιούνται μόνο μια φορά κατά το ξεκίνημα.
- **Travelling Management** (Μετακινήσεις): Στην ομάδα του Travelling management (TM) συγκαταλέγονται όλες οι μετακινήσεις του picker που πραγματοποιούνται κατά την προετοιμασία μιας παραγγελίας. Συνήθως ο κάθε picker έχει σαν αφετηρία των μετακινήσεων του, τον χώρο όπου τοποθετούνται οι απροετοίμαστες λίστες ή οι κενές παλέτες και σαν τερματισμό την τοποθέτηση του πάλι στην ίδια περιοχή από όπου θα ξεκινήσει την επόμενη διαδικασία συλλογής.

- **Searching & Documentation Management** (Αναζήτηση & Επιβεβαίωση): Στην ομάδα Searching & Documentation Management (SDM) συγκαταλέγονται οι κινήσεις που πραγματοποιεί ο picker για την επιβεβαίωση της ποσότητας, της θέσης συλλογής, του κωδικού καθώς και της ημερομηνίας λήξης και το LOT για τα προϊόντα που έχουν.
- **Reaching & Handling Management** (Συλλογή): Στη ομάδα του Reaching & Handling Management (RHM) συγκαταλέγονται οι κινήσεις που κάνει ο picker για την συλλογή της ποσότητας που χρειάζεται η λίστα. Τέτοιες κινήσεις είναι το τέντωμα, το σκύψιμο, η χρήση σκάλας όπου χρειάζεται, η τοποθέτηση των ποσοτήτων στο κιβώτιο ή την παλέτα κ.α..
- **Marking & Labelling Management** (Χαρακτηρισμός): Στην ομάδα του Marking & Labelling Management (MLM) συγκαταλέγονται οι κινήσεις του picker που αφορούν την ταυτοποίηση των συλλεχθέντων κιβωτίων ή παλετών ώστε να μπορέσουν να χαρακτηριστούν με τα στοιχεία του παραλήπτη, το δρομολόγιο, τον κωδικό παραγγελίας και με όποια άλλη πληροφορία είναι αναγκαίο να αναγράφεται στο κιβώτιο ή την παλέτα.
- **Packaging & Palletization Management** (Κιβωτιοποίηση & Παλετοποίηση): Στην ομάδα του Packaging & Palletization Management (PPM) συγκαταλέγονται οι κινήσεις του picker που αφορούν την διαχείριση των κενών κιβωτίων (άνοιγμα & κλείσιμο) και την παλετοποίηση των συλλεχθέντων κιβωτίων.
- **Missing & Re-Handling Management** Στην ομάδα του Missing & Re-Handling Management (MRM) συγκαταλέγονται όλες οι κινήσεις του picker που δεν θα έπρεπε ουσιαστικά να συμβαίνουν γιατί δεν αποτελούν βασικές κινήσεις αλλά είναι κινήσεις που οφείλονται στην αστοχία του συστήματος ή σε λάθη του εργαζόμενου.

Για κάθε μια από τις παραπάνω ομάδες υπάρχει ένα μεγάλο πλήθος κινήσεων που τις απαρτίζουν. Το έκτο και τελευταίο στάδιο καλείται να καταγράψει αυτό το μεγάλο πλήθος κινήσεων και να τις συμπεριλάβει σε κάθε μια κατηγορία του PSM. Όμως η καταγραφή αυτών των κινήσεων πρέπει να γίνει λαμβάνοντας υπόψη όλα όσα αναφέρθηκαν πρωτίτερα, δηλαδή τις κατηγορίες των παραγγελιών, τις στρατηγικές και μεθόδους συλλογών καθώς και το τμήμα της αποθήκης που αφορούν.

Ο σκοπός της μεθοδολογίας του WBS είναι να εξάγει όλο το πλήθος των κινήσεων που μπορούν να υπάρξουν στην διαδικασία της συλλογής των παραγγελιών. Το σύνολο των καταγεγραμμένων κινήσεων (Group of Movements) θα αποτελέσει στην συνέχεια το επονομαζόμενο Γενικό Μοντέλο (General Model) ενώ τα υποσύνολα των κινήσεων που δημιουργούνται από τις παραμέτρους<sup>1</sup> θα αποτελέσουν τα Ειδικά Μοντέλα (Specific Models).

---

<sup>1</sup> Παράμετροι είναι το Orders' Classification, Picking Strategies, Picking Methods, Operations



## The Work Breakdown Structure

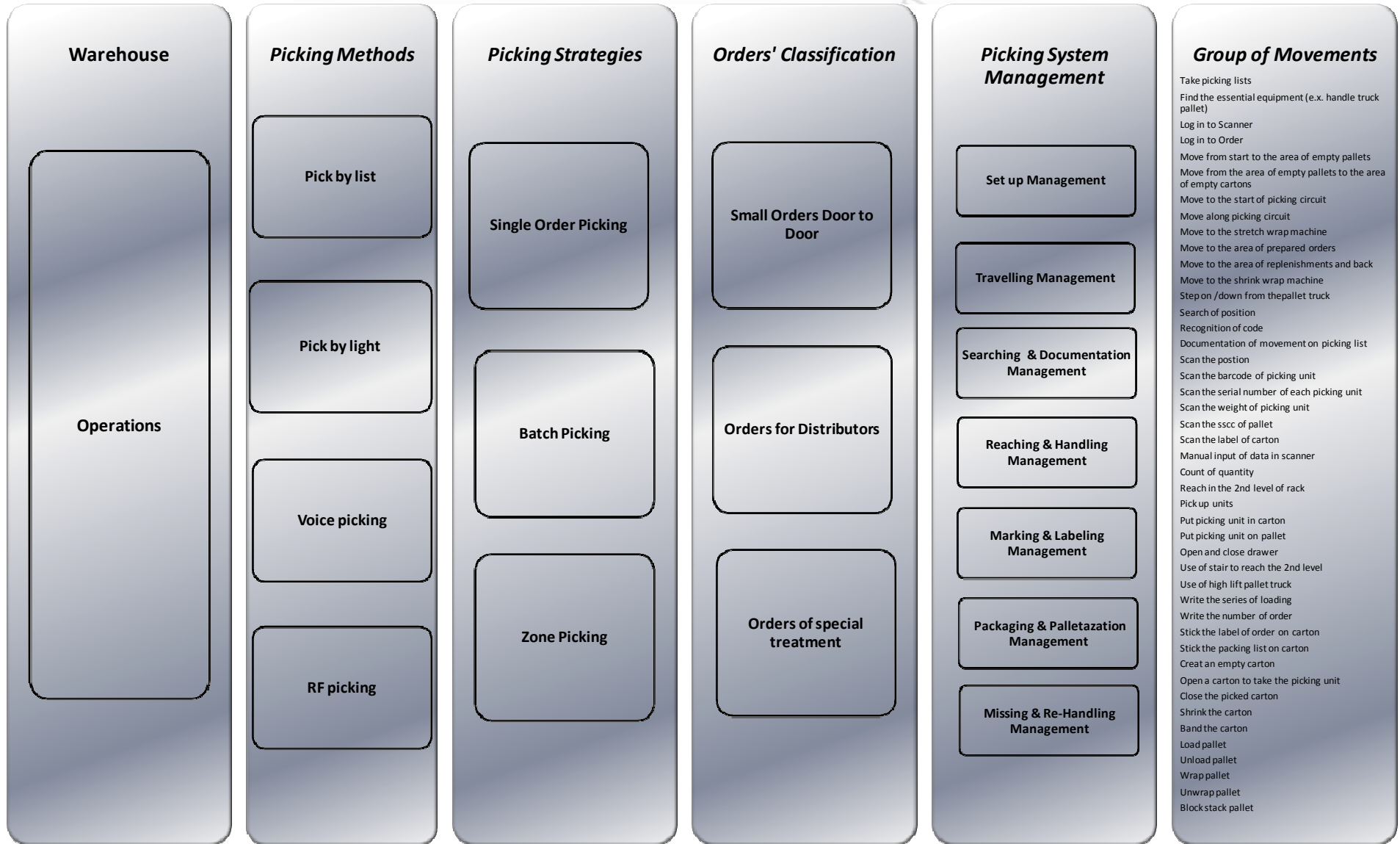


Figure 4 «Η μεθοδολογία του WBS καθώς και η σειρά των έξι βασικών βημάτων του»

### 1.3. Γενικό & Ειδικά μοντέλα Κινήσεων

Στην προηγούμενη ενότητα με την μεθοδολογία του WBS εξήχθη το Γενικό μοντέλο το οποίο αποτελούνταν από το σύνολο των κινήσεων που είχαν καταγραφεί στο έκτο βήμα (Group of Movements), επομένως:

« **Γενικό Μοντέλο** ορίζεται το σύνολο όλων των κινήσεων που έχουν καταγραφεί σε μια αποθήκη για την διαδικασία της συλλογής των παραγγελιών, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη καμία παραμετροποίηση.»

Από το γενικό μοντέλο για κάθε μια κατηγορία operation, για κάθε μια μέθοδο και στρατηγική συλλογής αλλά και για κάθε τύπο παραγγελίας, εξάγεται το ειδικό μοντέλο, επομένως:

« **Ειδικό Μοντέλο** ορίζεται το υποσύνολο των κινήσεων που προκύπτει από την παραμετροποίηση του Γενικού μοντέλου.»

Στην συνέχεια στον παρακάτω πίνακα απεικονίζεται το Γενικό μοντέλο που έχει εξαχθεί από το WBS. Στην πρώτη στήλη αναφέρονται οι κατηγορίες της κίνησης (PSM) όπως αναφέρθηκαν στην προηγούμενη ενότητα και στην δεύτερη στήλη αναφέρονται όλες οι κινήσεις του «Group of Movements» που αντιστοιχούν στην κάθε μια κατηγορία. Εδώ σημειώνεται ότι η κάθε κίνηση μπορεί να ανήκει μόνο σε μια κατηγορία του PSM. Όμως υπάρχει το ενδεχόμενο μια κίνηση που ανήκει σε μια κατηγορία να επαναλαμβάνεται στην κατηγορία του Missing & Re-Handling Management, εξαιτίας λάθους του picker ή αστοχίας του συστήματος. Για παράδειγμα η δημιουργία κενού χαρτοκιβωτίου είναι μια κίνηση που συγκαταλέγεται στο Packaging & Palletization Management, όμως εάν κάνει λάθος επιλογή στο χαρτοκιβώτιο ο picker, τότε θα επαναληφθεί και στην κατηγορία του Missing & Re-Handling Management

#### General Model of Movements

Picking System Management	Group of Movements
Set up Management	Take picking lists
	Find the essential equipment (e.x. handle truck pallet)
	Log in to Scanner
	Log in to Order

<b>Travelling Management</b>	Move from area of picking lists to the area of empty pallets
	Move from the area of empty pallets to the start of picking circuit
	Move from the area of empty pallets to the area of empty cartons
	Move from the area of empty cartons to the start of picking circuit
	Move along picking circuit
	Move from the end of picking circuit to the area of shrink wrap machine
	Move from the area of shrink wrap machine to stretch wrap machine
	Move from the end of picking circuit to the area of stretch wrap machine
	Move from the area of stretch wrap machine to the area of prepared orders
	Stand in / out of electric powered pallet
	Ride on /off electric powered pallet
	<b>Searching &amp; Documentation Management</b>
Recognition of code	
Documentation of movement on picking list	
Scan the position	
Scan the barcode of picking unit	
Scan the serial number of each picking unit	
Scan the weight of picking unit	
Scan the ssc of pallet	
Scan the label of carton	
Manual input of data in scanner	
Count of quantity	
<b>Reaching &amp; Handling Management</b>	Reach in the 2nd level of rack
	Pick up units
	Put picking unit in carton
	Put picking unit on pallet
	Open a carton to take the picking unit
	Open and close drawer
	Use of stair to reach the 2nd level
	Use of high lift pallet truck
<b>Marking &amp; Labeling Management</b>	Write the series of loading
	Write the number of order
	Stick the label of order on carton
	Stick the packing list on carton
<b>Packaging &amp; Palletization Management</b>	Create an empty carton
	Close the picked carton
	Shrink the carton
	Band the carton
	Load pallet
	Unload pallet
	Wrap pallet
	Unwrap pallet
Block stacking pallet	
<b>Missing &amp; Re-Handling Management</b>	Move to the area of replenishments and back to picking circuit
	Wrong Case Selection move back to area of empty cartons
	Create a new empty carton
	Re-Handling picking units
	Re-Handling cases of pallet
	Waiting for replenishments
e.t.c.	

**Table 3** «Γενικό Μοντέλο Κινήσεων»

Όπως προαναφέρθηκε όταν το γενικό μοντέλο λαμβάνει παραμετροποίηση τότε εξάγονται τα ειδικά μοντέλα. Συγκεκριμένα οι παράμετροι που λαμβάνει το γενικό μοντέλο είναι το τμήμα της αποθήκης, η μέθοδος και στρατηγική προετοιμασίας και τέλος ο τύπος της παραγγελίας.

Parameters	Warehouse	Operation 1				Operation 2			
	Picking Methods	RF picking	Pick by list	Pick by light		Voice picking	Pick by list		
	Picking Strategies	Single Order Picking		Batch Picking	Zone Picking	Single Order Picking	Batch Picking	Single Order Picking	
	Orders' Classification	Profile 1	Profile 2	Profile 3	Profile 4	Profile 1	Profile 2	Profile 3	
General model of Movements	SUM	Take picking lists	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		Find the essential equipment (e.x. handle truck pallet)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		Log in to Scanner	✓						
		Log in to Order	✓						
	TM	Move from area of picking lists to the area of empty pallets	✓	✓			✓	✓	✓
		Move from the area of empty pallets to the start of picking circuit	✓	✓			✓	✓	✓
		Move from the area of empty pallets to the area of empty cartons	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		Move from the area of empty cartons to the start of picking circuit	✓	✓	✓			✓	✓
		Move along picking circuit	✓	✓	✓	✓		✓	✓
		Move from the end of picking circuit to the area of shrink wrap machine							
		Move from the area of shrink wrap machine to stretch wrap machine	✓	✓				✓	✓
		Move from the end of picking circuit to the area of stretch wrap machine	✓	✓	✓	✓		✓	✓
		Move from the area of stretch wrap machine to the area of prepared orders							
		Stand in / out of electric powered pallet							
	Ride on /off electric powered pallet	✓	✓			✓	✓	✓	
	SDM	Search of position	✓	✓			✓	✓	✓
		Recognition of code		✓			✓	✓	✓
		Documentation of movement on picking list		✓				✓	✓
		Speak to confirm the position					✓		
		Speak to confirm the movement					✓		
		Push the button to document			✓	✓			
		Scan the position	✓						
		Scan the barcode of picking unit	✓						
		Scan the serial number of each picking unit	✓						
		Scan the weight of picking unit							
		Scan the ssc of pallet	✓						
		Scan the label of carton	✓						
		Speak to confirm the carton					✓		

<i>RHM</i>	Manual input of data in scanner	✓							
	Count of quantity		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	Reach in the 2nd level of rack		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	Pick up units	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	Put picking unit in carton	✓	✓			✓	✓	✓	
	Put picking unit on pallet		✓			✓	✓	✓	
	Put picking unit on Roll Cages				✓	✓			
	Put picking unit on Shelf Trolleys			✓					
	Open a carton to take the picking unit	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	Open and close drawer					✓			
	Use of stair to reach the 2nd level								
	Use of high lift pallet truck								
	<i>MLM</i>	Write the series of loading	✓	✓			✓	✓	✓
		Write the number of order	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Stick the label of order on carton		✓	✓			✓	✓	✓	
Stick the packing list on carton									
<i>PPM</i>	Create an empty carton	✓				✓			
	Close the picked carton	✓				✓			
	Shrink the carton								
	Band the carton					✓			
	Load pallet		✓				✓	✓	
	Unload pallet		✓				✓	✓	
	Wrap pallet		✓				✓	✓	
<i>MRM</i>	Unwrap pallet		✓				✓	✓	
	Block stack pallet		✓				✓	✓	
	Move to the area of replenishments and back to picking circuit	✓	✓	✓	✓			✓	
	Wrong Case Selection move back to area of empty cartons	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	Create a new empty carton		✓						
	Re-Handling picking units	✓	✓						
<i>MRM</i>	Re-Handling cases of pallet	✓	✓				✓	✓	
	Waiting for replenishments	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	

 Specific Model

**Specific Model**

**Table 4** «Πίνακας Εξαγωγής Ειδικών Μοντέλων Κινήσεων»

Με την βοήθεια του παραπάνω πίνακα matrix (Table 4) εξάγονται από το γενικό μοντέλο τα ειδικά μοντέλα. Συγκεκριμένα στις δύο πρώτες στήλες του πίνακα αναφέρονται οι

κατηγορίες του PSM και όλες οι κινήσεις του «Group of Movements», που στην ουσία αποτελούν το γενικό μοντέλο. Ενώ στις τέσσερις πρώτες γραμμές του πίνακα αναφέρονται οι τέσσερις βασικές παράμετροι του μοντέλου. Συμπληρώνοντας τα κελιά στα οποία υπάρχει συμφωνία μεταξύ κίνησης και παραμέτρων, ολοκληρώνεται η εξαγωγή των ειδικών μοντέλων. Σε αυτό το σημείο παρατηρώντας και τον πίνακα διαπιστώνεται ότι ένα ειδικό μοντέλο μπορεί να είναι υποσύνολο ενός άλλου ειδικού μοντέλου.

#### **1.4. Μέτρηση Βασικών, Κανονικών και Πρότυπων χρόνων**

Για την ολοκλήρωση του παραμετρικού μαθηματικού μοντέλου εκτός από την καταγραφή του Γενικού και των Ειδικών μοντέλων, χρειάζεται να υπολογιστούν και οι χρόνοι των κινήσεων. Στην προκειμένη περίπτωση, οι χρόνοι που απαιτούνται για την εκτέλεση κάθε μιας από τις κινήσεις που έχουν αναφερθεί στο γενικό μοντέλο, θα αποτελέσουν και έναν από τους συντελεστές του μαθηματικού μοντέλου.

Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν για να υπολογιστεί ο χρόνος εκτέλεσης για κάθε μια από τις κινήσεις που έχουν καταγραφεί σε προηγούμενη παράγραφο θα πρέπει πάνω απ' όλα να είναι στατιστικά εύρωστες. Συνεπάγεται ότι ο υπολογισμός του βασικού χρόνου για κάθε κίνηση βασίζεται σε ένα μεγάλο δείγμα μετρήσεων. Για τον καθορισμό του βασικού χρόνου χρειάστηκε να γίνει ένα μεγάλο πλήθος μετρήσεων ακρίβειας για ένα διαφορετικό δειγματοληπτικό εύρος.

Το διαφορετικό δειγματοληπτικό εύρος επιτεύχθηκε με τις μετρήσεις διαφορετικών προσώπων κάτω από διαφορετικές συνθήκες εργασίας. Αυτό κρίθηκε αναγκαίο λόγω του ότι μια κίνηση μπορεί να διαφέρει σημαντικά ως προς τον χρόνο εκτέλεσης από ricker σε ricker. Ένας ακόμα σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει το χρόνο εκτέλεσης μιας κίνησης και που πρέπει να ληφθεί υπόψη, είναι η χρονική στιγμή που πραγματοποιείται η μέτρηση μέσα στο ωράριο του εργαζομένου. Για παράδειγμα η παραγωγικότητα ενός ricker μέσα στο οκτώωρο δεν είναι σταθερή, για το πρώτο χρονικό διάστημα ακολουθεί μια αυξητική πορεία και στην συνέχεια ακολουθεί μια πτωτική τάση, επομένως και ο χρόνος που χρειάζεται για να εκτελέσει μια κίνηση ακολουθεί μια αντιστρόφως ανάλογη πορεία, δηλαδή σταδιακά μειώνεται και στην συνέχεια αυξάνεται. Συνεπώς για να υπάρξουν ακριβή και τεκμηριωμένα αποτελέσματα, οι μετρήσεις θα πρέπει να γίνουν στο μέγιστο εφικτό δείγμα, λαμβάνοντας υπόψη όλους τους παράγοντες που μπορεί να τις επηρεάσουν. Έτσι λοιπόν οι μετρήσεις έγιναν σε ποσοστό 80% του προσωπικού, σε τυχαίες ώρες και μέρες μέσα στην εβδομάδα, σε έμπειρους και άπειρους εργαζόμενους, σε μέρες με αυξημένη και μειωμένη παραγωγή, υπό την παρακολούθηση του προϊσταμένου και όχι.

Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο χρόνος διακρίνεται σε τρεις κατηγορίες, συγκεκριμένα στο βασικό, τον κανονικό και τον πρότυπο χρόνο. Πιο συγκεκριμένα:

Ο **βασικός χρόνος** είναι το άμεσο προϊόν της χρονομέτρησης και το αποτέλεσμα των μετρήσεων οι οποίες γίνονται άμεσα με επιτόπια οπτική παρατήρηση. Ο βασικός χρόνος ορίζεται ως η μέση τιμή των μετρήσεων τι οι οποίες καταγράφονται αν επαναληφθεί Ν φορές ο κύκλος της εργασίας, δηλαδή:

$$T_B = 1/N \sum t_i, \text{ με } i = 1, \dots, N.$$

Ο **Κανονικός χρόνος** προκύπτει από τον Βασικό χρόνο διαιρούμενος με τον βαθμό απόδοσης ( $r$ ) του εργαζόμενου, δηλαδή υπολογίζεται από τη σχέση:

$$T_N = T_B/r, \text{ με } r \text{ ο βαθμός απόδοσης.}$$

Ο **πρότυπος χρόνος** προκύπτει από τον κανονικό χρόνο εάν προστεθούν και οι μη παραγωγικοί χρόνοι που στην ουσία αντιστοιχούν και στις γενικότερες συνθήκες και ιδιομορφίες της εργασίας καθώς και τις ανάγκες του κάθε εργαζόμενου. Έτσι ο πρότυπος χρόνος προκύπτει σύμφωνα από την σχέση:

$$T_S = T_N (1+\lambda)$$

όπου  $\lambda$  είναι το ποσοστό του κανονικού χρόνου που αντιστοιχεί στις παραπάνω επιβαρύνσεις.

Μετά από μια σειρά μετρήσεων για κάθε κίνηση, εξάγεται ο μέσος χρόνος από τις συνολικές μετρήσεις. Το δείγμα των μετρήσεων για κάθε κίνηση ακολουθεί μια κανονική κατανομή. Ο μέσος χρόνος της κάθε κίνησης αποδίδει το βασικό της χρόνο. Για τον υπολογισμό του κανονικού χρόνου του κάθε picker θα πρέπει πρώτα να υπολογιστεί και ο βαθμός απόδοσης ή αλλιώς ο συντελεστής αποδοτικότητάς του. Ο συντελεστής αυτός υπολογίζεται ως η ποσοστιαία διαφορά του βασικού χρόνου (για μια συγκεκριμένη κίνηση) σε σχέση με το μέσο όρο των μετρήσεων του συγκεκριμένου picker. Για παράδειγμα εάν ένας picker εκτελεί μια εργασία σε 1,2 sec και οι συνολικές μετρήσεις έχουν δείξει ότι η κίνηση αυτή έχει βασικό χρόνο 1,5 sec τότε η κίνηση αυτή μπορεί να γίνει 25% γρηγορότερα και συνεπώς ο συντελεστής αποδοτικότητας (performance rating) του picker θα μπορούσε να είναι 1,25 ή 125% του βασικού. Επομένως ο κανονικός χρόνος για τον picker μπορεί να υπολογιστεί σαν  $1,5/1,25=1,2\text{sec}$ .

Οι μέσοι όροι για κάθε κίνηση προστίθενται αποδίδοντας έτσι το χρόνο παραγωγικότητας (αποδοτικότητας) για τον picker. Παρ' όλα αυτά για να γίνει χρήσιμος ο χρόνος αυτός για όλους τους εργαζόμενους πρέπει να συμπεριληφθεί η μέτρηση ταχύτητας ή ο δείκτης προσωπικής αποδοτικότητας του εργαζόμενου. Η εφαρμογή του παράγοντα δείκτη δίνει τον κανονικό χρόνο.

Στο παραμετρικό μαθηματικό μοντέλο που θα παρουσιαστεί παρακάτω, σε πρώτη φάση θα εξαχθεί ο συνολικός βασικός χρόνος και στην συνέχεια θα υπολογιστεί ο κανονικός χρόνος με βάση τον συντελεστή απόδοσης του picker και τέλος ο πρότυπος χρόνο λαμβάνοντας υπόψη τον συντελεστή χαλάρωσης ( $RA = \text{relaxation allowance}$ ).

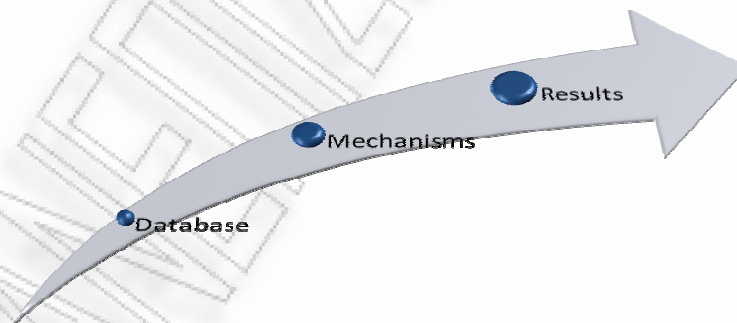
## 2. Μετρήσεις Απόδοσης

Οι μετρήσεις αποδοτικότητας σε ένα operation και δη στη διαδικασία του order picking αποτελούν την κύρια μεθοδολογία για τη διάγνωση προβλημάτων και το μηχανισμό επίλυσης τους. Μετρώντας την αποδοτικότητα του order picking και της κάθε διαδικασίας του, υπάρχει ένα σημαντικό πλεονέκτημα για την κατανόηση προβλημάτων και την εφαρμογή αλλαγών που βελτιώνουν την απόδοση της κάθε διαδικασίας. Το κεφάλαιο αυτό επεξηγεί το μηχανισμό για την υλοποίηση του παραμετρικού μοντέλου, με το οποίο ορίζεται:

**Ο συνολικός<sup>1</sup> στόχος της διαδικασίας του order picking**

Συγκεκριμένα το παραμετρικό μοντέλο έχει ως κύριο σκοπό να εξάγει έναν υλοποιήσιμο-εφικτό στόχο, ο οποίος θα μπορεί να ερμηνευτεί σε κιβώτια / ώρα, scans / ώρα, lines / ώρα ή παλέτες / ώρα. Ο στόχος αυτός θα αποτελέσει το δείκτη μέτρησης της παραγωγικότητας για το εκάστοτε operation. Παράλληλα, το μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μετρήσεις αποδοτικότητας σε όλο το φάσμα των διαδικασιών (συγκεκριμένα για μετρήσεις σε κάθε PSM) και σε κάθε έναν από τους τύπους των παραγγελιών του συγκεκριμένου operation.

Σε αυτό το κεφάλαιο η σύνθεση του παραμετρικού μοντέλου θα επεξηγηθεί σε τρία βήματα (fig.5). Όπως παρουσιάζεται και στο σχήμα, στην είσοδο του μοντέλου βρίσκεται η Βάση Δεδομένων, ακολουθούν οι μηχανισμοί επεξεργασίας των δεδομένων και τέλος στην έξοδο του μοντέλου προκύπτουν τα αποτελέσματα.



**Figure 5** «Τα τρία βασικά στάδια του Performance Measurement»

<sup>1</sup> Ο «Συνολικός στόχος» αποτελεί το στόχο όλου του operation, ενώ ο όρος «Μερικός στόχος» αποτελεί το στόχο ενός υποσυνόλου του operation.



Για την καλύτερη κατανόηση της μεθοδολογίας θα αναφερθεί παράλληλα ένα αληθινό παράδειγμα για ένα τμήμα μιας αποθήκης. Το τμήμα αυτό αποτελείται από τρία προφίλ παραγγελιών, στα οποία η μέθοδος και η στρατηγική συλλογής είναι κοινή. Για κάθε προφίλ παραγγελίας τα προϊόντα είναι κοινά και ανήκουν στην ίδια οικογένεια είδους. Οι συνθήκες αποθήκευσης των προϊόντων είναι κανονικές, επίσης ο όγκος και το βάρος των προϊόντων έχουν το μεσαίο δείκτη δυσκολίας (βλέπε figure2).

## 2.1. Συλλογή Δεδομένων & Ανάπτυξη Βάσης Δεδομένων

Σε αυτό το βήμα δημιουργείται η βάση δεδομένων που είναι απαραίτητη προκειμένου να λειτουργήσει ο μηχανισμός του παραμετρικού μοντέλου. Η ακρίβεια των δεδομένων καθώς και η όλη προσέγγιση του προβλήματος είναι και αυτά που θα καθορίσουν την επιτυχία των αποτελεσμάτων. Η βάση δεδομένων αποτελείται από τέσσερα βασικά τμήματα όπως προαναφέρθηκε στο κεφάλαιο 1. Τα δεδομένα των μετακινήσεων, των παραγγελιών, των δραστηριοτήτων και τέλος των χρονικών μετρήσεων.

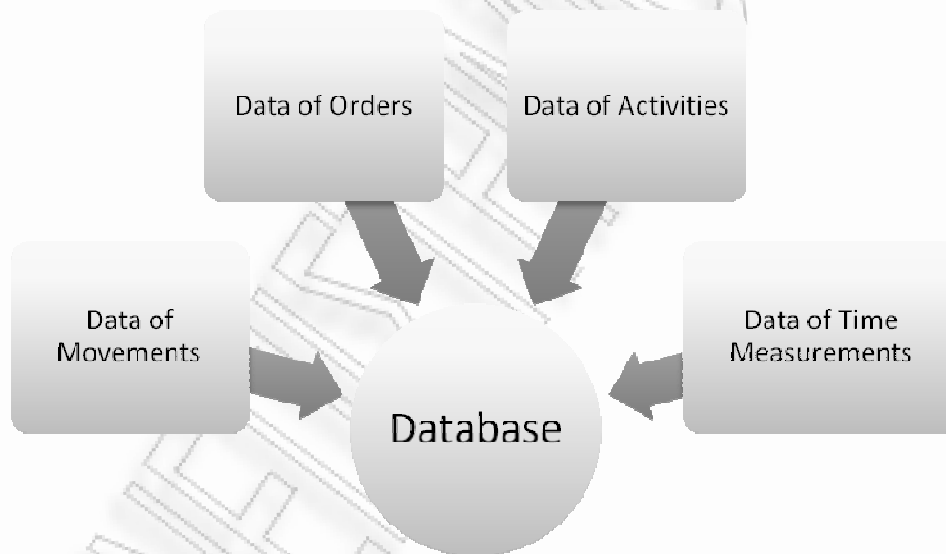


Figure 6 «Η Βάση Δεδομένων του Παραμετρικού Μοντέλου»

### 2.1.1. Δεδομένα Αποστάσεων

Στην παράγραφο 1.1.3. έγινε μια πρώτη προσέγγιση στην χωροταξική καταγραφή του picking circuit και της ευρύτερης περιοχής με σκοπό να υπολογιστούν οι αποστάσεις που καλείται να κάνει ο picker. Οι μετακινήσεις που καλείται να κάνει ένας picker για την διεκπεραίωση των παραγγελιών χωρίζονται σε δυο ομάδες υπολογισμού. Η πρώτη ομάδα

αφορά τη μετακίνηση που γίνεται εντός του picking circuit και η δεύτερη αφορά όλες τις μετακινήσεις που γίνονται εκτός αυτού.

Πιο συγκεκριμένα, η πρώτη ομάδα αφορά τον υπολογισμό της απόστασης που καλείται να κάνει ένας picker για την διεκπεραίωση μιας λίστας συλλογής, μέσα στο picking circuit. Η απόσταση που καλείται να διανύσει ο picker, μπορεί να υπολογιστεί είτε πρακτικά, είτε θεωρητικά. Πρακτικά, υπολογίζεται με τη φυσική μέτρηση της διαδρομής, δηλαδή, με το άθροισμα του μήκους των διαδρόμων από τους οποίους συλλέγονται τα προϊόντα. Για τον θεωρητικό υπολογισμό, θα πρέπει να υπάρχει ένας κοινός τύπος αποθήκευσης των προϊόντων. Στον θεωρητικό υπολογισμό της απόστασης βοηθάει η συμπλήρωση του παρακάτω πίνακα Table 5. Πιο ειδικά, για τη συμπλήρωση του πίνακα απαιτούνται: α) ο αριθμός των θέσεων, β) το μεικτό μήκος της κάθε θέσης, γ) τα επίπεδα του picking circuit, δ) το σύνολο των διαδρόμων, ε) την απόσταση μεταξύ των διαδρόμων και στ) εάν ο τρόπος picking είναι μιας ή δύο κατευθύνσεων.

Number of Picking Positions	
Levels of Picking Circuit	
Mixed Width of Picking Position	
Number of Corridors	
Distance Between Corridors	
Picking Way Type	

Theoretical Distance Travelled	
--------------------------------	--

**Table 5** « Πίνακας θεωρητικού υπολογισμού της απόστασης μέσα στο picking circuit»

Ο τύπος που εκφράζει τον υπολογισμό της απόστασης είναι ο ακόλουθος:

$$D = (a/l)w(x/2) + (n-1)d$$

$a$  : number of picking positions

$l$  : number of levels

$w$  : mixed width of picking position

$n$  : number of corridors

$d$  : distance between corridors

$x = 1$  ( for one direction) or  $2$  ( for two directions)

Στο παράδειγμα που θα γίνει αναφορά, το operation αποτελείται από 120 θέσεις (κωδικούς) με μεικτό πλάτος της κάθε μιας 0,95 μέτρα ενώ όλες οι θέσεις βρίσκονται σε ένα επίπεδο. Το picking circuit αποτελείται από δύο διαδρόμους και η μεταξύ τους απόσταση είναι 5,8 μέτρα (βλέπε figure 7). Ο picker διανύει τον κάθε διάδρομο δυο φορές συλλέγοντας την κάθε φορά από έναν μόνο τομέα (εκ δεξιών) επομένως το Picking Way Type ισούται με δύο. Έτσι ο παραπάνω πίνακας υπολογισμού της απόστασης του picking circuit που θα διανύσει ο picker για κάθε μια λίστα συλλογής διαμορφώνεται ως εξής:

### Calculation of Picking circuit Distance

Number of Picking Positions	120
Levels of Picking Circuit	1
Mixed Width of Picking Position	0,95 m
Number of Corridors	2
Distance Between Corridors	5,8 m
Picking Way Type	2
<b>Theoretical Distance Travelled</b>	<b>119,8 m</b>

Η δεύτερη ομάδα αποτελείται από όλες τις υπόλοιπες μετακινήσεις που καλείται να κάνει ο picker εκτός του picking circuit. Για παράδειγμα τέτοιες κινήσεις είναι η μετακίνηση του εργαζόμενου από τον χώρο των προετοιμασμένων παραγγελιών προς τον χώρο των κενών παλετών, από το χώρο των κενών παλετών προς τον χώρο όπου βρίσκονται οι λίστες συλλογής κ.τ.λ. Για τον εύκολο υπολογισμό των αποστάσεων, καταγράφονται σε ένα πίνακα όλα τα σημεία τα οποία είναι πιθανόν να επισκεφθεί ο picker. Καταγράφοντας τις πιθανές θέσεις στις στήλες και στις γραμμές του πίνακα συμπληρώνονται στα κελιά οι μεταξύ τους αποστάσεις. Ο πίνακας που ακολουθεί αναφέρει τις αποστάσεις μεταξύ των πιθανών θέσεων που μπορεί να επισκεφθεί ο picker για το παράδειγμα μας. Στον υπολογισμό των αποστάσεων μεταξύ των διαφόρων σημείων έχει βοηθήσει η χωροταξική καταγραφή της αποθήκης (βλέπε figure 7).

### Calculation of the distance between the points

From → To	Area of prepared orders	Area of empty pallets	Area of picking lists	Area of stretch wrap machine	Area of shrink wrap machine	Area of empty cartons	Area of replenishments	Start of picking circuit	End of picking circuit
Area of prepared orders		15,6	16,2	20,4	24,2	22,4	31,3	20,8	24,7
Area of empty pallets	15,6		2,4	7,5	11,3	9,8	40,8	8,6	12,6
Area of picking lists	16,2	2,4		5,1	8,9	7,8	38,4	6,2	10,5
Area of stretch wrap machine	20,4	7,5	5,1		3,8	3,3	34,9	2,7	5,6
Area of shrink wrap machine	24,2	11,3	8,9	3,8		2,8	36,6	4,4	3,3
Area of empty cartons	22,4	9,8	7,8	3,3	2,8		33,8	1,6	3,1
Area of replenishments	31,3	40,8	38,4	34,9	36,6	33,8		32,2	32,2
Start of picking circuit	20,8	8,6	6,2	2,7	4,4	1,6	32,2		5,8
End of picking circuit	24,7	12,9	10,5	5,6	3,3	3,1	32,2	5,8	

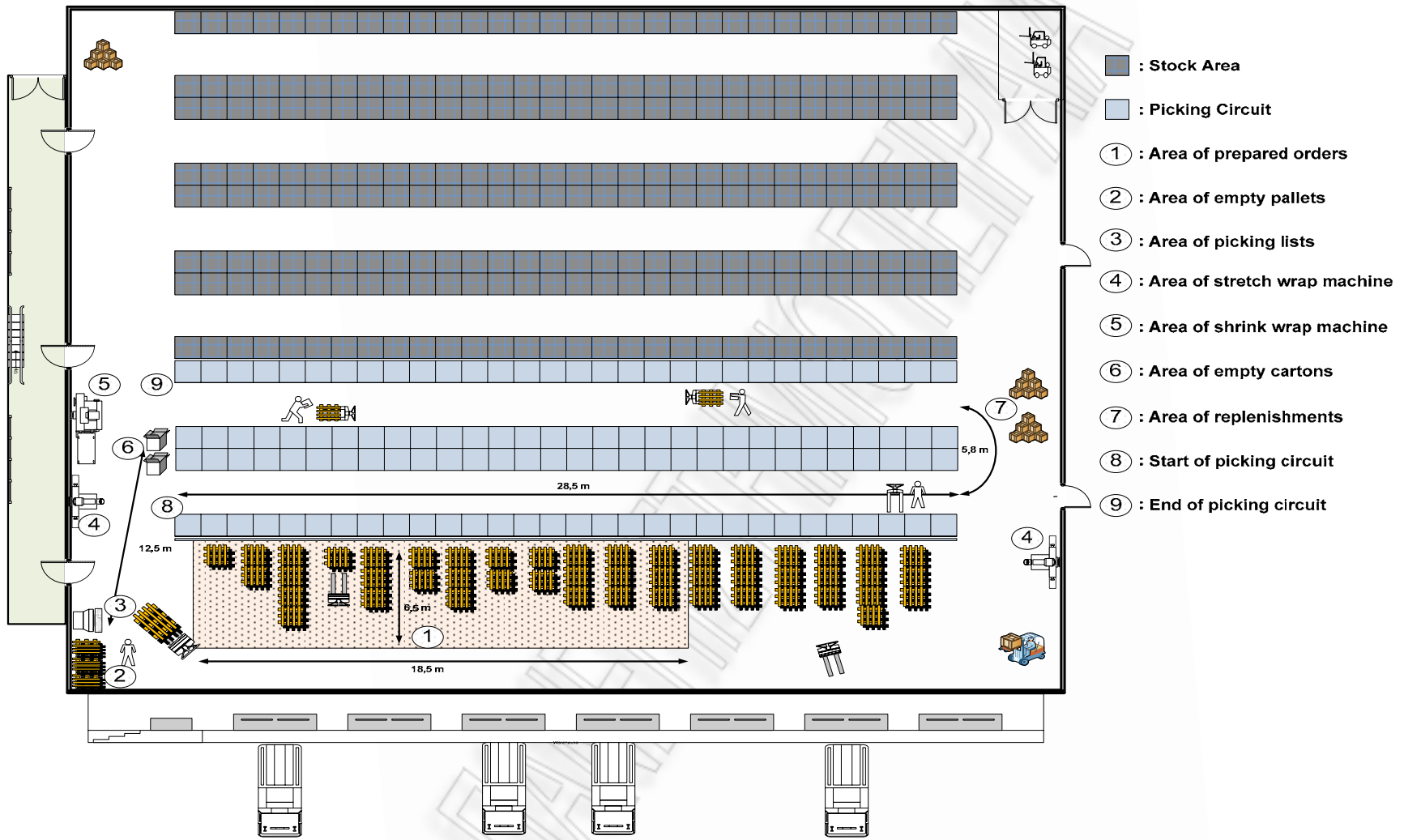


Figure 7 «Χωροταξική Καταγραφή Αποθήκης»

### 2.1.2. Δεδομένα Παραγγελιών<sup>1</sup>

Η παράγραφος 1.1.2 αναφερόταν στην ανάλυση των παραγγελιών και στην ομαδοποίηση αυτών με βάση τα χαρακτηριστικά τους. Η ανάλυση που έγινε σε εκείνο το στάδιο θα χρειαστεί σε αυτό ακριβώς το βήμα στη δημιουργία της βάσης δεδομένων των παραγγελιών. Τα δεδομένα των παραγγελιών θα αποτελέσουν έναν από τους παράγοντες του μαθηματικού μοντέλου και θα πρέπει να είναι ακριβή, ώστε να διασφαλιστεί η ακεραιότητα του αποτελέσματος. Καταρχήν θα πρέπει να υπολογιστεί το πλήθος των διαφορετικών προφίλ παραγγελιών και στην συνέχεια για κάθε προφίλ παραγγελίας και οικογένεια προϊόντος, να υπολογιστούν τα δεδομένα που χρειάζονται. Έτσι σε πρώτη φάση εξάγονται τα δεδομένα για κάθε προφίλ παραγγελίας, συγκεκριμένα:

- ο μέσος όρος των συνολικών γραμμών ανά παραγγελία (*Lines / Order*)
- ο μέσος όρος των συνολικών μονάδων <sup>2</sup> ανά γραμμή (*Units / Line*)
- ο μέσος όρος των συνολικών μονάδων ανά παραγγελία (*Units / Order*)
- ο μέσος όρος των κιβωτίων ανά παραγγελία (*Cartons/ Order*)
- ο μέσος όρος των παλετών ανά παραγγελία (*Pallets / Order*)
- ο μέσος όρος των παλετών σε πάτωμα<sup>3</sup> (*Pallets / Platform*)

Εφόσον ολοκληρωθεί η καταγραφή των δεδομένων για κάθε προφίλ παραγγελίας, σε δεύτερη φάση καταγράφονται τα δεδομένα για τις διαφορετικές ομάδες προϊόντων. Η καταγραφή των δεδομένων για τις διαφορετικές ομάδες προϊόντων είναι αναγκαία μόνο εάν για το ίδιο προφίλ παραγγελίας υπάρχουν προϊόντα διαφορετικών οικογενειών και επομένως χρειάζονται και διαφορετική μεταχείριση. Για παράδειγμα μπορεί σε ένα προφίλ παραγγελιών να υπάρχουν δυο διαφορετικές ομάδες προϊόντων. Για τη μία ομάδα μπορεί να απαιτείται σάρωμα δυο φορές, τη μια το barcode και την άλλη για το σειριακό αριθμό, ενώ για την άλλη ομάδα να απαιτείται το σάρωμα μόνο του barcode. Δηλαδή στην

---

<sup>1</sup> Με τον όρο «παραγγελία» αναφερόμαστε μόνο σε μια λίστα συλλογής. Παρόλο που μια λίστα συλλογής μπορεί να είναι μια ή περισσότερες παραγγελίες για τον ίδιο παραλήπτη.

<sup>2</sup> Ο όρος «μονάδα» μπορεί να αναφέρεται σε κιβώτια, τεμάχια, παλέτες ή ακόμα και σε scans εάν η μέθοδος προετοιμασίας είναι με RF. Δηλαδή ο τύπος της μονάδας εξαρτάται από το είδος του προϊόντος και τη μέθοδο συλλογής.

<sup>3</sup> Η «παλέτα σε πάτωμα» διευκρινίζει τον χώρο που καταλαμβάνει η παραγγελία. Για παράδειγμα μια παραγγελία μπορεί να είναι τρεις παλέτες, αλλά τοποθετώντας την μια παλέτα πάνω στην άλλη να γίνονται συνολικά μια παλέτα πάτωμα.

συγκεκριμένη περίπτωση θα είχαμε μια κατηγορία προϊόντων που απαιτεί σειριακή παρακολούθηση και τεμαχιακό σάρωμα, ενώ στην άλλη όχι. Με αυτό το παράδειγμα βγαίνει το συμπέρασμα, πως σε ορισμένες περιπτώσεις είναι απαραίτητος ο διαχωρισμός των προϊόντων σε κατηγορίες, εφόσον αυτόματα για το μοντέλο αλλάζει το πλήθος των κινήσεων.

Ο παρακάτω πίνακας (table 6) χρησιμοποιείται για τη συμπλήρωση των δεδομένων των παραγγελιών. Στην πρώτη στήλη κατηγοριοποιούνται τα προφίλ των παραγγελιών και στην δεύτερη στήλη αναγράφεται το ποσοστό των παραγγελιών επί του συνόλου στο συγκεκριμένο operation. Στην συνέχεια ακολουθούν τα δεδομένα για κάθε κατηγορία προϊόντος, και το σύνολο του κάθε προφίλ παραγγελίας, ενώ στο τέλος απεικονίζονται τα σύνολα για όλο το operation.

Orders Cluster	%	Number of picking lists	Products Cluster	%	Lines / Order	Units / Line	Units / Order	Cartons / Order	Pallets / Order	Pallets / Platform
Profile 1			Product A							
			Product B							
			Product C							
			<b>Total</b>							
Profile 2			Product A							
			Product B							
			Product C							
			<b>Total</b>							
Profile3			Product A							
			Product B							
			Product C							
			<b>Total</b>							
Profile 4			Product A							
			Product B							
			Product C							
			<b>Total</b>							
<b>Total</b>										

**Table 6 «Πίνακας Δεδομένων Παραγγελιών»**

Το παράδειγμα που θα αναπτυχθεί, θα αναφέρεται σε τρεις διαφορετικούς τύπους παραγγελιών. Το πρώτο προφίλ παραγγελιών αφορά τις μικρές παραγγελίες που έχουν μονάδα συλλογής το τεμάχιο και στην ουσία είναι παραγγελίες door to door. Το δεύτερο προφίλ παραγγελιών αφορά μεγάλες παραγγελίες που η μονάδα συλλογής είναι το κιβώτιο. Τέλος το τρίτο προφίλ παραγγελιών αφορά τις μεγάλες παραγγελίες door to door στις οποίες και εδώ η μονάδα συλλογής είναι το κιβώτιο. Όλα τα προφίλ παραγγελιών έχουν ακριβώς την ίδια οικογένεια προϊόντος, ενώ για κάθε προφίλ παραγγελίας έχουν υπολογιστεί οι μέσοι όροι στις γραμμές, στις μονάδες συλλογής, στα κιβώτια και στις παλέτες. Με τα δεδομένα του παραδείγματος ο παραπάνω πίνακας διαμορφώνεται ως εξής:

### Data of Orders

Orders Cluster	%	Products Cluster	Lines / Order	Units / Line	Units / Order	Cartons <sup>1</sup> / order	Pallets / Order	Pallets / Platform
Type 1	83%	A	10,66	3,23	34,43	7,35	0,95	0,95
Type 2	6%	A	9,90	20,60	203,94		9,90	3,30
Type 3	11%	A	7,68	12,40	95,23		1,65	1,65
Total	100%		28,24	36,23	333,60	7,35	12,50	5,90

### 2.1.3. Δεδομένα Κινήσεων

Στην προηγούμενη ενότητα με τη βοήθεια της μεθοδολογίας του WBS αναπτύχθηκε αρχικά το γενικό και σε δεύτερο χρόνο το ειδικό μοντέλο κινήσεων του παραμετρικού μοντέλου. Ο κορμός του παραμετρικού μοντέλου είναι το ειδικό μοντέλο, δηλαδή όλες οι κινήσεις που γίνονται από την έναρξη έως και την λήξη της προετοιμασίας μιας παραγγελίας. Οι κινήσεις που έχουν καταγραφεί στο ειδικό μοντέλο σε συνδυασμό με τις μεταβλητές τους που είναι η απόσταση και τα δεδομένα των παραγγελιών, καθώς και με τη συχνότητα τους θα εξάγουν το επιθυμητό αποτέλεσμα που είναι ο στόχος.

Η βάση των δεδομένων αποτελείται από όλες τις κινήσεις που γίνονται σε κάθε προφίλ παραγγελίας ώστε να μπορέσει να εκτελεστεί μια λίστα συλλογής. Το μεγαλύτερο ποσοστό των κινήσεων σε ένα operation είναι κοινό για όλα τα προφίλ, όμως υπάρχουν αρκετές κινήσεις που γίνονται μόνο σε ορισμένα προφίλ παραγγελιών. Εκτός από τις αναγκαίες κινήσεις που απαιτούνται, πρέπει να γίνει και η καταγραφή των κινήσεων που μπορεί να καθυστερήσουν τον picker και να του προσθέσουν επιπλέον χρόνο για την διεκπεραίωση μια λίστας συλλογής. Στην καταγραφή των κινήσεων λαμβάνεται σοβαρά υπόψη η μέθοδος και η στρατηγική προετοιμασίας της παραγγελίας, καθώς αυτές μπορούν να αλλάζουν σε κάθε προφίλ παραγγελίας.

Ο παρακάτω πίνακας χρησιμοποιείται για την καταγραφή των κινήσεων, αναφέροντας όλες τις κινήσεις που γίνονται για κάθε ένα από τα τρία προφίλ παραγγελιών του παραδείγματος. Η καταγραφή πραγματοποιήθηκε με την επιτόπια παρακολούθηση των pickers στην διαδικασία της συλλογής των παραγγελιών και για τα τρία προφίλ.

<sup>1</sup> Στο παράδειγμα που αναπτύσσεται μόνο το profile 1 συμπληρώνουμε cartons/order επειδή το picking unit του είναι το κουτί, αντίθετα με τα άλλα profiles που το picking unit τους είναι το κιβώτιο.

**Data of Movements**

<b>Warehouse</b>		<b>Operation 1</b>		
<b>Picking Methods</b>		<b>Pick by list</b>		
<b>Picking Strategies</b>		<b>Single Order Picking</b>		
<b>PSM</b>	<b>Orders' Classification</b>	<b>Type 1</b>	<b>Type 2</b>	<b>Type 3</b>
<b>Group of Movements</b>				
<b>SUM</b>	Take picking lists	√	√	√
	Find the essential equipment	√	√	√
<b>TM</b>	Move from area of picking lists to the area of empty pallets	√	√	√
	Move from the area of prepared orders to the area of empty pallets		√	√
	Move from the area of empty pallets to the start of picking circuit		√	√
	Move from the area of empty pallets to the area of empty cartons	√		
	Move from the area of empty cartons to the start of picking circuit	√		
	Move along picking circuit	√	√	√
	Move from the end of picking circuit to the area of shrink wrap machine	√		
	Move from the area of shrink wrap machine to stretch wrap machine	√		
	Move from the end of picking circuit to the area of stretch wrap machine		√	√
	Move from the area of stretch wrap machine to the area of prepared orders	√	√	√
	Stand in / out of electric powered pallet	√	√	√
	Ride on /off electric powered pallet	√	√	√
	<b>SDM</b>	Search of position	√	√
Recognition of code		√	√	√
Documentation of movement on picking list		√	√	√
Count of quantity		√	√	√
<b>RHM</b>	Pick up units	√	√	√
	Put picking unit in carton	√		
	Put picking unit on pallet		√	√
	Open a carton to take the picking unit	√		
<b>MLM</b>	Write the series of loading	√	√	√
	Write the number of order	√	√	√
	Stick the label of order on carton	√		
	Stick the label of order on pallet	√	√	√
<b>PPM</b>	Create an empty carton	√		
	Close the picked carton	√		
	Load pallet	√	√	√
	Unload pallet	√	√	√
	Band the carton	√		
	Wrap pallet	√	√	√
	Unwrap pallet	√	√	√
<b>MRM</b>	Block stack pallet		√	
	Move to the area of replenishments and back to picking circuit	√	√	√
	Wrong Case Selection move back to area of empty cartons	√		
	Create a new empty carton	√		
	Re-Handling of picking units	√		
	Re-Handling cases	√	√	√
	Waiting for replenishments	√	√	√



#### 2.1.4. Δεδομένα Βασικών Χρόνων

Τα δεδομένα των βασικών χρόνων αποτελούν το τελευταίο προαπαιτούμενο για την ολοκλήρωση της βάσης δεδομένων. Για κάθε κίνηση μέσα από ένα μεγάλο πλήθος μετρήσεων υπολογίζεται ο μέσος όρος που στην ουσία αποτελεί και τον βασικό χρόνο. Ο βασικός χρόνος εκφράζει τον μέσο χρόνο που απαιτείται για να ολοκληρωθεί μια πλήρης κίνηση. Έτσι για κάθε κίνηση που έχει καταγραφεί σε κάθε προφίλ παραγγελίας θα πρέπει να υπολογιστεί ο βασικός χρόνος.

Στον υπολογισμό του βασικού χρόνου θα πρέπει να ληφθούν υπόψη παράγοντες που επηρεάζουν το χρόνο πέρα από τον ανθρώπινο παράγοντα. Ο σημαντικότερος παράγοντας που πρέπει να συνυπολογιστεί είναι ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται για την υλοποίηση μιας κίνησης. Για παράδειγμα ο εξοπλισμός μετακίνησης του ricker και των εμπορευμάτων είναι ο παράγοντας που επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τον χρόνο μετακινήσεων. Εάν ο ricker χρησιμοποιήσει για την διεκπεραίωση μιας παραγγελίας καρότσι, χειροκίνητο παλετοφόρο ή ηλεκτροκίνητο παλετοφόρο επηρεάζεται σημαντικά ο χρόνος διεκπεραίωσης της παραγγελίας. Επίσης σε ένα operation που η μέθοδος συλλογής γίνεται με την χρήση RF μπορεί να επηρεαστεί σε μεγάλο βαθμό ο χρόνος κάποιων κινήσεων ανάλογα με τον τύπο του scanner, για παράδειγμα το επικάρπιο scanner προσδίδει ελευθερία κινήσεων στον ricker, καθώς συλλέγει τα προϊόντα χωρίς να χρειάζεται η τοποθέτηση του scanner σε κάποια ζώνη. Τα δύο παραπάνω παραδείγματα υπογραμμίζουν τη σπουδαιότητα του παράγοντα εξοπλισμού στην καταγραφή των βασικών χρόνων.

Στους παρακάτω πίνακες αποτυπώνονται οι βασικοί χρόνοι για μια σειρά από κινήσεις που έχουν καταγραφεί στο παράδειγμα που αναφερόμαστε. Ο πρώτος πίνακας αναφέρει τις κινήσεις και τους βασικούς χρόνους που επηρεάζονται ανάλογα με τον εξοπλισμό που θα χρησιμοποιηθεί για την διεκπεραίωση των παραγγελιών.

**Data of Time for each Equipment**

Equipment \ Action	Speed (sec /m)	Load Pallet (sec)	Unload Pallet (sec)	Ride on /off (sec)	Stand in / out (sec)
E1_Hand small trolley	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00
E2_Hand stock trolley	1,65	0,00	0,00	0,00	0,00
E3_Hand low lifting pallet truck	1,42	18,00	5,00	0,00	0,00
E4_Hand high lifting pallet truck	1,42	18,00	5,00	0,00	0,00
E5_Walk - with electric pallet truck	0,85	9,00	4,00	0,00	0,00
E6_Ride - on electric pallet truck	0,60	7,00	4,00	3,00	0,00
E7_Stand - in electric pallet truck	0,45	7,00	4,00	0,00	4,00
E8_Walk - with powered pallet stackers	0,75	9,00	4,00	0,00	0,00
E9_Ride - on electric powered pallet stackers	0,60	7,00	4,00	3,00	0,00
E10_Standin electric powered pallet stackers	0,45	7,00	4,00	0,00	4,00
E11_Pedestrian (On foot)	0,85	0,00	0,00	0,00	0,00

Ο δεύτερος πίνακας αναφέρει το σύνολο των κινήσεων (*Group of Movements*) που έχουν καταγραφεί στο παράδειγμα και το βασικό τους χρόνο (*Time*), τον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται (*Equipment*) για την συγκεκριμένη κίνηση και τον τύπο της μονάδας (*Unit Type*) από την οποία εξαρτάται ο συνολικός χρόνος της κίνησης.

**Data of Time Measurements**

<i>PSM</i>	<i>Group of Movements</i>	<i>Equipment</i>	<i>Unit Type</i>	<i>Time</i> ( <i>Sec / Unit</i> )
<i>SUM</i>	Take picking lists		Order	60,00
	Find the essential equipment		Times	40,00
<i>TM</i>	Move from area of picking lists to the area of empty pallets	Type of Equip.	Meter	0,58
	Move from the area of empty pallets to the start of picking circuit	Type of Equip.	Meter	0,58
	Move from the area of empty pallets to the area of empty cartons	Type of Equip.	Meter	0,58
	Move from the area of empty cartons to the start of picking circuit	Type of Equip.	Meter	0,58
	Move along picking circuit	Type of Equip.	Meter	0,58
	Move from the end of picking circuit to the area of shrink wrap machine	Type of Equip.	Meter	0,58
	Move from the area of shrink wrap machine to stretch wrap machine	Type of Equip.	Meter	0,58
	Move from the end of picking circuit to the area of stretch wrap machine	Type of Equip.	Meter	0,58
	Move from the area of stretch wrap machine to the area of prepared orders	Type of Equip.	Meter	0,58
	Stand in / out of electric powered pallet	Type of Equip.	Positions	4,00
	Ride on /off electric powered pallet	Type of Equip.	Positions	3,00
<i>SDM</i>	Search of position		Lines of order	2,00
	Recognition of code	Type of Equip.	Lines of order	3,20
	Documentation of movement on picking list	Type of Equip.	Lines of order	2,00
	Count of quantity		Picking Units	0,70
<i>RHM</i>	Pick up units		Picking Units	3,00
	Put picking unit in carton		Picking Units	3,80
	Put picking unit on pallet		Picking Units	3,50
	Open a carton to take the picking unit	Type of Equip.	Lines of order	6,10
<i>MLM</i>	Write the series of loading		Cases	2,60
	Write the number of order		Cases	2,00
	Stick the label of order on carton		Cases	3,40
	Stick the label of order on pallet		Pallets	18,00
<i>PPM</i>	Create an empty carton		Prepared Cases	19,00
	Close the picked carton		Prepared Cases	4,50
	Load pallet	Type of Equip.	Pallets	5,30
	Unload pallet	Type of Equip.	Pallets	7,20
	Band the carton	Type of Equip.	Cases	15,50
	Wrap pallet	Type of Equip.	Pallets	23,00
	Unwrap pallet		Lines of order	15,00
Block stack pallet	Type of Equip.	Pallets	45,00	
<i>MRM</i>	Move to the area of replenishments and back to picking circuit	Type of Equip.	Meter	0,58
	Wrong Case Selection move back to area of empty cartons		Meter	0,58
	Create a new empty carton		Cases	19,00
	Re-Handling picking units		Picking Units	4,20
	Re-Handling cases of pallet		Cases	2,80
	Waiting for replenishments		Times	180,00

## 2.2. Μηχανισμοί Μοντέλου

Στην προηγούμενη παράγραφο αναπτύχθηκε η βάση των δεδομένων που είναι απαραίτητη για να λειτουργήσει ο μηχανισμός του παραμετρικού μοντέλου. Αυτό που καλείται να κάνει ο μηχανισμός του παραμετρικού μοντέλου, είναι να εξάγει το τελικό αποτέλεσμα και να δώσει τον ιδανικό στόχο που θα πρέπει να τεθεί σε ένα operation ή συνολικά σε μια αποθήκη. Ο μηχανισμός του μοντέλου λειτουργεί σε τρία βήματα (figure 7), ώστε να εξαχθεί ο συνολικός στόχος.

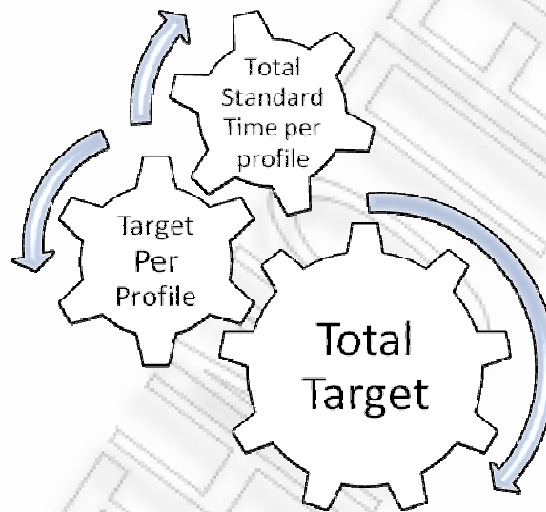


Figure 8 «Τα τρία βήματα του μηχανισμού»

Το πρώτο βήμα του μηχανισμού έχει σκοπό να υπολογιστούν οι συνολικοί πρότυποι χρόνοι για κάθε προφίλ παραγγελιών. Πριν όμως από αυτό θα πρέπει να υπολογιστεί ο συνολικός βασικός και κανονικός χρόνος. Στην ουσία σε αυτό το βήμα ο μηχανισμός είναι μια αθροιστική συνάρτηση των επιμέρους συνολικών χρόνων της κάθε μιας κίνησης που καλείται να κάνει ο picker, για κάθε προφίλ παραγγελίας ώστε να διεκπεραιώσει μια παραγγελία.

Ο συνολικός βασικός χρόνος της κάθε μιας κίνησης προκύπτει από α) τις συνολικές μονάδες μέτρησης της κίνησης, β) το βασικό χρόνο που απαιτείται για την κάθε μονάδα και γ) τη συχνότητα της κίνησης. Συγκεκριμένα:

**Συνολικός Βασικός Χρόνος Κίνησης =**

**Συνολικός αριθμός μονάδων x βασικός χρόνος μονάδας x συχνότητα κίνησης**

Για παράδειγμα εάν για την κίνηση «Pick up units» ο βασικός χρόνος είναι 3,00 sec για κάθε ένα picking unit και η συχνότητα της κίνησης είναι 100%, πού σημαίνει ότι η κίνηση

πραγματοποιείται σε κάθε picking unit της παραγγελίας τότε ο συνολικός βασικός χρόνος της κίνησης για 25 picking units είναι  $25 \times 3,00 \times 100\% = 75 \text{ sec}$ .

Ο συνολικός βασικός χρόνος για κάθε προφίλ παραγγελίας του παραμετρικού μοντέλου προκύπτει από την παρακάτω αθροιστική συνάρτηση:

$$T_{BZ} = \sum_{o=1}^w \sum_{m=1}^x \sum_{s=1}^y \sum_{i=1}^n u_{z,omsj} t_{BZ,omsj} f_{z,omsj}$$

$T_{Bz}$  : ο συνολικός βασικός χρόνος του προφίλ παραγγελιών z

$o$  : η παράμετρος του operation, με  $o = 1 \dots w$

$m$  : η παράμετρος της μεθόδου συλλογής, με  $m = 1 \dots x$

$s$  : η παράμετρος της στρατηγικής συλλογής με  $s = 1 \dots y$

$j$  : η παράμετρος του προφίλ της παραγγελίας, με  $j = z$

$i$  : οι κινήσεις, με  $i = 1 \dots n$

$u_{z,omsj}$  : οι μονάδες της κίνησης omsj για το προφίλ παραγγελίας z, με  $u_{z,omsj} \geq 1$

$t_{Bz,omsj}$  : ο βασικός χρόνος της κίνησης omsj για το προφίλ παραγγελίας z

$f_{z,omsj}$  : η συχνότητα της κίνησης omsj για το προφίλ παραγγελίας z

Εφόσον υπολογιστεί ο συνολικός βασικός χρόνος για κάθε προφίλ παραγγελίας τότε υπολογίζεται ο συνολικός κανονικός χρόνος της, όπως δόθηκε και στην παράγραφο 1.4 ο τύπος για το συνολικό χρόνο είναι:

$$T_{NZ} = T_{BZ} / r$$

$T_{NZ}$  : Ο συνολικός κανονικός χρόνος του προφίλ της παραγγελίας z

$T_{BZ}$  : Ο συνολικός βασικός χρόνος της παραγγελίας z

$r$  : Ο βαθμός απόδοσης του picker με  $r > 0\%$

Το πρώτο βήμα ολοκληρώνεται με τον υπολογισμό του συνολικού πρότυπου χρόνου για κάθε προφίλ παραγγελίας με την συνάρτηση:

$$T_{SZ} = T_{NZ} (1 + \lambda)$$

$T_{SZ}$  : Ο συνολικός πρότυπος χρόνος του προφίλ της παραγγελίας z

$T_{NZ}$  : Ο συνολικός κανονικός χρόνος του προφίλ της παραγγελίας z

$\lambda$  : Ο συντελεστής χαλάρωσης

Στο παράδειγμα που έχει αναπτυχθεί υπολογίστηκαν οι παραπάνω χρόνοι για κάθε ένα από τα τρία προφίλ παραγγελιών. Συγκεκριμένα για να υπολογιστεί ο συνολικός κανονικός χρόνος θεωρήθηκε ότι ο συντελεστής απόδοσης των picker είναι 100% και για τον πρότυπο χρόνο ότι ο συντελεστής χαλάρωσης είναι 10%. Συγκεκριμένα:

		Profile 1	Profile 2	Profile 3
<b>Total T<sub>B</sub> per profile</b>		993,21	1756,98	969,28
r = 100%	<b>Total T<sub>N</sub> per profile</b>	1045,48	1849,46	1020,29
λ = 10%	<b>Total T<sub>S</sub> per profile</b>	1092,53	1932,68	1066,21

*Ο χρόνος σε sec*

Στο δεύτερο βήμα του μηχανισμού υπολογίζονται οι στόχοι για κάθε προφίλ παραγγελίας. Πριν υπολογιστεί ο στόχος θα πρέπει να ορίσουμε τη μονάδα μέτρησης του στόχου με βάση τα στοιχεία των παραγγελιών. Η μονάδα μέτρησης του στόχου μπορεί να είναι τα lines/hour, cases/ hour, picking units/hour, pallets/hr, scans/hr κ.α. Εφόσον έχουν υπολογιστεί οι πρότυποι χρόνοι για κάθε προφίλ και έχει επιλεγεί και η μονάδα μέτρησης, τότε υπολογίζεται ο στόχος με την παρακάτω συνάρτηση:

$$Q_z = \frac{V_z}{T_{sz}}$$

$Q_z$  : Ο στόχος του προφίλ παραγγελιών z

$V_z$  : Οι μονάδες του προφίλ παραγγελιών z

$T_{sz}$  : Ο συνολικός πρότυπος χρόνος του προφίλ της παραγγελίας z

Με βάση την παραπάνω συνάρτηση, στο παράδειγμα που έχει αναπτυχθεί υπολογίστηκαν οι στόχοι για κάθε ένα από τα τρία προφίλ παραγγελιών. Συγκεκριμένα:

	Profile 1	Profile 2	Profile 3
Total Picking Units	34,43	203,94	95,23
Total T <sub>s</sub>	1092,53	1932,68	1066,21
<b>Q: Target Per Profile (picking units/hr)</b>	<b>113,46</b>	<b>379,88</b>	<b>321,55</b>

Στο τρίτο και τελευταίο βήμα του μηχανισμού υπολογίζεται ο συνολικός στόχος του operation ή της αποθήκης. Για τον υπολογισμό του συνολικού στόχου χρειάζονται δύο δεδομένα, α) ο στόχος για κάθε προφίλ παραγγελίας και β) το ποσοστό του κάθε προφίλ παραγγελίας επί του συνόλου των παραγγελιών.

$$Q_{Total} = \sum_{o=1}^w \sum_{m=1}^x \sum_{s=1}^y \sum_{j=1}^z p_{omsj} Q_{omsj}$$

$Q_{Total}$  : Ο συνολικός στόχος της αποθήκης

$Q_{omsj}$  : Ο στόχος του προφίλ της παραγγελίας  $omsj$

$p_{omsj}$  : το ποσοστό του τύπου της παραγγελίας  $omsj$ , με  $\sum_{o=1}^w \sum_{m=1}^x \sum_{s=1}^y \sum_{j=1}^z p_{omsj} = 1$

Ολοκληρώνοντας το τελευταίο βήμα του μηχανισμού στο πρόβλημα που αναπτύχθηκε, προκύπτει από τα δεδομένα ότι ο συνολικός στόχος είναι **152** picking units/hr.

	Profile 1	Profile 2	Profile 3
Q: Target Per Profile (picking units/hr)	113,46	379,88	321,55
Percentage	83%	6%	11%
<b>Q<sub>Total</sub></b>	<b>152 (picking units / hr)</b>		

Στην επόμενη σελίδα ακολουθεί το παραμετρικό μοντέλο με όλα τα δεδομένα και τους υπολογισμούς που έγιναν, ώστε να εξαχθούν τα αποτελέσματα. Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί πως για τα δεδομένα των παραγγελιών εξετάστηκαν παραγγελίες ενός τριμήνου. Ενώ για τον υπολογισμό των συχνοτήτων για κάθε κίνηση χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία ενός μήνα. Τέλος, ζητήθηκε από τους pickers να καταγράψουν τις καθυστερήσεις που είχαν κατά την διεκπεραίωση των λιστών συλλογής, ώστε να καταγραφούν οι κινήσεις του MRM και να υπολογιστεί η συχνότητά τους.

**Parametric Model Measurement of Productivity in Order Picking Process**

Warehouse Picking Methods				Operation 1 Pick by list Single Order Picking									
Orders' Classification				Profile 1			Profile 2			Profile 3			
PSM	Group of Movements	Equipment	Unit Type	Time (Sec / Unit)	frequency	# of Units	Total	frequency	# of Units	Total	frequency	# of Units	Total
SUM	Take picking lists	None	Order	10,00	100%	1	10,00	100%	1	10,00	100%	1	10,00
	Find the essential equipment	None	Times	40,00	100%	1	40,00	100%	1	40,00	100%	1	40,00
<b>Total</b>							<b>50,00</b>		<b>50,00</b>		<b>50,00</b>		<b>50,00</b>
TM	Move from area of picking lists to the area of empty pallets	E5	Meter	0,60	95%	2,4	1,37	100%	2,4	1,44	100%	2,4	1,44
	pallets	E5	Meter	0,60				230%	15,6	21,53	65%	15,6	6,08
	Move from the area of empty pallets to the start of picking circuit	E5	Meter	0,60				330%	3,30	6,53	165%	1,65	1,63
	Move from the area of empty cartons to the start of picking circuit	E5	Meter	0,60	95%	9,8	5,59						
	Move along picking circuit	E5	Meter	0,60	73%	119,8	52,47	95%	119,8	68,23	89%	119,8	63,97
	Move from the end of picking circuit to the area of shrink wrap /bar	E5	Meter	0,60	95%	3,3	1,88						
	Move from the area of shrink wrap/band machine to stretch wrap m	E5	Meter	0,60	95%	3,8	2,17						
	Move from the end of picking circuit to the area of stretch wrap mac	E5	Meter	0,60				330%	5,6	11,09	165%	5,6	5,54
	Move from the area of stretch wrap machine to the area of prepar	E5	Meter	0,60	95%	20,4	11,63	330%	20,4	40,39	165%	20,4	20,20
	Stand in / out of electric powered pallet	E5	Positions	0,00	100%	22,06	12,00	100%	36,30	36,30	100%	20,88	0,00
Ride on /off electric powered pallet	E5	Positions	4,00	100%	22,06	88,24	100%	36,30	145,20	100%	20,88	83,52	
<b>Total</b>							<b>164,25</b>		<b>294,47</b>		<b>182,39</b>		<b>182,39</b>
SDM	Search of position	None	Lines of order	2,00	100%	10,66	21,32	100%	9,90	19,80	100%	7,68	15,36
	Recognition of code	None	Lines of order	3,20	100%	10,66	34,11	100%	9,90	31,68	100%	7,68	24,58
	Documentation of movement on picking list	None	Lines of order	2,00	100%	10,66	21,32	100%	9,90	19,80	100%	7,68	15,36
	Count of quantity	None	Picking Units	0,70	100%	34,43	24,10	75%	203,94	147,07	85%	95,23	56,66
<b>Total</b>							<b>100,85</b>		<b>178,35</b>		<b>111,96</b>		<b>111,96</b>
RHM	Pick up units	None	Picking Units	1,50	100%	34,43	51,65	85%	203,94	260,02	100%	95,23	142,85
	Put picking unit in carton	None	Picking Units	2,40	100%	34,43	82,64						
	Put picking unit on pallet	None	Picking Units	1,25				85%	203,94	216,69	100%	95,23	119,04
	Open a carton to take the picking unit	None	Lines of order	6,10	65%	10,66	42,27						
<b>Total</b>							<b>176,55</b>		<b>476,71</b>		<b>261,89</b>		<b>261,89</b>
MLM	Write the series of loading	None	Cases	2,60	55%	7,35	10,51						
	Write the number of order	None	Cases	2,00	55%	7,35	8,09						
	Stick the label of order on carton	None	Cases	3,40	45%	7,35	11,25						
	Stick the label of order on pallet	None	Pallets	18,00	100%	0,95	17,10	100%	3,30	59,40	100%	1,65	29,70
<b>Total</b>							<b>46,94</b>		<b>59,40</b>		<b>29,70</b>		<b>29,70</b>
PPM	Create an empty carton	None	Prepared Cases	19,00	85%	7,35	118,70						
	Close the picked carton	None	Prepared Cases	4,50	85%	7,35	28,11						
	Load pallet	E5	Pallets	7,00	95%	0,95	6,32	100%	9,90	69,30	100%	1,65	11,55
	Unload pallet	E5	Pallets	4,00	95%	0,95	3,61	100%	3,30	13,20	100%	1,65	6,60
	Bend the carton	None	Cases	15,50	45%	7,35	51,27						
	Wrap pallet	None	Pallets	23,00	95%	0,95	20,76	100%	3,30	75,90	100%	1,65	37,95
	Unwrap pallet	None	Lines of order	13,50	35%	10,66	50,37	90%	9,90	120,29	85%	7,68	88,13
Block stack pallet	None	Pallets	15,00				100%	6,60	99,00				
<b>Total</b>							<b>279,14</b>		<b>377,69</b>		<b>144,23</b>		<b>144,23</b>
MRM	Move to the area of replenishments and back to picking circuit	E5	Meter	0,58	23%	32,2	4,30	956%	32,2	66,56	192%	32,2	35,86
	Wrong Case Selection move back to area of empty cartons	None	Meter	0,58	15%	28,5	2,48						
	Create a new empty carton	None	Cases	19,00	15%	7,35	20,95						
	Re-Handling of picking units	None	Picking Units	4,20	19%	34,43	27,48						
	Re-Handling cases	None	Cases	2,80	25%	7,35	5,15	7%	203,94	39,97	16%	95,23	42,56
Waiting for replenishments	None	Lines of order	180,00	6%	10,66	115,13	12%	9,90	213,84	8%	7,68	110,59	
<b>Total</b>							<b>175,47</b>		<b>320,37</b>		<b>189,11</b>		<b>189,11</b>

<b>Total T<sub>B</sub> per profile</b>	<b>993,21</b>	<b>1756,98</b>	<b>969,28</b>
--	---------------	----------------	---------------

The performance indicator of picker ( r ), T<sub>K</sub> =T<sub>B</sub>/r      **r = 1,00**

<b>Total T<sub>K</sub> per profile</b>	<b>993,21</b>	<b>1756,98</b>	<b>969,28</b>
--	---------------	----------------	---------------

The relaxation allowance ( λ ), T<sub>π</sub>=T<sub>K</sub> (1+λ)      **λ = 0,10**

<b>Total T<sub>π</sub> per profile</b>	<b>1092,53</b>	<b>1932,68</b>	<b>1066,21</b>
--	----------------	----------------	----------------

<b>Total Picking Units per profile</b>	<b>34,43</b>	<b>203,94</b>	<b>95,23</b>
--	--------------	---------------	--------------

<b>Target Per Profile (picking units/hr)</b>	<b>113,46</b>	<b>379,88</b>	<b>321,55</b>
--	---------------	---------------	---------------

<b>Percentage of order profiles</b>	<b>0,83</b>	<b>0,06</b>	<b>0,11</b>
-------------------------------------	-------------	-------------	-------------

**Total Target of Operation = 152 units / hr**

### **2.3. Αποτελέσματα**

Αυτή η έρευνα έχει ως κύριο σκοπό να υπολογίσει την απόδοση της διαδικασίας του order picking και να μπορέσει να την μετρήσει. Η αποτελεσματική διαχείριση για τη βελτιστοποίηση της απόδοσης θα πρέπει να βασίζεται πάνω από όλα στην κατανόηση των στόχων που πρέπει να επιτευχθούν, ώστε μετά να μπορούν να διοικηθούν και να βελτιστοποιηθούν.

Σκοπός του κεφαλαίου είναι να εξηγήσει πως μπορεί το παραμετρικό μαθηματικό μοντέλο να βοηθήσει στις μετρήσεις της αποδοτικότητας της διαδικασίας του order picking. Οι μετρήσεις της αποδοτικότητας είναι πολύ σημαντικές γιατί αποτελούν πάνω από όλα τη μέθοδο για την διάγνωση του προβλήματος, τη μέθοδο της ανάγκης για κατανόηση της αλλαγής και το απόλυτο χρονικό όριο υλοποίησης μιας εργασίας.

Το παραμετρικό μοντέλο, εκτός από το στόχο που εξάγει, δίνει ένα μεγάλο πλήθος δεδομένων. Τα αποτελέσματα που εξάγονται από το μοντέλο αποτελούν ένα σημαντικό όπλο για τους μάνατζερ, ώστε:

- Να παρακολουθήσουν τις διαδικασίες του order picking
- Να προγραμματίσουν την διαδικασία του order picking
- Να διοικήσουν και να αξιολογήσουν τους picker
- Να βελτιστοποιήσουν την απόδοση του order picking
- Να αποφασίσουν για τον εξοπλισμό που είναι κατάλληλος για το picking
- Να εκτιμήσουν το κόστος της διαδικασίας
- Να γνωρίζουν και να υπολογίζουν τους χρόνους του PSM
- Να αποφασίσουν για την μέθοδο και στρατηγική συλλογής.

Σε αυτήν ακριβώς την ενότητα, με την χρήση κάποιων μηχανισμών - μεθοδολογιών και σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα που προκύπτουν από το μοντέλο, θα αποδειχθεί η σπουδαιότητα και η χρήση του παραμετρικού μοντέλου.

#### **2.3.1. ABC Ανάλυση του PSM**

Η ABC ανάλυση αποτελεί μια συνήθη μεθοδολογία, που στόχο έχει την κατηγοριοποίηση μια σειράς από δεδομένα με βάση ένα επιθυμητό κριτήριο. Ομοίως, στο παραμετρικό μοντέλο υπάρχει μια σειρά από κινήσεις που μπορούν να κατηγοριοποιηθούν με βάση το συνολικό τους χρόνο στην προετοιμασία των παραγγελιών. Έτσι λοιπόν με την ABC ανάλυση μπορεί να εξεταστεί η κάθε κίνηση και ομάδα του PSM, και να επιτευχθεί:

- Πιο ακριβής και ορθολογικός υπολογισμός του χρόνου
- Βελτιωμένη αντίληψη στον χρόνο των δραστηριοτήτων που πραγματοποιούνται για την διεκπεραίωση των παραγγελιών
- Σύγκριση των συνολικών χρόνων της κάθε ομάδες του PSM



- Παρακολούθηση των πιο χρονοβόρων και δαπανηρών ομάδων του PSM
- Υποστήριξη στην λήψη αποφάσεων στον τρόπο εκτέλεσης των παραγγελιών

Συγκεκριμένα η ABC ανάλυση των κινήσεων αποτελεί μια σημαντική γνώση για κάποιον που θέλει να παρακολουθήσει την διαδικασία του order picking και να έχει εκτίμηση των συνολικών χρόνων. Η αναλυτική καταγραφή των κινήσεων που έγινε στα προηγούμενα βήματα του μοντέλου, μπορεί τώρα να παρέχει και την αναλυτική καταγραφή των συνολικών χρόνων για κάθε κίνηση.

Έτσι λοιπόν για το παράδειγμα που έχει αναπτυχθεί εφαρμόζοντας την ABC ανάλυση, οι κινήσεις του "Group of Movement" κατηγοριοποιούνται σε τρεις βασικές ομάδες. Η κατηγοριοποίηση πρώτα γίνεται για τα τρία προφίλ των παραγγελιών και στην συνέχεια συνολικά για όλο το τμήμα. Οι τρεις ομάδες που κατηγοριοποιούνται οι κινήσεις είναι:

1. Η ομάδα Α που αφορά περίπου το 80% του συνολικού χρόνου
2. Η ομάδα Β που αφορά περίπου το 19% του συνολικού χρόνου
3. Η ομάδα C που αφορά περίπου το 1% του συνολικού χρόνου

Από την ABC ανάλυση των κινήσεων συμπεραίνεται πως για κάθε προφίλ παραγγελιών υπάρχει διαφορετική κατηγοριοποίηση των κινήσεων. Από τις συνολικά 40 κινήσεις μόλις οι τέσσερις ανήκουν στην ομάδα Α και στα τρία προφίλ παραγγελιών. Για την κατηγοριοποίηση των κινήσεων συνολικά, δηλαδή σε όλο το τμήμα, θα πρέπει να υπολογιστεί ο συνολικός χρόνος βασιζόμενος στη βαρύτητα του κάθε προφίλ παραγγελιών. Η βαρύτητα αυτή δεν είναι τίποτα άλλο, παρά το ποσοστό του κάθε προφίλ παραγγελίας επί του συνόλου. Για τον υπολογισμό του συνολικού χρόνου της κίνησης χρησιμοποιείται η συνάρτηση:

$$T_{Bn} = \sum_{o=1}^w \sum_{m=1}^x \sum_{s=1}^y \sum_{j=1}^z P_{n,omsj} u_{n,omsj} t_{Bn,omsj} f_{n,omsj}$$

$T_{Bn}$  : ο συνολικός βασικός χρόνος της κίνησης n

$o$  : η παράμετρος του operation, με  $o = 1 \dots w$

$m$  : η παράμετρος της μεθόδου συλλογής, με  $m = 1 \dots x$

$s$  : η παράμετρος της στρατηγικής συλλογής, με  $s = 1 \dots y$

$j$  : η παράμετρος του προφίλ της παραγγελίας, με  $j = 1 \dots z$

$i$  : η παράμετρος των κινήσεων, με  $i = n$

$u_{n,omsj}$  : οι μονάδες της κίνησης n για την παραγγελία omsj, με  $u_{n,omsj} \geq 1$

$t_{Bn,omsj}$  : ο βασικός χρόνος της κίνησης n για την παραγγελία omsj

$f_{n,omsj}$  : η συχνότητα της κίνησης n για την παραγγελία omsj

$P_{n,omsj}$  : το ποσοστό της κίνησης n για την παραγγελία omsj, με  $\sum_{o=1}^w \sum_{m=1}^x \sum_{s=1}^y \sum_{j=1}^z P_{n,omsj} = 1$

Επομένως με βάση την παραπάνω συνάρτηση και σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα από το παραμετρικό μοντέλο, η ABC ανάλυση όλων των κινήσεων του προβλήματος καταγράφεται στον ακόλουθο πίνακα.

<i>Orders' Classification</i>	<i>Profile 1 83%</i>			<i>Profile 2 6%</i>			<i>Profile 3 11%</i>			<i>In Total</i>		
	<i>Total Time</i>	<i>Percentage</i>	<i>Cluster</i>	<i>Total Time</i>	<i>Percentage</i>	<i>Cluster</i>	<i>Total Time</i>	<i>Percentage</i>	<i>Cluster</i>	<i>Total Time</i>	<i>Percentage</i>	<i>Cluster</i>
Close the picked carton	28,1	2,9%	A	0,0	0,0%	C	0,0	0,0%	C	23,3	2,3%	A
Wrap pallet	20,8	2,1%	B	75,9	4,3%	A	38,0	3,8%	B	26,0	2,5%	A
Put picking unit on pallet	0,0	0,0%	C	216,7	12,3%	A	119,0	12,0%	A	26,1	2,5%	A
Count of quantity	24,1	2,4%	B	107,1	6,1%	A	56,7	5,7%	A	32,7	3,2%	A
Recognition of code	34,1	3,5%	A	31,7	1,8%	B	24,6	2,5%	B	32,9	3,2%	A
Open a carton to take the picking unit	42,3	4,3%	A	0,0	0,0%	C	0,0	0,0%	C	35,1	3,4%	A
Find the essential equipment	40,0	4,1%	A	40,0	2,3%	B	40,0	4,0%	A	40,0	3,9%	A
Move along picking circuit	39,4	4,0%	A	51,2	2,9%	B	48,0	4,8%	A	41,0	4,0%	A
Band the carton	51,3	5,2%	A	0,0	0,0%	C	0,0	0,0%	C	42,6	4,1%	A
Unwrap pallet	50,4	5,1%	A	120,3	6,8%	A	88,1	8,9%	A	58,7	5,7%	A
Put picking unit in carton	82,6	8,4%	A	0,0	0,0%	C	0,0	0,0%	C	68,6	6,6%	A
Pick up units	51,6	5,2%	A	260,0	14,7%	A	142,8	14,4%	A	74,2	7,2%	A
Create an empty carton	118,7	12,1%	A	0,0	0,0%	C	0,0	0,0%	C	98,5	9,5%	A
Stand in / out of electric powered pallet	99,3	10,1%	A	163,4	9,2%	A	94,0	9,5%	A	102,5	9,9%	A
Waiting for replenishments	115,1	11,7%	A	249,5	14,1%	A	152,1	15,3%	A	127,3	12,3%	A
Move from the area of shrink wrap/band machine to stretch wrap machine	1,6	0,2%	C	0,0	0,0%	C	0,0	0,0%	C	1,3	0,1%	B
Move from the area of empty pallets to the start of picking circuit	0,0	0,0%	C	12,8	0,7%	B	6,4	0,6%	C	1,5	0,1%	B
Move from the area of prepared orders to the area of empty pallets	0,0	0,0%	C	16,1	0,9%	B	4,6	0,5%	C	1,5	0,1%	B
Wrong Case Selection move back to area of empty cartons	2,5	0,3%	C	0,0	0,0%	C	0,0	0,0%	C	2,1	0,2%	B
Move from the area of empty pallets to the area of empty cartons	4,2	0,4%	C	0,0	0,0%	C	0,0	0,0%	C	3,5	0,3%	B
Unload pallet	3,6	0,4%	C	13,2	0,7%	B	6,6	0,7%	B	4,5	0,4%	B

Block stack pallet	0,0	0,0%	C	99,0	5,6%	A	0,0	0,0%	C	5,9	0,6%	B
Write the number of order	8,1	0,8%	B	0,0	0,0%	C	0,0	0,0%	C	6,7	0,7%	B
Write the series of loading	10,5	1,1%	B	0,0	0,0%	C	0,0	0,0%	C	8,7	0,8%	B
Move to the area of replenishments and back to picking circuit	3,3	0,3%	C	51,6	2,9%	B	27,8	2,8%	B	8,9	0,9%	B
Stick the label of order on carton	11,2	1,1%	B	0,0	0,0%	C	0,0	0,0%	C	9,3	0,9%	B
Take picking lists	10,0	1,0%	B	10,0	0,6%	B	10,0	1,0%	B	10,0	1,0%	B
Load pallet	6,3	0,6%	B	69,3	3,9%	A	11,6	1,2%	B	10,7	1,0%	B
Move from the area of stretch wrap machine to the area of prepared orders	8,7	0,9%	B	30,3	1,7%	B	15,1	1,5%	B	10,7	1,0%	B
Re-Handling cases	5,1	0,5%	B	40,0	2,3%	B	42,7	4,3%	A	11,4	1,1%	B
Create a new empty carton	20,9	2,1%	B	0,0	0,0%	C	0,0	0,0%	C	17,4	1,7%	B
Search of position	21,3	2,2%	B	19,8	1,1%	B	15,4	1,5%	B	20,6	2,0%	B
Documentation of movement on picking list	21,3	2,2%	B	19,8	1,1%	B	15,4	1,5%	B	20,6	2,0%	B
Stick the label of order on pallet	17,1	1,7%	B	59,4	3,4%	A	29,7	3,0%	B	21,0	2,0%	B
Re-Handling of picking units	27,5	2,8%	A	0,0	0,0%	C	0,0	0,0%	C	22,8	2,2%	B
Ride on /off electric powered pallet	0,0	0,0%	C	0,0	0,0%	C	0,0	0,0%	C	0,0	0,0%	C
Move from the area of empty cartons to the start of picking circuit	0,7	0,1%	C	0,0	0,0%	C	0,0	0,0%	C	0,6	0,1%	C
Move from the end of picking circuit to the area of stretch wrap machine	0,0	0,0%	C	8,3	0,5%	B	4,2	0,4%	C	1,0	0,1%	C
Move from area of picking lists to the area of empty pallets	1,0	0,1%	C	1,1	0,1%	B	1,1	0,1%	C	1,0	0,1%	C
Move from the end of picking circuit to the area of shrink wrap /band machine	1,4	0,1%	C	0,0	0,0%	C	0,0	0,0%	C	1,2	0,1%	C
<b>Total</b>	<b>984,27</b>	<b>100%</b>		<b>1766,41</b>	<b>100%</b>		<b>993,60</b>	<b>100%</b>		<b>1032,2</b>	<b>100,0%</b>	

**Table 7** «ABC Ανάλυση σε όλες τις κινήσεις ανά προφίλ παραγγελίας και στο σύνολο του τμήματα»

Ομοίως, για τις ομάδες του PSM υπολογίζεται το ποσοστό που τους αναλογεί, όπως έγινε και για κάθε κίνηση του παραμετρικού μοντέλου. Για κάθε ομάδα θα υπολογιστεί το ποσοστό της επί του συνόλου για κάθε προφίλ παραγγελιών και για όλο το τμήμα, λαμβάνοντας υπόψη την βαρύτητα του κάθε προφίλ παραγγελιών. Συγκεκριμένα από την ανάλυση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από το μοντέλο, τα ποσοστά τις κάθε ομάδας του PSM αναφέρονται στον παρακάτω πίνακα και διαγράμματα:

PSM	Profile 1		Profile 2		Profile 3		Total	
	T <sub>b</sub>	%	T <sub>b</sub>	%	T <sub>b</sub>	%	T <sub>b</sub>	%
<b>SUM</b>	50,00	5%	50,00	3%	50,00	5%	50,0	5%
<b>TM</b>	156,28	16%	283,17	16%	173,27	17%	165,8	16%
<b>SDM</b>	100,85	10%	178,35	10%	111,96	11%	106,7	10%
<b>RHM</b>	176,55	18%	476,71	27%	261,89	26%	203,9	20%
<b>MLM</b>	46,94	5%	59,40	3%	29,70	3%	45,8	4%
<b>PPM</b>	279,14	28%	377,69	21%	144,23	15%	270,2	26%
<b>MRM</b>	174,51	18%	341,09	19%	222,55	22%	189,8	18%
<b>Total</b>	<b>984,27</b>	<b>100%</b>	<b>1766,41</b>	<b>100%</b>	<b>993,60</b>	<b>100%</b>	<b>1032,23</b>	<b>100%</b>

Table 8 « Το ποσοστό της κάθε ομάδας του PSM για κάθε παραγγελία και για το σύνολο»

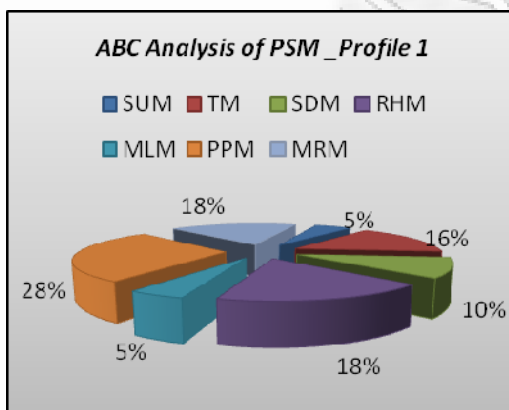


Chart 1

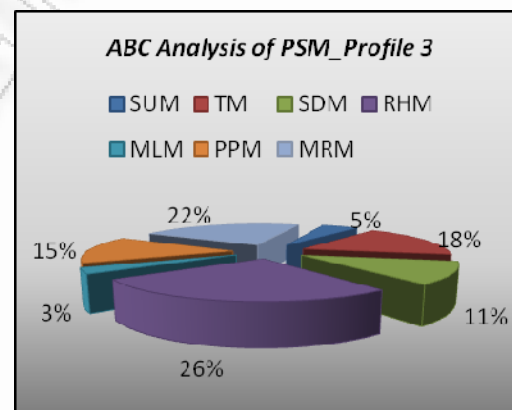


Chart 3

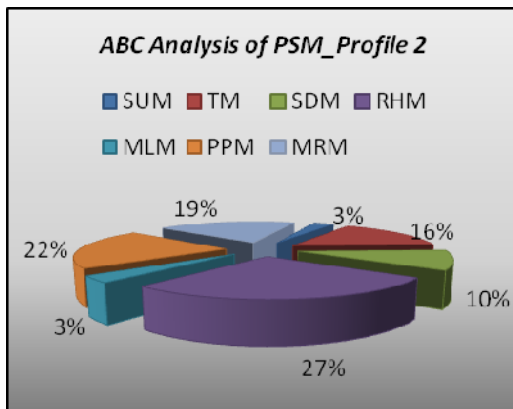


Chart 2

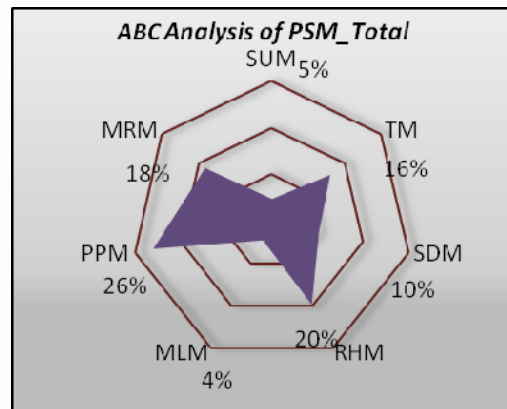


Chart 4

### 2.3.2. Βελτιστοποίηση της Απόδοσης

Ο απώτερος στόχος του παραμετρικού μοντέλου, εκτός από τον στόχο που εξάγει, είναι να αποτελέσει και τον μηχανισμό για την βελτιστοποίηση της απόδοσης του order picking. Υπάρχουν αρκετές τεχνικές και αναφορές για την μείωση του χρόνου μιας διαδικασίας, με σκοπό να κάνουν τους picker να εργαστούν ταχύτερα. Σε αυτό το σημείο το παραμετρικό μοντέλο συμμερίζεται την φιλοσοφία του “Time Compression”, όπου:

“Time Compression is not about making **people** work faster, it is about making a **product move faster** through a factory or office, or making new design move faster through the new product process” (Ian C. Gregory and Simon B. Rawling, 1997)

Ομοίως λοιπόν και για το παραμετρικό μοντέλο, σκοπός του είναι να αυξήσει την αποδοτικότητα του order picking όχι κάνοντας τους pickers να εργαστούν ταχύτερα, αλλά παρακολουθώντας τις αστοχίες του συστήματος και κάνοντας τις απαραίτητες διορθώσεις.

Η βελτιστοποίηση στην απόδοση θα πρέπει καταρχήν να οριστεί, προσδιορίζοντας την ανάγκη για βελτίωση. Η ανάγκη αυτή προσδιορίζεται από την επιθυμητή απόδοση μείον την πραγματική απόδοση (figure 9).



Figure 9

Ένας τρόπος βελτιστοποίησης της απόδοσης προκύπτει από την κατηγοριοποίηση των χρόνων μιας εργασίας σε **value adding time** και **no value adding time**. Συγκεκριμένα στην κατηγορία του **value adding time** συγκαταλέγονται όλες εκείνες οι κινήσεις που είναι απαραίτητες για την ολοκλήρωση μιας εργασίας και συγκεκριμένα του order picking. Ενώ στην ομάδα του **no value adding time** συγκαταλέγονται όλες εκείνες οι κινήσεις που ιδανικά δεν θα έπρεπε να υπάρχουν σε ένα τέλειο σύστημα χωρίς αστοχίες, καθώς προσδίδουν επιπλέον χρόνο και κόστος στην διαδικασία του order picking. Από τα αποτελέσματα του παραμετρικού μοντέλου και με την ABC ανάλυση που έγινε στην προηγούμενη παράγραφο εύκολα μπορούν να προκύψουν οι **value** και **no value added** ομάδες του PSM. Συγκεκριμένα όλες οι ομάδες του PSM ανήκουν στην ομάδα των **value added** εκτός από την ομάδα **Missing & Re-Handling Management (MRM)** που συγκαταλέγεται στην **no value added**. Επομένως ένας τρόπος βελτίωσης της απόδοσης του order picking για το παράδειγμα που αναπτύχθηκε, θα ήταν η μείωση του χρόνου του no value adding time, δηλαδή του MRM. Όμως τι θα σήμαινε κάτι τέτοιο στο συνολικό στόχο; Ποια θα ήταν η ποσοστιαία αύξηση του στόχου για κάθε προφίλ παραγγελιών και συνολικά για το operation; Ο παρακάτω πίνακας που ακολουθεί απεικονίζει την ποσοστιαία μεταβολή του στόχου για κάθε προφίλ παραγγελιών και για τον συνολικό στόχο.

Percentage of MRM Decrease	Profile 1			Profile 2			Profile 3			Total		
	MRM	Target (Q <sub>1</sub> )	% of Q <sub>1</sub> Increase	MRM	Target (Q <sub>2</sub> )	% of Q <sub>2</sub> Increase	MRM	Target (Q <sub>3</sub> )	% of Q <sub>3</sub> Increase	MRM	Target (Q <sub>Total</sub> )	% of Q <sub>Total</sub> Increase
0%	174,51	114,49	0%	341,1	377,9	0%	222,5	313,7	0%	189,8	152	0%
10%	157,06	116,55	2%	307,0	385,3	2%	200,3	320,9	2%	170,8	155	2%
20%	139,61	118,70	4%	272,9	393,0	4%	178,0	328,4	5%	151,8	158	4%
30%	122,16	120,92	6%	238,8	401,1	6%	155,8	336,3	7%	132,9	161	6%
40%	104,71	123,23	8%	204,7	409,5	8%	133,5	344,5	10%	113,9	165	8%
50%	87,25	125,62	10%	170,5	418,2	11%	111,3	353,2	13%	94,9	168	11%
60%	69,80	128,12	12%	136,4	427,4	13%	89,0	362,4	16%	75,9	172	13%
70%	52,35	130,71	14%	102,3	436,9	16%	66,8	372,0	19%	56,9	176	15%
80%	34,90	133,41	17%	68,2	446,9	18%	44,5	382,2	22%	38,0	180	18%
90%	17,45	136,22	19%	34,1	457,3	21%	22,3	392,9	25%	19,0	184	21%
100%	0,00	139,16	22%	0,0	468,3	24%	0,0	404,2	29%	0,0	<b>188</b>	<b>24%</b>

**Table 9** «Πίνακας απεικόνισης της ποσοστιαίας μεταβολής των στόχων σε σχέση με την μείωση του MRM»

Από τον πίνακα συμπεραίνεται πως ένα μειωθεί το MRM σε ποσοστό 100% τότε θα υπάρξει μια αύξηση του συνολικού στόχου της τάξεως του 24%. Από αυτό το αποτέλεσμα

προκύπτει πόσο μεγάλη βαρύτητα έχει η μείωση των **no value added** κινήσεων, εάν δηλαδή κάποιος θέλει την βελτιστοποίηση της απόδοσης καλό είναι να ανατρέξει πρώτα σε αυτές. Στο ακόλουθο γράφημα απεικονίζεται ο παραπάνω πίνακας.

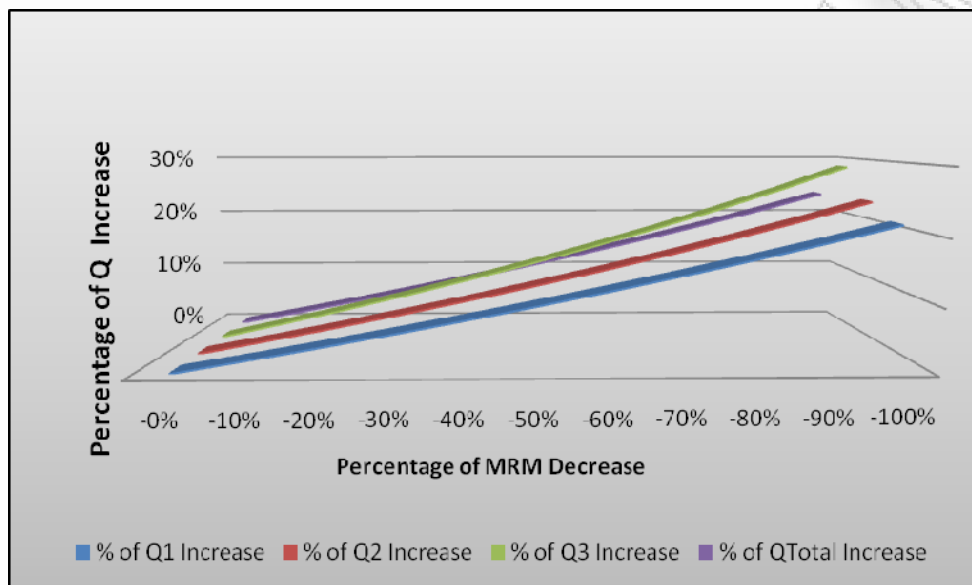


Chart 5

Το παραμετρικό μοντέλο, εκτός από χρήσιμο εργαλείο στην μείωση των **no value added** κινήσεων και στην παρακολούθηση των διαδικασιών του order picking με σκοπό την βελτιστοποίηση της απόδοσης, μπορεί να αποτελέσει τον σύμβουλο του διαχειριστή της διαδικασίας. Με το παραμετρικό μοντέλο μπορούν να εξεταστούν οι εξοπλισμοί, οι μέθοδοι και οι στρατηγικές συλλογής και να ληφθούν στρατηγικές αποφάσεις που θα αποδώσουν περισσότερο και με το μικρότερο δυνατό κόστος.

### 2.3.3. Διαχείριση και Αξιολόγηση εργαζομένων

Η διαχείριση και αξιολόγηση των pickers αποτελεί δύο σημαντικά θέματα που απασχολούν τους διαχειριστές της διαδικασίας του order picking. Το παραμετρικό μοντέλο έρχεται να δώσει λύση και σε αυτά τα δυο θέματα. Εφόσον έχει υπολογιστεί ο στόχος για κάθε προφίλ παραγγελιών, μπορεί κανείς εύκολα με βάση τον όγκο των παραγγελιών να υπολογίσει τις συνολικές ώρες που θα χρειαστούν για την προετοιμασία των παραγγελιών. Για να υπάρξει όμως σωστός προγραμματισμός της διαδικασίας του order picking, θα πρέπει να είναι γνωστή η απόδοση του κάθε picker. Ο εργαζόμενος δεν έχει την ίδια απόδοση σε όλες τις διαδικασίες που εκτελεί, έτσι και ο picker αποδίδει με διαφορετικό βαθμό απόδοσης ανάλογα με την διαδικασία ή το προφίλ των παραγγελιών που εκτελεί.

Είναι σύννηθος φαινόμενο να ταυτίζεται η απόδοση του picker με τον όγκο της εργασίας που φέρνει εις πέρας στην διάρκεια της βάρδιάς του. Όμως κάτι τέτοιο είναι σωστό και αποτελεί αλάνθαστο κριτήριο για την αξιολόγηση των pickers; Πολλοί είναι αυτοί, που απαντούν « ναι» σε αυτό το ερώτημα, υπολογίζοντας την απόδοση των pickers με τα

κιβώτια που έχουν συλλέξει ανά εργατωώρα. Σε αυτό το σημείο, το παραμετρικό μοντέλο έρχεται να απαντήσει «**εξαρτάται**».

Ας υποθέσουμε ότι στο παράδειγμα που έχει αναπτυχθεί ότι υπάρχουν δύο picker. Ο ένας (**picker A**) έχει εκτελέσει μέσα σε 7,5 ώρες εργασίας 735 picking units, ενώ ο δεύτερος (**picker B**) έχει εκτελέσει στο ίδιο χρονικό διάστημα 1155 picking units. Στο ερώτημα ποιος είναι ο αποδοτικότερος picker, η εύκολη απάντηση θα ήταν ότι είναι ο picker B με απόδοση 154 picking units/hr, αντί του picker A με 98 picking units/hr. Το παραμετρικό μοντέλο έρχεται να δώσει την απάντηση «**εξαρτάται από το προφίλ των παραγγελιών που έχει εκτελέσει ο κάθε picker**». Εάν ο picker A έχει εκτελέσει το πρώτο προφίλ παραγγελιών (Profile 1) και ο picker B το δεύτερο προφίλ παραγγελιών (profile 2) τότε με τον παρακάτω τύπο ο δείκτης απόδοσης ή αλλιώς η παραγωγικότητα τους διαμορφώνεται ως εξής:

$$P = \frac{Q_{Actual}}{Q_Z}$$

$P$  : Η βαθμός της απόδοσης ή η παραγωγικότητα

$Q_{Actual}$  : Η πραγματική παραγωγή ανά ώρα εργασίας

$Q_Z$  : Ο στόχος που έχει υπολογιστεί για το προφίλ παραγγελιών  $z$

Picker	$Q_{Actual}$	$Q_Z$	P
A	98 units/hr	114,5 units/hr	86%
B	154 units/hr	204 units/hr	75%

Από τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι για την αξιολόγηση των picker δεν επαρκεί η ποσότητα των παραγγελιών ή το πλήθος των μονάδων που προετοιμάζει ένας picker, αλλά χρειάζεται και ο πρότυπος στόχος για κάθε προφίλ παραγγελιών. Μόνο έτσι μπορεί να υπάρξει μια σωστή διαχείριση και αξιολόγηση των εργαζόμενων σε ένα σύστημα με πολλές παραμέτρους.



## Συμπεράσματα

Στην παρούσα έρευνα έγινε μια προσέγγιση ενός προβλήματος που αφορά πολλές επιχειρήσεις που ασχολούνται με τον κλάδο των logistics. Το πρόβλημα αυτό είναι το επιπρόσθετο κόστος που προέρχεται από τη διαδικασία του order picking και αυξάνει το συνολικό κόστος αποθήκης. Συχνά γίνεται λόγος για μεθόδους και στρατηγικές που βελτιώνουν την απόδοση του order picking, χωρίς όμως να υπάρχει ο μηχανισμός που μπορεί να μετρήσει με ακρίβεια τον βαθμό της απόδοσης του. Τη λύση έρχεται να δώσει το παραμετρικό μοντέλο το οποίο αποτελεί αυτόν ακριβώς το μηχανισμό· το μηχανισμό μέτρησης της αποδοτικότητας του order picking. Αρχικά στην εργασία αναπτύχθηκε η μεθοδολογία και ο τρόπος που λειτουργεί το παραμετρικό μοντέλο, ενώ στο τέλος παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την χρήση του. Το παραμετρικό μοντέλο μέτρησης της παραγωγικότητας του order picking δεν σταματάει εδώ· υπάρχει μια μεγάλη πορεία επιστημονικής έρευνας. Οι επιστημονικοί κλάδοι της στατιστικής, των εφαρμοσμένων μαθηματικών και της εργονομίας, έχοντας άμεση σχέση με το παραμετρικό μοντέλο θα μπορούσαν εφαρμοζόμενοι να ανοίξουν νέα πεδία προς επιστημονική έρευνα.

Εν κατακλείδι, το μοντέλο που αναπτύσσεται στην εργασία αυτή, αποτελεί έναυσμα για την περαιτέρω έρευνα των διαδικασιών που λαμβάνουν χώρα μέσα σε μια αποθήκη. Τέτοιες διαδικασίες θα μπορούσαν να είναι οι παραλαβές και οι φορτώσεις των εμπορευμάτων καθώς και κινήσεις που κάνουν οι χειριστές μέσα σε μια αποθήκη. Με αυτό τον τρόπο θα μπορούσαν να στοχοποιηθούν όλες οι διαδικασίες και να υπάρξουν ακριβείς, μετρήσιμοι δείκτες απόδοσης.

## Βιβλιογραφία

1. Ian C. Gregory and Simon B. Rawling, 1998, Profit from Time: Speed up business improvement by implementing time compression, Macmillan Press Ltd, London
2. Βλάσσης Γιαννάκαινας, 2006, Ανατομία των Business Logistics, Γ. Συκαρης ABEE, Αθήνα
3. Edward H. Frazelle, 2002, World- Class warehousing & Material handling, McGraw Hill, New York
4. Chase, Jacobs and Aquilano, 2007, Operations Management for competitive advantage with Global Cases, McGraw Hill, Boston
5. Ronald H. Ballou, 2004, Business Logistics / Supply Chain Management, Pearson Prentice Hall, New Jersey
6. James A. Tompkins and Jerry D. Smith, 1998, The Warehouse management Handbook, Tompkins Press, North Carolina
7. Burt, Dobler and Starling, 2003, World class Supply Chain Management: the key to supply chain management, McGraw Hill, New York
8. Martin Christopher, 1998, Logistics & Supply Chain Management: Strategies for reducing cost and improving service, Financial Times Prentice Hall, London
9. <http://www.plant-management.gr/index.php?id=3668>, Δρ. Σταύρος Δ. Πόνης, 2008, Συλλογή Παραγγελιών μια διαδικασία Logistics με μεγάλα περιθώρια βελτίωσης του
10. <http://www.opsdesign.com/downloads.php>, Robert Muller, 2007, Piece Picking: Which Method is Best? (White Paper) © OPSdesign Consulting, a trademark of Operations Design, Inc.
11. <http://www.supplychainfocus.com/forum/supply-chain-article-library/186-article-product-slotting.html>
12. <http://www.mhia.org/news/industry/7740/product-slotting--the-secret-to-increased-productivity>
13. <http://www.scdigest.com/assets/newsviews/05-09-01-3.cfm?cid=220&ctype=content>
14. [http://www.werc.org/Files/DMX/SETemp/Putaway%20article--final\\_cornerstone.pdf](http://www.werc.org/Files/DMX/SETemp/Putaway%20article--final_cornerstone.pdf)
15. <http://www.itm.edu/faculty-research/pdfs/fr-15.pdf> Prof.(Dr) V.V.Sople, ITM Business School, Navi Mumbai, Material Handling Equipment: Exploiting Productivity Potential in Supply Chain, published in "Search", Issue Vol 10, No.10, October 2007

16. [http://www.liuc.it/ricerca/clog/cm/upload/LOGISTICS\\_SOLUTIONS1.pdf](http://www.liuc.it/ricerca/clog/cm/upload/LOGISTICS_SOLUTIONS1.pdf) Fabrizio Dallari, Gino Marchet, Marco Melacini, Sara Perotti, Order Picking Systems -How to Choose the Right One?
17. <http://www.grossassociates.com/articles/manpick.htm> White Paper, How to Improve productivity in manual picking
18. <http://www.scs-europe.net/services/ess2004/pdf/meth-29.pdf> Balázs Molnár, 2004, Planning of order picking processes using simulation & a genetic Algorithm in multi-criteria scheduling optimization, Budapest
19. <http://www.berr.gov.uk/>
20. <http://www.stevpavlina.com/blog/2007/05/33-rules-to-boost-your-productivity/>
21. [http://www.warehousing-forum.com/news/2000\\_10.pdf](http://www.warehousing-forum.com/news/2000_10.pdf)
22. [http://logistics.about.com/od/operationalsupplychain/a/order\\_pick.htm](http://logistics.about.com/od/operationalsupplychain/a/order_pick.htm) [Martin Murray](#), Order Picking In The Warehouse