

Αθανάσιος Θεοχ. Μπαλλής
Πολιτικός Μηχανικός.Ε.Μ.Πολυτεχνείου

**ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΡΟΤΥΠΟΥ
ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ
ΤΕΡΜΑΤΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ
ΔΙΑΚΙΝΗΣΗΣ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΟΚΙΒΩΤΙΩΝ**

**ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΤΙΤΛΟ ΤΟΥ ΔΙΔΑΚΤΟΡΟΣ
ΥΠΟΒΛΗΘΕΙΣΑ ΣΤΟ ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
Ε.Μ. ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ**

Αθήνα - Απρίλιος 1995



Αθανάσιος Θεοχ. Μπαλλής
Πολιτικός Μηχανικός Ε.Μ.Πολυτεχνείου

3 - NOV. 1995

**ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΡΟΤΥΠΟΥ
ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ
ΤΕΡΜΑΤΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ
ΔΙΑΚΙΝΗΣΗΣ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΟΚΙΒΩΤΙΩΝ**

**ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΤΙΤΛΟ ΤΟΥ ΔΙΔΑΚΤΟΡΟΣ
ΥΠΟΒΛΗΘΕΙΣΑ ΣΤΟ ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
Ε.Μ. ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ**

Αθήνα - Απρίλιος 1995

**ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ
ΤΕΡΜΑΤΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΔΙΑΚΙΝΗΣΗΣ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΟΚΙΒΩΤΙΩΝ**

ΥΠΟ

Αθανασίου Μπαλλή

**Διπλωματούχου Πολιτικού Μηχανικού
Ανωτάτης Σχολής Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π**

**ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΤΙΤΛΟ ΤΟΥ ΔΙΔΑΚΤΟΡΟΣ
ΥΠΟΒΛΗΘΕΙΣΑ ΣΤΟ ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
Ε.Μ.ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ**

ΑΘΗΝΑ, Απρίλιος 1995

"Η έγκριση διδακτορικής διατριβής από το Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του Ε.Μ.Πολυτεχνείου δεν υποδηλοί αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα".

(Ν. 5343/1932 άρθρον 202)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ ΤΕΡΜΑΤΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΔΙΑΚΙΝΗΣΗΣ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΟΚΙΒΩΤΙΩΝ

ΥΠΟ
ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ ΜΠΑΛΛΗ

Ο σχεδιασμός τερματικών εγκαταστάσεων διακίνησης εμπορευματοκιβωτίων (Ε/Κ) αλλά και η βελτιστοποίηση των λειτουργιών που εκτελούνται σε αυτές αποτελούν έναν τομέα της επιστήμης όπου οι τεχνολογικές εξελίξεις στα μέσα μεταφοράς και το μηχανολογικό εξοπλισμό αλλά και οι μεταβολές στο επιχειρησιακό περιβάλλον δημιουργούν απαιτήσεις συνεχούς και συστηματικής έρευνας. Η σημασία τέτοιων ερευνών επιτείνεται από το γεγονός ότι το επιχειρησιακό περιβάλλον κάθε τερματικής εγκατάστασης είναι ιδιόμορφο και δεν υπάρχει ένα κοινής αποδοχής σύστημα λειτουργίας. Η διαδικασία σχεδιασμού ή βελτιστοποίησης της λειτουργίας κάθε εγκατάστασης προϋποθέτει την κατανόηση και αξιοποίηση των προσφερομένων δυνατοτήτων και την αποφυγή των εγγενών αδυναμιών που περιλαμβάνονται στο δικό της επιχειρησιακό περιβάλλον.

Η εργασία αυτή στοχεύει στο να συμβάλλει σε αυτή την έρευνα εστιάζοντας στα θέματα της μαθηματοποίησης και διερεύνησης/βελτιστοποίησης των δραστηριοτήτων του μηχανολογικού εξοπλισμού διακίνησης Ε/Κ των τερματικών αυτών εγκαταστάσεων. Η προσέγγιση των ανωτέρω θεμάτων πραγματοποιείται μέσω της ανάπτυξης ενός προτύπου προσομοίωσης και το μετασχηματισμό του σε πρόγραμμα ηλεκτρονικού υπολογιστή με δυνατότητες εικονικής αναπαράστασης. Το πρότυπο επιτρέπει την διερεύνηση της συμπεριφοράς του συστήματος όταν μεταβάλλεται η χωροθέτηση των επί μέρους τμημάτων της εγκατάστασης, η δομή του εσωτερικού οδικού δικτύου, οι κανόνες στοιβασίας των Ε/Κ, η δυναμικότητα/σύνθεση του εξοπλισμού και η στρατηγική εξυπηρέτησης.

Δειγματικός χώρος του προτύπου είναι η λιμενική τερματική εγκατάσταση διακίνησης Ε/Κ στην Ακτή Βασιλειάδη του λιμένα του Πειραιά. Ο μηχανολογικός εξοπλισμός της εγκατάστασης περιλαμβάνει Οχήματα Πλαίσια και Ελκυστήρες με συρόμενες βάσεις.

Η στρατηγική εξυπηρέτησης που εφαρμόζεται στην χερσαία πλευρά των εγκαταστάσεων έχει διαμορφωθεί λαμβάνοντας υπ' όψιν την εμπειρία του ανθρώπινου δυναμικού που συμμετέχει στις διαδικασίες διακίνησης των Ε/Κ και διαφέρει από τη συμβατική στρατηγική που κατά κανόνα εφαρμόζεται σε συστήματα εξυπηρέτησής με όμοιο μηχανολογικό εξοπλισμό. Η στρατηγική που ακολουθείται στον ανωτέρω δειγματικό χώρο, περιλαμβάνεται στο πρότυπο με την μορφή ενός έμπειρου συστήματος. Το έμπειρο σύστημα δε δεσμεύει το πρότυπο, αλλά μπορεί να αποκλειστεί, επιτρέποντας την προσομοίωση και άλλων συστημάτων εξυπηρέτησης.

Η συστηματική διερεύνηση -με τη βοήθεια του προτύπου- του υποσυστήματος εξυπηρέτησης των φορτηγών οχημάτων απεκάλυψε ότι η στρατηγική αυτή οδηγεί (σε σχέση με την "συμβατική" στρατηγική) σε βελτίωση του χρόνου εξυπηρέτησης των φορτηγών σε ποσοστό έως και 20% (ανάλογα με τον ρυθμό άφιξης των φορτηγών) με συνέπεια όμως την αύξηση των κυκλοφοριακών εμπλοκών μεταξύ Οχημάτων Πλαισίων και φορτηγών αυτοκινήτων και συνεπώς την αύξηση της πιθανότητας σύγκρουσης. Περαιτέρω διερεύνηση έδειξε τις μεταβολές που επέρχονται στο σύστημα από την εφαρμογή εναλλακτικών στρατηγικών εξυπηρέτησης. Μία δεύτερη εφαρμογή έδειξε ότι η επιλογή εξοπλισμού προηγμένης τεχνολογίας (αυτοματοποιημένες γερανογέφυρες μικρού ύψους και μη επανδρωμένα οχήματα μεταφοράς) οδηγεί σε αύξηση του κόστους ανά διακινούμενο Ε/Κ.

Εισηγητής: Κωνσταντίνος Αμπακούμκιν, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΑΦΙΕΡΩΣΗ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

- 1.1 Η ανάγκη για έρευνα στην επιστημονική περιοχή.
- 1.2 Η ανάπτυξη προτύπων.
- 1.3 Σκοπός και στόχος της εργασίας.

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

- 1.1 Οριοθέτηση της επιστημονικής περιοχής.
- 2.1 Πρότυπα υπολογισμού θέσεων παραβολής πλοίων και αντίστοιχου εξοπλισμού φορτοεκφόρτωσης.
- 2.2 Πρότυπα υπολογισμού θέσεων εναπόθεσης/στοιβασίας Ε/Κ.
- 2.3 Πρότυπα προσομοίωσης μηχανολογικού εξοπλισμού.
 - 2.3.1 Υπολογισμός του χρόνου μετακίνησης και μεταφόρτωσης.
 - 2.3.2 Απώλειες χρόνου λόγω συγχρονισμού.
 - 2.3.3 Απώλειες χρόνου λόγω κυκλοφοριακών εμπλοκών.
 - 2.3.4 Απώλειες χρόνου λόγω αναδιάταξης Ε/Κ.
- 2.4 Ανασκόπηση και εντοπισμός "κενών" στην επιστημονική περιοχή.

3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

4. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ

- 4.1 Γενική περιγραφή ενός τυπικού προσομοιούμενου συστήματος.
- 4.2 Προσδιορισμός των στοιχείων του συστήματος.
- 4.3 Προσαύξηση του χρόνου προσομοίωσης.
- 4.4 Παραδοχές του προτύπου.
- 4.5 Περιοχή εφαρμογής του προτύπου.
- 4.6 Τα μόνιμα στοιχεία του συστήματος.

- 4.6.1 Εσωτερικό οδικό δίκτυο.
- 4.6.2 Δάπεδα εναπόθεσης Ε/Κ.
- 4.6.3 Μηχανολογικός εξοπλισμός διακίνησης Ε/Κ.
- 4.7 Τα προσωρινά στοιχεία του συστήματος.
 - 4.7.1 Χαρακτηριστικά φορτηγών οχημάτων.
 - 4.7.2 Γεννήτρια σεναρίων.
 - 4.7.3 Χρονοδιάγραμμα άφιξης φορτηγών.
 - 4.7.4 Αριθμός Ε/Κ ανά φορτηγό.
 - 4.7.5 Επιλογή θέσης.
 - 4.7.6 Αναδιάταξη Ε/Κ.
- 4.8 Προσομοίωση του συστήματος εξυπηρέτησης.
 - 4.8.1 Υποσυστήματα εξυπηρέτησης.
 - 4.8.2 Πρόγραμμα για ηλεκτρονικό υπολογιστή.
 - 4.8.3 Διαγράμματα ροής.
 - 4.8.4 Είσοδος φορτηγού στην τερματική εγκατάσταση.
 - 4.8.5 Επιλογή διαδρομής.
 - 4.8.6 Μετακίνηση οχημάτων.
 - 4.8.7 Έλεγχος κυκλοφοριακών εμπλοκών.
- 4.9 Το έμπειρο σύστημα.
 - 4.9.1 Κέντρο ελέγχου διακίνησης Ε/Κ.
 - 4.9.2 Κατάλογος εργασιών.
 - 4.9.3 Στρατηγική εξυπηρέτησης φορτηγών.
 - 4.9.4 Νοητική εικόνα.
 - 4.9.5 Προτεραιότητα εξυπηρέτησης.
 - 4.9.6 Ορολογία συνθέτων εννοιών.
 - 4.9.7α Αλγόριθμος Ευρετικού κανόνα 1.
 - 4.9.7β Αλγόριθμος Ευρετικού κανόνα 2.
 - 4.9.7γ Αλγόριθμος Ευρετικού κανόνα 3.
 - 4.9.7δ Αλγόριθμος Ευρετικού κανόνα 4.
 - 4.9.7ε Αλγόριθμος Ευρετικού κανόνα 5.
- 4.10 Τα αποτελέσματα του προτύπου.
- 4.11 Προσομοίωση άλλων υποσυστημάτων εξυπηρέτησης.

5. ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΓΚΥΡΟΤΗΤΑΣ

- 5.1 Ελεγχος εγκυρότητας προτύπου προσομοίωσης.
- 5.2 Ελεγχος παραδοχών προτύπου.
- 5.3 Σύγκριση των αποτελεσμάτων του προτύπου με αντίστοιχα μεγέθη στο πραγματικό σύστημα.
 - 5.3.1 Συλλογή στοιχείων για την εκτίμηση παραμέτρων του προτύπου.
 - 5.3.2 Συλλογή στοιχείων για τη δημιουργία σεναρίων αφίξεων φορτηγών.
 - 5.3.3 Επεξεργασία στοιχείων - Δημιουργία και εκτέλεση σεναρίων.
 - 5.3.4 Σύγκριση αποτελεσμάτων προτύπου και φυσικού συστήματος.
- 5.4 Σύγκριση των αποτελεσμάτων του προτύπου προσομοίωσης με αντίστοιχα αποτελέσματα προτύπου αναμονής.
- 5.5 Αξιολόγηση της ικανότητας εικονικής αναπαράστασης του προτύπου.

6. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

- 6.1 Εφαρμογή Α.
- 6.2 Εφαρμογή Β.

7. Η ΕΞΕΛΙΚΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΙ ΤΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ.

8. ΕΙΣΗΓΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	Επεξεργασία στοιχείων από το δειγματικό χώρο του προτύπου.
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β1	Ελεγχος προσαρμογής εκθετικής κατανομής στις κατανομές χρόνων άφιξης φορτηγών στον δειγματικό χώρο του προτύπου.
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β2	Ελεγχος προσαρμογής εκθετικής κατανομής στις κατανομές χρόνων άφιξης φορτηγών που παράγονται από το πρότυπο.
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ	Ελεγχος εγκυρότητας μέσω σύγκρισης των αποτελεσμάτων του προτύπου με αντίστοιχα αποτελέσματα του δειγματικού χώρου.
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ	Σύγκριση των αποτελεσμάτων του προτύπου με αντίστοιχα αποτελέσματα του προτύπου αναμονής.
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε	Στοιχεία και έλεγχοι.
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ζ	Κωδικοποίηση και προγραμματιστικές τεχνικές.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΒΙΟΓΡΑΦΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΣΤΑ ΑΓΓΛΙΚΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Σχήμα 2.2.α	Χρονοδιαγράμματα άφιξης/αποχώρησης Ε/Κ σε λιμενική τερματική εγκατάσταση.
Σχήμα 2.2.β	Ιστόγραμμα του αριθμού των Ε/Κ που παραμένουν στους αποθηκευτικούς χώρους, αντίστοιχη αθροιστική κατανομή και πίνακας υπολογισμών.
Σχήμα 2.2.γ	Η αθροιστική καμπύλη του αριθμού των εισερχόμενων Ε/Κ προσφέρεται για την προσαρμογή θεωρητικών συναρτήσεων αποκρύπτει όμως τις έντονες ημερήσιες διακυμάνσεις.
Σχήμα 2.3.4.α	Απαιτούμενες αναδιατάξεις ώστε να πραγματοποιηθεί η παραλαβή Ε/Κ.
Σχήμα 2.3.4.β	Πιθανότητα εμφάνισης 0,1,2,3 Ε/Κ σε οποιαδήποτε θέση εναπόθεσης (επάνω σχήμα) και πιθανότητα 0,1,2 αναδιατάξεων υπερκείμενων Ε/Κ (κάτω σχήμα), για στοιβα με 10 θέσεις εναπόθεσης και μέγιστο ύψος στοιβασίας 3 Ε/Κ.
Σχήμα 2.4	Παράμετροι που υπεισέρχονται στον υπολογισμό του χρόνου του μηχανολογικού εξοπλισμού.
Σχήμα 4.1	Κάτοψη λιμενικής εγκατάστασης και εξοπλισμός διακίνησης Ε/Κ.
Σχήμα 4.6.1	Κάτοψη λιμενικής εγκατάστασης και αντίστοιχο εσωτερικό οδικό δίκτυο.
Σχήμα 4.6.4	Μηχανολογικός εξοπλισμός και αποστάσεις μεταξύ Ε/Κ στα δάπεδα εναπόθεσης.
Σχήμα 4.8	Στοιχεία του συστήματος εξυπηρέτησης λιμενικής εγκατάστασης διακίνησης Ε/Κ.
Σχήμα 4.7.2	Παραγωγή τυχαίου αριθμού που ακολουθεί διακριτή πειραματική κατανομή.
Σχήμα 4.7.6.α	Περιπτώσεις αναδιατάξης Ε/Κ για την πραγματοποίηση τελωνειακών ελέγχων στον δειγματικό χώρο του προτύπου.
Σχήμα 4.8.3.α	Διάγραμμα ροής τμήματος προγράμματος που αφορά το Οχήμα Πλαισίο.
Σχήμα 4.8.3.β	Διάγραμμα ροής τμήματος προγράμματος που αφορά το φορτηγό όχημα
Σχήμα 4.8.5.α	Εναλλακτικές διαδρομές μεταξύ των κόμβων f και a.
Σχήμα 4.8.5.β	Σημεία εισόδου-εξόδου και εναλλακτικές διαδρομές μεταξύ κόμβων προέλευσης προορισμού.

Σχήμα 4.8.6	Ανάλυση διαδρομής σε ευθύγραμμα τμήματα (επάνω), διάγραμμα ταχύτητας-χρόνου (μέσον) και υπολογισμός απόστασης τροχοπέδησης (κάτω).
Σχήμα 4.8.7.α/β/γ	Κυκλοφοριακές εμπλοκές σε εσωτερικό οδικό δίκτυο εγκατάστασης διακίνησης Ε/Κ.
Σχήμα 4.8.7.γ	Ελεγχος κυκλοφοριακών εμπλοκών.
Σχήμα 4.9.3	Νοητική εικόνα (mental map) του χειριστή Οχήματος Πλαισίου για τις θέσεις όπου η πρόσκληση και επιτόπου εξυπηρέτηση του φορτηγού κρίνεται προτιμότερη σε σχέση με τη μετάβαση του Οχήματος Πλαισίου στην Κύρια Περιοχή Εξυπηρέτησης.
Σχήμα 4.9.7.α/β/γ	Σειρά χαρακτηριστικών περιπτώσεων κατανομής εργασιών σε Οχήματα Πλαίσια.
Σχήμα 4.9.3	Γραφική απεικόνιση της έννοιας "εκτιμώμενη ελάχιστη απόσταση".
Σχήμα 4.10.α	Δείγμα γραφικών αποτελεσμάτων προτύπου.
Σχήμα 4.10.β	Δείγμα αριθμητικών αποτελεσμάτων προτύπου.
Σχήμα 5.3.2	Κατανομές μετρηθέντων μεγεθών.
Σχήμα 5.4	Εξέλιξη του μέσου χρόνου αναμονής στην ουρά σε σχέση με τον αριθμό (m) των πελατών, για το πρότυπο αναμονής M/M/1 (επάνω) και Εξέλιξη του μέσου χρόνου παραμονής του φορτηγού στην τερματική εγκατάσταση, σε σχέση με τον αριθμό των αφικνουμένων φορτηγών (κάτω).
Σχήμα 6.1.α	Σύγκριση εναλλακτικών συστημάτων εξυπηρέτησης.
Σχήμα 6.1.β	Ιδεατό σύστημα εξυπηρέτησης φορτηγών
Σχήμα 6.2.α	Κατόψεις λιμενικών εγκαταστάσεων εξοπλισμένων με συμβατικό (επάνω) και νέας τεχνολογίας (κάτω) μηχανολογικό εξοπλισμό διακίνησης Ε/Κ.
Σχήμα 6.2.β	Συμβατικός και νέας τεχνολογίας μηχανολογικός εξοπλισμός διακίνησης Ε/Κ.
Σχήμα 6.2.γ	Μεθοδολογία επιλογής αριθμού μηχανημάτων.

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 4.2	Μόνιμα και προσωρινά στοιχεία του προτύπου.
Πίνακας 4.7.5	Ποσοστά τύπων φορτηγών σε λιμενικές τερματικές εγκαταστάσεις.
Πίνακας 4.8.3	Επιμέρους δραστηριότητες.
Πίνακας 4.9.2	Ενέργειες που απαιτούνται για την εξυπηρέτηση φορτηγού αυτοκινήτου στον προκαθορισμένο χώρο (στάθμευσης/ εξυπηρέτησης) και στις περιοχές των δαπέδων εναπόθεσης.
Πίνακας 4.9.7	Διάκριση χαρακτηριστικών περιπτώσεων κατανομής εργασιών.
Πίνακας 4.11	Αντιστοιχία οχημάτων και σημείων του κύκλου εξυπηρέτησης μεταξύ υποσυστημάτων τερματικής εγκατάστασης.
Πίνακας 6.1.α	Σύγκριση εναλλακτικών συστημάτων εξυπηρέτησης.
Πίνακας 6.1.β	Αποτελέσματα προτύπου για τρεις εναλλακτικές στρατηγικές εξυπηρέτησης.
Πίνακας 6.1.γ	Τιμές διωνυμικής κατανομής.

ΑΦΙΕΡΩΣΗ

Στους γονείς μου που με κάθε τρόπο στήριξαν την προσπάθεια αυτή στα πρώτα, δύσκολα, στάδια της.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θεωρώ υποχρέωσή μου να ευχαριστήσω:

- Τον καθηγητή κ. Κ. Αμπακούμκιν για την καθοδήγηση, την συνεχή κριτική και τις πολύτιμες υποδείξεις του σε όλη την διάρκεια εκπόνησης της διατριβής.
- Τους καθηγητές κ.κ Ι. Φραντζεσκάκη και Α. Γιώτη (μέλη της συμβουλευτικής μου επιτροπής) για τις παρατηρήσεις και υποδείξεις τους.
- Τον αναπληρωτή καθηγητή κ. Ι. Καρκαζή για τις υποδείξεις του στα θέματα της επιστημονικής περιοχής της προσομοίωσης.
- Τον επίκουρο καθηγητή κ. Α. Σταθόπουλο για τη καθοδήγησή του κατά τα πρώτα στάδια της βιβλιογραφικής ανασκόπησης καθώς και τις υποδείξεις του σε θέματα επιλογής λογισμικού και δομής του προτύπου της διατριβής.
- Τον επίκουρο καθηγητή κ. Ι. Γκόλια για την εποικοδομητική κριτική και τις υποδείξεις του σε θέματα δομής του προτύπου της διατριβής.
- Τον αναπληρωτή καθηγητή κ. Κ. Ζωγράφο για τις υποδείξεις του σε θέματα παρουσίασης του μαθηματικού μέρους της διατριβής.
- Τον επιμελητή κ. Ξ Παπακωσταντίνου για τις υποδείξεις του στην επίλυση του προτύπου αναμονής που περιλαμβάνεται στο κεφάλαιο 5.4.

Α. Μπαλλής

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Η ΑΝΑΓΚΗ ΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑ ΣΤΗΝ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ

Οι τερματικές εγκαταστάσεις διακίνησης εμπορευματοκιβωτίων* παρέχουν το χώρο, το μηχανικό εξοπλισμό και το επιχειρησιακό περιβάλλον μέσα στο οποίο πραγματοποιούνται οι διαδικασίες σύνθεσης/αποσύνθεσης των μοναδοποιημένων φορτίων ή και μόνο η εναλλαγή του μέσου μεταφοράς. Η ανάπτυξη/επέκταση των εξειδικευμένων αυτών εγκαταστάσεων απαιτεί σημαντικά κεφάλαια για την κατασκευή των έργων υποδομής και τον εξοπλισμό τους αλλά και δημιουργεί απαιτήσεις για επαρκείς χώρους. Οι λιμενικές εγκαταστάσεις διακίνησης εμπορευματοκιβωτίων αναπτύσσονται συνήθως σε τμήματα μεγάλων εμπορικών λιμένων. Οι υψηλοί ρυθμοί φορτοεκφόρτωσης που επιτυγχάνονται στην θαλάσσια πλευρά των εγκαταστάσεων δημιουργούν απαιτήσεις για μεγάλους χώρους εναπόθεσης/στοίβασης των Ε/Κ ώστε

* Για συντομογραφία χρησιμοποιείται ο όρος Ε/Κ.

να εναρμονίζονται με τη βραδύτερη ροή τους από/προς τα χερσαία μέσα μεταφοράς.^[1,2] Η έλλειψη επαρκών χώρων οδηγεί στην στοιβασία των Ε/Κ σε περισσότερες από μία στρώσεις, που με τη σειρά της οδηγεί σε απαιτήσεις προμήθειας ανάλογου μηχανολογικού εξοπλισμού. Κακή διευθέτηση χώρων, ανεπαρκής αριθμός μηχανημάτων, επίπεδο συντήρησης που οδηγεί σε συχνές βλάβες και ακινητοποίηση των μηχανημάτων και έλλειψη συντονισμού στην κατάρτιση των καθημερινών σχεδίων εργασίας είναι μερικές από τις δυσλειτουργίες που προκαλούνται από σφάλματα στον σχεδιασμό ή/και την οργάνωση των εγκαταστάσεων.^[11,12,15,20,33] Επιπλέον, η μη ορθολογική τιμολογιακή πολιτική, είναι δυνατόν να μεταβάλει την τερματική εκγύσταση σε αποθηκευτική εγκατάσταση, μειώνοντας έτσι σημαντικά την ικανότητα διακίνησης και σωστής λειτουργίας των υπόλοιπων τμημάτων της.^[27] Οι λειτουργίες μίας λιμενικής εγκατάστασης διακίνησης Ε/Κ επηρεάζονται και από παράγοντες πάνω στους οποίους έχει πολύ μικρή δυνατότητα ελέγχου, όπως ανεπαρκής ροή πληροφοριών από τις ναυτιλιακές εταιρείες, ημερήσιες, εβδομαδιαίες και εποχιακές διακυμάνσεις της ζήτησης, πολιτικές παρεμβάσεις καθώς και παρατεταμένες αιχμές και υφέσεις στις εμπορικές ανταλλαγές που είτε άμεσα είτε έμμεσα δημιουργούνται από αλλαγές της πολιτικής των εισαγωγών/εξαγωγών.* ^[16-18,22-27,110,310-313,317]

Αποτέλεσμα των ανωτέρω δυσλειτουργιών είναι η δημιουργία καθυστερήσεων στα μέσα μεταφοράς των Ε/Κ που μετασχηματίζεται σε έμμεσο κόστος και είτε άμεσα (με τη μορφή υπερημεριών στις περιπτώσεις ναυλωμένων πλοίων ή με τη μορφή επιναύλων στην περίπτωση των πλοίων γραμμής) είτε έμμεσα (με την αύξηση των ναύλων των πλοίων ή των τιμολογίων των μεταφορέων της ενδοχώρας) μεταβιβάζεται στους παραγωγούς και τους καταναλωτές.^[27,296]

Οι εξελίξεις αυτές δεν αφήνουν ανεπηρέαστο και το ίδιο το λιμένα καθώς η αύξηση του κόστους μεταφοράς είναι δυνατόν να οδηγήσει ναυτιλιακές γραμμές σε άλλους ανταγωνιστικούς λιμένες. Ακόμη και στην περίπτωση που δεν υπάρχουν ανταγωνιστικοί λιμένες στην ευρύτερη περιοχή, υπάρχει το ενδεχόμενο της υποκατάστασης των απευθείας ναυτιλιακών γραμμών από γραμμές τροφοδοτικών πλοίων, με επακόλουθο τη δραστική μείωση της διαμετακομιστικής κίνησης του λιμένα.^[28,236]

* Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η αλλαγή του τύπου μηχανολογικού εξοπλισμού σε εγκαταστάσεις διακίνησης Ε/Κ του λιμένα της Νέας Υόρκης, στην δεκαετία του 80. Η άνοδος της τιμής του δολλαρίου οδήγησε στην συσσώρευση σημαντικού αριθμού κενών Ε/Κ, γεγονός που οδήγησε στην προμήθεια μηχανημάτων με ικανότητα στοιβασίας Ε/Κ, ενώ ο μέχρι τότε χρησιμοποιούμενος εξοπλισμός, περιελάμβανε μηχανήματα διακίνησης συρομένων βάσεων. ^[18]

Από τα πρώτα στάδια υιοθέτησης της μεθόδου διακίνησης εμπορευμάτων με χρήση E/K έγινε κατανοητό ότι ιδιαίτερη προσοχή έπρεπε να δοθεί στον σχεδιασμό των εξειδικευμένων αυτών τερματικών εγκαταστάσεων.^[3,66,92-94,102] Σύμφωνα με τον F.Dunford (1972):

"Για να επιζήσει η διακίνηση φορτίων με E/K, ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στον σχεδιασμό και τη λειτουργία των τερματικών εγκαταστάσεων." [3]

Δύο βασικοί λόγοι που επέδρασαν αρνητικά στις προσπάθειες για τη βελτιστοποίηση των λειτουργιών διακίνησης φορτίου στις λιμενικές τερματικές εγκαταστάσεις, είναι η έλλειψη εμπειρίας και η ιδιαιτερότητα των συνθηκών λειτουργίας κάθε λιμενικής εγκατάστασης.^[6,103] Οι Beeman και Vallicelli, στελέχη αρχικά του λιμένος Portland στο Ορεγκον και κατόπιν του λιμένος της Κορέας, αναφέρουν (1975):

"Καθώς προετοιμάζονται για διακίνηση E/K, οι λιμένες σχεδιάζονται με βάση μια τεχνολογία που δεν έχει αφομοιωθεί, σε ένα περιβάλλον το οποίο δεν είναι ακριβώς το ίδιο με άλλους λιμένες που έχουν προηγηθεί στην εξέλιξη." [103]

Ανάλογο περιεχόμενο είχε και η ανακοίνωση του H. Lancey αντιπροέδρου της μεγαλύτερης διεθνώς ναυτιλιακής εταιρείας διακίνησης E/K (SEA-LAND) σε Συμπόσιο που πραγματοποιήθηκε το 1973 στην Αθήνα:

"Αν το περιβάλλον μέσα στο οποίο κάθε λιμένας λειτουργεί ήταν ιδανικό, ένα κοινό σύστημα λειτουργίας θα ήταν κατάλληλο όλους τους λιμένες. Δεδομένου ότι δεν έχει αναπτυχθεί ένα κοινό περιβάλλον λειτουργίας, κανείς δεν έχει ένα κοινής αποδοχής σύστημα λειτουργίας." [7]

Στο Εγχειρίδιο για την Διοίκηση Λιμένων (Manual on port management /1976) της UNCTAD,* ο De Monie αναφέρει:

"Πολύ λίγες αμφιβολίες υπάρχουν μεταξύ των ειδικών στις τερματικές εγκαταστάσεις διακίνησης E/K για το γεγονός ότι η παρούσα απόδοση

* Υπηρεσίες των Ηνωμένων Εθνών που ασχολούνται με το εμπόριο και την ανάπτυξη.

των εγκαταστάσεων σε όλο το κόσμο απέχει πολύ από το βέλτιστο και για το ότι, άμεσα ή έμμεσα, η χαμηλή απόδοσή τους έχει επηρεάσει δυσμενώς τη λειτουργία των ναυτιλιακών γραμμών. Για μερικούς από τους λόγους αυτούς, δεν ευθύνονται αυτοί που διαχειρίζονται τις εγκαταστάσεις, όμως μεγάλες λειτουργικές ανεπάρκειες προκαλούνται από ακατάλληλες αποφάσεις στο σχεδιασμό, στις διαδικασίες και στις πολιτικές που εφαρμόζονται για το μηχανικό εξοπλισμό ή το εργατικό δυναμικό." [4]

Ειδικότερα για τις δυσλειτουργίες που αντιμετωπίζονται στους λιμένες των αναπτυσσομένων χωρών, ο B. Couvert της UNCTAD, σε ανακοίνωση του σε διεθνές Συνέδριο που πραγματοποιήθηκε στην Αθήνα (1980), αναφέρει:

"Για χρόνια, εκπλήσσομαι με την τάση για προμήθεια υπερβολικού εξοπλισμού και βλέπω χαμηλά επίπεδα συντήρησης και χαμηλό βαθμό εκμετάλλευσης του υψηλού κόστους εξοπλισμού, που θα μπορούσε να είχε εξοικονομηθεί, δεδομένου ότι πιο απλά συστήματα, θα μπορούσαν να έχουν επιτύχει τουλάχιστον την ίδια απόδοση. Αντί να επενδύουμε σε νέες θέσεις παραβολής και επεκτάσεις του λιμένα, πρέπει πρώτα να προσπαθούμε για τη βελτίωση του βαθμού εκμετάλλευσης των υπαρχόντων εγκαταστάσεων, που στις περισσότερες περιπτώσεις είναι δυνατό και επιπλέον λιγότερο δαπανηρό." [5]

Παρόμοιες είναι και οι πιο πρόσφατες απόψεις άλλων μελετητών.^[69,74,90,97,126,127,130,237] Οι εξελίξεις των μοναδοποιημένων φορτίων^[199,287-289] και των μέσων μεταφοράς τους^[96,192,249,291,292,297] καθώς και οι σημαντικές βελτιώσεις στον μηχανολογικό εξοπλισμό,^[31,132,137-139,193-195,210-212,223,225,227,235,240-244,275,290,298,319] οι αυξανόμενες πιέσεις για ορθολογική ανάπτυξη και για μη επέκταση των χώρων των υπαρχόντων εγκαταστάσεων^[112,114,130,190,191,238,261] και οι αλλαγές στο επιχειρησιακό περιβάλλον^[200,201,224,242,246,272-274] διατηρούν την ανάγκη της συστηματικής διερεύνησης των θεμάτων που αναφέρονται στον σχεδιασμό των τερματικών εγκαταστάσεων.^[10,13,14,21,32,34,58,135,226,228-231,295,307,308] Ο R. Meadows αναφέρει:

"Οι υπεύθυνοι των τερματικών εγκαταστάσεων έχουν σήμερα (1988) στην διάθεσή τους πολύ αποτελεσματικά μηχανήματα μεταφόρτωσης. Μεγαλύτερες και

ταχύτερες γερανογέφυρες προκυμαίας και γερανογέφυρες στοιβασίας, ισχυρότερους υπολογιστές και λογισμικά συστήματα για την οργάνωση των εγκαταστάσεων κ.ά που δίνουν τη δυνατότητα για υψηλότερους ρυθμούς διακίνησης από ότι στο παρελθόν. Οι επενδύσεις είναι αντίστοιχα μεγαλύτερες και οι υπεύθυνοι της τερματικής εγκατάστασης πρέπει να είναι σίγουροι ότι το σύστημα που επιλέχθηκε, θα λειτουργήσει με τη μεγαλύτερη απόδοσή του σε συγκεκριμένες συνθήκες λειτουργίας και οργάνωσης/σχεδιασμού του χώρου. Συνεπώς, αυξάνεται το ενδιαφέρον για τη χρήση προσομοιωτικών τεχνικών και μαθηματικής προτυποποίησης με στόχο να παράσχουν μία αξιόπιστη ένδειξη για την απόδοση και τις δυνατότητες προτεινόμενων αλλαγών/επικαιροποιήσεων του μηχανολογικού εξοπλισμού καθώς και εναλλακτικών σχεδιασμών του χώρου των εγκαταστάσεων." [112]

Στην Ελλάδα η διακίνηση φορτίων με Ε/Κ άρχισε να αναπτύσσεται από την αρχή της δεκαετίας το 1970, κυρίως στο λιμάνι του Πειραιά και δευτερευόντως στο λιμάνι της Θεσσαλονίκης και ήδη εξελίσσεται με πολύ καλούς ρυθμούς. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι μέσα στα τελευταία εικοσιπέντε χρόνια τα φορτία που κινούνται με Ε/Κ από/προς το λιμάνι του Πειραιά αυξήθηκαν κατά εκατό περίπου φορές.^[314,315] Από τους 142 λιμένες της χώρας σημαντική κίνηση Ε/Κ παρατηρείται μόνο στον Πειραιά και τη Θεσσαλονίκη, (λιμένες όπου υπάρχει εξειδικευμένος εξοπλισμός φορτοεκφόρτωσης πλοίων τύπου Lo-Lo*) ενώ σε κύριους λιμένες χωρίς εξειδικευμένο εξοπλισμό (Ηράκλειο, Βόλος) η κίνηση είναι ασήμαντη.^[314] Κίνηση Ε/Κ έχουν και τα λιμάνια με εγκαταστάσεις εξυπηρέτησης πλοίων τύπου Ro-Ro** (Πάτρα, Ηγουμενίτσα). Η ραγδαία ανάπτυξη των εγκαταστάσεων διακίνησης Ε/Κ αλλά και οργανωτικές δυσλειτουργίες (σύμφυτες με τις ιδιαιτερότητες του Ελληνικού χώρου) ^[279,300-303,314,316] συνηγορούν για την ενίσχυση των προσπάθειών για τη βελτιστοποίηση των υπαρχόντων αλλά και την ανάπτυξη εγκαταστάσεων διακίνησης Ε/Κ και σε άλλους λιμένες.

* Πλοία μεταφοράς Ε/Κ που η φορτοεκφόρτωσή τους πραγματοποιείται με ανυψωτικά μέσα.

** Πλοία μεταφοράς Ε/Κ επί τροχοφόρων βάσεων ή επί φορτηγών αυτοκινήτων.

1.2 Η ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΡΟΤΥΠΩΝ

Η ανάπτυξη προτύπων για την αναπαράσταση της λειτουργίας των λιμενικών τερματικών εγκαταστάσεων ή τμημάτων των εγκαταστάσεων αυτών, απέτελεσε ένα σημαντικό βοήθημα στον σχεδιασμό. Ο R. Guise, αναφέρει (1982):

"Η ικανότητα να αναπαραστήσουμε υπάρχοντα και προτεινόμενα συστήματα λειτουργίας με μορφή προτύπου και κατόπιν να πειραματιστούμε δοκιμάζοντας εναλλακτικές λύσεις, με ελάχιστο κόστος και χωρίς να διαταραχθούν οι υπάρχουσες εγκαταστάσεις και λειτουργίες, είναι πολύ αξιόλογη κατά το σχεδιασμό." [9]

Παρόμοιες είναι και οι απόψεις των Wong, Grant και Curley (1983):

"Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε τερματικής εγκατάστασης υπαγορεύουν ότι η κρίση των μελετητών και η προηγούμενη εμπειρία τους πρέπει να εμπλουτιστούν με συστηματικές μεθόδους ανάλυσης." [100]

Ενας σημαντικός αριθμός ερευνητών/μελετητών έχει αναπτύξει ή/και χρησιμοποιήσει πρότυπα για τη μελέτη νέων ή τη βελτίωση υφιστάμενων τερματικών εγκαταστάσεων. [80-87,99-119,122,128,136,140-144,157,158,173,178,277,324] Πολλοί από αυτούς ανέπτυξαν ή χρησιμοποίησαν πρότυπα προσομοίωσης και έχουν σχολιάσει πολύ θετικά τα πλεονεκτήματά της τεχνικής αυτής. [80,82,100,103-119,136,144,178,277] Το βασικό πλεονέκτημά της, είναι ότι επιτρέπει τη λεπτομερή αναπαράσταση των συνθηκών λειτουργίας και των ιδιομορφιών κάθε τερματικής εγκατάστασης, ενώ στα μειονεκτήματά της συγκαταλέγονται η σημαντική απασχόληση που απαιτείται για τη συλλογή στοιχείων, τη δημιουργία του προτύπου και την επεξεργασία των αποτελεσμάτων. [68,69,73,80, 84,99,104,150,151,167,183,184,299] Ο V. Champion αναφέρει (1990):

"Η προσομοίωση σταδιακά γίνεται δεκτή από τους λιμένες σαν ένα πολύτιμο εργαλείο σχεδιασμού. Δεν μπορεί να προσφέρει ακριβείς απαντήσεις, όμως παρέχει, μέσα σε ένα διάστημα εμπιστοσύνης, μια ρεαλιστική πρόβλεψη για τα οφέλη και τις απώλειες που προέρχονται από συγκεκριμένες ενέργειες." [118]

Ενας τομέας όπου τα πρότυπα προσομοίωσης κατέχουν δεσπόζουσα θέση είναι η αναπαράσταση των λειτουργιών του μηχανολογικού εξοπλισμού μεταφόρτωσης και διακίνησης Ε/Κ με στόχο είτε τη σύγκριση εναλλακτικών τύπων εξοπλισμού [91,105] είτε τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας συγκεκριμένου τύπου/ων εξοπλισμού.[75,83,88,100-105,110-114,116-119,123-125,129,141] Αξίζει να σημειωθεί ότι όλα τα πρότυπα που χρησιμοποιήθηκαν στα πλαίσια του πρόσφατου (1992-94) Ευρωπαϊκού ερευνητικού προγράμματος SIMET για τη σύγκριση συμβατικού και εξελιγμένου μηχανολογικού εξοπλισμού διακίνησης Ε/Κ σε λιμενικές και σιδηροδρομικές εγκαταστάσεις, ήταν πρότυπα προσομοίωσης.[318]

Σε πολλά πρότυπα προσομοίωσης, στόχος δεν είναι η λεπτομερής αναπαράσταση των λειτουργιών της τερματικής εγκατάστασης, αλλά η δημιουργία κατάλληλων "εργαλείων" που η ακρίβειά τους είναι ανάλογη με τα προς διερεύνηση θέματα. Οι απώλειες χρόνου λόγω κυκλοφοριακών εμπλοκών καθώς και η συμπεριφορά του ανθρώπινου δυναμικού αγνοούνται, γιατί έτσι απλοποιείται σημαντικά η δομή του προτύπου ή/και το πρότυπο μπορεί να χρησιμοποιηθεί, χωρίς σημαντικές μετατροπές, για την προσομοίωση διαφορετικών τύπων εγκαταστάσεων.

Αντίθετα, σε άλλα πρότυπα, η λεπτομερής αναπαράσταση των λειτουργιών της τερματικής εγκατάστασης είναι απαραίτητη προϋπόθεση. Στόχος των προτύπων αυτών είναι κυρίως η ανίχνευση/διερεύνηση δυσλειτουργιών καθώς και η αναγνώριση/κατανόηση κανόνων στη λήψη αποφάσεων που λαμβάνονται σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας. Χρησιμοποιούνται ακόμη και για τη διερεύνηση των επιπτώσεων από την αντικατάσταση του τύπου του μηχανολογικού εξοπλισμού διακίνησης Ε/Κ. Στα πρότυπα αυτά η χρήση υπό κλίμακα ομοιωμάτων (φυσικών ή εικόνων) των προσομοιούμενων εγκαταστάσεων συμβάλλει στην πληρέστερη κατανόηση των προς διερεύνηση θεμάτων και παρέχει μια κατανοητή γλώσσα επικοινωνίας μεταξύ των μελετητών της τερματικής εγκατάστασης αλλά και μεταξύ μελετητών και υπευθύνων για τη λήψη αποφάσεων.[8,91,99,112-114]

Μία από τις χρησιμοποιούμενες τεχνικές βασίζεται στην χρησιμοποίηση φυσικών προτύπων (ομοιωμάτων) και τη διά χειρός προσομοίωση του φυσικού συστήματος. Φυσικά πρότυπα έχουν χρησιμοποιηθεί για την αναπαράσταση νέων συστημάτων μηχανολογικού εξοπλισμού,[120] καθώς επίσης και για το σχεδιασμό λιμενικών εγκαταστάσεων. Οι Rijsenbri και Ham αναφέρουν:

"Στις αρχές της δεκαετίας του 1970, σε αντίθεση με τα τότε χρησιμοποιούμενα πρότυπα βασισμένα στην θεωρία αναμονής, μερικοί μελετητές τερματικών εγκαταστάσεων, συμπεριλαμβανομένου και του Europe Container Terminus, χρησιμοποίησαν τη διά χειρός προσομοίωση, που δίνει την δυνατότητα για εμβάθυνση στις εκτελούμενες λειτουργίες κάτω από μεταβαλλόμενες συνθήκες λειτουργίας." [99]

Οι ίδιοι ερευνητές αναγνωρίζουν το βασικό μειονέκτημα της τεχνικής αυτής, που είναι ότι:

"Όλες οι λειτουργίες της τερματικής εγκατάστασης πρέπει να εκτελούνται διά χειρός, δραστηριότητα που είναι ιδιαίτερα χρονοβόρα και απαιτεί σημαντικό προσωπικό."

Μια βελτιωμένη τεχνική παρουσιάστηκε στο πρότυπο που χρησιμοποιήθηκε από το National Ports Council (Εθνικός Οργανισμός λιμένων) της Αγγλίας για την αξιολόγηση εναλλακτικών συστημάτων διακίνησης Ε/Κ.^[8,91] Ο H. Dally αναφέρει:

"Γεννήθηκε η ιδέα ενός υπό κλίμακα προτύπου που να αναπαριστά την τερματική εγκατάσταση με ένα ρεαλιστικό τρόπο και ενός προγράμματος υπολογιστή για να καταγράφει τις λειτουργίες και να συγχρονίζει τα γεγονότα. Οι χειριστές του προτύπου μπορούν να κατανοήσουν τη συμπεριφορά της προσομοιούμενης εγκατάστασης, να υποδείξουν τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματά της και συνεπώς να λάβουν αποφάσεις για την αντικατάσταση του εξοπλισμού στις πραγματικές εγκαταστάσεις. Το πρότυπο παρέχει πληροφορίες για δυσλειτουργίες του φυσικού συστήματος, όπως συμφορήσεις που προκαλούνται από πολιτικές στοιβασίας. Με αυτόν τον τρόπο, δυσλειτουργίες που προκύπτουν από διευθέτηση του χώρου και στρατηγικές λειτουργίας είναι δυνατόν να αναγνωριστούν και να διορθωθούν πριν από την εφαρμογή τους σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας."

Η ανάπτυξη τεχνικών που να επιτρέπουν την αναπαράσταση και παρατήρηση της λειτουργίας προσομοιούμενων συστημάτων δεν αποτελούσε μέλημα μόνο των μελετητών τερματικών εγκαταστάσεων. Πολλές άλλες επιστημονικές περιοχές (Βιομηχανικός Σχεδιασμός, Διαστημική έρευνα, Στρατιωτικές εφαρμογές κ.ά) είχαν παρόμοιες ανάγκες

με αποτέλεσμα να αναπτυχθούν τεχνικές αναπαράστασης βασισμένες σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές,^[170-172,175,179,185-189] όπως η τεχνική των Interactive Computer Graphics.* Οι πρώτες εφαρμογές της τεχνικής αυτής έγιναν στο M.I.T και στην General Motors, στις αρχές της δεκαετίας του 80. Η θεαματική ανάπτυξη της τεχνολογίας των υπολογιστών, σε συνδυασμό με τη μείωση του κόστους τους, η δημιουργία κατάλληλων προγραμμάτων και η ανάπτυξη και κατανόηση των δυνατοτήτων που προσφέρουν τα Interactive Graphics οδήγησε σε διαρκώς αυξανόμενη χρησιμοποίησή τους ^[160,161] σε πολλές επιστημονικές περιοχές, μεταξύ των οποίων συγκαταλέγεται και η επιστημονική περιοχή των Μεταφορών. Τα κινούμενα γραφικά** (animation) είναι μία ειδική μορφή των Computer Interactive Graphics. Οι Baecker και Horsley ^[162] ορίζουν τα κινούμενα γραφικά ως τη μέσω εικόνων δυναμική προσομοίωση μίας υποθετικής ή πραγματικής κατασκευής, διαδικασίας ή συστήματος. Πρότυπα με δυνατότητες κινούμενων γραφικών ανέπτυξαν και χρησιμοποίησαν μεταξύ άλλων και οι Baecker και Horsley για την αναπαράσταση της συμπεριφοράς επιβατών που εξέρχονται από υπόγειο σταθμό Μετρό,^[161] οι Hauer, Baecker και Bunt για τη μελέτη στρατηγικών κατανομής των κλήσεων για εξυπηρέτηση σε στόλο ράδιο-ταξί,^[165] ο E. Joline,^[168] οι Δούκας και Παπούλιας ^[164] και ο Chin ^[166] για την εικονική αναπαράσταση της λειτουργίας προτύπων προσομοίωσης της κυκλοφορίας και οι Huffman και Walker για την προσομοίωση δικτύου προμετρό.^[176]

Πρότυπα με γραφική έξοδο έχουν αναπτυχθεί/χρησιμοποιηθεί και στην επιστημονική περιοχή του σχεδιασμού λιμενικών εγκαταστάσεων. Οι David και Lalwani (1979) χρησιμοποίησαν σειρά διαδοχικών εικόνων για να απεικονίσουν τις λειτουργίες συστήματος ελκυστήρων και συρομένων βάσεων που εξυπηρετούν γερανούς προκουμαίας.^[116] Ο Μικέλης ανέπτυξε ένα πρότυπο με γραφική έξοδο (1985) που αναπαριστά τις κινήσεις των πλοίων που προσεγγίζουν/ αναχωρούν από ένα λιμένα. Το πρότυπο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν βοήθημα για το σχεδιασμό πλοίων καθώς και για εξάσκηση πλοηγών.^[181,182] Τα θέματα του ελέγχου της κυκλοφορίας πλοίων ^[233,234] έχουν αντιμετωπιστεί με παρόμοιο τρόπο και από άλλους ερευνητές.^[180]

Το 1984 οι Αμπακούμκιν και Μπαλλής παρουσίασαν σε Διεθνές Συνέδριο που πραγματοποιήθηκε στην Αθήνα^[163] ένα πρότυπο προσομοίωσης μίας ιδεατής λιμενικής

* Δεν υπάρχει καθιερωμένη μετάφραση του όρου. Συναντάται ως Ελεγχόμενο περιβάλλον (Γραφικών) ή Διαλογικά γραφικά.

** Χρησιμοποιείται η ορολογία της πηγής ^[159].

εγκατάστασης, με δυνατότητες εικονικής αναπαράστασης. Το πρότυπο αυτό, ήταν το πρωτόλειο του προτύπου της παρούσας διατριβής.

Η τεχνική των κινούμενων γραφικών χρησιμοποιήθηκε και από την Liftech Consultants Inc και την Marine Terminal Computer Systems για την προσομοίωση των λειτουργιών διακίνησης Ε/Κ μιας εγκατάστασης που εξυπηρετείται από γερανογέφυρες επί σιδηροτροχιών, με σκοπό να μελετήσει αλγορίθμους που θα επιλέγουν τις κατάλληλες θέσεις εναπόθεσης Ε/Κ και θα κατανέμουν τις εργασίες στις γερανογέφυρες.^[119] Σε παρεμφερή εφαρμογή η εταιρία Siemens χρησιμοποίησε το πρότυπο VICONT που είχε και αυτό δυνατότητα εικονικής αναπαράστασης.^[118] Η ίδια τεχνική χρησιμοποιήθηκε (1988) από την προαναφερθείσα Liftech Consultant Inc για την προσομοίωση ενός αυτομάτου συστήματος διακίνησης Ε/Κ.^[117]

Οι Jordan, Woodman και Dobson χρησιμοποίησαν την τεχνική αυτή για να παρουσιάσουν τις προτάσεις τους για την οργάνωση εγκατάστασης εξυπηρέτησης τραίνου στον λιμένα Tacoma των ΗΠΑ.^[112] Παρόμοια, η προαναφερθείσα Liftech Consultants συνδύασε ένα πρότυπο προσομοίωσης, με ένα εξειδικευμένο πρόγραμμα που μετασχηματίζει την αριθμητική έξοδο του προτύπου προσομοίωσης σε κινούμενα γραφικά, με στόχο την παρουσίαση εναλλακτικών χωροθετήσεων στον σχεδιασμό του λιμένα Oakland των ΗΠΑ.^[113,114]

Η τεχνική των κινούμενων γραφικών προσφέρεται και στις πλατφόρμες ανάπτυξης προτύπων Witness, Kombisim και Dosimis ^[76-78] που χρησιμοποιούνται και για προσομοίωση συστημάτων μηχανολογικού εξοπλισμού.

Τέλος πρότυπα προσομοίωσης με γραφική έξοδο χρησιμοποιήθηκαν από την Europe Combined Terminals για τον σχεδιασμό της αυτοματοποιημένης λιμενικής εγκατάστασης Delta terminal στον Λιμένα του Ρότερνταμ.^[245]

Ενα από τα κυριότερα πλεονεκτήματα της τεχνικής των κινούμενων γραφικών είναι ότι παρέχουν μια κατανοητή γλώσσα επικοινωνίας μεταξύ των μελετητών του συστήματος, των υπευθύνων για τη λειτουργία και των υπευθύνων για τη λήψη αποφάσεων. Το πόσο σημαντική είναι η παρουσίαση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης με κατανοητό τρόπο, αναπτύσσεται από τους Emshoff και Sisson:

"Είναι σημαντικό η παρουσίαση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης στην Διοίκηση, να γίνεται με τρόπο που να μεγιστοποιεί την κατανόησή τους. Πολλές μελέτες δεν εφαρμόστηκαν επειδή είτε αγνόησαν αυτή τη φάση της μελέτης είτε δεν κατόρθωσαν να διεξάγουν διάλογο με τη Διοίκηση."^[170]

Στο ίδιο πνεύμα, ο G. Hogg δηλώνει (1983):

"Ένα διευθυντικό στέλεχος προτιμά να ζεί με ένα πρόβλημα που δεν μπορεί να λύσει, παρά να αποδεχτεί ένα πρότυπο που δεν κατανοεί."^[174]

Παρόμοια προβλήματα συνεργασίας και κατανόησης μεταξύ των ενδιαφερομένων μερών, παρουσιάζονται και κατά το σχεδιασμό λιμενικών εγκαταστάσεων. Αναφορά στο θέμα αυτό, γίνεται από τους Beeman και Vallicelli (1975).

"Είναι δύσκολο οι υπεύθυνοι για τη λειτουργία και η Διοίκηση να συνεργάζονται κατά το σχεδιασμό. Όμως οι σύνθετες καταστάσεις δυσλειτουργιών απαιτούν συνεργασία, ώστε να επιβεβαιωθεί ότι όλες οι απαιτήσεις έχουν αναγνωριστεί και είτε περιλαμβάνονται στον σχεδιασμό, είτε έχουν παραβλεφθεί μετά από προσεκτική εξέταση της επίδρασής τους."^[103]

Η κατανοητή επικοινωνία που η χρήση προτύπων με δυνατότητες κινούμενων γραφικών προσφέρουν επιβεβαιώθηκε και κατά την προσαρμογή του προτύπου της Liftech για την προσομοίωση λιμενικής τερματικής εγκατάστασης στον λιμένα του Οκλαντ των ΗΠΑ, στην φάση του ελέγχου λογικών λαθών του προτύπου. Ο T. Ward, ειδικός της Liftech σε θέματα προσομοίωσης αναφέρει (1990):

"Ενώ το προσωπικό του λιμένα συνήθως βομβαρδίζεται από φύλλα με εκτυπώσεις αποτελεσμάτων υπολογιστή, τώρα είχε τη δυνατότητα να παρατηρήσει τη γραφική έξοδο (κινούμενα γραφικά) και να εντοπίσει πολύ σύντομα σφάλματα του προτύπου."^[114]

Ενας ακόμη σημαντικός λόγος που συνηγορεί υπέρ των προσπαθειών βελτιστοποίησης των δραστηριοτήτων του υπάρχοντος μηχανολογικού εξοπλισμού είναι ότι η συμβατική τεχνολογία φορτοεκφόρτωσης/διακίνησης Ε/Κ στις λιμενικές και σιδηροδρομικές εγκαταστάσεις θα διατηρήσει για πολλά χρόνια ακόμη τη σημερινή βασική μορφή της^[317-320] ενσωματώνοντας επιμέρους βελτιώσεις. Όπως έδειξε το προαναφερθέν ευρωπαϊκό ερευνητικό πρόγραμμα SIMET* πολύ λίγες από τις καινοτομίες στον τομέα της διακίνησης Ε/Κ έχουν υλοποιηθεί ακόμη και σε επίπεδο πιλοτικής εφαρμογής, αλλά και στις περιπτώσεις αυτές το κόστος ανά διακινούμενο Ε/Κ φαίνεται να είναι ίσο ή και υψηλότερο του αντίστοιχου (ισοδύναμης απόδοσης) συμβατικού εξοπλισμού.

* Ο γράφων ήταν μέλος της ερευνητικής ομάδας του Ε.Μ.Π που συμμετείχε στο ανωτέρω πρόγραμμα.

1.3 ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Οι διαπιστώσεις των ερευνητών/μελετητών που παρουσιάστηκαν στα προηγούμενα υποκεφάλαια περιγράφουν τα πλαίσια των συγχρόνων ερευνών σε θέματα σχεδιασμού λιμενικών εγκαταστάσεων διακίνησης Ε/Κ. Τα συμπεράσματα όσων αναφέρθηκαν είναι:

- α. Το επιχειρησιακό περιβάλλον κάθε λιμενικής τερματικής εγκατάστασης είναι ιδιόμορφο. Δεν υπάρχει ένα κοινής αποδοχής σύστημα λειτουργίας, όμως η λειτουργία κάθε εγκατάστασης είναι δυνατόν να βελτιστοποιηθεί. Σε πρώτη φάση θα πρέπει να εξετάζεται η δυνατότητα βελτίωσης της απόδοσης της εγκατάστασης με την καλύτερη αξιοποίηση των διαθέσιμων χώρων και του υπάρχοντος εξοπλισμού.
- β. Διαφαίνεται ιδιαίτερα η ανάγκη διερεύνησης των θεμάτων αυτών στην Ελλάδα καθώς η ραγδαία ανάπτυξη των φορτίων που διακινούνται με εμπορευματοκιβώτια αλλά και οι οργανωτικές δυσλειτουργίες (σύμφυτες με τις ιδιαιτερότητες του Ελληνικού χώρου) συνηγορούν για την ενίσχυση των προσπάθειών για τη βελτιστοποίηση των υπάρχοντων αλλά και την ανάπτυξη νέων εγκαταστάσεων διακίνησης Ε/Κ.
- γ. Η βελτιστοποίηση της λειτουργίας, η τροποποίηση/επέκταση καθώς και ο σχεδιασμός νέων τερματικών εγκαταστάσεων μπορεί να ωφεληθεί σημαντικά από τη χρήση προτύπων. Η τεχνική της προσομοίωσης ενδείκνυται για τη λεπτομερή αναπαράσταση των δραστηριοτήτων του μηχανολογικού εξοπλισμού διακίνησης των Ε/Κ. Είναι επιθυμητό το πρότυπο να περιλαμβάνει σημαντικό αριθμό παραμέτρων και να προσφέρει δυνατότητες παρουσίασης των αποτελεσμάτων του και με κάποια εποπτική μέθοδο.

Στόχος της εργασίας αυτής είναι η ανάπτυξη ενός προτύπου που να περιγράφει με λεπτομερή τρόπο και επιτρέπει τη διερεύνηση των λειτουργιών διακίνησης εμπορευματοκιβωτίων σε τερματικές εγκαταστάσεις.

Σκοπός της εργασίας είναι η διερεύνηση παραμέτρων σχεδιασμού που διαμορφώνουν την απόδοση και οδηγούν στην βελτιστοποίηση του συστήματος. Μεταξύ των παραμέτρων αυτών περιλαμβάνονται η χωροθέτηση των επί μέρους τμημάτων της εγκατάστασης, η διαμόρφωση του εσωτερικού οδικού δικτύου, οι κανόνες στοιβασίας των Ε/Κ, η σύνθεση

του μηχανολογικού εξοπλισμού, η στρατηγική που εφαρμόζεται στην διοίκηση του μηχανολογικού εξοπλισμού καθώς και οι απώλειες χρόνου από κυκλοφοριακές εμπλοκές μεταξύ των μηχανημάτων/οχημάτων αλλά και των φορτηγών στο εσωτερικό οδικό δίκτυο της τερματικής εγκατάστασης.

Η διερεύνηση εναλλακτικών σχεδιασμών -με την βοήθεια του προτύπου- στο ελεγχόμενο περιβάλλον του ηλεκτρονικού υπολογιστή εκτιμάται ότι μπορεί να συμβάλει ουσιαστικά στην βελτιστοποίηση των δραστηριοτήτων του μηχανολογικού εξοπλισμού και κατ' επέκταση και στην βελτίωση της παραγωγικότητας της τερματικής εγκατάστασης.

Τα πιθανά οφέλη μιας τέτοιας διερεύνησης αποκτούν βαρύνουσα σημασία αν συνεκτιμηθεί ότι η σημερινή βασική μορφή τού μηχανολογικού εξοπλισμού θα διατηρηθεί και στο άμεσο (τουλάχιστον) μέλλον.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

2.1 ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Μια τερματική εγκατάσταση αποτελεί κατά κανόνα, ένα κόμβο όχι μόνο του εθνικού αλλά και του διεθνούς δικτύου μεταφοράς εμπορευμάτων. Συνεπώς επηρεάζεται από τις επικρατούσες συνθήκες του διεθνούς εμπορίου και τις αλλαγές στην τεχνολογία διακίνησης των φορτίων, ενώ ταυτόχρονα αντιμετωπίζει τοπικές συνθήκες λειτουργίας (φυσικό περιβάλλον, διαθεσιμότητα μηχανολογικού εξοπλισμού, επιχειρησιακό περιβάλλον, απαιτήσεις ενδοχώρας κά). Όπως έχει ήδη αναφερθεί στο κεφάλαιο 1, τα σημαντικά κεφάλαια που απαιτούνται για την ανάπτυξη και λειτουργία των εγκαταστάσεων, καθώς το σημαντικό άμεσο αλλά και έμμεσο κόστος με το οποίο επιβαρύνονται τα διακινούμενα μέσω των λιμενικών εγκαταστάσεων προϊόντα επιβάλλουν τον ορθολογικό σχεδιασμό των διαδικασιών και των εγκαταστάσεων διακίνησης Ε/Κ. Βασικό μέρος της όλης διαδικασίας σχεδιασμού, είναι η ανάπτυξη μαθηματικών προτύπων. Ένα πρότυπο μιας τερματικής εγκατάστασης, μπορεί να αποτελεί τμήμα ενός ευρύτερου προτύπου (όπως π.χ ενός προτύπου συστήματος λιμένων ή ενός προτύπου

βελτιστοποίησης δρομολογίου πλοίου^[38-61]), ή να περιγράφει τις λειτουργίες μίας μεμονωμένης τερματικής εγκατάστασης. ^[81,84-87,95-100,103-107,111,116-121] Δεδομένου ότι ο σκοπός του κεφαλαίου είναι ο εντοπισμός προτύπων, συγγενών προς το πρότυπο της διατριβής, η βιβλιογραφική ανασκόπηση που ακολουθεί εστιάζεται στην κατηγορία εκείνη των προτύπων, που στοχεύουν στον σχεδιασμό νέων ή/και στην διερεύνηση δυσλειτουργιών στην λειτουργία υπαρχουσών λιμενικών εγκαταστάσεων διακίνησης Ε/Κ.

Η βιβλιογραφική ανασκόπηση έδειξε ότι πολλά πρότυπα σχεδιασμού λιμενικών εγκαταστάσεων δεν αναφέρονται σε όλα τα μεγέθη σχεδιασμού και ακόμη ότι ένα πολύ σημαντικό ποσοστό από αυτά, αποτελούνται από επιμέρους πρότυπα, (που μπορεί και να ακολουθούν διαφορετική τεχνική επίλυσης). Για τους λόγους αυτούς αποφασίστηκε ότι η παρουσίαση θα πρέπει να γίνει σε αντιστοιχία με ομάδες μεγεθών σχεδιασμού. Η προσέγγιση αυτή, οδηγεί στην ανάλυση των προτύπων που αναπαριστούν περισσότερα από ένα υποσυστήματα της λιμενικής εγκατάστασης σε επιμέρους τμήματα και στην παρουσίαση των επιμέρους αυτών τμημάτων σε διακεκριμένες κατηγορίες. Η διάκριση σε κατηγορίες έγινε σε αντιστοιχία με τα βασικά βήματα που ακολουθούνται στον σχεδιασμό μιας λιμενικής εγκατάστασης διακίνησης Ε/Κ (βλ Myttor και Walker ^[104]). Σύμφωνα με τα ανωτέρω διακρίνονται τρεις κατηγορίες, όπου περιλαμβάνουν αντίστοιχα:

1. Πρότυπα υπολογισμού απαιτούμενων θέσεων παραβολής πλοίων και αντίστοιχου μηχανολογικού εξοπλισμού φορτοεκφόρτωσης.
2. Πρότυπα υπολογισμού απαιτούμενων θέσεων εναπόθεσης Ε/Κ. Τα δάπεδα εναπόθεσης Ε/Κ καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο τμήμα των χώρων της λιμενικής εγκατάστασης και συνεπώς ο υπολογισμός των απαιτούμενων χώρων αναφέρεται κυρίως στον υπολογισμό της έκτασης που καταλαμβάνουν τα δάπεδα αυτά.
3. Πρότυπα επιλογής μηχανολογικού εξοπλισμού φορτοεκφόρτωσης/διακίνησης Ε/Κ στην χερσαία πλευρά των εγκαταστάσεων. Χρησιμοποιούνται για την επιλογή του τύπου/ων και τον υπολογισμό του απαιτούμενου αριθμού μηχανημάτων/οχημάτων που απαιτούνται για τη διακίνηση των Ε/Κ μεταξύ προκυμαίας και αποθηκευτικών χώρων αλλά και για τις εργασίες διακίνησης των Ε/Κ στην χερσαία πλευρά των εγκαταστάσεων (εξυπηρέτηση φορτηγών ενδοχώρας, αναδιατάξεις Ε/Κ, εξυπηρέτηση εγκαταστάσεων απο/μοναδοποίησης φορτίου κ.ά).

2.1 ΠΡΟΤΥΠΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΘΕΣΕΩΝ ΠΑΡΑΒΟΛΗΣ ΠΛΟΙΩΝ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΦΟΡΤΟΕΚΦΟΡΤΩΣΗΣ.

Η βελτιστοποίηση των λειτουργιών της θαλάσσιας πλευράς των λιμενικών εγκαταστάσεων, αποτέλεσε το πρώτο χρονολογικά στόχο. Το 1951 έγινε από την British Iron and Steel Research Association, διεξοδική μελέτη της διαδικασίας εκφόρτωσης σιδηρομεταλλευμάτων σε Βρετανικούς λιμένες με μεθόδους επιχειρησιακής έρευνας μεταξύ των οποίων και η προσομοίωση.^[62,155]

Το 1966 παρουσιάστηκε από τον Carl Plumlee, ένα πρότυπο βασισμένο στη θεωρία αναμονής που καταλήγει στην βελτιστοποίηση του αριθμού των θέσεων παραβολής, με κριτήριο την ελαχιστοποίηση του αθροίσματος του κόστους των αδρανούντων λιμενικών εγκαταστάσεων και του κόστους ακινητοποίησης των πλοίων.^[64] Χρησιμοποιώντας το ίδιο κριτήριο βελτιστοποίησης με τον Plumlee ο Σ. Νικολάου παρουσίασε το 1967 μια μέθοδο (βασισμένη στη θεωρία αναμονής) που επιτρέπει την επίλυση με χρήση διαγραμμάτων.^[65] Το 1974 ο Wanhill τροποποίησε το κριτήριο των Plumlee και Νικολάου, εισάγοντας στους υπολογισμούς το συνολικό κόστος των εγκαταστάσεων.^[67]

Το 1975 οι Beeman και Vallicelli, παρουσίασαν ένα πρότυπο προσομοίωσης^[103], που επιτρέπει την λεπτομερή περιγραφή πλοίων με διαφορετικά χαρακτηριστικά (κατανομή αφίξεων, σύνθεση φορτίου, μήκος πλοίου, αριθμό και χωρητικότητα κυψελών κ.ά) και υπολογίζει το απαιτούμενο συνολικό μήκος της προκυμαίας, τον απαιτούμενο αριθμό γερανογεφυρών και το βαθμό απασχόλησής τους καθώς και τους χρόνους αναμονής και εξυπηρέτησης των πλοίων. Πρότυπο προσομοίωσης χρησιμοποίησαν το 1977 και οι Soros και Zandor, στα πλαίσια προτεινόμενης μεθοδολογίας για το σχεδιασμό λιμενικών εγκαταστάσεων γενικού φορτίου.^[73]

Ενα ακόμη πρότυπο προσομοίωσης (με ικανότητα επίλυσης σε προγραμματιζόμενο υπολογιστή χειρός), είναι το πρότυπο P.O.R.T.S που αναπτύχθηκε το 1979 από τον Α. Σταθόπουλο και επιτρέπει την περιγραφή ναυτιλιακών γραμμών με διαφορετικά χαρακτηριστικά και προνομιακή μεταχείριση πλοίων.^[80]

Πρότυπο προσομοίωσης ανέπτυξε και χρησιμοποίησε και ο Tabernacle^[81] για τη διερεύνηση εναλλακτικών σχεδιασμών στην μικρή εγκατάσταση διακίνησης Ε/Κ του Garston στην Αγγλία, όπου ο ελλιμενισμός των πλοίων εξαρτάται και από την παλίρροια.

Ένα ακόμη θέμα που διερευνήθηκε με τη βοήθεια προτύπων, είναι οι κανόνες κατανομής των γερανογεφυρών στα πλοία (Ashayeri και Gelders,^[82] Daganzo^[83]).

Το πρότυπο RENSAM, που αναπτύχθηκε και χρησιμοποιήθηκε από την εταιρία Rendel Palmer and Tritton,^[104,105] όπως και το πρότυπο CTS2 που χρησιμοποιείται για το σχεδιασμό του Europe Container Terminus του λιμένα του Ρότερνταμ,^[106,107] ανήκουν στην κατηγορία εκείνη των προτύπων προσομοίωσης, που χαρακτηρίζονται από μεγάλη ευελιξία στην περιγραφή των χαρακτηριστικών των πλοίων, των κανόνων προνομιακής μεταχείρισης πλοίων και των κανόνων διάθεσης των γερανογεφυρών προκυμαίας στα πλοία. Τα πρότυπα αυτά έχουν και άλλες δυνατότητες που, σύμφωνα με τον τρόπο παρουσίασης των προτύπων που ακολουθείται στην διατριβή (βλ κεφ. 2.1), παρουσιάζονται στις αντίστοιχες παραγράφους.

Το πρότυπο CTS2 αποτελεί ένα χαρακτηριστικό δείγμα των προτύπων που αξιοποιούν την ευελιξία που προσφέρει η τεχνική της προσομοίωσης στην περιγραφή των διαδικασιών της θαλάσσιας πλευράς. Τα κυριότερα χαρακτηριστικά του είναι η ύπαρξη γεννητριών τυχαίων αριθμών, που δημιουργούν αφίξεις πλοίων με διαφορετικά χαρακτηριστικά δρομολογίων, αριθμού διακινουμένων Ε/Κ και προσυμφωνημένου μέγιστου χρόνου εξυπηρέτησης πλοίου. Μετά την αναγγελία της άφιξης του προσομοιούμενου πλοίου, τα Ε/Κ που πρόκειται να μεταφέρει προσέρχονται στην τερματική εγκατάσταση ακολουθώντας δεδομένο χρονοδιάγραμμα αφίξεων. Εάν κατά το χρόνο άφιξης του προσομοιούμενου πλοίου δεν υπάρχει ελεύθερη θέση παραβολής, το πλοίο αναμένει. Όταν το πλοίο καταλαμβάνει θέση παραβολής, ο επιθυμητός αριθμός γερανογεφυρών διατίθενται για την εξυπηρέτησή του. Στην περίπτωση που δεν υπάρχει ικανός αριθμός γερανογεφυρών για να καλύψει τη ζήτηση για όλα τα πλοία, ο καταμερισμός των γερανογεφυρών γίνεται με βάση τον προσυμφωνημένο χρόνο εξυπηρέτησης. Μετά την αναχώρηση του πλοίου, τα εισαχθέντα Ε/Κ απομακρύνονται από την τερματική εγκατάσταση ακολουθώντας δεδομένο χρονοδιάγραμμα αποχωρήσεων. Τα αποτελέσματα του προτύπου CTS2 είναι:

- α. Βαθμός κατάληψης κρηπιδωμάτων.
- β. Χρόνος αναμονής για κάθε πλοίο.
- γ. Υπέρβαση του προσυμφωνημένου μέγιστου χρόνου εξυπηρέτησης.
- δ. Στοιχεία για τον έλεγχο των δεδομένων εισόδου.
- ε. Ιστογράμματα του αριθμού των Ε/Κ στους χώρους στοιβασίας για τα εισαγόμενα τα εξαγόμενα και το σύνολό των Ε/Κ ανά χρονικά διαστήματα 8 ωρών.

Από την πιο πάνω παρουσίαση του προτύπου CTS2, αποκαλύπτεται η δυνατότητά του (δυνατότητα που έχουν και τα προαναφερθέντα πρότυπα των Beeman και Vallicelli^[103] και REMSAM^[105]) να υπολογίζει τον αριθμό των Ε/Κ που παραμένουν στις εγκαταστάσεις, που αποτελεί μία βασική παράμετρο για τον υπολογισμό των απαιτούμενων χώρων. Το κεφ 2.2 αναφέρεται αναλυτικά στο θέμα αυτό.

Οι κυριότερες τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη των προτύπων της κατηγορίας αυτής είναι η θεωρία αναμονής και η προσομοίωση.

Η βασική παραδοχή των προτύπων που βασίζονται στην θεωρία αναμονής, είναι ότι οι χρόνοι άφιξης των πλοίων, καθώς και οι χρόνοι εξυπηρέτησής τους, μπορούν να περιγραφούν ικανοποιητικά από κατανομές Poisson, (που ισοδυναμεί με παραδοχή τυχαίων αφίξεων), από σταθερές κατανομές καθώς και από κατανομές Erlang*.

Οι Edmond και Mags σε εργασία τους το 1978, εξέτασαν κατά πόσο τα αποτελέσματα των προτύπων αναμονής μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην λήψη αποφάσεων, για πραγματοποίηση επενδύσεων σε εγκαταστάσεις διακίνησης Ε/Κ.^[69] Η εργασία τους βασίστηκε σε στοιχεία που συνέλεξαν από πέντε Αγγλικούς λιμένες στην περίοδο 1972-73. Πρότυπα τύπου Μ/Μ/Σ, Δ/Μ/Σ και Μ/Ε2/Σ χρησιμοποιήθηκαν με δειγματικό χώρο τις εγκαταστάσεις του Αγγλικού λιμένα του Southampton. Στην μελέτη αναφέρονται και οι πιο κάτω σημαντικές παρατηρήσεις:

- α. Ο πραγματικός χρόνος άφιξης του πλοίου αποκλίνει σημαντικά από τον προγραμματισμένο και εξαρτάται κυρίως από καθυστερήσεις σε προηγούμενα λιμάνια του δρομολογίου Σε περιπτώσεις που οι θέσεις παραβολής ήταν κατειλημμένες, το επερχόμενο πλοίο ειδοποιείται ή να μειώσει την ταχύτητά του, επιτυγχάνοντας έτσι οικονομία καυσίμων, ή να κατευθυνθεί σε επόμενο λιμένα του δρομολογίου. Στην δεύτερη αυτή περίπτωση, είναι δυνατόν, το φορτίο να

* Ακολουθείται ο συμβολισμός (a / b / c) του Kendall, όπως παρατίθεται στην πηγή [158]. Το a παριστάνει την κατανομή αφίξεων, το b την κατανομή εξυπηρέτησεων και το c τον αριθμό των παραλλήλων σταθμών εξυπηρέτησης. Τα a και b αντικαθιστώνται από τα εξής σύμβολα:

Μ : για κατανομή αφίξεων ή εξυπηρέτησεων σύμφωνα με την διαδικασία Poisson.
Δ : για σταθερούς χρόνους μεταξύ διαδοχικών αφίξεων ή σταθερούς χρόνους εξυπηρέτησης.
Ε_k : για κατανομή Erlang, k σταδίων.

μεταφορτωθεί και να φθάσει στον λιμένα με άλλο πλοίο. Η τακτική αυτή έχει σαν αποτέλεσμα, να μην είναι έκδηλες ορισμένες από τις καθυστερήσεις των πλοίων.

- β. Η απόδοση των διαδικασιών φορτοεκφόρτωσης εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα φορτίου και εξοπλισμού. Τα πλοία σπάνια περιμένουν για ελεύθερη θέση παραβολής, αλλά συχνά για εξοπλισμό φορτοεκφόρτωσης και διακίνησης.
- γ. Το πολύ τρεις γερανογέφυρες προκυμαίας είναι δυνατόν να εξυπηρετούν τα μεγάλα πλοία, καθώς δεν μπορούν να απέχουν λιγότερο από 120 πόδια περίπου, μετρημένα από κέντρο σε κέντρο κάθε γερανογέφυρας. Αυτό οδηγεί σε μείωση της απόδοσης. Μία δεύτερη γερανογέφυρα αυξάνει κατά 80% περίπου την απόδοση της πρώτης και μία τρίτη αυξάνει κατά 80% περίπου την απόδοση της δεύτερης. Ακόμη και τα μεγαλύτερα πλοία είναι δυνατόν να εξυπηρετηθούν ταυτόχρονα από 3 γερανογέφυρες, μόνο για το 50% περίπου του χρόνου εξυπηρέτησης. Η φορτοεκφόρτωση τελειώνει από μία μόνο γερανογέφυρα.
- δ. Πολλές ναυτιλιακές εταιρείες έχουν μακροχρόνια συμβόλαια με χερσαίες μεταφορικές εταιρείες, που προυποθέτουν μία συνεχή και ομαλή παροχή μεταφορικού έργου. Εντονες διακυμάνσεις στην τήρηση των δρομολογίων, δυνατόν να δημιουργήσει σημαντική αύξηση κόστους, από την πλευρά της χερσαίας μεταφοράς. Το έμμεσο αυτό κόστος οδηγεί σε μη γραμμική σχέση κόστους/ χρόνου παραμονής, ενώ αντίθετα, τα μέχρι τότε πρότυπα, θεωρούσαν τη σχέση γραμμική.

Συμπέρασμα της μελέτης είναι ότι μερικά απλά πρότυπα αναμονής δίνουν μία καλή προσέγγιση σε ορισμένα μεγέθη σχεδιασμού των εγκαταστάσεων. Όμως τα αποτελέσματά τους πρέπει να ελέγχονται σε συνδυασμό με σημαντικούς παράγοντες που δεν έχουν περιληφθεί στο πρότυπο. Αναγνωρίζεται ότι κανένα πρότυπο αναμονής δεν μπορεί να αναπαραστήσει όλες τις λειτουργίες ενός λιμενικού σταθμού, ενώ τα πρότυπα προσομοίωσης έχουν την ικανότητα αυτή.

Μία σύγκριση των αποτελεσμάτων προτύπου προσομοίωσης, με αποτελέσματα προτύπων βασισμένων στη θεωρία αναμονής, πραγματοποιήθηκε από τους Nilsen και Abbas-Samad με δειγματικό χώρο το λιμένα Cortes στις Ονδούρες.^[68] Η μελέτη παρουσιάστηκε το 1977 και βασίστηκε σε στοιχεία που είχαν καταγραφεί το 1973. Οι τεμαχικές εγκαταστάσεις που εξετάστηκαν εξυπηρετούσαν εμπορικά πλοία όλων των κατηγοριών. Η κατανομή αφίξεων των πλοίων, θεωρούμενη στο σύνολο των πλοίων (δηλ

πλοία γενικού φορτίου, δεξαμενόπλοια και πλοία μεταφοράς E/K τύπου Ro-Ro και Lo-Lo) προσέγγισε ικανοποιητικά την κατανομή Poisson και η κατανομή των εξυπηρετήσεων την Erlang. Αντίθετα, οι κατανομές αφίξεων για κάθε κατηγορία πλοίων χωριστά, έδειξαν μία ουσιαστική κανονικότητα δρομολογίων και χρόνων εξυπηρέτησης, με αποτέλεσμα οι εκτιμήσεις των προτύπων αναμονής που χρησιμοποιήθηκαν να απέχουν σημαντικά από τα μετρηθέντα στοιχεία. Τα πρότυπα αναμονής υπερεκτιμούσαν τις καθυστερήσεις των πλοίων, ιδιαίτερα για υψηλούς βαθμούς κατάληψης κρηπιδωμάτων.* Αντίθετα, οι εκτιμήσεις του προτύπου προσομοίωσης, προσέγγισαν πιο ικανοποιητικά τα μετρηθέντα πραγματικά στοιχεία και το πρότυπο προσομοίωσης χρησιμοποιήθηκε για την λήψη αποφάσεων για επενδύσεις στον λιμένα. Οι συγγραφείς αναφέρουν ότι για τον υπολογισμό των χώρων στις χερσαίες εγκαταστάσεις η χρήση προτύπων προσομοίωσης είναι απαραίτητη.

Υπέρ των προτύπων προσομοίωσης δηλώνουν και άλλοι μελετητές που είχαν τη δυνατότητα σύγκρισης στατιστικών στοιχείων αφίξεων πλοίων σε υπάρχουσες λιμενικές εγκαταστάσεις, με τα αποτελέσματα προτύπων προσομοίωσης καθώς και προτύπων βασισμένων στην θεωρία αναμονής (Mytton και Walker,^[104] Ham,^[106] Rijnsbrij και Ham.^[99]) Ακόμη, μελετητές που έχουν αναπτύξει πρότυπα προσομοίωσης εγκαταστάσεων διακίνησης E/K,^[80-82,100,103,105,106,111-112,115] αναφέρονται στην αδυναμία διερεύνησης των θεμάτων τους με χρήση αναλυτικών μεθόδων. Συγκεκριμένα, ο Ham^[106] αναφέρει ότι κατά το σχεδιασμό των λιμενικών εγκαταστάσεων του Europe Container Terminus στο Ρότερνταμ δε χρησιμοποιήθηκαν πρότυπα βασισμένα στην θεωρία αναμονής επειδή η διάθεση γερανογεφυρών κρηπιδώματος στις θέσεις παραβολής δεν είναι σταθερή και ακόμη επειδή ο υπολογισμός των απαιτούμενων χώρων εναπόθεσης/στοιβασίας των E/K πρέπει να υπολογιστεί ανεξάρτητα και συνήθως γίνεται με μεθόδους που δε λαμβάνουν υπόψιν τις αιχμές στη ζήτηση.

Σε αντίθεση με τους περιορισμούς που επιβάλλονται στα πρότυπα αναμονής, η χρησιμοποίηση προτύπων προσομοίωσης για την αναπαράσταση των λειτουργιών της θαλάσσιας πλευράς των τερματικών εγκαταστάσεων προσφέρει στο μελετητή σημαντική ευελιξία ως προς τη διαμόρφωση της κατανομής του χρόνου άφιξης και των χαρακτηριστικών κάθε άφιξης πλοίου. Επίσης του επιτρέπει να περιλάβει στο πρότυπο λειτουργίες, όπως η προνομιακή εξυπηρέτηση πλοίων, η ανακατανομή των

* Το συμπέρασμα αυτό προέκυψε γιατί χρησιμοποιήθηκαν μόνο πρότυπα M/M/S και M/D/S. Αντίθετα η χρήση προτύπων της μορφής $E_k/E_1/S$ (επιλύμενα είτε προσεγγιστικά είτε μέσω πινακοποιημένων αποτελεσμάτων) επιτρέπει την προσέγγιση των θεωρητικών κατανομών με τα πραγματικά μεγέθη.[323]

γερανογεφυρών στις θέσεις παραβολής, η υπερωριακή εργασία, η περιστασιακή νυκτερινή βάρδια καθώς και ειδικούς περιορισμούς στην άφιξη ή αναχώρηση των πλοίων (π.χ. παλίρροια ή συγχρονισμό της αναχώρησης του πλοίου ώστε να φθάσει έγκαιρα σε ναυτικούς διαύλους). Στα μειονεκτήματα της τεχνικής της προσομοίωσης περιλαμβάνονται ο απαιτούμενος σημαντικός χρόνος για τη λεπτομερή περιγραφή του προσομοιούμενου συστήματος, για την ανάπτυξη του προτύπου και για την επεξεργασία των αποτελεσμάτων του με τη βοήθεια στατιστικών τεχνικών.

2.2 ΠΡΟΤΥΠΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΘΕΣΕΩΝ ΕΝΑΠΟΘΕΣΗΣ/ΣΤΟΙΒΑΣΙΑΣ Ε/Κ

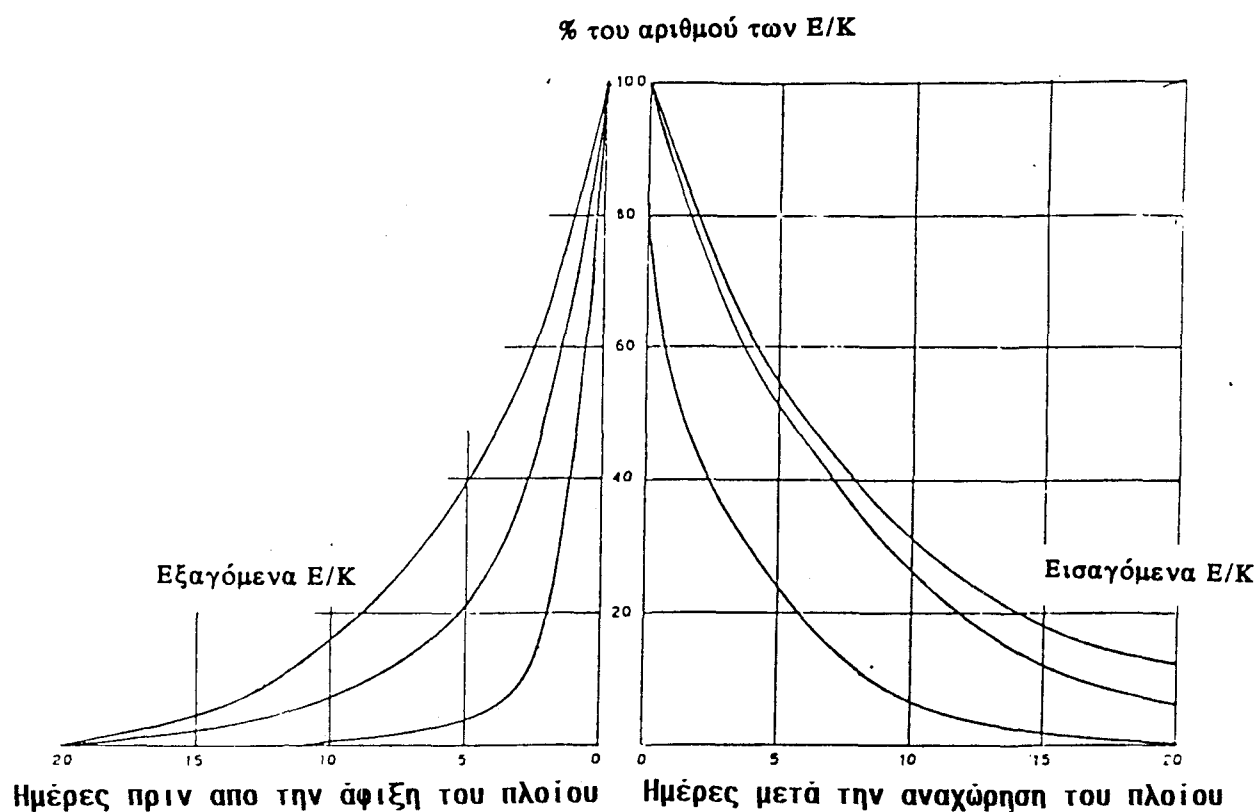
Το μεγαλύτερο μέρος μίας τυπικής τερματικής εγκατάστασης καταλαμβάνεται από τα δάπεδα εναπόθεσης των Ε/Κ και το εσωτερικό δίκτυο ώστε να υπάρχει πρόσβαση σε αυτά. Ο υπολογισμός συνεπώς των απαιτούμενων χώρων μίας λιμενικής τερματικής εγκατάστασης αναφέρεται κυρίως στον υπολογισμό της έκτασης που καταλαμβάνουν τα δάπεδα εναπόθεσης. Στο παρόν υποκεφάλαιο παρουσιάζονται αναλυτικές και προσομοιωτικές τεχνικές υπολογισμού. Σε όλες αυτές τις τεχνικές λαμβάνονται υπ' όψιν τρεις παράμετροι.

1. Η ροή των Ε/Κ από και προς τη θαλάσσια πλευρά των εγκαταστάσεων. Τα περισσότερα από τα πρότυπα υπολογισμού των θέσεων παραβολής (βλ. κεφ 2.1) περιλαμβάνουν στα αποτελέσματά τους και τον υπολογισμό του αριθμού των Ε/Κ που διακινούνται μεταξύ πλοίου και προκυμιάς. Είναι προφανές ότι η ακρίβεια με την οποία απεικονίζεται οι αφίξεις και τα χαρακτηριστικά των πλοίων, έχει επιπτώσεις και στον υπολογισμό των απαιτούμενων αποθηκευτικών χώρων. Οι Mytton και Walker μελέτησαν το θέμα αυτό,^[104] με κριτήριο το μέγεθος των αιχμών στους αποθηκευτικούς χώρους των εγκαταστάσεων και αναφέρουν ότι τα αποτελέσματα που προέκυψαν μέσω αναλυτικού προτύπου είχαν σημαντική διαφορά από τα αντίστοιχα αποτελέσματα προτύπου προσομοίωσης. Και στις δύο περιπτώσεις χρησιμοποιήθηκαν οι ίδιες τιμές για τη μέση συχνότητα άφιξης πλοίων, το φορτίο ανταλλαγής και το μέσο χρόνο παραμονής Ε/Κ, όμως στο πρότυπο προσομοίωσης οι αφίξεις των πλοίων είχαν καταταξιωθεί γύρω από καθορισμένες τιμές (δρομολόγια), ενώ στο αναλυτικό πρότυπο ήταν τυχαίες.
2. Ο μέγιστος αριθμός Ε/Κ που μπορούν να στοιβαχτούν καθ' ύψος και η διάταξη των στοιβών των Ε/Κ, ώστε να εξασφαλίζεται η πρόσβαση του μηχανολογικού εξοπλισμού. Η επίδραση του τρόπου στοιβασίας των Ε/Κ στην απόδοση των διαδικασιών εξυπηρέτησης της λιμενικής εγκατάστασης μελετάται με τη βοήθεια κατάλληλων προτύπων που περιγράφονται σε επόμενες παραγράφους της διατριβής.
3. Ο αριθμός των Ε/Κ που παραμένουν στις εγκαταστάσεις. Αναλύεται σε χρόνο παραμονής εισαγομένων, εξαγομένων και προς μεταφόρτωση Ε/Κ. Διακρίνουμε δύο βασικές μεθόδους απεικόνισης του χρόνου παραμονής των Ε/Κ:

- α. Χρήση της μέσης τιμής του χρόνου παραμονής των Ε/Κ στις εγκαταστάσεις. Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται αναλυτικές τεχνικές που βασίζονται στην χρήση της μέσης τιμής του χρόνου παραμονής των Ε/Κ στις εγκαταστάσεις καθώς και συντελεστές ώστε να συμπεριλάβουν την επίδραση των χρονικών διακυμάνσεων ή άλλων απαιτήσεων.
- β. Χρήση χρονοδιαγράμματος προσέλευσης/ αποχώρησης των Ε/Κ στις εγκαταστάσεις. Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται πρότυπα, που υιοθετούν την παραδοχή ότι οι χρόνοι από την ημέρα άφιξης των προς εξαγωγή Ε/Κ στις εγκαταστάσεις, έως την ημέρα άφιξης του πλοίου που θα τα παραλάβει, ακολουθούν γνωστό χρονοδιάγραμμα. Αντίστοιχα και οι χρόνοι αποχώρησης των εισαγομένων Ε/Κ, ακολουθούν και αυτοί γνωστό χρονοδιάγραμμα, με αφετηρία μέτρησης την ημέρα εκφόρτωσης του πλοίου. Χρονοδιαγράμματα του τύπου αυτού απεικονίζονται στο σχήμα 2.2.α.

Οι Frankel και Liu ανέπτυξαν μία γενική μεθοδολογία σχεδιασμού λιμενικών εγκαταστάσεων,^[95] που περιλαμβάνει και τον υπολογισμό των αποθηκευτικών χώρων και χρησιμοποιήθηκε το 1978 από τη ναυτιλιακή εταιρεία SEA LAND, σε μελέτη για τον εξοπλισμό διακίνησης Ε/Κ στον λιμένα Ηρακλέους του Πειραιά. Τα βήματα που ακολουθούνται είναι:

1. Εκτίμηση του αριθμού των διακινουμένων Ε/Κ για την εξεταζόμενη περίοδο.
2. Εκτίμηση του αριθμού των Ε/Κ που διακινούνται από/πρός την ενδοχώρα καθώς και του αριθμού των Ε/Κ που μεταφορτώνονται σε άλλα πλοία.
3. Υπολογισμός της μέσης εβδομαδιαίας διακίνησης για τα Ε/Κ του εσωτερικού εμπορίου και τα Ε/Κ από/πρός μεταφόρτωση, λαμβάνοντας υπόψιν εποχιακές διακυμάνσεις.
4. Υπολογισμός του αριθμού των Ε/Κ που παραμένουν στην εγκατάσταση, με βάση το μέσο χρόνο παραμονής των Ε/Κ και ένα συντελεστή αιχμής λόγω ημερήσιων διακυμάνσεων.
5. Καθορισμός των χώρων στοιβασίας ανάλογα με το σύστημα διακίνησης και τη γεωμετρία του σταθμού.



ΣΧΗΜΑ 2.2.α

Ενδεικτικές μορφές χρονοδιαγραμμάτων άφιξης/αποχώρησης Ε/Κ σε λιμενική τερματική εγκατάσταση. (Πηγή [98])

6. Προσαύξηση των απαιτούμενων θέσεων σε ποσοστό 5% για Ε/Κ που χρειάζονται επισκευή και 10% για Ε/Κ που δεν ακολουθούν την τυπική συμπεριφορά.
Προσαύξηση για χώρους στάθμευσης των μηχανημάτων.

Σε άλλη εργασία του, ο Frankel^[87] προτείνει για τον υπολογισμό του βαθμού κατάληψης του χώρου (U), τη σχέση:

$$U = \frac{T * D}{365 * A * 10000}$$

όπου:

$$A = \frac{T * (D' + 2d) * (H + 2h) * a}{365 * 10.000} * \frac{1}{Z}$$

A = Χώρος αποθήκευσης Ε/Κ σε εκτάρια (1 εκτ.=10.000 τ.μ)

T = Αριθμός TEUs που διακινούνται ανά έτος

D = Μέσος χρόνος παραμονής Ε/Κ σε ημέρες

d = Τυπική απόκλιση του μέσου χρόνου παραμονής σε ημέρες

H = Μέσο ύψος στοιβάσας

h = Τυπική απόκλιση του μέσου ύψους στοιβάσας

a = Απαιτούμενη επιφάνεια για εναπόθεση Ε/Κ των 20 ποδών

Z = Βαθμός χρησιμοποίησης του χώρου στοιβάσας.

Ο Frankel παρατηρεί ότι η αύξηση του μέσου ύψους στοιβάσας οδηγεί σε αύξηση του αριθμού των κινήσεων αναδιάταξης για την πρόσβαση σε Ε/Κ που βρίσκονται στις κατώτερες στρώσεις. Για το λόγο αυτό προτείνει το διαχωρισμό των Ε/Κ σε κλάσεις, ανάλογα με τον προορισμό, το βάρος, το είδος και τη ναυτιλιακή εταιρεία. Η τεχνική αυτή οδηγεί σε μικρό βαθμό χρησιμοποίησης του χώρου στοιβάσας. Προτείνεται η επιλογή τιμών Z στην περιοχή 0.4~0.6.

Σε ανάλογη εργασία των Dally, Shrimpson, Marshall και Maquire,^[108] προτείνεται για τον υπολογισμό της ετήσιας ικανότητας μίας λιμενικής εγκατάστασης η σχέση:

$$C = \frac{L * H * W * K}{D * F}$$

όπου:

L = Αριθμός θέσεων εναπόθεσης E/K (σε TEUs).

H = Μέσο ύψος στοιβάδας.

W = Ποσοστό κατάληψης του χώρου. Η αύξηση του ποσοστού κατάληψης οδηγεί σε πρόσθετες κινήσεις για τη διακίνηση των E/K που ευρίσκονται σε κατώτερες στρώσεις. Ακόμα αυξάνεται ο χρόνος για την εύρεση κατάλληλων θέσεων εναπόθεσης για τα νεοεισερχόμενα E/K.

K = Συνολικός αριθμός ημερών στην περίοδο μελέτης.

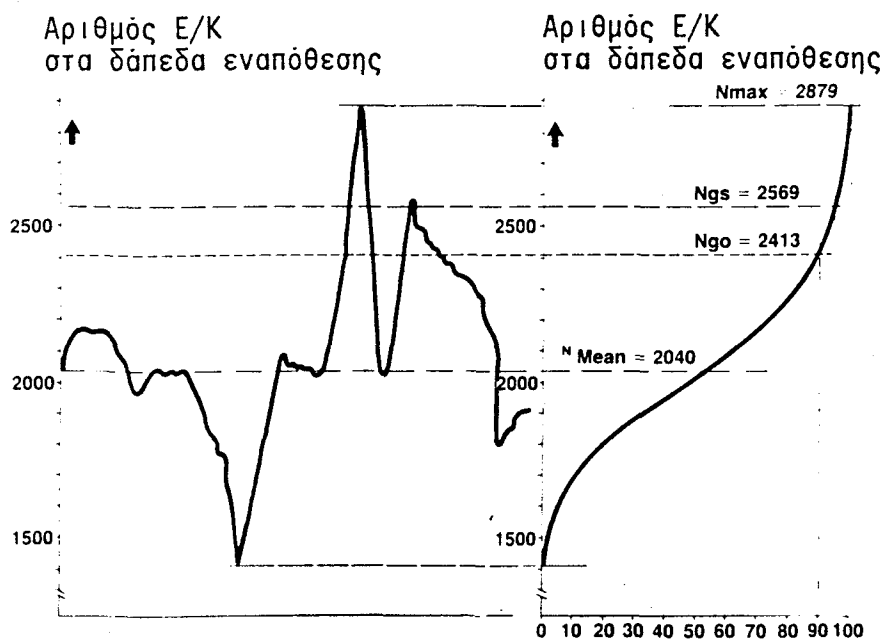
D = Μέσος χρόνος παραμονής E/K στον χώρο στοιβάδας. Οι μελετητές αναγνωρίζουν την ύπαρξη χρονοδιαγράμματος αφίξεων/αποχωρήσεων E/K, όμως στον υπολογισμό χρησιμοποιούν τη μέση τιμή του.

F = Συντελεστής αιχμής.

Οι τιμές των F και W στην πράξη συσχετίζονται. Αν οι αιχμές διαρκούν λίγο χρόνο, είναι δυνατόν η τερματική εγκατάσταση να λειτουργεί με υψηλό βαθμό κατάληψης. Αντίθετα αν οι αιχμές είναι παρατεταμένες ή/και εμφανίζονται με μεγάλη συχνότητα, απαιτείται πρόσθετος χώρος. Οι μελετητές ανέπτυξαν μία μέθοδο, που βασίζεται σε στατιστική επεξεργασία στοιχείων και εμπειρικές παρατηρήσεις και επιτρέπει τη συνεκτίμηση των F και W.

Η θεωρητική επίλυση του υπολογισμού του απαιτούμενου χώρου εναπόθεσης E/K με χρήση χρονοδιαγραμμάτων αφίξης/αποχώρησης E/K, έχει γίνει από τους Nonaes και Frankel,^[63] με χρήση προτύπου βασισμένου στην θεωρία αναμονής, υπόκειται όμως σε μη ρεαλιστικές παραδοχές (σταθερός αριθμός μεταφερόμενων E/K, κατανομές αφίξεων Poisson). Αντίθετα η τεχνική της προσομοίωσης, χάρη στην ευελιξία που προσφέρει στην περιγραφή αφίξεων με διαφορετικά χαρακτηριστικά, έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία.

Το πρότυπο CTS2 αποτελεί ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το CTS2 δημιουργεί πρώτα το χρονοδιάγραμμα αφίξεων πλοίων και κατόπιν το μετασχηματίζει σε χρονοδιάγραμμα προσέλευσης/αποχώρησης των E/K στις λιμενικές εγκαταστάσεις, ακολουθώντας την πιο κάτω διαδικασία:



Χρόνος Αθροιστική κατανομή
% του χρόνου παραμονής των Ε/Κ.

a/a	Συχνότητα εμφάνισης	Τιμή αθροιστικής κατανομής (σε Ε/Κ)	Μέγιστο ύψος στοιβάδας (σε Ε/Κ)	Αριθμός θέσεων εναπόθεσης Ε/Κ
(1)	50 %	Mean	1.5	Mean / 1.5
(2)	90 %	Ngo	1.75	Ngo / 1.75
(3)	95 %	Ngs	2.0	Ngs / 2.0
(4)	100 %	Nmax	2.5	Nmax / 2.5

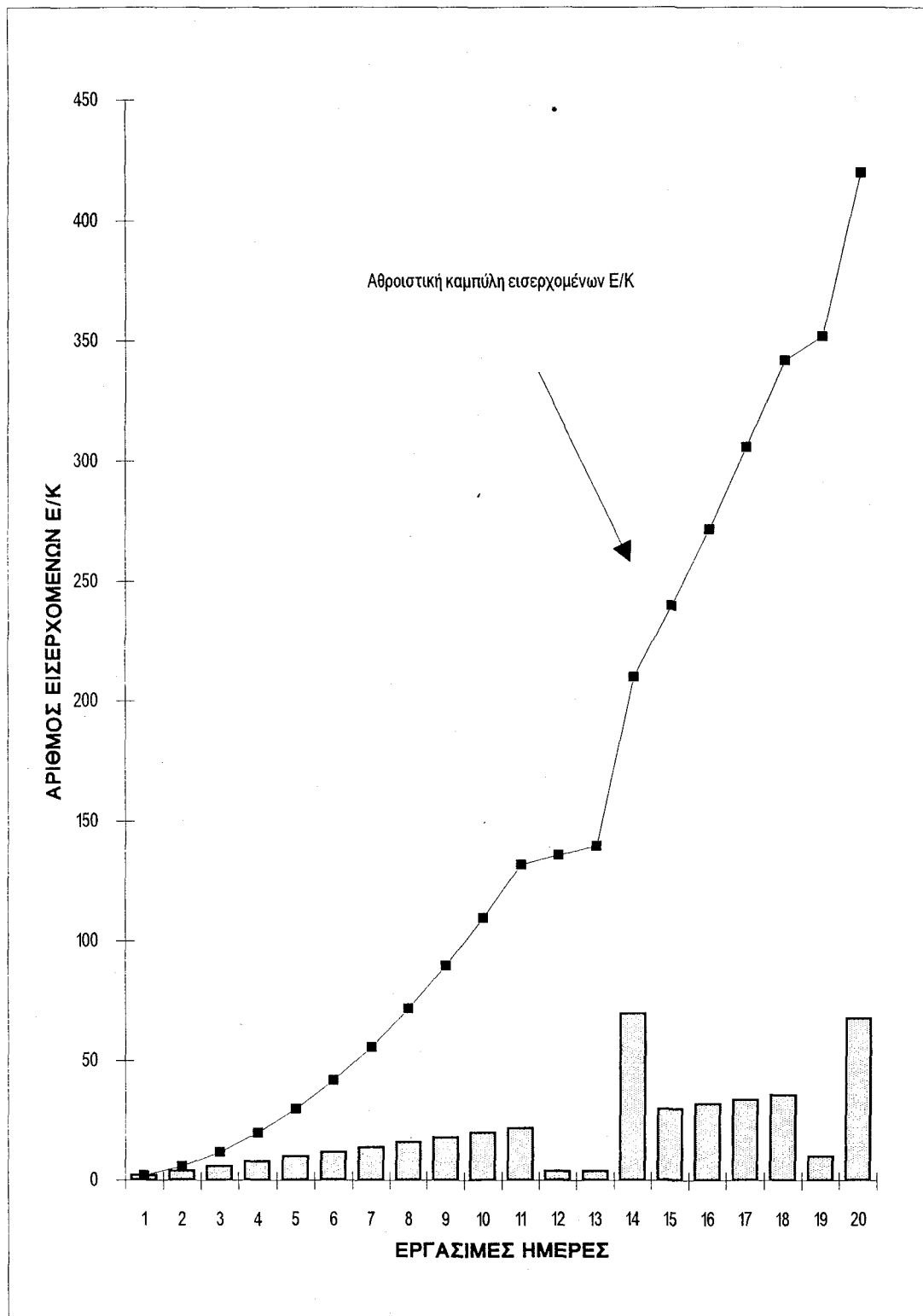
ΣΧΗΜΑ 2.2.β Ιστόγραμμα του αριθμού των Ε/Κ που παραμένουν στους αποθηκευτικούς χώρους, αντίστοιχη αθροιστική κατανομή και πίνακας υπολογισμών σύμφωνα με την πηγή [99].

- α. Μετά την αναγγελία άφιξης του προσομοιούμενου πλοίου τα Ε/Κ που πρόκειται να μεταφέρει, προσέρχονται στην τερματική εγκατάσταση, ακολουθώντας δεδομένο χρονοδιάγραμμα αφίξεων.
- β. Μετά την αναχώρηση του πλοίου, τα εισαγόμενα Ε/Κ απομακρύνονται από την τερματική εγκατάσταση ακολουθώντας δεδομένο χρονοδιάγραμμα.
- γ. Για καθορισμένα χρονικά διαστήματα (ημέρες ή οκτώωρα) υπολογίζεται ο αριθμός των εισερχόμενων και εξερχόμενων Ε/Κ στην λιμενική εγκατάσταση (λαμβάνοντας υπόψιν το σύνολο των πλοίων) καθώς και η διαφορά τους, (που αποτελεί τον αριθμό των Ε/Κ που παραμένουν στους αποθηκευτικούς χώρους) και απεικονίζεται με μορφή ιστογράμματος.

Η μέθοδος για τον υπολογισμό -με χρήση των ανωτέρω ιστογραμμάτων- του απαιτούμενου αριθμού θέσεων εναπόθεσης Ε/Κ (επί του εδάφους) βασίζεται στον σχηματισμό της καμπύλης της αθροιστικής κατανομής του αριθμού των Ε/Κ που παραμένουν στους αποθηκευτικούς χώρους. (βλ σχήμα 2.2.β) Εκτιμάται ότι για την ικανοποιητική λειτουργία του σταθμού, το ύψος στοιβάδας των Ε/Κ δεν πρέπει να ξεπερνά ορισμένα όρια για το 50%, το 90%, το 95% και το 100% του χρόνου λειτουργίας των εγκαταστάσεων, οπότε και υπολογίζονται οι απαιτούμενες θέσεις εναπόθεσης Ε/Κ επί του εδάφους.^[99] Η υπολογιστική διαδικασία παρουσιάζεται στον πίνακα που περιλαμβάνεται στο σχήμα 2.2.β Από τις τέσσερις διαφορετικές τιμές που προκύπτουν επιλέγεται η δυσμενέστερη.

Οι μέθοδοι που βασίζονται στην απεικόνιση του χρόνου παραμονής με τη βοήθεια χρονοδιαγραμμάτων προσέλευσης/ αποχώρησης, αποτελούν ένα σημαντικό εργαλείο σχεδιασμού. Θα πρέπει όμως να σημειωθεί ότι τα αποτελέσματα των μεθόδων αυτών είναι δυνατόν να ενέχουν σφάλματα. Η επεξεργασία στοιχείων που συλλέχθηκαν στα πλαίσια διπλωματικής εργασίας^[305] έδειξε ότι μόνο τα χρονοδιαγράμματα προσέλευσης/ αποχώρησης των Ε/Κ που διακινούσαν οι δύο μεγαλύτερες ναυτιλιακές εταιρείες ακολούθησαν (προσεγγιστικά) τη μορφή που παρουσιάζεται στις πηγές [98] και [108]. Αντίθετα, τα χρονοδιαγράμματα προσέλευσης/ αποχώρησης των Ε/Κ που διακινούσαν οι υπόλοιπες ναυτιλιακές εταιρείες παρουσίαζαν έντονες ιδιαιτερότητες (συγκέντρωση όλης της κίνησης σε περιορισμένο αριθμό ημερών).

Ενα επιπλέον σημείο που πρέπει να προσεχθεί είναι ότι η υιοθέτηση της αθροιστικής κατανομής (που προτείνεται στην βιβλιογραφία) για την περιγραφή του μηχανισμού προσέλευσης/ αποχώρησης των Ε/Κ εξομαλύνει τις έντονες διακυμάνσεις που πιθανόν να παρουσιάζει η ημερήσια προσέλευση/αποχώρηση των Ε/Κ στις εγκαταστάσεις (βλ σχήμα 2.2.γ.) και συνεπώς διευκολύνει/επιτρέπει την προσαρμογή θεωρητικών κατανομών στα πραγματικά στοιχεία, αποκρύπτει όμως τις έντονες ημερήσιες διακυμάνσεις. Οι διακυμάνσεις αυτές επηρεάζουν όχι μόνο τον υπολογισμό των χώρων εναπόθεσης/στοιβάσας αλλά και τον υπολογισμό της ημερήσιας διακίνησης εισερχομένων/ εξερχόμενων Ε/Κ στην τερματική εγκατάσταση, παράμετρο που συμμετέχει καθοριστικά στον σχεδιασμό των πυλών εισόδου/εξόδου και τον υπολογισμό του μηχανολογικού εξοπλισμού.



Σχήμα 2.2.γ Η αθροιστική καμπύλη του αριθμού των εισερχομένων Ε/Κ προσφέρεται για την προσαρμογή θεωρητικών συναρτήσεων αποκρύπτει όμως τις έντονες ημερήσιες διακυμάνσεις

2.3 ΠΡΟΤΥΠΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

Βασικό στοιχείο στην δομή των προτύπων της κατηγορίας αυτής, αποτελεί το τμήμα προσομοιώνει τις δραστηριότητες των μηχανημάτων/οχημάτων του συστήματος εξυπηρέτησης. Ο χρόνος κύκλου μίας εξυπηρέτησης προκύπτει ως άθροισμα των εξής επιμέρους τμημάτων:

- α. Απαιτούμενος χρόνος για τις μετακινήσεις του μηχανήματος/οχήματος στους χώρους της τερματικής εγκατάστασης καθώς και απαιτούμενος -κατά περίπτωση- χρόνος για την παραλαβή/εναπόθεση και τη μεταφόρτωσή του Ε/Κ
- β. Απώλειες χρόνου λόγω έλλειψης συγχρονισμού μεταξύ των μηχανημάτων/οχημάτων του συστήματος εξυπηρέτησης αλλά και μεταξύ μηχανημάτων και φορτηγών αυτοκινήτων.
- γ. Απώλειες χρόνου λόγω κυκλοφοριακών εμπλοκών μεταξύ των μηχανημάτων, οχημάτων και των φορτηγών αυτοκινήτων που κινούνται στο εσωτερικό οδικό δίκτυο της λιμενικής εγκατάστασης.
- δ. Απώλειες χρόνου λόγω των (κατά περίπτωση) απαιτούμενων ενεργειών για την αναδιάταξη άλλων υπερκείμενων Ε/Κ, ώστε να αποκτηθεί πρόσβαση στο ζητούμενο Ε/Κ.

Ο υπολογισμός κάθε ενός από τους επιμέρους αυτούς χρόνους παρουσιάζεται αναλυτικά στις παραγράφους που ακολουθούν.

2.3.1 Υπολογισμός του χρόνου μετακίνησης και μεταφόρτωσης

Ο υπολογισμός του χρόνου μετακίνησης και μεταφόρτωσης των μηχανημάτων/οχημάτων εξαρτάται από τη δομή του προτύπου. Σε πρότυπα που προσομοιώνουν την κίνηση και τις διαδικασίες μεταφόρτωσης, ο χρόνος μετακίνησης και μεταφόρτωσης είναι το αποτέλεσμα της προσομοιωτικής διαδικασίας. Αντίθετα σε πρότυπα με μακροσκοπική μορφή, ο υπολογισμός του χρόνου κύκλου βασίζεται σε αναλυτικούς υπολογισμούς.

Ενδεικτικά αναφέρεται το πρότυπο των Rendel, Palmer και Tritton^[105] όπου χρησιμοποιείται η σχέση:

$$T = \alpha + d / s$$

όπου:

T = Απαιτούμενος χρόνος κύκλου της εργασίας.

α = Σταθερή τιμή, που περιλαμβάνει τις απώλειες χρόνων λόγω επιτάχυνσης /επιβράδυνσης και τους χρόνους ελιγμών για τη μεταφόρτωση του Ε/Κ.

d = Η απόσταση μετακίνησής του μηχανήμα/όχημα. Καθορίζεται από τα σημεία προέλευσης και προορισμού του Ε/Κ. Όλες οι μετακινήσεις αναφέρονται σε οδικό εσωτερικό δίκτυο που καθορίζεται από το χρήστη. Στην περίπτωση εναλλακτικών διαδρόμων, επιλέγεται η συντομότερη.

s = Μέση ταχύτητα μετακίνησης του μηχανήμα/όχημα.

Παρόμοιος τρόπος υπολογισμού ακολουθείται και από άλλους ερευνητές (David και Lalwani,^[116] Hee και Wijbrands^[97]).

2.3.2 Απώλειες χρόνου λόγω έλλειψης συγχρονισμού

Οι απώλειες χρόνου λόγω συγχρονισμού του υπό εξέταση μηχανήματος/οχήματος με συνεργαζόμενα μηχανήματα/οχήματα* αντιμετωπίζονται ανάλογα με τη δομή του προτύπου. Σε πρότυπα που προσομοιώνουν την κίνηση και τις διαδικασίες μεταφόρτωσης, οι απώλειες χρόνου είναι το αποτέλεσμα της προσομοιωτικής διαδικασίας. Όταν χρησιμοποιείται η τεχνική της προσαύξησης του χρόνου σύμφωνα με τα γεγονότα, (τεχνική που υιοθετείται στα περισσότερα πρότυπα προσομοίωσης) και για

* Παράδειγμα: Εκφόρτωση Ε/Κ από το πλοίο στην προκυμαία με γερανογέφυρα προκυμαίας, μεταφορά των Ε/Κ με Ελκυστήρες/συρόμενες βάσεις και στοιβασία των Ε/Κ στους αποθηκευτικούς χώρους με Οχήματα Πλαίσια.

$i_{\max}$ συνεργαζόμενα μηχανήματα, κάθε ένα από τα οποία θέλει χρόνο T_i για να μεταβεί στο σημείο συνάντησης και χρόνο H_i να διεκπεραιώσει την εκεί δραστηριότητά του μέχρι του σημείου όπου απαιτείται η συνεργασία των άλλων μηχανημάτων/οχημάτων, υπολογίζεται:

$$T_{\chi} : T_{\chi} = \max \{T_i + H_i\} \quad \text{όπου } i = 1, 2, \dots, i_{\max}$$

και ο ωρολογιακός δείκτης της προσομοίωσης τίθεται στην τιμή T_{χ} , καθορίζοντας τη χρονική αφετηρία για τις μετέπειτα δραστηριότητες όλων των μηχανημάτων.

2.3.3 Απώλειες χρόνου λόγω κυκλοφοριακών εμπλοκών

Το νόημα του όρου κυκλοφοριακή εμπλοκή διαφοροποιείται ανάλογα με το είδος των μηχανημάτων. Σε ένα σύστημα με γερανογέφυρες (ελαστικοφόρες ή επί σιδηροτροχιών), όταν μία γερανογέφυρα σταθεί πάνω από ομάδα E/K απαγορεύει, λόγω των φυσικών της διαστάσεων, σε κάθε άλλη γερανογέφυρα να διακινήσει τα E/K που ευρίσκονται μέσα στο περίγραμμά της. Μερικά από τα υπάρχοντα πρότυπα "παραβλέπουν" το είδος αυτό των απωλειών χρόνου [105,109] ενώ άλλα έχουν αναπτυχθεί ειδικά για να μελετήσουν το θέμα αυτό με στόχο τη βελτιστοποίηση της κατανομής των εργασιών στα μηχανήματα της ομάδας εργασίας.[117-119]

Σε ένα σύστημα με Οχήματα Πλαίσια ή Περονοφόρα Οχήματα, ο όρος αναφέρεται στις κυκλοφοριακές εμπλοκές που δημιουργούνται μεταξύ των μηχανημάτων καθώς και μεταξύ μηχανημάτων και φορτηγών στο εσωτερικό οδικό δίκτυο καθώς και μεταξύ Οχημάτων Πλαισίων που εργάζονται στην ίδια σειρά E/K. Η συχνότητα εμπλοκών εξαρτάται από τη δομή του δικτύου και την πυκνότητα κυκλοφορίας σε αυτό. Αναφέρεται ενδεικτικά ότι στους μελλοντικούς σχεδιασμούς για τις εγκαταστάσεις διακίνησης E/K του λιμένα του Ροττερταμ εξετάζεται και η κατασκευή ανισόπεδων κόμβων ώστε να αποφεύγονται οι κυκλοφοριακές εμπλοκές μεταξύ των μηχανημάτων διακίνησης των E/K.

Μια θεωρητική επίλυση του υπολογισμού των απωλειών χρόνου από κυκλοφοριακές εμπλοκές επιχειρήθηκε το 1978 από τον J. Imakita.^[149] Βάση της υπόθεσης, ότι η ταχύτητα των μηχανημάτων και φορτηγών μειώνεται γραμμικά σε σχέση με το πλήθος των οχημάτων που κινούνται στο οδικό δίκτυο της εγκατάστασης, υπολογίζεται:

$$V_f = \frac{V_{fm} * (N_{trm} - N_{tr})}{N_{trm} - 1}$$

$$\text{όπου: } N_{trm} = \frac{2 * D_{tr}}{L_f}$$

$$\text{και } V_f \begin{cases} = V_{fm} \text{ για } N_{tr} = 1 \\ = 0 \text{ για } N_{tr} = N_{trm} \end{cases}$$

με τους συμβολισμούς:

V_f = ταχύτητα οχημάτων (στο εσωτερικό οδικό δίκτυο)
 V_{fm} = μέγιστη ταχύτητα κίνησης οχήματος
 N_{tr} = αριθμός οχημάτων
 D_{tr} = μέση απόσταση μετακίνησης
 L_f = μέσο μήκος οχημάτων

Επιπλέον γίνεται η υπόθεση: $V_f = V_{fm}$ για $N_{tr} = 0$

Σύμφωνα με τις πιο πάνω σχέσεις καθώς ο αριθμός των οχημάτων που κινούνται στο εσωτερικό δίκτυο των εγκαταστάσεων αυξάνεται, η μέση ταχύτητα κίνησης τους μειώνεται. Ο Imakita αναγνωρίζει ότι οι σχέσεις αυτές έχουν αναπτυχθεί για συνθήκες οδικής κυκλοφορίας,^[251] και ότι δεν έχει ελεγχθεί η εφαρμοσιμότητά τους σε εσωτερικά δίκτυα λιμενικών εγκαταστάσεων.

Άλλοι ερευνητές (Wong, Grant και Curtley) περιλαμβάνουν τις απώλειες χρόνου λόγω κυκλοφοριακών εμπλοκών στον υπολογισμό του κύκλου εργασίας του μηχανήματος/οχήματος, με τη βοήθεια τυχαίων αριθμών, χωρίς όμως να διευκρινίζουν τον τρόπο υπολογισμού της κατανομής δειγματοληψίας.^[100]

Στα περισσότερα πρότυπα που προσομοιώνουν συστήματα εξυπηρέτησης Οχημάτων Πλαισίων, οι απώλειες χρόνου λόγω κυκλοφοριακών εμπλοκών αμελούνται καθώς με σωστό σχεδιασμό των χώρων του τερματικού σταθμού και υιοθέτηση ενός συστήματος εξυπηρέτησης που περιορίζει (κατά το δυνατόν ^[250]) την ανάμιξη μηχανημάτων και εξυπηρετούμενων φορτηγών, η επίδραση των κυκλοφοριακών εμπλοκών στον χρόνο κύκλου του μηχανήματος/οχήματος είναι σχετικά περιορισμένη. Θεωρητική διερεύνηση - με τη βοήθεια του προτύπου της διατριβής- στον δειγματικό χώρο του προτύπου έδειξε ότι οι απώλειες λόγω κυκλοφοριακών εμπλοκών συμμετέχει σε ποσοστό της τάξης του 1% έως 3% (ανάλογα με την στρατηγική εξυπηρέτησης, πρβλ Κεφ 6.1) στον συνολικό χρόνο κύκλου του Οχήματος Πλαισίου. Η μικρή συμμετοχή της παραμέτρου αυτής στο

τελικό αποτέλεσμα, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι απαιτείται σημαντική πρόσθετη εργασία για την ενσωμάτωσή της στο πρόγραμμα αλλά και σημαντικό χρόνο κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης του προγράμματος αποτελούν -κατά την άποψη του γράφοντος- τους λόγους που οι κυκλοφοριακές επιδράσεις δεν προσομοιώνονται στα περισσότερα πρότυπα.

Η άποψη που προβάλλεται στα πλαίσια της διατριβής αυτής είναι ότι παρόλο που η παράμετρος των κυκλοφοριακών εμπλοκών έχει περιορισμένη επίδραση σε ένα καλά σχεδιασμένο συμβατικό σύστημα, θα πρέπει να περιλαμβάνεται στα πρότυπα καθώς είναι δυνατόν να έχει σημαντική επίδραση, σε νέους, προτεινόμενους προς διερεύνηση σχεδιασμούς. Παράδειγμα συστήματος εξυπηρέτησης όπου οι κυκλοφοριακές εμπλοκές επιδρούν ουσιαστικά στην απόδοσή του, αποτελεί το σύστημα που όλα τα φορτηγά εξυπηρετούνται στις περιοχές των δαπέδων εναπόθεσης των E/K. Αν και σε πρώτη εκτίμηση το σύστημα φαίνεται ότι μειώνει τους χρόνους εξυπηρέτησης, (διότι περιορίζει το μέσο μήκος μετακίνησης των μηχανημάτων) παρατηρήσεις/μετρήσεις έδειξαν ^[304,306] ότι η στάθμευση και εξυπηρέτηση των φορτηγών στο εσωτερικό οδικό δίκτυο οδηγεί σε πολύ συχνές κυκλοφοριακές εμπλοκές, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται σημαντικές καθυστερήσεις.

2.3.4 Απώλειες χρόνου λόγω αναδιάταξης E/K

Με τον όρο "αναδιάταξη E/K", περιγράφονται οι απαιτούμενες αλλαγές θέσεων E/K, ώστε να υπάρξει πρόσβαση σε E/K που δεν είναι στην κορυφή της στοίβας. Στο σχήμα 2.3.4.α απεικονίζονται οι απαιτούμενες αλλαγές θέσεων, ώστε να πραγματοποιηθεί η παραλαβή των E/K E1 και E2. Οι κινήσεις αναδιάταξης είναι λογικό επακόλουθο της στοιβασίας των E/K σε δύο ή περισσότερες στρώσεις καθ' ύψος, που με τη σειρά της, είναι επακόλουθο της έλλειψης επαρκούς χώρου, για την εναπόθεση όλων των E/K σε μία στρώση.

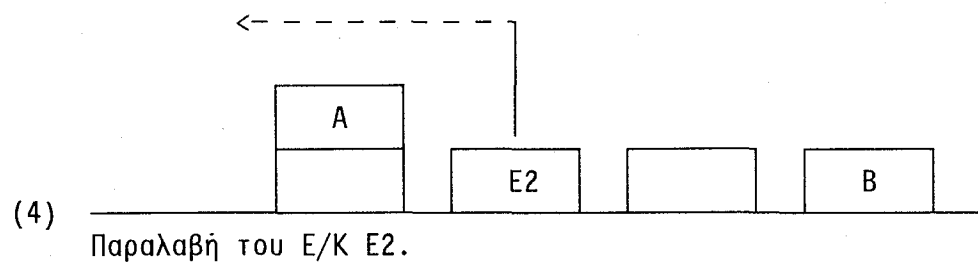
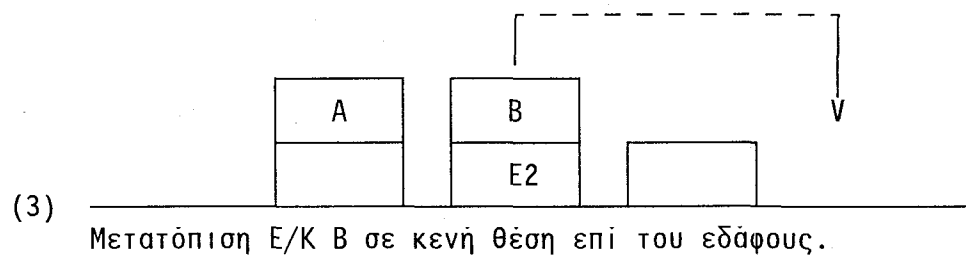
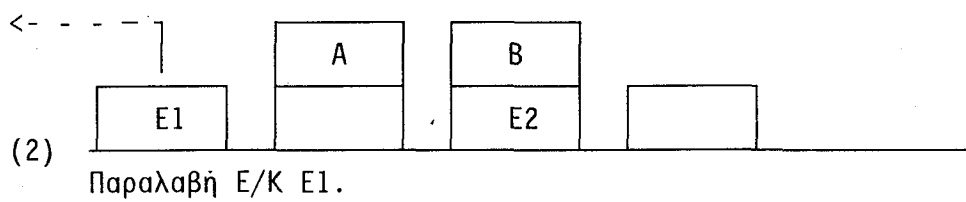
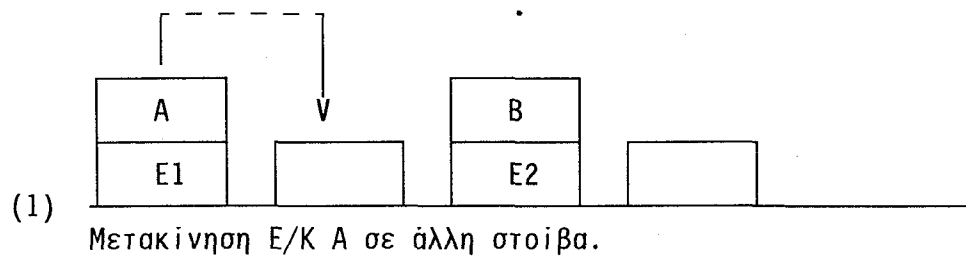
Σύμφωνα με τη συνήθη πρακτική που ακολουθείται στις λιμενικές τερματικές εγκαταστάσεις, τα προς εξαγωγή E/K διαχωρίζονται από τα εισαγόμενα. Τα προς εξαγωγή E/K μεταφέρονται στο πλοίο σύμφωνα με τη σειρά που ικανοποιεί τις συνθήκες ευστάθειας του πλοίου ^[292] καθώς και λειτουργικές απαιτήσεις φορτοεκφόρτωσης E/K σε επόμενους λιμένες. Το σχέδιο εργασιών που σχηματίζεται, ονομάζεται "πλάνο φορτοεκφόρτωσης".

Όταν ο χώρος επαρκεί, τα Ε/Κ κάθε ναυτιλιακής εταιρείας τοποθετούνται σε ομάδες, με κριτήρια όπως το λιμάνι προορισμού, το είδος και το βάρος του Ε/Κ. Με τον τρόπο αυτό, ο σχεδιαστής του "πλάνου φορτοεκφόρτωσης" έχει εναλλακτικές επιλογές μεταξύ Ε/Κ με ομοειδή χαρακτηριστικά και συνεπώς μπορεί να περιορίσει της κινήσεις αναδιάταξης. Αντίθετα σε συνθήκες έλλειψης χώρου, τα Ε/Κ στοιβάζονται πυκνά και είναι δυνατόν να απαιτηθούν αναδιατάξεις ώστε να μεταφερθούν στο πλοίο με την επιθυμητή σειρά. Οι αναδιατάξεις αυτές είναι δυνατόν να γίνουν και σε διαστήματα που τα μηχανήματα έχουν περιορισμένο φόρτο εργασίας. Η τεχνική αυτή προσφέρει ικανοποιητικά αποτελέσματα, χωρίς βέβαια να λείπουν τα προβλήματα, που δημιουργούνται από αφίξεις Ε/Κ "την τελευταία στιγμή", καθώς οι συνθήκες ανταγωνισμού των ναυτιλιακών εταιρειών δεν επιτρέπουν την αυστηρή τήρηση χρονικών περιορισμών για τους πελάτες τους.^[29,30]

Απώλειες χρόνου λόγω αναδιάταξης Ε/Κ παρουσιάζονται και κατά τις παραλαβές των εισαγόμενων Ε/Κ, καθώς η ημερομηνία και ώρα παραλαβής τους γίνεται (πρακτικά) γνωστή την στιγμή της άφιξης των φορτηγών και συνεπώς δεν υπάρχει δυνατότητα προοργάνωσης των εργασιών.^[196,197,293] Το πρόβλημα είναι εντονότερο σε συστήματα που έχουν σχεδιαστεί για στοιβάσια Ε/Κ σε πολλές στρώσεις (όπως είναι οι γερανογέφυρες).

Εξελιγμένες τεχνικές σχεδιασμού, βασίζονται σε συστήματα τεχνητής νοημοσύνης ^[29,169] και καθορίζουν τη θέση του Ε/Κ με βάση την προηγούμενη συμπεριφορά του αποστολέα του φορτίου. Η υιοθέτηση όμως των τεχνικών αυτών προϋποθέτει εξοπλισμό και αμεσότητα στην ροή των πληροφοριών,^[29] στοιχεία που για πολλούς λιμένες αποτελούν μελλοντικές επιδιώξεις όχι όμως και σημερινά επιτεύγματα.^[29,321,322]

Αντίθετα, η εφαρμογή απλών κανόνων όπως η αναδιάταξη των Ε/Κ σε περιόδους μειωμένης απασχόλησης, με κριτήριο τον χρόνο παραμονής του Ε/Κ στις εγκαταστάσεις, (ώστε τα Ε/Κ με μεγάλο χρόνο παραμονής στις εγκαταστάσεις να στοιβάζονται επάνω από νεοεισερχόμενα Ε/Κ), δεν είναι αποτελεσματικές. Ο χρόνος παραμονής των Ε/Κ, παρουσιάζει μεγάλη ανομοιομορφία και δεν μπορεί να αποτελέσει κριτήριο για τον καθορισμό του χρόνου αναχώρησης του Ε/Κ από τις εγκαταστάσεις.^[97] Αποτέλεσμα του γεγονότος αυτού είναι ότι η απαίτηση για παραλαβή κάθε Ε/Κ, εμφανίζεται σαν τυχαίο γεγονός, ανεξάρτητο από την θέση του Ε/Κ στην στοίβα.^[97]



Σχήμα 2.3.4.α Απαιτούμενες αναδιατάξεις ώστε να πραγματοποιηθεί η παραλαβή των E/K E1 και E2.

Ο υπολογισμός των απωλειών χρόνου λόγω αναδιάταξης E/K ανάγεται στον υπολογισμό της πιθανότητας εμφάνισης του ενδεχομένου αυτού. Τα πρότυπα υπολογισμού της πιθανότητας αυτής βασίζονται στην παραδοχή της τυχαίας "αποχώρησης" των E/K. Οι Van Hee και R. Wijbrands αναφέρουν ότι η διαδικασία "αναχώρησης" των E/K, μπορεί να περιγραφεί από την υπεργεωμετρική κατανομή. Το πρότυπο που ανέπτυξαν βασίζεται στον υπολογισμό της πιθανότητας το πρὸς παράδοση E/K να είναι τοποθετημένο στην κορυφή της στοίβας, που δίνεται από την σχέση:

$$P[i|M] = \frac{i * H(i|M)}{\sum_{j=0}^h j * H(j|M)} = \frac{i}{N - M} * H(i|M) * \frac{N}{h}$$

όπου:

h = μέγιστο ύψος στοίβας (σε E/K)

M = αριθμός E/K στην στοίβα

N = μέγιστος αριθμός E/K

i = αριθμός κενών θέσεων στη στοίβα

$H(i|M)$ = η πιθανότητα να έχω i κενές θέσεις E/K, για δεδομένο M που δίδεται από τον τύπο:

$$H(i|M) = \frac{\begin{bmatrix} h \\ i \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} N - h \\ N - M - i \end{bmatrix}}{\begin{bmatrix} N \\ N - M \end{bmatrix}}$$

Μια διαφορετική αναπαράσταση του μηχανισμού αποχώρησης των E/K, παρουσιάζεται στο πρότυπο προσομοίωσης της Rendel, Palmer και Tritton.^[105] Χρησιμοποιείται μια επαναληπτική διαδικασία βασισμένη στην διωνυμική κατανομή, (δειγματοληψία χωρίς επανατοποθέτηση), όπου ο αριθμός των E/K στην σχηματισμό υπολογίζεται εκ νέου σε κάθε νέα δειγματοληψία. Στην περίπτωση αυτή, η πιθανότητα (P) να υπάρχουν k E/K, σε οποιαδήποτε στοίβα είναι:

$$P(k) = \begin{bmatrix} h \\ k \end{bmatrix} * \left(\frac{M}{h * L} \right)^k * \left(1 - \frac{M}{h * L} \right)^{h-k}$$

όπου L = το μήκος της σειράς σε E/K.
 h = μέγιστο ύψος στοιβάσις.
 M = αριθμός των E/K στην στοιβα των E/K.

Η πιθανότητα αναδιάταξης δίδεται από τη σχέση:

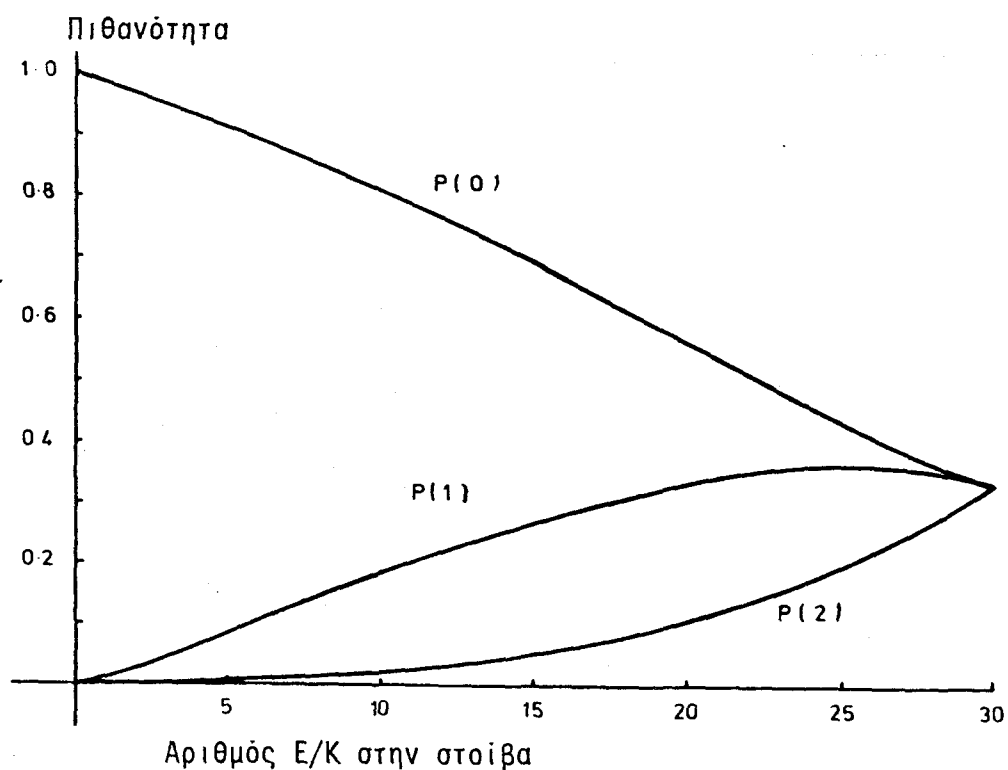
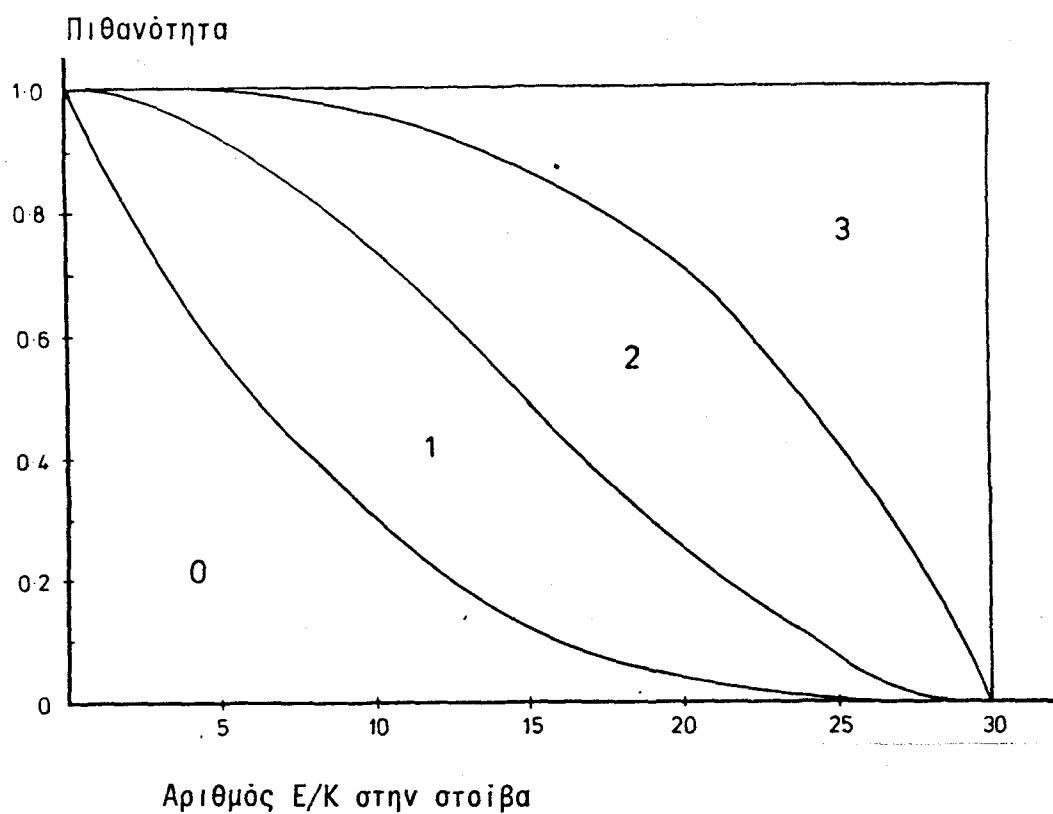
$$P_s(j) = \sum_{k=j+1}^h P(k)/k$$

όπου j = αριθμός αναδιατάξεων

και $P(k)$ είναι η πιθανότητα να υπάρχουν k E/K, σε κάθε στοιβα, δεδομένου ότι υπάρχει τουλάχιστον ένα E/K.

Η πιθανότητα εμφάνισης 0,1,2,3 E/K σε οποιαδήποτε θέση εναπόθεσης καθώς και η πιθανότητα αναδιάταξης, σε σχέση με τον αριθμό των E/K, για στοιβα που περιλαμβάνει 10 θέσεις εναπόθεσης έχει μέγιστο ύψος στοιβάσις 3 E/K, απεικονίζεται στο σχήμα 2.3.4.β.

Αναδιάταξη E/K απαιτείται και σε περιπτώσεις προετοιμασίας χώρων ώστε να υποδεχθούν τα εισαγόμενα E/K προγραμματισμένης άφιξης πλοίου. Η προετοιμασία αυτή επιτυγχάνεται με την μεταφορά και ομαδοποίηση διεσπαρμένων E/K που έχουν παραμείνει από προηγούμενες επισκέψεις πλοίων.^[169]



Σχήμα 2.3.4.β Πιθανότητα εμφάνισης 0,1,2,3 Ε/Κ σε οποιαδήποτε θέση εναπόθεσης (επάνω σχήμα) και πιθανότητα 0,1,2 αναδιατάξεων υπερκειμένων Ε/Κ (κάτω σχήμα), για στοίβα με 10 θέσεις εναπόθεσης και μέγιστο ύψος στοιβασίας 3 Ε/Κ (Πηγή [105]).

2.4 ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΚΑΙ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ "ΚΕΝΩΝ" ΣΤΗΝ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ

Σκοπός του υποκεφαλαίου αυτού είναι να επισημάνει τμήματα της επιστημονικής περιοχής που δεν έχουν διερευνηθεί ή έχουν διερευνηθεί πλημμελώς. Ενδεικτικά αναφέρονται:

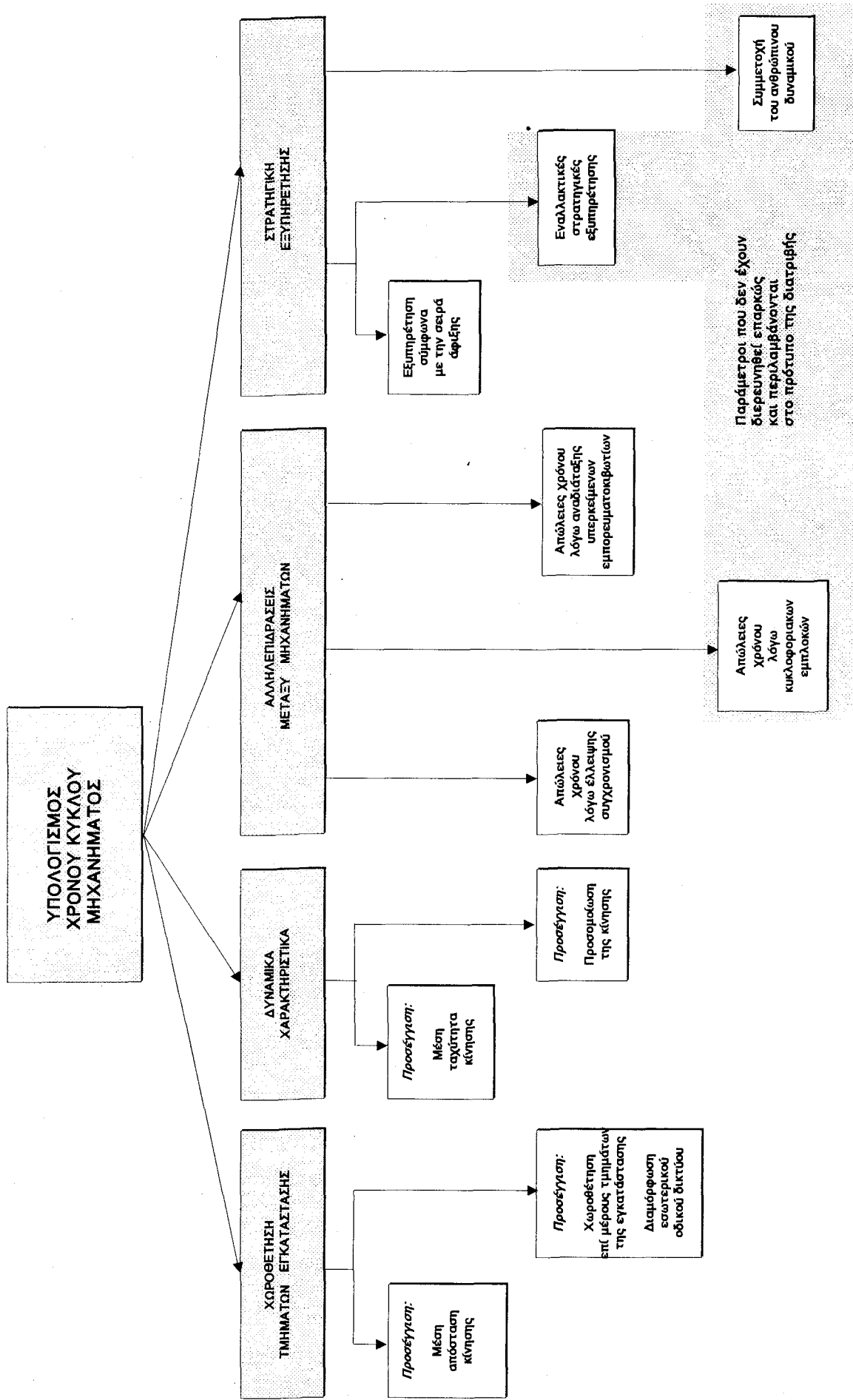
- Το πρότυπο TOM αναπτύχθηκε στα πλαίσια έρευνας του Transport and Road Research Laboratory που αφορούσε στην διερεύνηση των επιπτώσεων από την εφαρμογή συστήματος προγραμματισμού (μετά από προσυνεννόηση) του χρόνου άφιξης του φορτηγού αυτοκινήτου σε λιμενικές εγκαταστάσεις. Κατά την προσαρμογή του προτύπου σε διάφορες Βρετανικές λιμενικές εγκαταστάσεις, ο αριθμός των μηχανημάτων τέθηκε όχι ακέραιος, αλλά σε μονάδες "1/4 οχήματος πλαισίου".^[109,110]
- Ο J. Imakita συμπεριέλαβε τις απώλειες λόγω κυκλοφοριακών εμπλοκών με αναλυτική σχέση, δανεισμένη (χωρίς απόδειξη) από την επιστημονική περιοχή της κυκλοφοριακής τεχνικής. Ο ίδιος ερευνητής εκφράζει τις επιφυλάξεις του για την αντιστοιχία αυτή.^[149]
- Το πρότυπο TANDEM αναπτύχθηκε για τον σχεδιασμό λιμενικών και σιδηροδρομικών εγκαταστάσεων διακίνησης Ε/Κ. Οι απώλειες χρόνου λόγω κυκλοφοριακών εμπλοκών μεταξύ των μηχανημάτων/ οχημάτων διακίνησης των Ε/Κ περιλαμβάνονται σαν τυχαία μεταβλητή.^[100]
- Κατά τον έλεγχο εγκυρότητας προτύπου των David και Lalwani που προσομοιώνει ένα (σχετικά απλό) υποσύστημα διακίνησης φορτίου με μηχανολογικό εξοπλισμό ελκυστήρες και συρόμενες βάσεις, μετρήθηκαν αποκλίσεις της τάξης του 10% Σύμφωνα με τους ερευνητές:

"είναι πιθανό ότι η προσθήκη επιπλέον παραγόντων θα βελτιώσει την αντιπροσωπευτικότητα του προτύπου".^[116]
- Κατά τον έλεγχο εγκυρότητας προτύπου της εταιρείας Liftech ^[113, 114] στην τερματική εγκατάσταση διακίνησης Ε/Κ του λιμένα Okland, παρατηρήθηκε ότι:

"ο εκτιμώμενος χρόνος κύκλου των φορτηγών απέκλινε 13% από τον πραγματικό. Η ανακρίβεια οδηγών των φορτηγών, που έχουν την τάση να σταματούν τυχαία και για τυχαία χρονικά διαστήματα. Η συμπεριφορά αυτή δε θεωρήθηκε ουσιώδης για την αξιολόγηση της συμπεριφοράς του συστήματος εξυπηρέτησης και δεν περιλήφθηκε στο πρότυπο προσομοίωσης".^[113]

Η παρούσα εργασία επιχειρεί να συμβάλλει στη μελέτη των "κενών" αυτών περιοχών. Το σχήμα 2.4 παρουσιάζει τις παραμέτρους που υπεισέρχονται στην προσομοίωση των λειτουργιών του μηχανολογικού εξοπλισμού διακίνησης Ε/Κ. Διακρίνονται δύο κατηγορίες. Η πρώτη περιλαμβάνει τις παραμέτρους "χωροθέτηση επί μέρους τμημάτων της εγκατάστασης", "δυναμικά χαρακτηριστικά μηχανημάτων", "απώλειες χρόνου λόγω έλλειψης συγχρονισμού" και "απώλειες χρόνου λόγω αναδιάταξης Ε/Κ" καθώς και "στρατηγική εξυπηρέτησης σύμφωνα με την σειρά άφιξης". Οι παράμετροι αυτοί, κατά κανόνα περιλαμβάνονται και έχουν ήδη διερευνηθεί από τα προαναφερθέντα πρότυπα της βιβλιογραφίας. Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει την παράμετρο "συμπεριφορά του ανθρώπινου δυναμικού" (παράμετρο που κατά κανόνα αγνοείται) και την παράμετρο "απώλειες χρόνου λόγω κυκλοφοριακών εμπλοκών" (που είτε αγνοείται είτε περιλαμβάνεται προσεγγιστικά). Η απάλειψη των παραμέτρων αυτών επιτρέπει την ανάπτυξη προτύπων με απλούστερη δομή και σημαντικά μικρότερους χρόνους εκτέλεσης.

Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει ακόμη την παράμετρο "εναλλακτικές στρατηγικές" που έχει διερευνηθεί συστηματικά μόνο για ορισμένους τύπους μηχανολογικού εξοπλισμού (γερανογέφυρες επί σιδηροτροχιών ^[117-119] καθώς και για αυτόματα μηχανήματα μεταφοράς ^[270]). Παρεμφερή θέματα έχουν απασχολήσει ερευνητές από άλλες επιστημονικές περιοχές.^[260-269] Μεταξύ αυτών, περισσότερη συνάφεια με τα θέματα της παρούσας εργασίας παρουσιάζουν το θέμα της εξυπηρέτησης μηχανών εργοστασίου από αυτόματα οχήματα μεταφοράς (που αντιμετωπίζεται με προσομοίωση ^[268]) καθώς και το θέμα διάθεσης αριθμού εξυπηρετητών σε εργασίες που εμφανίζονται τυχαία στον χώρο και τον χρόνο (που αντιμετωπίζεται με στρατηγικές εξυπηρέτησης βασισμένες σε ευρετικούς αλγορίθμους ^[266]). Η προσέγγιση που ακολουθείται στην παρούσα εργασία χρησιμοποιεί και τις δύο προαναφερθείσες τεχνικές (προσομοίωση και ευρετικούς αλγορίθμους που περιλαμβάνονται στο έμπειρο σύστημα).



Σχήμα 2.4 Παράμετροι που υπεισέρχονται στον υπολογισμό του χρόνου κύκλου του μηχανολογικού εξοπλισμού

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Οι διαπιστώσεις των ερευνητών που παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο της Εισαγωγής καθώς και η παράθεση των προτύπων στο κεφάλαιο της Βιβλιογραφικής Ανασκόπησης περιγράφουν τα πλαίσια των συγχρόνων ερευνών σε θέματα σχεδιασμού τερματικών εγκαταστάσεων διακίνησης Ε/Κ. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η εργασία που παρουσιάζεται στην διατριβή αυτή, προσπαθεί να συμβάλει σε αυτήν την έρευνα με την ανάπτυξη ενός προτύπου που προσομοιώνει τις δραστηριότητες του μηχανολογικού εξοπλισμού διακίνησης Ε/Κ με στόχους τη διερεύνηση -στο ελεγχόμενο περιβάλλον του ηλεκτρονικού υπολογιστή - της επίδρασης των παραμέτρων σχεδιασμού και τη βελτιστοποίηση των δραστηριοτήτων του μηχανολογικού εξοπλισμού.

Αν και η συντριπτική πλειοψηφία των αναφορών αφορά λιμενικές τερματικές εγκαταστάσεις, η μεθοδολογία και το πρότυπο που αναπτύχθηκαν στα πλαίσια της παρούσας εργασίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε άλλου τύπου τερματικές εγκαταστάσεις, ιδιαίτερα μάλιστα σε σιδηροδρομικές.

Το πρότυπο δίνει τη δυνατότητα αναπαράστασης στην οθόνη του υπολογιστή, των γεωμετρικών χαρακτηριστικών, του εξοπλισμού, (με σχέδια σε κίνηση) και των διαδικασιών διακίνησης Ε/Κ που εκτελούνται στην προσομοιούμενη εγκατάσταση. Επιπλέον επιτρέπει να εξεταστούν εναλλακτικοί σχεδιασμοί και να μελετηθεί η συμπεριφορά του προσομοιούμενου συστήματος, όταν μεταβάλλεται η χωροθέτηση των τμημάτων της εγκατάστασης, η διαμόρφωση του εσωτερικού οδικού δικτύου, οι κανόνες στοίβασης των Ε/Κ, η δυναμικότητα και η σύνθεση του εξοπλισμού και η στρατηγική εξυπηρέτησης (κανόνες προτεραιότητας στην εξυπηρέτηση, κανόνες κατανομής του δυναμικού στις εργασίες, προσέλευση φορτηγών σε προκαθορισμένη ώρα).

Η προσομοίωση της συμπεριφοράς του ανθρώπινου δυναμικού του συστήματος εξυπηρέτησης πραγματοποιείται από ένα έμπειρο σύστημα που περιλαμβάνει εναλλακτικούς ευρετικούς κανόνες για τον καθορισμό της προτεραιότητας στην εξυπηρέτηση των φορτηγών οχημάτων. Η δυνατότητα αυτή επιτρέπει στο πρότυπο να προσομοιώσει το περιβάλλον λειτουργίας του δειγματικού χώρου (λιμενική εγκατάσταση ακτής Βασιλειάδη). Το έμπειρο σύστημα δε δεσμεύει το πρότυπο, αλλά είναι δυνατόν να αποκλειστεί προσφέροντας έτσι τη δυνατότητα προσομοίωσης και άλλων συστημάτων (πρβλ εφαρμογή Β, στο κεφάλαιο 6).

Για τον υπολογισμό των απωλειών χρόνου λόγω κυκλοφοριακών εμπλοκών αναπτύχθηκε ένα (επί μέρους) πρότυπο συμπεριφοράς οδηγού σε κατηγορίες κυκλοφοριακών εμπλοκών που παρουσιάζονται στο εσωτερικό οδικό δίκτυο της λιμενικής εγκατάστασης. Με βάση το πρότυπο αυτό, αναπτύχθηκε ένας "αλγόριθμος αποφυγής σύγκρουσης". Ο αλγόριθμος αυτός δοκιμάστηκε σε πληθώρα συνθηκών λειτουργίας στο ελεγχόμενο περιβάλλον του Η/Υ και εντοπίστηκαν οι ειδικές περιπτώσεις όπου η συμπεριφορά του προσομοιούμενου συστήματος (μεγάλης διάρκειας ή μόνιμη ακινητοποίηση των εμπλεκόμενων οχημάτων) δεν ταυτίζεται με αυτήν του φυσικού συστήματος. Αποτέλεσμα της διερεύνησης αυτής ήταν η τροποποίηση του αρχικού αλγορίθμου, ώστε να αναγνωρίζει τις ειδικές αυτές περιπτώσεις και να τις αντιμετωπίζει κατάλληλα.

Στο κεφάλαιο 4 γίνεται μία αναλυτική παρουσίαση του προτύπου της διατριβής και αναπτύσσεται το θεωρητικό υπόβαθρό του. Η παρουσίαση περιλαμβάνει τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών των στοιχείων του συστήματος, τις παραδοχές, τις προσομοιωτικές διαδικασίες, τα αποτελέσματα και την περιοχή εφαρμογής του προτύπου.

Ο έλεγχος της εγκυρότητας του προτύπου, αποτελεί το θέμα του κεφαλαίου 5. Ο έλεγχος αυτός έγινε με δύο τρόπους:

1. Με σύγκριση των αποτελεσμάτων του προτύπου με τα αντίστοιχα μεγέθη του συστήματος εξυπηρέτησης στον δειγματικό χώρο του προτύπου.
2. Με σύγκριση των αποτελεσμάτων του προτύπου της διατριβής με τα αποτελέσματα ενός αντίστοιχου θεωρητικού προτύπου, βασισμένου στην θεωρία αναμονής. Η σύγκριση έγινε για ένα σύστημα εξυπηρέτησης κατάλληλα διαμορφωμένο ώστε να μπορεί να επιλυθεί από το πρότυπο αναμονής και να προσομοιωθεί από το πρότυπο της διατριβής.

Το τελευταίο τμήμα του κεφαλαίου 5, αναφέρεται στο αξιολόγηση της δυνατότητας εικονικής αναπαράστασης του προτύπου και πραγματοποιήθηκε με σύγκριση της γραφικής εξόδου του προτύπου με αντίστοιχα μαγνητοσκοπημένα συμβάντα από το δειγματικό χώρο του προτύπου.

Το κεφάλαιο 6, αναφέρεται σε δύο εφαρμογές που πραγματοποιήθηκαν με χρήση του προτύπου. Οι εφαρμογές αυτές είναι:

1. Αξιολόγηση του συστήματος εξυπηρέτησης των φορτηγών σε προκαθορισμένο χώρο εξυπηρέτησης σε σχέση με το σύστημα που εφαρμόζεται στην εγκατάσταση διακίνησης Ε/Κ στην ακτή Βασιλειάδη του Πειραιά.
2. Σύγκριση δύο διαφορετικών συστημάτων διακίνησης. Το πρώτο σύστημα περιλαμβάνει Οχήματα Πλαίσια και Ελκυστήρες με συρόμενες βάσεις, ενώ το δεύτερο αυτοματοποιημένες γερανογέφυρες και αυτομάτως καθοδηγούμενα οχήματα μεταφοράς.

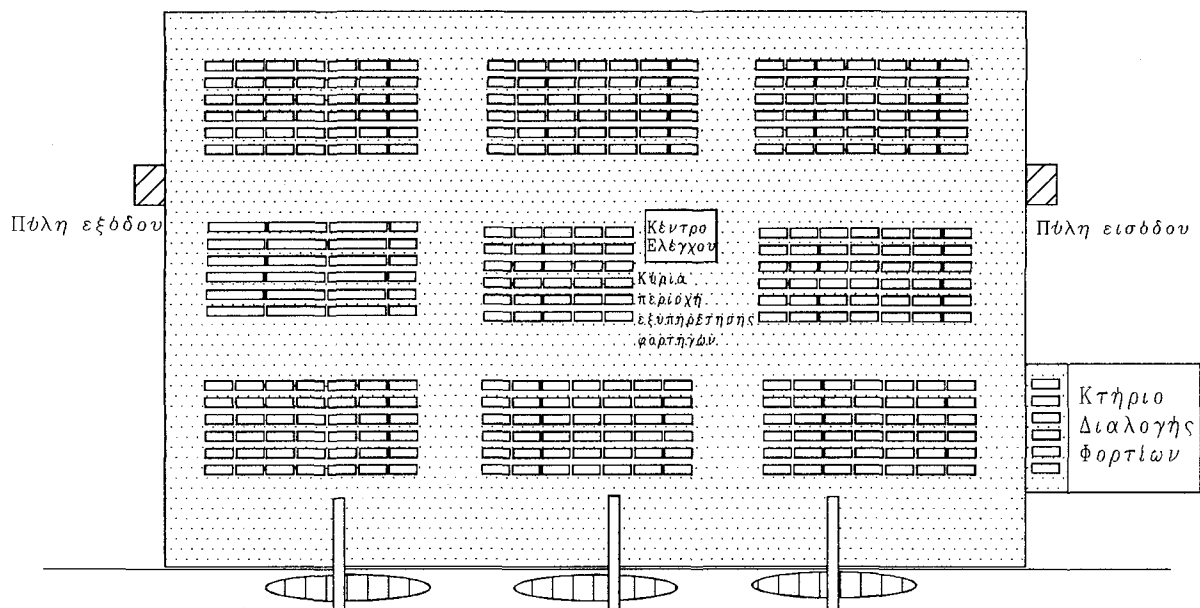
Η εξελικτική διαδικασία και τα συμπεράσματα της διατριβής παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 7. Τέλος, στο κεφάλαιο 8, γίνονται προτάσεις για περαιτέρω έρευνα σε θέματα που προέκυψαν κατά την ανάπτυξη του προτύπου και την ανάλυση των αποτελεσμάτων των εφαρμογών του.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ

4.1 ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΝΟΣ ΤΥΠΙΚΟΥ ΠΡΟΣΟΜΟΙΟΥΜΕΝΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Το σχήμα 4.1 παρουσιάζει μία τυπική κάτοψη τερματικής εγκατάστασης, που μπορεί να προσομοιωθεί από το πρότυπο της διατριβής. Ο μηχανολογικός εξοπλισμός της εγκατάστασης περιλαμβάνει Οχήματα Πλαίσια, γερανογέφυρες προκυμαίας και ελκυστήρες με συρόμενες βάσεις. Κάθε μηχανήμα του συστήματος καθώς και κάθε φορτηγό που εισέρχεται στην τερματική εγκατάσταση προσομοιώνεται διακεκριμένα. Ο καταμερισμός των μηχανημάτων σε ομάδες και η ανάθεση σε κάθε ομάδα συγκεκριμένου έργου, καθορίζεται από τον χρήστη του προγράμματος. Η κάτοψη του χώρου της λιμενικής εγκατάστασης απεικονίζεται στην οθόνη του Η/Υ, όπου με κινούμενα σύμβολα που αντιπροσωπεύουν τα ειδικά μηχανήματα και τα εξυπηρετούμενα φορτηγά /πλοία παρουσιάζονται οι λειτουργίες διακίνησης των Ε/Κ.



Γερανογέφυρα προκυμαλας



Σχήμα 4.1 Κάτοψη λιμενικής εγκατάστασης και εξοπλισμός διακίνησης Ε/Κ

Οι απαιτήσεις διακίνησης Ε/Κ από και προς το πλοίο εξυπηρετούνται σύμφωνα με σχέδιο εργασίας, ενώ οι απαιτήσεις για εξυπηρέτηση των αφικνουμένων φορτηγών ικανοποιούνται σύμφωνα με καθορισμένη στρατηγική εξυπηρέτησης. Υπάρχουν δύο δυνατότητες δημιουργίας σεναρίων Ε/Κ.

- α. Με ακριβή καθορισμό όλων των απαιτούμενων στοιχείων από τον χρήστη. Η δυνατότητα αυτή επιτρέπει την περιγραφή πραγματικών καταστάσεων (ή υποθετικών σεναρίων) για τις οποίες είναι επιθυμητό να δοκιμαστούν εναλλακτικοί σχεδιασμοί.
- β. Με δημιουργία των απαιτούμενων στοιχείων από υποπρόγραμμα (γεννήτρια).

Η είσοδος των φορτηγών στην εγκατάσταση ελέγχεται από την πύλη εισόδου, που περιορίζει τον αριθμό των εισερχομένων φορτηγών, έτσι ώστε να μην υπερβαίνει τον αριθμό των θέσεων στάθμευσής τους στην περιοχή εξυπηρέτησης. Μετά την είσοδό τους, τα φορτηγά εξυπηρετούνται κατά κανόνα σε καθορισμένο χώρο των εγκαταστάσεων, (Κύρια Περιοχή Εξυπηρέτησης στο σχ 4.1.α) αλλά σε πολλές περιπτώσεις δίδεται εντολή για εξυπηρέτηση φορτηγών απευθείας στις περιοχές των δαπέδων εναπόθεσης.

Ο μηχανισμός επιλογής των θέσεων όπου η εξυπηρέτηση γίνεται επί τόπου, βασίζεται στην ιδεατή εικόνα του οδηγού του οχήματος πλαισίου, για τις περιοχές του χώρου, όπου η επί τόπου εξυπηρέτηση, είναι πλεονεκτικότερη. Με "επεμβάσεις" στην ιδεατή αυτή εικόνα, είναι δυνατόν να προσομοιωθεί και το "συμβατικό σύστημα", όπου η εξυπηρέτηση του φορτηγού γίνεται μόνο στον προκαθορισμένο χώρο.

Ανεξάρτητα από την στρατηγική εξυπηρέτησης που επιλέγεται, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να επιλέξει μεταξύ πέντε ευρετικών κανόνων προτεραιότητας στην εξυπηρέτηση φορτηγού από Οχήμα Πλαίσιο. Το τμήμα αυτό του προτύπου, αποτελεί ένα έμπειρο σύστημα, που αναπτύχθηκε μετά από συνεντεύξεις με το προσωπικό του Κέντρου Ελέγχου καθώς και παρατηρήσεις του γράφοντος στον δειγματικό χώρο του προτύπου.

Τα κεφάλαια που ακολουθούν αναφέρονται αναλυτικά στην δομή, τις παραδοχές και τις περιοχές εφαρμογής του προτύπου.



4.2 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Κάθε λιμενική τερματική εγκατάσταση αποτελεί ένα σύνθετο σύστημα εξυπηρέτησης. Ακολουθώντας την βασική μεθοδολογία ανάλυσης συστημάτων σε στοιχεία,^[153] διακρίνουμε:

1. Κατηγορίες Μονίμων Στοιχείων* που περιλαμβάνουν τα στοιχεία που παραμένουν μέσα στο σύστημα σε όλη την διάρκεια της προσομοίωσης.
2. Κατηγορίες Προσωρινών Στοιχείων που περιλαμβάνουν τα στοιχεία που βρίσκονται για περιορισμένο μόνο διάστημα στο σύστημα.

Τα στοιχεία του συστήματος μπορούν να έχουν ένα ή περισσότερα χαρακτηριστικά. Κάθε διαδικασία που προκαλεί αλλαγές στο σύστημα, ονομάζεται δραστηριότητα. Με τον όρο Β-δραστηριότητα ορίζονται οι δραστηριότητες εκείνες που μπορούν να αρχίσουν να εκτελούνται ανεξάρτητα από την κατάσταση στην οποία βρίσκεται το σύστημα κατά την δεδομένη στιγμή. Με τον όρο C-δραστηριότητα, ορίζονται οι δραστηριότητες εκείνες που δεν μπορούν να εκτελεστούν αν δεν ικανοποιούνται ορισμένες συνθήκες. Στον πίνακα 4.2 που ακολουθεί, παρουσιάζονται τα στοιχεία αυτά για το προσομοιούμενο σύστημα τερματικής εγκατάστασης της διατριβής. Ο όρος "δυναμικά χαρακτηριστικά" υπονοεί, (κατά περίπτωση) την ταχύτητα στο οδικό δίκτυο, την επιτάχυνση, τους χρόνους μεταφόρτωσης, τα όρια ταχυτήτων στους ελιγμούς, την ταχύτητα του φορείου γερανογέφυρας κ.α.

Σχετικά με τις τιμές των παραμέτρων που περιγράφουν τα χαρακτηριστικά των στοιχείων του συστήματος παρατηρούνται τα εξής:

- α. Οι τιμές των παραμέτρων που περιγράφουν την χωροταξία των εγκαταστάσεων και την στρατηγική εξυπηρέτησης παραμένουν σταθερές για μεγάλες χρονικές περιόδους.
- β. Οι μέσες τιμές των παραμέτρων που περιγράφουν την συμπεριφορά και τις ικανότητες των οδηγών των Οχημάτων Πλαισίων (ταχύτητες, χρόνοι χειρισμών /

* Για την απόδοση των ξενόγλωσσων όρων της προσομοίωσης στην Ελληνική γλώσσα ακολουθήθηκε η ορολογία των πηγών [153-155].

ελιγμών) είναι κατά κανόνα σταθερές. Σημαντικές διαφορές, εμφανίζονται σε ειδικές περιπτώσεις, όπως είναι η δυσλειτουργία μηχανισμών των οχημάτων πλαισίων, ή η συμμετοχή εκπαιδευόμενου οδηγού στην ομάδα. Το γεγονός ότι, στον συγκεκριμένο δειγματικό χώρο, οι συνομιλίες μεταξύ οδηγών και κέντρου ελέγχου είναι δυνατόν να παρακολουθούνται μέσω ασυρμάτου, δίνει στον παρατηρητή την δυνατότητα να εντοπίσει τις περιπτώσεις αυτές.

- γ. Η τιμή της παραμέτρου που περιγράφει τον χρόνο επικοινωνίας οδηγών και κέντρου ελέγχου εξαρτάται κυρίως από τον διατιθέμενο εξοπλισμό που στην συγκεκριμένη περίπτωση του δειγματικού μας χώρου είναι ασύρματο τηλέφωνο με κοινή συχνότητα για όλα τα οχήματα. Η χρήση περισσότερων συχνοτήτων (καναλιών), ή η χρήση συστήματος διαφορετικής τεχνολογίας^[202-204] είναι πιθανό ότι θα οδηγούσε σε μία ουσιαστική μείωση της τιμής της παραμέτρου.

Ο αριθμός των Οχημάτων Πλαισίων που συμμετέχουν στην ομάδα εξυπηρέτησης των φορτηγών εξαρτάται από τον διαθέσιμο αριθμό μηχανημάτων και την κατανομή τους στις διάφορες απαιτήσεις εξυπηρέτησης του τερματικού σταθμού. για τον συγκεκριμένο δειγματικό χώρο, ο αριθμός των απαιτούμενων οχημάτων πλαισίων για την εξυπηρέτηση των φορτηγών της ενδοχώρας κυμαίνεται από δύο μέχρι πέντε.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ		ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	Β-δραστηριότητα	Γ-δραστηριότητα
ΜΟΝΙΜΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ				
Χώρος	Ορια.	.....	.....	.....
Εσωτερικό οδικό δίκτυο	Διαμόρφωση δικτύου.	.....	.....	.....
Χώροι εξυπηρέτησης	Θέση. Χωρητικότητα.	.....	.....	.....
Πύλη εισόδου	Θέση. Κανόνες εισόδου	.....	.....	Απαγορεύει την είσοδο
Πύλη εξόδου	Θέση. Χρόνος ελέγχου	.....	.....	Ελεγχος κατά την έξοδο
Κτίριο Διαλογής Φορτίων	Θέση. Απαιτήσεις για εξυπηρέτηση.	.....	.....	.....
Προκυμαία	Θέση	.....	.....	.....
Γερανογέφυρες προκυμαίας.	Αριθμός. Δυναμικά χαρακτηριστικά φορτίου	.....	.....	.....
Οχήματα πλαίσια	Αριθμός. Δυναμικά χαρακτηρ.	.....	Επικοινωνία Αναδιατάξη Ε/Κ	Εξυπηρέτηση μέσω μεταφοράς
Ελκυστήρες με συρόμενη βάση	Αριθμός. Δυναμικά χαρακτηρ.	.....	.....	.....
ΠΡΟΣΩΡΙΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ				
Φορτηγά.	Χρόνος άφιξης. Απαιτήσεις διακίνησης Ε/Κ	.....	Μετακίνηση	Φόρτωση/εκφόρτωση.
Απαιτήσεις Κτιρίου Διαλ. Φορτίων	Απαιτήσεις διακίνησης Ε/Κ	.....	Απο/ μοναδοποίηση.	Παραλαβή/ παράδοση.
Αναδιατάξεις Ε/Κ.	Απαιτήσεις διακίνησης Ε/Κ	.....	.....	.....
Πλοία.	Απαιτήσεις φορτο/εκφόρτωσης	.....	.....	Φόρτωση/εκφόρτωση.

4.3 ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Ο χρόνος στην προσομοίωση καταγράφεται με έναν αριθμό, που ονομάζεται ωρολογιακός δείκτης. Συνήθως ο δείκτης αυτός έχει τιμή μηδέν στην αρχή της προσομοίωσης και στην συνέχεια δείχνει τον αριθμό των μονάδων του χρόνου προσομοίωσης που έχουν διαρρεύσει από την έναρξη της προσομοιωτικής διαδικασίας.^[153] Ένα βασικό βήμα στην διαμόρφωση κάθε προτύπου προσομοίωσης είναι η επιλογή της μεθόδου πραγματοποίησης αλλαγών στον ωρολογιακό δείκτη. Από τις υπάρχουσες μεθόδους υιοθετήθηκε (για το πρότυπο της διατριβής) η μέθοδος των διαστημάτων με μονάδα χρόνου το ένα δευτερόλεπτο. Ο λόγος για την επιλογή αυτή είναι ότι οι απαιτήσεις εικονικής αναπαράστασης του προτύπου οδηγούν σε συνεχή υπολογισμό των θέσεων των μηχανημάτων. Η εκλογή αυτή είναι καθοριστική καθώς σχετίζεται με τον απαιτούμενο χρόνο εκτέλεσης του προγράμματος και την δυνατότητα να προσομοιωθούν στο πρότυπο τα δυναμικά χαρακτηριστικά της κίνησης των οχημάτων και οι δραστηριότητες "ελέγχου" προς αποφυγή κυκλοφοριακών συγκρούσεων.

4.4 ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ

Το πρότυπο προσομοίωσης που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της διατριβής, υιοθετεί έναν αριθμό παραδοχών, που παρουσιάζονται στο κείμενο που ακολουθεί. Οπου υπάρχει βιβλιογραφική αναφορά, υπονοείται ότι η παραδοχή έχει υιοθετηθεί από το αντίστοιχο πρότυπο.

1. Οι απαιτήσεις φορτοεκφόρτωσης των πλοίων εξυπηρετούνται σύμφωνα με σχέδια εργασίας. Οι διαδικασίες εξυπηρέτησης στην χερσαία πλευρά των εγκαταστάσεων συντονίζονται και ικανοποιούνται σύμφωνα με καθορισμένη στρατηγική εξυπηρέτησης.^[97,105,115]
2. Κάθε φορτηγό που προσέρχεται για εξυπηρέτηση, έχει μέχρι τέσσερις απαιτήσεις διακίνησης Ε/Κ.^[105,109,110] Λόγω περιορισμών στην μνήμη του υπολογιστή, που επιβάλλει η γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιήθηκε, ο αριθμός των φορτηγών ανά προσομοιούμενη περίοδο (σενάριο) δεν πρέπει να υπερβαίνει τις δύο χιλιάδες.

3. Η συμπεριφορά του μηχανολογικού εξοπλισμού και των εξυπηρετούμενων φορτηγών μπορεί να προσομοιωθεί με τη βοήθεια μαθηματικών σχέσεων κινηματικής μηχανικής και κανόνων συμπεριφοράς.^[97,105] Οι κανόνες αυτοί είναι:
- α. Κατά την κίνησή τους στο εσωτερικό οδικό δίκτυο τα οχήματα πλαίσια ακολουθούν την συντομότερη χρονικά διαδρομή.^[105,116]
 - β. Ο αριθμός των φορτηγών που επιτρέπεται να εισέρχονται στους χώρους των εγκαταστάσεων είναι περιορισμένος.
 - γ. Μετά το πέρας κάθε εξυπηρέτησης, το όχημα πλαίσιο παραμένει ακίνητο μέχρι να λάβει νέα εντολή για εξυπηρέτηση.^[105,116,127-132]
 - δ. Όταν η εξυπηρέτηση των φορτηγών εκτελείται στους χώρους εναπόθεσης Ε/Κ, το φορτηγό σταθμεύει κοντά στην έξοδο της στοιβάδας που πρόκειται να εναποτεθεί ή παραληφθεί το Ε/Κ.
4. Το εσωτερικό οδικό δίκτυο της τερματικής εγκατάστασης είναι μορφή καννάβου. Η χωροθεσία αυτή ακολουθείται κατά κανόνα στον σχεδιασμό λιμενικών εγκαταστάσεων.^[2,8,91,105,244] Ο περιορισμός αυτός επεβλήθηκε στο πρότυπο διότι η εισαγωγή τριγωνομετρικών συναρτήσεων στους αλγορίθμους κίνησης και ελέγχου κυκλοφοριακών εμπλοκών των προσομοιούμενων οχημάτων οδηγούσε σε σημαντική μείωση της ταχύτητας εκτέλεσης του προγράμματος.

4.5 ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, ένα βασικό χαρακτηριστικό που επιδρά στην διαμόρφωση και τις δυνατότητες του προτύπου είναι η υιοθέτηση της τεχνικής προσαύξησης του χρόνου προσομοίωσης, σύμφωνα με την μέθοδο των διαστημάτων. Η εκλογή αυτή είναι καθοριστική, καθώς σχετίζεται με τον απαιτούμενο χρόνο εκτέλεση του προγράμματος και την δυνατότητα να προσομοιωθούν στο πρότυπο, τα δυναμικά χαρακτηριστικά της κίνησης των οχημάτων και οι ενέργειες "ελέγχου" των κυκλοφοριακών συγκρούσεων. Επιπλέον επιτρέπει την εικονική αναπαράσταση των προσομοιούμενων διαδικασιών στην

οθόνη του υπολογιστή. Οι ιδιαιτερότητες αυτές της δομής του προτύπου, σε συνδυασμό με τις υπολογιστικές δυνατότητες των σημερινών υπολογιστών, οδηγούν σε λόγο του προσομοιούμενου, προς τον πραγματικό χρόνο, της τάξης του 0.1 έως 1, ανάλογα με την πολυπλοκότητα του προσομοιούμενου συστήματος και τις επιδόσεις του υπολογιστικού συστήματος. Οι χρονικοί αυτοί περιορισμοί, οριοθετούν έμμεσα τις περιοχές εφαρμογών, όπου το πρότυπο μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά, σαν εργαλείο σχεδιασμού.

Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν πιο πάνω, το πρότυπο δεν είναι κατάλληλο για προσομοίωση μεγάλων χρονικών περιόδων, ιδιαίτερα μάλιστα στην περίπτωση που απαιτείται σημαντικός αριθμός επαναλήψεων για την εξαγωγή συμπερασμάτων, και συνεπώς δεν είναι κατάλληλο για τον υπολογισμό του χρόνου αναμονής των πλοίων.

Αντίθετα το πρότυπο προσφέρεται ώστε:

1. Να αναπαραστήσει πραγματικές ή υποθετικές καταστάσεις δυσλειτουργιών, που εμφανίζονται στην τερματική εγκατάσταση, με στόχο την διερεύνησή τους. Υπάρχει η δυνατότητα να εξεταστούν εναλλακτικοί σχεδιασμοί, για το ίδιο "σενάριο" απαιτήσεων. Η τεχνική αυτή, σε συνδυασμό με την ικανότητα του προτύπου να αναπαριστά γραφικά τις λειτουργίες προσομοιούμενου συστήματος, αποτελεί ένα σημαντικό βοήθημα, που επιτρέπει στον μελετητή να παρατηρήσει την συμπεριφορά του συστήματος σε εναλλακτικούς σχεδιασμούς και να αξιολογήσει, με την βοήθεια και της αριθμητικής εξόδου του προτύπου, τα αποτελέσματα των επεμβάσεων του στο σύστημα. Ειδικότερα μπορεί να μελετηθεί το σύστημα εξυπηρέτησης φορτηγών, όπου η εξυπηρέτηση των φορτηγών γίνεται κατά κανόνα σε καθορισμένο χώρο των εγκαταστάσεων, αλλά στις περιπτώσεις που αφορούν διακίνηση Ε/Κ σε ακραίες περιοχές των εγκαταστάσεων, δίδεται εντολή για εξυπηρέτηση του φορτηγού απευθείας στους χώρους στοιβασίας. Διευκρινίζεται ότι με την παρούσα δομή του, το πρότυπο περιορίζεται στην μελέτη κανόνων λειτουργίας του συστήματος σε επίπεδο σχεδιασμού.
2. Να διερευνήσει την επίδραση του αριθμού των οχημάτων πλαισίων, στην παραγωγικότητα του συστήματος εξυπηρέτησης.
3. Να διερευνήσει την επίδραση αλλαγών στην γεωμετρία του εσωτερικού οδικού δικτύου ή την μονοδρόμηση τμημάτων του, στο μέσο μήκος μετακίνησης του

Οχήματος Πλαισίου και κατ' επέκταση και στην παραγωγικότητα του συστήματος εξυπηρέτησης.

4. Να συγκρίνει την επίδραση εναλλακτικών κανόνων προτεραιότητας εξυπηρέτησης, στον χρόνο αναμονής των φορτηγών και την μέση απόσταση μετακίνησης των οχημάτων πλαισίων (πρβλ κεφ 6).
5. Να αποτελέσει μια κατανοητή γλώσσα επικοινωνίας μεταξύ των μελετητών του συστήματος, των διαχειριστών της τερματικής εγκατάστασης και των υπευθύνων για την λήψη αποφάσεων.

4.6 ΤΑ ΜΟΝΙΜΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Τα μόνιμα στοιχεία του συστήματος παραμένουν μέσα στο σύστημα σε όλη την διάρκεια της προσομοίωσης. Στον πίνακα 4.2 απεικονίζονται τα μόνιμα στοιχεία του προτύπου της διατριβής. Η διαδικασία εισαγωγής των δεδομένων, για τον καθορισμό των χαρακτηριστικών των μόνιμων στοιχείων του συστήματος, ακολουθεί τα πιο κάτω βήματα:

1. Περιγραφή εσωτερικού οδικού δικτύου.
2. Περιγραφή δαπέδων εναπόθεσης/στοιβασίας Ε/Κ, πυλών, Κτιρίου Διαλογής Φορτίων και λοιπών εγκαταστάσεων.
3. Περιγραφή των μηχανημάτων/οχημάτων διακίνησης Ε/Κ.

Τα απαιτούμενα δεδομένα παρουσιάζονται στις παραγράφους που ακολουθούν.

4.6.1 Εσωτερικό οδικό δίκτυο

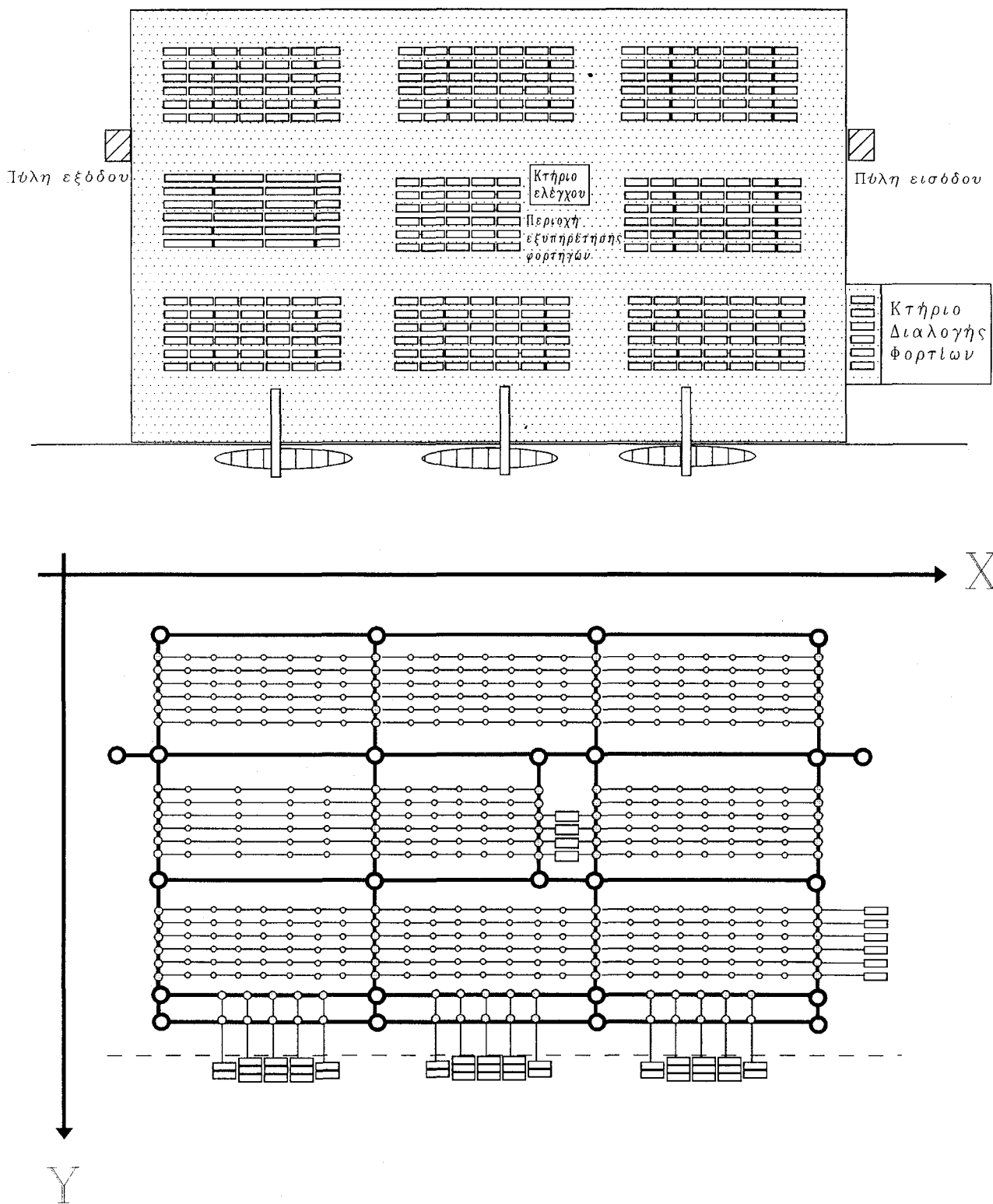
Όλα τα μηχανήματα/οχήματα και τα φορτηγά της προσομοιούμενης τερματικής εγκατάστασης κινούνται σε ένα δίκτυο συνδέσμων και κόμβων. Κόμβοι του δικτύου είναι όλες οι θέσεις Ε/Κ στα δάπεδα εναπόθεσης/στοιβασίας, οι διασταυρώσεις των οδών του εσωτερικού οδικού δικτύου, τα σημεία εξόδου από τα δάπεδα εναπόθεσης/στοιβασίας προς το εσωτερικό οδικό δίκτυο, οι θέσεις εναπόθεσης των Ε/Κ στο Κτίριο Διαλογής Φορτίων, οι θέσεις στάθμευσης των φορτηγών καθώς και τα σημεία της προκυμιάς όπου οι γερανογέφυρες παραλαμβάνουν/μεταφορτώνουν Ε/Κ.

Οι σύνδεσμοι του δικτύου διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

1. Σύνδεσμοι που ορίζουν τους διαδρόμους κίνησης των Οχημάτων Πλαισίων στα δάπεδα εναπόθεσης Ε/Κ. Οι σύνδεσμοι αυτοί θα ονομάζονται στην συνέχεια "σύνδεσμοι διαδρόμων".
2. Σύνδεσμοι που ταυτίζονται με τις οδούς του εσωτερικού οδικού δικτύου της τερματικής εγκατάστασης. Οι σύνδεσμοι αυτοί θα ονομάζονται στην συνέχεια "σύνδεσμοι εσωτερικού οδικού δικτύου".

Οι σύνδεσμοι του δικτύου ορίζονται μεταξύ των κόμβων, σύμφωνα με τους εξής κανόνες:

1. Οι κόμβοι που ορίζονται στις διασταυρώσεις των οδών, συνδέονται μεταξύ τους σύμφωνα με την δομή του εσωτερικού οδικού δικτύου. Με τον τρόπο αυτό ορίζονται οι σύνδεσμοι του εσωτερικού οδικού δικτύου.
2. Οι κόμβοι που αντιστοιχούν σε θέσεις Ε/Κ που ανήκουν στην ίδια σειρά του ιδίου δαπέδου εναπόθεσης συνδέονται μεταξύ τους εν σειρά. Με τον τρόπο αυτό ορίζονται οι σύνδεσμοι των διαδρόμων.
3. Οι ακραίοι κόμβοι κάθε "συνδέσμου διαδρόμου" συνδέονται με το δίκτυο των συνδέσμων του εσωτερικού οδικού δικτύου. Οι κόμβοι που δημιουργούνται στην σύνδεση ονομάζονται "κόμβοι πρόσβασης". Στην περίπτωση που η κατεύθυνση της πρόσβασης είναι γνωστή, οι κόμβοι αυτοί αναφέρονται και ως "κόμβοι εισόδου" ή "κόμβοι εξόδου".



Σχήμα 4.6.1 Κάτοψη λιμενικής εγκατάστασης και αντίστοιχο εσωτερικό οδικό δίκτυο

4. Οι κόμβοι που ορίζονται στις θέσεις στάθμευσης των φορτηγών καθώς και στις θέσεις εναπόθεσης των Ε/Κ στο Κτίριο Διαλογής Φορτίων συνδέονται με το δίκτυο των συνδέσμων του εσωτερικού οδικού δικτύου που διέρχεται στις περιοχές αυτές.
5. Οι κόμβοι που αντιστοιχούν στα σημεία της προκυμαίας όπου οι γερανογέφυρες παραλαμβάνουν/μεταφορτώνουν Ε/Κ, ορίζονται σε αντιστοιχία με τις θέσεις των κυψελών του πλοίου.

Ολες οι συντεταγμένες αναφέρονται σε σύστημα αξόνων αναφοράς με προκαθορισμένη φορά αξόνων (βλ σχήμα 4.6.1). Οι συντεταγμένες των κόμβων καθώς και οι σύνδεσμοι του εσωτερικού οδικού δικτύου ορίζονται από τον χρήστη. Αντίθετα οι συντεταγμένες των υπολοίπων κόμβων (κόμβοι στις θέσεις των Ε/Κ στα δάπεδα εναπόθεσης, κόμβοι θέσεων εναπόθεσης Ε/Κ για το Κ.Δ.Φ, κόμβοι θέσεων στάθμευσης φορτηγών, κόμβοι θέσεων γερανογεφυρών επί της προκυμαίας) και οι αντίστοιχοι σύνδεσμοι ορίζονται αυτόματα από το πρόγραμμα όταν χωροθετούνται τα αντίστοιχα επιμέρους τμήματα της εγκατάστασης.

4.6.2 Δάπεδα εναπόθεσης Ε/Κ

Στα δάπεδα εναπόθεσης Ε/Κ περιλαμβάνονται τα δάπεδα εναπόθεσης των εισαγόμενων, των εξαγομένων και των κενών Ε/Κ. Περιλαμβάνονται ακόμη το δάπεδο εναπόθεσης Ε/Κ του κτιρίου διαλογής φορτίων και τα δάπεδα προσωρινής εναπόθεσης κάτω από τα σκέλη των γερανογεφυρών προκυμαίας. Τα δάπεδα αριθμούνται από το 1 έως και το μέγιστο αριθμό τους και χαρακτηρίζονται από τον κωδικό αυτό αριθμό. Κάθε δάπεδο θεωρείται ότι δέχεται Ε/Κ των ιδίων διαστάσεων που χωρίζονται σε σειρές. Οι σειρές μπορούν να έχουν διεύθυνση παράλληλα ή κάθετα με την προκυμαία.

Κάθε θέση Ε/Κ, χαρακτηρίζεται από ένα κωδικό αριθμό, που δίνει την "διεύθυνση" (δάπεδο εναπόθεσης, σειρά, αριθμός στην σειρά και στρώση) του Ε/Κ. Με παρόμοιο τρόπο κωδικοποιούνται και οι θέσεις των Ε/Κ στο πλοίο. Η κωδικοποίηση αυτή επιτρέπει την μονοσήμαντη και σύντομη περιγραφή της διακίνησης Ε/Κ μεταξύ θέσεων στους χώρους της εγκατάστασης.

Λόγω της διάταξης των Ε/Κ σε σειρές (ώστε να επιτρέπεται η διέλευση των Οχημάτων Πλαισίων) κάθε δάπεδο εναπόθεσης έχει δύο συνδέσμους από τις οποίες

πραγματοποιείται η είσοδος ή έξοδος των Οχημάτων Πλαισίων από και προς το εσωτερικό οδικό δίκτυο. Προφανώς στην περίπτωση που κάποια πλευρά δεν έχει πρόσβαση, δεν ορίζεται σύνδεσμος. Συγκεκριμένα οι μεταβλητές του προτύπου που καθορίζονται από τον χρήστη, για κάθε δάπεδο, είναι:

1. Κωδικός αριθμός δαπέδου εναπόθεσης.
2. Διεύθυνση σειρών E/K, σε σχέση με το σύστημα αξόνων.
3. Συντεταγμένες της κορυφής του δαπέδου που είναι πλησιέστερα στην αρχή των αξόνων.
4. Μέγιστος αριθμός θέσεων εναπόθεσης E/K στις διευθύνσεις X και Y και διάκενα μεταξύ τους.
5. Τύπος E/K (20 ή 40 ποδών)

4.6.3 Μηχανολογικός εξοπλισμός διακίνησης E/K

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, ο μηχανολογικός εξοπλισμός της προσομοιούμενης εγκατάστασης αποτελείται από τις ακόλουθες κατηγορίες μηχανημάτων :

1. Οχήματα πλαίσια. Πρόκειται για εξειδικευμένα οχήματα εξοπλισμένα με τηλεσκοπική αρπάγη εμπορευματοκιβωτίων. Έχουν δυνατότητες μεταφόρτωσης E/K σε φορτηγά/συρόμενες βάσεις, αυτοδύναμης μεταφοράς E/K (σε μικρές συνήθως αποστάσεις) και εναπόθεσης/παραλαβής E/K από τα δάπεδα εναπόθεσης και στοιβασίας E/K μέχρι τρία ή τέσσερα (ανάλογα με τον τύπο του μηχανήματος) καθ ύψος. Παρόλα τα προβλήματά τους (υψηλό ποσοστό βλαβών και φθορών) και τον συνεχή ανταγωνισμό τους κυρίως από συστήματα γερανογεφυρών, τα συστήματα που βασίζονται σε Οχήματα Πλαίσια αποτελούν ένα κατ' εξοχήν διαδεδομένο σύστημα διακίνησης, λόγω της μεγάλης ευελιξίας που προσφέρουν και της συνεχούς βελτίωσής τους.^[36,37,203-222,247,248,276,294]
2. Ελκυστήρες με συρόμενες βάσεις. Χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με τα Οχήματα Πλαίσια για την μεταφορά E/K, όταν η απόσταση μεταφοράς είναι μεγάλη. Δεν έχουν δυνατότητα φόρτωσης ή εκφόρτωσης του E/K και συνεπώς σε κάθε άκρο της διαδρομής τους, πρέπει να συνεργάζονται με γερανογέφυρες ή Οχήματα Πλαίσια.
3. Γερανογέφυρες προκυμαίας. Παραλαμβάνουν E/K από το κατάστρωμα ή τις κυψέλες του πλοίου και τα μεταφέρουν στην προκυμαία, όπου τα φορτώνουν σε

φορτηγά/συρόμενες βάσεις ή τα αποθέτουν ώστε να παραληφθούν από Οχήματα Πλαίσια. Η αντίστροφη διαδικασία ακολουθείται για την φόρτωση Ε/Κ στο πλοίο. Οι γερανογέφυρες κινούνται επί σιδηροτροχιών, παράλληλα προς την προκυμαία. Διαθέτουν τηλεσκοπική αρπάγη Ε/Κ, που μετακινείται με την βοήθεια φορείου κατά μήκος οριζόντιας δοκού. Ο έλεγχος των λειτουργιών γίνεται από χειριστή, αν και πολλοί τύποι είναι εφοδιασμένοι με διατάξεις που αυτοματοποιούν πολλά τμήματα της διαδικασίας (έλεγχος ταλαντώσεων, αυτόματη προσέγγιση στην επιθυμητή θέση κ.ά).^[220-223]

Το σχήμα 4.1 απεικονίζει τα ανωτέρω μηχανήματα. Τα στοιχεία που απαιτούνται για την περιγραφή των μηχανημάτων και των οχημάτων διακίνησης είναι:

1. Αριθμός Οχημάτων Πλαισίων, αριθμός Ελκυστήρων (με συρόμενες βάσεις) και αριθμός γερανογεφυρών προκυμαίας.
2. Δυναμικά χαρακτηριστικά για κάθε Οχημα Πλαίσιο και Ελκυστήρα. Για κάθε μηχανήμα/όχημα (ή ομαδοποιημένα) ορίζονται:
 - α. Τιμές μέσης επιτάχυνσης και μέσης επιβράδυνσης που αναπτύσσονται κατά την κίνηση των οχημάτων στο εσωτερικό οδικό δίκτυο.
 - β. Ορια ταχυτήτων για τις περιπτώσεις:
 - Ευθύγραμμης κίνησης, δεξιάς και αριστερής στροφής στο εσωτερικό οδικό δίκτυο.
 - Ευθύγραμμης κίνησης μέσα στα δάπεδα εναπόθεσης Ε/Κ καθώς και ελιγμών εισόδου και εξόδου στα δάπεδα. Οι ταχύτητες αυτές ορίζεται μόνο για τα Οχήματα Πλαίσια.
4. Μέσοι χρόνοι μεταφόρτωσης Ε/Κ από Οχήματα Πλαίσια σε φορτηγά και συρόμενες βάσεις καθώς και μέσοι χρόνοι των χειρισμών παραλαβής και εναπόθεσης Ε/Κ από και προς τα δάπεδα εναπόθεσης.

Σημειώνεται ότι ο καθορισμός διαφορετικών τιμών για τα δυναμικά χαρακτηριστικά κάθε μηχανήματος επιτρέπει την προσομοίωση ομοειδών μηχανημάτων με διαφορετικά τεχνικά χαρακτηριστικά (π.χ Οχήματα Πλαίσια διαφόρων κατασκευαστών) ή ακόμη και διαφορετικά χαρακτηριστικά των χειριστών των μηχανημάτων (π.χ επιδεξιότητα χειρισμών).

4.7 Τα προσωρινά στοιχεία του συστήματος

Τα στοιχεία που περιλαμβάνονται στο προσομοιούμενο σύστημα για περιορισμένο χρονικό διάστημα, χαρακτηρίζονται προσωρινά και είναι τα εξής:

1. Φορτηγά οχήματα. Μεταφέρουν στην τερματική εγκατάσταση Ε/Κ προς εξαγωγή ή/και παραλαμβάνουν τα εισαγόμενα Ε/Κ με προορισμό την ενδοχώρα.
2. Πλοία. Εξυπηρετούνται από γερανογέφυρες προκυμαίας που εκφορτώνουν τα εισαγόμενα Ε/Κ ή/και παραλαμβάνουν τα Ε/Κ προς εξαγωγή. Το πρότυπο αναγνωρίζει το πλοίο μετά τον ελλιμενισμό του στην προκυμαία και το αντιμετωπίζει σαν μια λίστα απαιτήσεων για φόρτωση και εκφόρτωση Ε/Κ.
2. Τραίνα. Εξυπηρετούνται από γερανογέφυρες. Το πρότυπο αντιμετωπίζει το τραίνο σαν μια λίστα απαιτήσεων για φόρτωση και εκφόρτωση Ε/Κ.
4. Απαιτήσεις διακίνησης Ε/Κ που προέρχονται από Υπηρεσίες της τερματικής εγκατάστασης. Αν και πρόκειται για απαιτήσεις διακίνησης Ε/Κ από και προς τα τμήματα της ίδιας τερματικής εγκατάστασης, αντιμετωπίζονται σαν προσωρινά στοιχεία διότι αποτελούν προσωρινές πρόσθετες απαιτήσεις. Γενικά σε κάθε λιμενική εγκατάσταση διακίνησης Ε/Κ διακρίνονται:
 - α. Απαιτήσεις για έλεγχο του περιεχομένου των Ε/Κ για τελωνειακούς ή/και υγειονομικούς λόγους. Ο έλεγχος του περιεχομένου ενός Ε/Κ, προϋποθέτει ότι αυτό ευρίσκεται επί του εδάφους και ότι το άνοιγμα της πόρτας του δεν εμποδίζεται από γειτονικά Ε/Κ. Οι προϋποθέσεις αυτές δημιουργούν (κατά περίπτωση) απαιτήσεις για μετατόπιση Ε/Κ από την δεύτερη ή τρίτη στρώση στο έδαφος, απαιτήσεις για μικρές μετατοπίσεις Ε/Κ στην ίδια σειρά και απαιτήσεις μεταφοράς Ε/Κ σε κενές θέσεις άλλων δαπέδων εναπόθεσης.
 - β. Απαιτήσεις για αναδιάταξη των προς εξαγωγή Ε/Κ , πριν από την άφιξη του πλοίου, ώστε να επιταχυνθεί η διαδικασία φόρτωσής τους.
 - γ. Απαιτήσεις διακίνησης Ε/Κ από και προς το Κτίριο Διαλογής Φορτίου (Κ.Δ.Φ.), όπου γίνεται η μοναδοποίηση ή απομοναδοποίηση των εμπορευμάτων στα Ε/Κ.

Τα χαρακτηριστικά των προσωρινών στοιχείων παράγονται απο ιδιαίτερο τμήμα του προγράμματος, τη γεννήτρια απαιτήσεων διακίνησης E/K, που περιγράφεται στις επόμενες παραγράφους. Ιδιαίτερη βαρύτητα δίνεται στην περιγραφή του συστήματος προσομοίωσης των φορτηγών, γιατί είναι το περισσότερο πολύπλοκο υποσύστημα εξυπηρέτησης. Το κεφάλαιο 4.11 παρουσιάζει τον τρόπο που και τα υπόλοιπα προσωρινά στοιχεία του συστήματος μπορούν να προσομοιωθούν.

4.7.1 Χαρακτηριστικά φορτηγών οχημάτων

Η ακολουθία των φορτηγών που προσέρχονται στην λιμενική εγκατάσταση προσομοιώνεται από ένα κατάλογο που αποτελεί το "σενάριο" αφίξεων των φορτηγών στην προσομοιούμενη περίοδο. Αν j είναι ο δείκτης του καταλόγου, τότε το κάθε στοιχείο AR_j του καταλόγου αντιπροσωπεύει μια άφιξη φορτηγού. Καθώς ο "απαιτητικότερος πελάτης" που προσομοιώνεται από το πρότυπο είναι φορτηγό που μεταφέρει δύο E/K προς εκφόρτωση και πρόκειται να παραλάβει δύο E/K με προορισμό την ενδοχώρα, κάθε φορτηγό προσομοιώνεται σαν μία ομάδα τεσσάρων το πολύ απαιτήσεων προς διακίνηση. Σύμφωνα με τα πιο πάνω:

$$AR_j = \{ TA_j, A_{1j}, A_{2j}, A_{3j}, A_{4j} \} \text{ για } j = 1 \dots \max_j$$

όπου:

TA_j είναι ο χρόνος άφιξης του στοιχείου AR_j και

$$A_{ij} = \{ K_{ij}, P_{ij}, U_{ij}, C_{ij}, Z_{ij}, R_{ij} \} \quad \begin{array}{l} i = 1 \text{ έως } 4 \\ j = 1 \dots j_{\max} \end{array}$$

και

με τους πιο κάτω συμβολισμούς:

$$\begin{array}{ll} i & = \text{Αριθμός απαίτησης προς διακίνηση.} \\ j_{\max} & = \text{Αριθμός αφίξεων φορτηγών αυτοκινήτων στην προσομοιούμενη} \\ & \text{περίοδο} \end{array}$$

- K_{ij} = Κωδικός θέσης E/K (δάπεδο εναπόθεσης, σειρά, στήλη)
(πρβλ 4.6.2)
- P_{ij} = Κωδικός πλευράς δαπέδου εξυπηρέτησης. Η πληροφορία αυτή έχει έννοια, όταν το φορτηγό στέλνεται για εξυπηρέτηση απευθείας στους χώρους στοιβασίας. Καθώς τα περισσότερα δάπεδα διαθέτουν δύο πλευρές, το φορτηγό θα πρέπει να καθοδηγηθεί σε πιά πλευρά θα σταθμεύσει αναμένοντας να εξυπηρετηθεί.
- U_{ij} = Κωδικός που δηλώνει αν η απαίτηση διακίνησης αφορά παραλαβή ($U_{ij}=2$) ή παράδοση E/K ($U_{ij}=1$).
- C_{ij} = Κωδικός που δηλώνει αν το E/K είναι 20 ποδών ($C_{ij} = 1$) ή 40 ποδών. ($C_{ij} = 2$)
- Z_{ij} = Κωδικός που δηλώνει αν το φορτηγό πρόκειται να εξυπηρετηθεί στην προκαθορισμένη Περιοχή Εξυπηρέτησης ($Z_{ij} = 3$) ή απευθείας στα δάπεδα εναπόθεσης ($Z_{ij} = 2$).
- R_{ij} = Πρόκειται για μία μεταβλητή που αντιπροσωπεύει χρόνο (σε δευτερόλεπτα) και προστίθεται στον χρόνο χειρισμού της φορτο/εκφόρτωσης. Οδηγεί σε απόκλιση του χρόνου της απαίτησης A_{ij} από τις σταθερές τιμές του. Χρησιμοποιείται για να περιλάβει τον χρόνο αναδιάταξης άλλων E/K, ώστε να αποκτηθεί πρόσβαση στο ζητούμενο E/K. Ακόμη μπορεί να χρησιμοποιηθεί, για να μετατρέψει σταθερές παραμέτρους του πρότυπου σε στοχαστικές.

Επιπλέον ορίζονται και τα δυναμικά χαρακτηριστικά του φορτηγού, που είναι :

1. Επιτάχυνση και επιβράδυνση που αναπτύσσονται κατά την κίνηση του φορτηγού στο εσωτερικό οδικό δίκτυο.
2. Μέγιστη ταχύτητα για δεξιά στροφή, αριστερή στροφή και ευθύγραμμη κίνηση στο εσωτερικό οδικό δίκτυο.

4.7.2 Γεννήτρια σεναρίων άφιξης φορτηγών

Κάθε απαίτηση διακίνησης Ε/Κ είτε αφορά την θαλάσσια είτε την χερσαία πλευρά της τερματικής εγκατάστασης, μπορεί να παρασταθεί σαν μία γραμμή καταλόγου (ή άλλως σεναρίου) απαιτήσεων προς εξυπηρέτηση. Δείγμα ενός τέτοιου μικρού σεναρίου καθώς και η κωδικοποίησή που ακολουθείται απεικονίζεται στο Παράρτημα Ζ. Διακρίνουμε τρεις τρόπους σχηματισμού σεναρίων:

1. Καθορισμός όλων των απαιτούμενων στοιχείων από το χρήστη. Ο τρόπος αυτός επιτρέπει την περιγραφή πραγματικών καταστάσεων που παρουσιάζονται κατά τον χρόνο λειτουργίας των εγκαταστάσεων ή/και υποθετικών σεναρίων.
2. Γένεση όλων ή μέρους των απαιτούμενων στοιχείων με τη βοήθεια υπαρχόντων στατιστικών προγραμμάτων. Δίνει δυνατότητα χρησιμοποίησης ενός μεγάλου αριθμού θεωρητικών κατανομών, μειονεκτεί όμως ως προς τον χρόνο που απαιτείται για την δημιουργία του σεναρίου και την ύπαρξη και εξοικείωση με το κατάλληλο στατιστικό πρόγραμμα.
3. Γένεση όλων των απαιτούμενων στοιχείων από ενσωματωμένες (κατά περίπτωση) γεννήτριες στο πρόγραμμα. Περιλαμβάνει μία γεννήτρια συμβάντων σύμφωνα με την κατανομή Poisson, μία γεννήτρια συμβάντων σύμφωνα με ομοιόμορφη κατανομή σε δεδομένο διάστημα (uniform {U1,U2}) και ακόμη γεννήτριες που ακολουθούν πειραματικές διακριτές κατανομές.

Η διαδικασία γένεσης συμβάντων σύμφωνα με την κατανομή Poisson βασίζεται στην ιδιότητα της κατανομής, σύμφωνα με την οποία οι χρόνοι μεταξύ διαδοχικών αφίξεων κατανέμονται σύμφωνα με την αρνητική εκθετική κατανομή με παράμετρο $1/\lambda$ (όπου λ ο μέσος ρυθμός αφίξεων).^[152] Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιείται βασίζεται σε επαναληπτική διαδικασία δύο βημάτων, αφού πρώτα προσδιοριστεί η αρχική τιμή t_0 του αλγορίθμου. Αν t_i είναι ο χρόνος της άφιξης i τότε:

- α. Παράγεται τυχαίος αριθμός U που ακολουθεί ομοιόμορφη κατανομή στο διάστημα $(0 \sim 1)$.
- β. Τίθεται $t_i = t_{i-1} - (1/\lambda) * \ln(U)$ και επιστρέφει στο πρώτο βήμα.

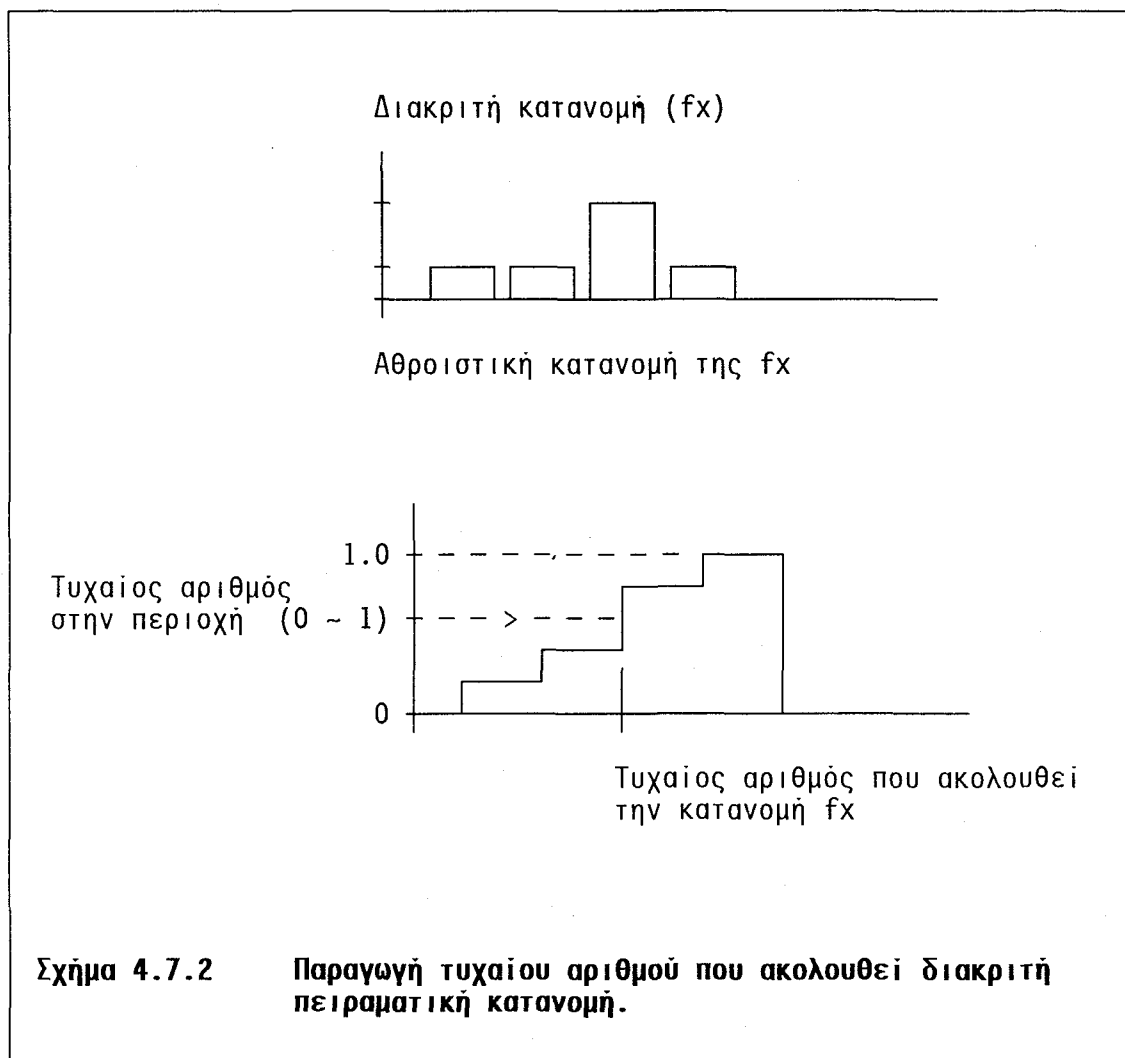
Η διαδικασία επαναλαμβάνεται για ($i = 1,2,3,\dots$) μέχρι $t_i < t_{lim}$ όπου t_{lim} ο επιθυμητός μέγιστος χρόνος προσομοίωσης. Εναλλακτικά είναι δυνατόν η διαδικασία να επαναλαμβάνεται για $i = 1,2,3,\dots, m$ (όπου m ο επιλεγόμενος αριθμός συμβάντων στο προσομοιούμενο σύστημα). Ο τυχαίος αριθμός U παράγεται από την ενσωματωμένη γεννήτρια ψευδοτυχαίων αριθμών που παρέχεται από τη γλώσσα προγραμματισμού. Ο σπόρος (seed) δίδεται από τον χρήστη.

Η διαδικασία γένεσης συμβάντων σύμφωνα με ομοιόμορφη κατανομή στο διάστημα από $U1$ έως $U2$ βασίζεται σε επαναληπτική διαδικασία δύο βημάτων, αφού πρώτα προσδιοριστεί η αρχική τιμή t_0 του αλγορίθμου. Αν t_i είναι ο χρόνος της άφιξης i τότε:

1. Παράγεται τυχαίος αριθμός u που ακολουθεί ομοιόμορφη κατανομή στο διάστημα $(0 \sim 1)$. Δημιουργείται τυχαίος αριθμός από τη σχέση $U = (U2-U1) * u$
2. Τίθεται $t_i = t_{i-1} + U$ και επιστρέφει στο πρώτο βήμα.

Η αρχική τιμή t_0 του αλγορίθμου τίθεται συνήθως ίση με 0 και η διαδικασία επαναλαμβάνεται για ($i = 1,2,3,\dots$) μέχρι $t_i < t_{lim}$ όπου t_{lim} ο επιθυμητός μέγιστος χρόνος προσομοίωσης. Εναλλακτικά είναι δυνατόν η διαδικασία να επαναλαμβάνεται για $i = 1,2,3,\dots, m$ (όπου m ο επιλεγόμενος αριθμός συμβάντων στο προσομοιούμενο σύστημα). Ο τυχαίος αριθμός u παράγεται από την ενσωματωμένη γεννήτρια ψευδοτυχαίων αριθμών που παρέχεται από τη γλώσσα προγραμματισμού. Ο σπόρος (seed) δίδεται από τον χρήστη.

Η διαδικασία γένεσης στοιχείων του σεναρίου που ακολουθούν πειραματικές κατανομές πραγματοποιείται με την μέθοδο της αντιστροφής,^[152,153] και χρήση της γεννήτριας ψευδοτυχαίων αριθμών ομοιόμορφα κατανεμημένων στο διάστημα $(0 \sim 1)$ που παρέχει η γλώσσα προγραμματισμού. Η διαδικασία απεικονίζεται γραφικά στο σχήμα 4.7.2 που ακολουθεί.



4.7.3 ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΑΦΙΞΕΩΝ ΦΟΡΤΗΓΩΝ

Σύμφωνα με την διαδικασία γένεσης αφίξεων φορτηγών που ακολουθείται στην γεννήτρια του προτύπου, οι αφίξεις των φορτηγών στην τερματική εγκατάσταση περιγράφονται με την βοήθεια μη ομοιογενούς (μεταβαλλόμενης στον χρόνο) κατανομής Poisson με ρυθμό αφίξεων που μεταβάλλεται κατά την διάρκεια της ημέρας και μπορεί να θεωρηθεί σταθερός για μία μεγάλη περίοδο. Πρόκειται για μία παραδοχή που έχει υιοθετηθεί από πολλούς μελετητές, μεταξύ άλλων και από τους Hee and Wijbrand,^[97] Χατζηθεοδώρου,^[147] Bailey και Pradhoe.^[110] Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το γεγονός ότι οι αφίξεις των φορτηγών ακολουθούν διαδικασία Poisson, δεν αποτελεί παραδοχή για το πρότυπο της διατριβής, καθώς αυτό "επιλύει" σενάρια αφίξεων φορτηγών που ακολουθούν οποιαδήποτε κατανομή.

Μελέτη του Transport and Research Laboratory έδειξε ότι η καθιέρωση συστήματος προγραμματισμένων αφίξεων φορτηγών, οδηγούσε σε μικρή μόνο μείωση του συνολικού κόστους, ενώ αντίθετα πολλές επιφυλάξεις διατυπώθηκαν για την αποδοχή του συστήματος καθώς δημιούργησε νέου είδους προβλήματα για τις μεταφορικές και ναυτιλιακές εταιρείες. Στην ίδια μελέτη επισημαίνεται ότι, ενώ τα οφέλη μοιράζονται μεταξύ τερματικής εγκατάστασης και συναλλασόμενων, το πρόσθετο κόστος για το επιπλέον προσωπικό που απαιτείται για την λειτουργία του συστήματος καλύπτεται μόνο από αυτήν.^[110]

Η τεχνική γένεσης αφίξεων φορτηγών σύμφωνα με την κατανομή Poisson έχει ήδη περιγραφεί στην παράγραφο 4.7.2 Στο παράρτημα B1 παρουσιάζονται κατανομές συχνότητας των χρόνων μεταξύ αφίξεων φορτηγών που καταγράφηκαν στον δειγματικό χώρο του προτύπου. Στο παράρτημα B2 παρουσιάζονται κατανομές χρόνων μεταξύ αφίξεων φορτηγών που έχουν παραχθεί από την γεννήτρια του προτύπου. Στο ίδιο παράρτημα περιλαμβάνεται και ο έλεγχος προσαρμογής των κατανομών αυτών από αντίστοιχες κατανομές Poisson.

4.7.4 Αριθμός E/K ανα φορτηγό

Η διαδικασία γένεσης του αριθμού των E/K που μεταφέρει ή/και πρόκειται να παραλάβει το φορτηγό, ολοκληρώνεται σε δύο βήματα. Πρώτο βήμα είναι η γένεση του τύπου του φορτηγού με κριτήριο τον αριθμό των μεταφερόμενων εισαγόμενων ή/και εξαγομένων E/K μέσω διακριτής πειραματικής κατανομής. Επόμενο βήμα είναι ο χαρακτηρισμός κάθε E/K σε 20 ή 40 ποδών με την βοήθεια διακριτής πειραματικής κατανομής δύο κατηγοριών.

Ο πίνακας 4.7.5 παρουσιάζει τα ποσοστά οκτώ τύπων φορτηγών (με κριτήριο τον αριθμό των μεταφερόμενων E/K) καθώς και τα ποσοστά των E/K 20 και 40 ποδών, από δείγμα πεντακοσίων μετρήσεων στον τερματικό σταθμό της ακτής Βασιλειάδη. Η τεχνική των δύο βημάτων ενέχει την παραδοχή ότι ο τύπος του φορτηγού (όπως ορίστηκε) και ο τύπος του μεταφερόμενου E/K είναι ανεξάρτητα. Η παραδοχή αυτή σε ορισμένες περιπτώσεις είναι εσφαλμένη. Για παράδειγμα, ο τύπος (2/2) συναντάται συχνότερα με E/K των 20 ποδών καθώς προϋποθέτει πρόσθετη ρυμουλκούμενη βάση για E/K των 40 ποδών. Η προσέγγιση αυτή υιοθετήθηκε γιατί ο διαχωρισμός των φορτηγών σε τύπους με βάση τον αριθμό και τον τύπο των μεταφερόμενων E/K οδηγεί σε ένα σημαντικό αριθμό κατηγοριών (πολλές από τις οποίες με ελάχιστα ή πρακτικά μηδενική συχνότητα

εμφάνισης) και δυσχεραίνει την παρουσίαση των αποτελεσμάτων χωρίς να προσφέρει ουσιαστικές διαφοροποιήσεις στην λειτουργία του συστήματος εξυπηρέτησης. Θα πρέπει να σημειωθεί, ότι και το πρότυπο T.O.M. που αναπτύχθηκε από το TRRL,^[109] διακρίνει τα φορτηγά με παρόμοιο τρόπο (οκτώ κατηγορίες ανάλογα με τον αριθμό των μεταφερόμενων Ε/Κ) αγνοώντας τις διαφοροποιήσεις λόγω του μήκους τους ή της συρόμενης βάσης.

ΚΩΔΙΚΟΣ ΚΛΑΣΗΣ	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΑΦΕΡΟΜΕΝΩΝ Ε/Κ ΠΡΟΣ ΕΞΑΓΩΓΗ	1	1	1	2	2	2	0	0
ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΑΦΕΡΟΜΕΝΩΝ ΕΙΣΑΓΟΜΕΝΩΝ Ε/Κ	0	1	2	0	1	2	1	2
ΠΟΣΟΣΤΟ ΦΟΡΤΗΓΩΝ ΣΤΗΝ ΛΙΜΕΝΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΑΚΤΗΣ ΒΑΣΙΛΕΙΑΔΗ (Δείγμα 500 μετρήσεων)	19	2	0	2	0	0	71	6
ΠΟΣΟΣΤΑ ΦΟΡΤΗΓΩΝ ΣΕ ΔΥΟ ΒΡΕΤΑΝΙΚΕΣ ΛΙΜΕΝΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ (Πηγή [110])	34	12	2	8	1	1	36	6
	32	20	1	4	1	0	40	2

Πίνακας 4.7.5 Ποσοστά τύπων φορτηγών σε λιμενικές τερματικές εγκαταστάσεις.

4.7.5 Γένεση χαρακτηριστικών Ε/Κ

Μετά τη γένεση του χρόνου άφιξης του φορτηγού και του αριθμού των μεταφερόμενων Ε/Κ που αναπτύχθηκαν στις προηγούμενες παραγράφους, ακολουθεί η γένεση των υπολοίπων χαρακτηριστικών κάθε Ε/Κ. Τα χαρακτηριστικά αυτά έχουν ήδη περιγραφεί και κωδικοποιηθεί στην παράγραφο 4.7.1. Στο κείμενο που ακολουθεί, η αναφορά στα χαρακτηριστικά των Ε/Κ θα γίνεται μέσω των αντίστοιχων κωδικών τους.

Ο κωδικός U_{ij} (δηλώνει αν η απαίτηση διακίνησης αφορά παραλαβή ή παράδοση Ε/Κ) καθώς και ο κωδικός C_{ij} (δηλώνει αν το Ε/Κ είναι 20 ποδών ή 40 ποδών) παράγεται μέσω διακριτής πειραματικής κατανομής, σύμφωνα με την διαδικασία που περιγράφεται στο υποκεφ. 4.7.3

Ο κωδικός K_{ij} προσδιορίζει την θέση του E/K στο χώρο (δάπεδο εναπόθεσης, σειρά, θέση στη σειρά). Το δάπεδο εναπόθεσης προκύπτει μέσω διακριτής πειραματικής κατανομής $f(x)$ που ορίζεται ως εξής:

$$f(x) = \begin{cases} N_x & \text{όταν } \{ T_x=T \text{ και } L_x=L \} \\ 0 & \text{σε κάθε άλλη περίπτωση} \end{cases}$$

για $x = 1, 2, \dots$ μέγιστο αριθμό δαπέδου εναπόθεσης

όπου:

N_x είναι ο αριθμός των E/K που βρίσκονται στο δάπεδο εναπόθεσης x

T_x και L_x ο τύπος και το μέγεθος αντίστοιχα των E/K του δαπέδου x .

T και L ο τύπος (εισαγόμενο /εξαγόμενο) και το μέγεθος (20'/40') αντίστοιχα του E/K που δημιουργήθηκε στο πρώτο βήμα.

Η γένεση του δαπέδου εναπόθεσης, αυτόματα καθορίζει και τον μέγιστο αριθμό σειρών E/K καθώς και τον αριθμό των θέσεων ανά σειρά. Η γένεση των χαρακτηριστικών "σειρά" και "θέση στη σειρά" για το υπό εξέταση E/K, πραγματοποιείται μέσω ομοιόμορφης κατανομής (τυχαία επιλογή).

Ο κωδικός Z_{ij} (δηλώνει αν το φορτηγό πρόκειται να εξυπηρετηθεί στην προκαθορισμένη Περιοχή Εξυπηρέτησης ή απευθείας στα δάπεδα εναπόθεσης) καθώς και ο κωδικός P_{ij} (δηλώνει την πλευρά του δαπέδου εξυπηρέτησης) καθορίζονται από ένα μητρώο που αποτελεί τμήμα του έμπειρου (υπο)συστήματος που περιλαμβάνεται στο πρότυπο.

Τέλος ο κωδικός R_{ij} (οδηγεί σε απόκλιση του χρόνου της απαίτησης A_{ij}) παράγεται ομοιόμορφης κατανομής με όρια που καθορίζονται από τον χρήστη.

4.7.6 Αναδιάταξη E/K

Όπως έχει ήδη αναφερθεί ο όρος "αναδιάταξη E/K" αναφέρεται στις αλλαγές θέσεων των E/K που απαιτούνται ώστε να υπάρξει πρόσβαση σε E/K που δεν είναι στην κορυφή μιας στοίβας. (βλ σχήμα 4.7.6.α) Με βάση την παραδοχή της αποχώρησης των E/K στις τερματικές εγκαταστάσεις έχουν αναπτυχθεί μαθηματικά πρότυπα για την προσομοίωση

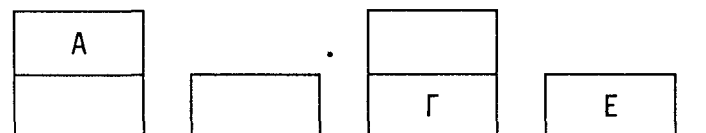
του φαινομένου. Οι Van Hee και Wijbrands χρησιμοποιούν την υπεργεωμετρική κατανομή^[97] ενώ οι Rentel, Palmer και Tritton χρησιμοποιούν μία επαναληπτική διαδικασία βασισμένη στην διωνυμική κατανομή.^[105] Τα πρότυπα αυτά έχουν παρουσιαστεί στο κεφάλαιο της βιβλιογραφικής ανασκόπησης.

Κατά την άποψη του γράφοντα, η παραδοχή της τυχαίας "αποχώρησης" των E/K λειτουργεί ικανοποιητικά για εγκαταστάσεις χωρίς απαιτήσεις τελωνειακού ή άλλου ελέγχου. Η απαίτηση τελωνειακού ελέγχου των εισαγόμενων E/K, (όπως τουλάχιστον αυτή εφαρμόζεται στις λιμενικές εγκαταστάσεις του Οργανισμού Λιμένος Πειραιώς ΟΛΠ), προϋποθέτει την εναποθέτηση των προς έλεγχο E/K στο έδαφος.

Όταν υπάρχουν επαρκής χώρος και αριθμός μηχανημάτων, ο τελωνειακός έλεγχος μπορεί να αποτελέσει την ιδανική αναδιάταξη, διότι τα E/K μπορούν να μεταφέρονται σε καθορισμένο χώρο σε μία στρώση, μηδενίζοντας με τον τρόπο αυτό και την πιθανότητα αναδιάταξης κατά την διαδικασία παραλαβής των E/K. Στις εγκαταστάσεις του Ο.Λ.Π. διατίθεται μία περιοχή αποκλειστικά για την εναπόθεση και τελωνειακό έλεγχο των E/K. Όμως η έλλειψη επαρκούς χώρου και η έλλειψη ικανού αριθμού μηχανημάτων, ώστε να μεταφέρονται τα E/K από τα δάπεδα εναπόθεσης στην περιοχή αυτή, έχει σαν αποτέλεσμα ένας σημαντικός αριθμός E/K να ελέγχεται απευθείας στα δάπεδα εναπόθεσης. Για τον σκοπό αυτό, μεταξύ στοιβών E/K αφήνονται αποστάσεις, ώστε να είναι δυνατή η είσοδος του αρμόδιου υπαλλήλου.

Το σχήμα 4.7.6.α παρουσιάζει μία τυπική διάταξη στοιβασίας E/K. Οι ενέργειες που ακολουθούνται σε περίπτωση τελωνειακού ελέγχου μεμονωμένων E/K παρουσιάζονται στον αντίστοιχο πίνακα. Υπενθυμίζεται ότι οι μετακινήσεις αυτές εκτελούνται στην απογευματινή βάρδια. Το αποτέλεσμα είναι ότι στην πρωινή βάρδια, όπου γίνεται η εξυπηρέτηση των φορτηγών, κινήσεις αναδιάταξης E/K θα απαιτηθεί μόνο για τα E/K του τύπου (Γ).

ΣΕΙΡΑ (1)



ΣΕΙΡΑ (2)



		Ενέργειες που απαιτούνται για τη διενέργεια τελωνειακών ή άλλων ελέγχων.
Ε/Κ	Α	Μεταφορά σε ειδικό χώρο, μίας στρώσης.
Ε/Κ	Β	Μεταφορά στην θέση Δ.
Ε/Κ	Γ	Καμία. Ο έλεγχος εκτελείται επί τόπου.
Ε/Κ	Ε	Καμία. Ο έλεγχος εκτελείται επί τόπου.

Σχήμα 4.7.6.α Περιπτώσεις αναδιατάξης Ε/Κ για την πραγματοποίηση τελωνειακών ή άλλων ελέγχων στον δειγματικό χώρο του προτύπου.

Οι ιδιαιτερότητες του δειγματικού χώρου του προτύπου που αναφέρθηκαν έχουν σαν αποτέλεσμα, να μην ισχύει η υπόθεση της τυχαίας αποχώρησης των Ε/Κ, που αποτελεί τη βασική παραδοχή των προκειμένων στην βιβλιογραφία αλγορίθμων υπολογισμού των Rentel, Palmer και Tritton^[105] και του Ham.^[100] Για τον λόγο αυτό αναπτύχθηκαν δύο διαφορετικοί αλγόριθμοι/γεννήτριες πιθανότητας προς αναδιάταξη.

Ο πρώτος αλγόριθμος/γεννήτρια προϋποθέτει ότι το ποσοστό αναδιάταξης για κάθε δάπεδο εναπόθεσης είναι γνωστά και παράγει τον χρόνο αναδιάταξης μέσω πειραματικής κατανομής (σύμφωνα με την διαδικασία που περιγράφεται στην 4.7.3).

Ο δεύτερος αλγόριθμος/γεννήτρια βασίζεται στην προσομοίωση της διαδικασίας διακίνησης E/K σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στην 4.7.7. Για την εφαρμογή του απαιτείται ο καθορισμός (M_i) του αριθμού των E/K σε κάθε δαπέδο εναπόθεσης (i). Η διαδικασία που ακολουθείται είναι:

1. Σχηματίζεται μία πλήρης τυπική στοιβάδα E/K του δαπέδου εναπόθεσης, (μέγιστος αριθμός θέσεων E/K στην τυπική σειρά και μέγιστο ύψος στοιβάδας της).
2. Επιλέγεται τυχαία ένα από τα E/K του δαπέδου. Αν το E/K είναι τοποθετημένο επάνω σε άλλο, μεταφέρεται στην πλησιέστερη ελεύθερη θέση εναπόθεσης επί του εδάφους. Αν δεν υπάρχει διαθέσιμη θέση, μεταφέρεται σε ένα καθορισμένο (για τελωνειακό έλεγχο) δάπεδο εναπόθεσης (πρβλ 4.7.6). Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται ($A_i \cdot B_i \cdot C_i - M_i$) φορές, όπου A_i , B_i και C_i αριθμός σειρών E/K, αριθμός E/K ανά σειρά και μέγιστο ύψος στοιβάδας (αντίστοιχα) του δαπέδου i .
3. Επιλέγεται τυχαία ένα από τα E/K της στοιβάς. Αν υπάρχουν υπερκείμενα E/K εκτελούνται οι απαραίτητες αναδιατάξεις, και υπολογίζεται ο χρόνος αναδιάταξης T βάσει πειραματικής συνάρτησης $T(m)$ όπου m απόσταση της πλησιέστερης θέσης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εναπόθεση του υπερκείμενου E/K. Η απόσταση m υπολογίζεται απο το πρότυπο (σε μονάδες μήκους ισοδύναμες με E/K των 20 ποδών). Αν δεν υπάρχει διαθέσιμη θέση, μεταφέρεται σε στο καθορισμένο για τελωνειακό έλεγχο δάπεδο εναπόθεσης. Προφανώς όταν δεν απαιτείται αναδιάταξη, η T είναι 0.

Η προσομοιωτική διαδικασία που ακολουθεί η γεννήτρια είναι προσεγγιστική. Ερμηνεύει γιατί ένα μικρό δάπεδο εναπόθεσης (το δάπεδο εναπόθεσης των E/K για τελωνειακό έλεγχο) έχει αυξημένη συχνότητα διακίνησης E/K καθώς επίσης και την μορφή των σχηματισμών E/K στα δάπεδα εναπόθεσης, που χαρακτηρίζονται από λίγες κενές θέσεις. Η ακριβής προσομοιωτική διαδικασία θα πρέπει να συμπεριλάβει σημαντικό αριθμό παραμέτρων. Αναφορά για το θέμα αυτό γίνεται στο κεφάλαιο 8 (Εισηγήσεις για περαιτέρω έρευνα). Ο έλεγχος εγκυρότητας του αλγορίθμου αυτού στον δειγματικό χώρο του προτύπου επιχειρήθηκε, αλλά δεν πραγματοποιήθηκε γιατί τα απαιτούμενα στοιχεία δεν τηρούνται με συστηματικό τρόπο.

4.8 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ

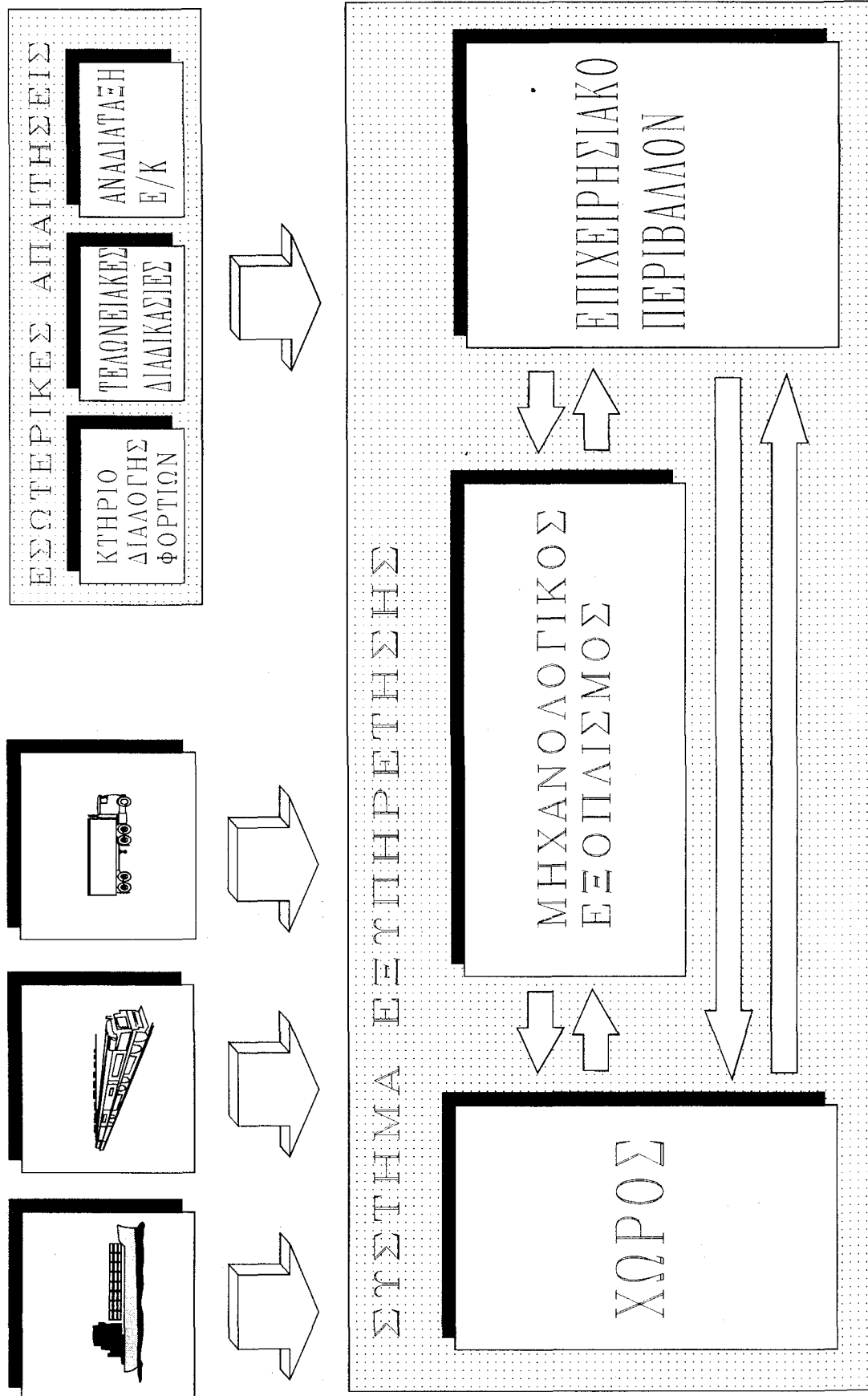
Οι τερματικές εγκαταστάσεις διακίνησης Ε/Κ παρέχουν το χώρο, το μηχανικό εξοπλισμό και το επιχειρησιακό περιβάλλον μέσα στο οποίο πραγματοποιούνται οι διαδικασίες διακίνησης των Ε/Κ αλλά και η διεκπεραίωση των συνοδευτικών τους εγγράφων. Τα στοιχεία του σύνθετου αυτού συστήματος εξυπηρέτησης απεικονίζονται στο σχήμα 4.8 Η παρούσα εργασία εστιάζει στα θέματα προσομοίωσης/βελτιστοποίησης των δραστηριοτήτων που σχετίζονται με τη φυσική ροή των Ε/Κ, και δεν περιλαμβάνει (χωρίς αυτό να σημαίνει ότι υποτιμά την σπουδαιότητα) τη μελέτη των δραστηριοτήτων που σχετίζονται με διεκπεραίωση των εγγράφων.

4.8.1 Υποσυστήματα εξυπηρέτησης

Η πρακτική που κατά κανόνα εφαρμόζεται στην οργάνωση του μηχανολογικού εξοπλισμού μιας πραγματικής λιμενικής εγκατάστασης, είναι ο διαχωρισμός των διαδικασιών εξυπηρέτησης του πλοίου, από τις διαδικασίες εξυπηρέτησης της χερσαίας πλευράς της εγκατάστασης.^[97,156,147-149] Ο διαχωρισμός αυτός, επιτρέπει την προσομοίωση κάθε υποσυστήματος διακεκριμένα. Στην παρούσα διατριβή, δίδεται ιδιαίτερη προσοχή στην προσομοίωση του συστήματος, που επιτρέπει την εξυπηρέτηση φορτηγών τόσο σε προκαθορισμένους χώρους όσο και απευθείας στα δάπεδα εναπόθεσης. Πρόκειται για το περισσότερο πολύπλοκο υποσύστημα. Τα κεφάλαια 4.8.2 έως 4.8.13 καθώς και το κεφ. 4.9 αναφέρονται αναλυτικά στο πρόγραμμα υπολογιστή που προσομοιώνει το υποσύστημα αυτό, ενώ το κεφάλαιο 4.11 αναφέρεται στον τρόπο με τον οποίο όλα τα υπόλοιπα υποσυστήματα μπορούν να προσομοιωθούν σαν επί-μέρους (απλούστερες) περιπτώσεις, με αποκλεισμό ορισμένων δυνατοτήτων του προγράμματος που προσομοιώνει το υποσύστημα εξυπηρέτησης των φορτηγών.

4.8.2 Πρόγραμμα για ηλεκτρονικό υπολογιστή

Με βάση το πρότυπο της διατριβής, αναπτύχθηκε πρόγραμμα για ηλεκτρονικό υπολογιστή που αποτελείται από τα εξής βασικά τμήματα:



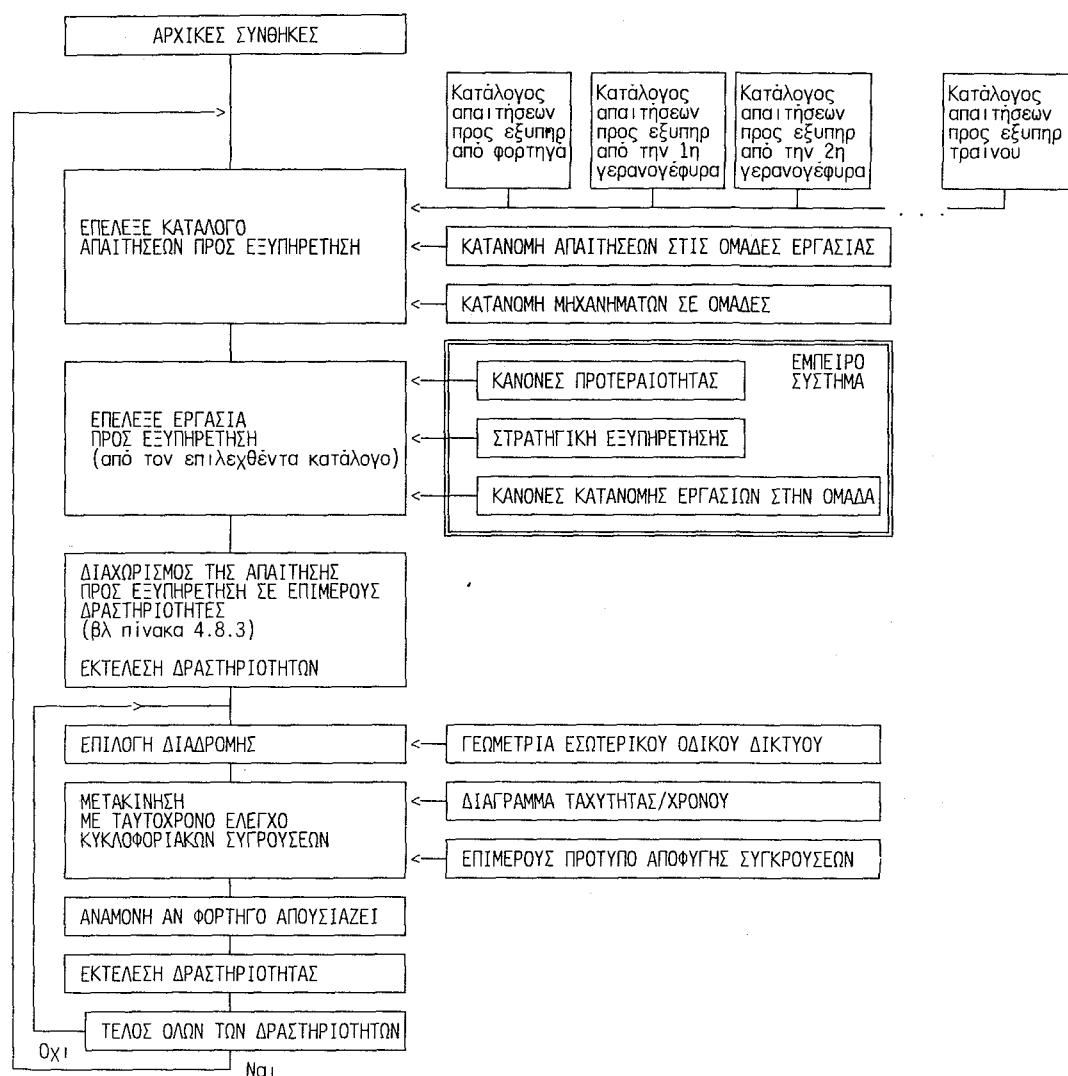
Σχήμα 4.8 Στοιχεία του συστήματος εξυπηρέτησης λιμενικής εγκατάστασης διακίνησης Ε/Κ

1. Ένα τμήμα εισαγωγής δεδομένων, όπου ο χρήστης χωροθετεί την προσομοιούμενη τερματική εγκατάσταση (θέσεις δαπέδων εναπόθεσης ε/κ, πυλών, Κ.Δ.Φ, χώρων εξυπηρέτησης φορτηγών, σχεδιασμός εσωτερικού οδικού δικτύου), επιλέγει τα χαρακτηριστικά και καθορίζει το διαθέσιμο αριθμό μηχανημάτων και επιλέγει την στρατηγική εξυπηρέτησης των φορτηγών. Η εισαγωγή των δεδομένων στο πρόγραμμα γίνεται μέσω πληκτρολογίου με τη βοήθεια πινάκων επιλογών.
2. Ένα τμήμα για τη δημιουργία "σεναρίων" απαιτήσεων διακίνησης ε/κ. Προσφέρονται δύο δυνατότητες. Καθορισμός όλων των απαιτούμενων στοιχείων από τον χρήστη ή δημιουργία όλων των απαιτούμενων στοιχείων από υποπρόγραμμα (γεννήτρια). Αναλυτική παρουσίαση της δομής και των δυνατοτήτων της γεννήτριας αυτής έγινε στο κεφάλαιο 4.7.
3. Το κυρίως τμήμα στο οποίο γίνεται η προσομοίωση του διαμορφωθέντος συστήματος.
4. Ένα τμήμα επεξεργασίας και παρουσίασης των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης. Τα αποτελέσματα μπορούν να εκτυπωθούν ή να αποθηκευτούν σε μαγνητικά μέσα, με τρόπο που επιτρέπει την ανάγνωσή τους, από στατιστικά προγράμματα

4.8.3 Διάγραμμα ροής

Ο κορμός του προγράμματος αποτελείται από ένα τμήμα που περιγράφει τη συμπεριφορά των οχημάτων πλαισίων, ένα δεύτερο τμήμα που περιγράφει τη συμπεριφορά των φορτηγών και των ελκυστήρων με τις συρόμενες βάσεις και ένα έμπειρο σύστημα που προσομοιώνει την διαδικασία κατανομής των προς εκτέλεση εργασιών στα οχήματα πλαίσια. Τα σχήματα 4.8.3.α και 4.8.3.β παρουσιάζουν τα διάγραμμα ροής των τμημάτων εκείνων του προγράμματος, που προσομοιώνουν τη συμπεριφορά των οδηγών των οχημάτων πλαισίων και φορτηγών αντίστοιχα.

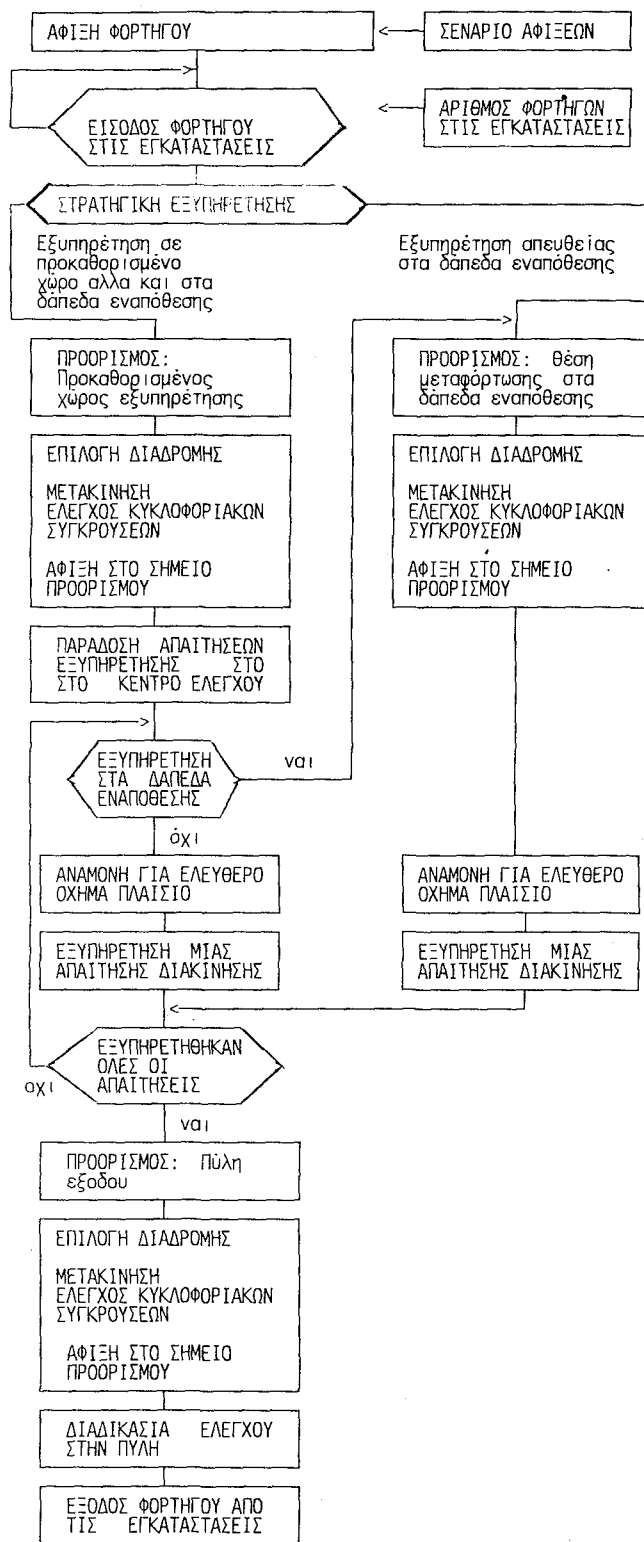
Στις παραγράφους που ακολουθούν, αναλύονται οι δραστηριότητες {άφιξη φορτηγού/ άδεια εισόδου/ επιλογή διαδρομής/ μετακίνηση/ έλεγχος κυκλοφοριακών συγκρούσεων}, που εμφανίζονται σε πολλά σημεία των διαγραμμάτων αυτών.



Σχήμα 4.8.3.α Διάγραμμα ροής τμήματος προγράμματος που αφορά το Οχημα Πλαίσιο

	Εξαγόμενα Ε/Κ	Εισαγόμενα Ε/Κ
Εξυπηρέτηση σε προκα- θωρισμένο χώρο (ΚΠΕΦ)	ΦΟΡΤΗΓΑ Μετακίνηση στο ΚΠΕΦ Αναμονή προς εξυπηρέτηση	ΦΟΡΤΗΓΑ Μετακίνηση στο ΚΠΕΦ Αναμονή προς εξυπηρέτηση
	ΟΧΗΜΑΤΑ ΠΛΑΙΣΙΑ Μετακίνηση στην θέση Ανάληψη Ε/Κ Μετακίνηση στο ΚΠΕΦ Φόρτωση φορτηγού	ΟΧΗΜΑΤΑ ΠΛΑΙΣΙΑ Μετακίνηση στο ΚΠΕΦ Εκφόρτωση φορτηγού Μετακίνηση στην θέση Απόθεση Ε/Κ
Εξυπηρέτηση στις περιοχές των δαπέδων εναπόθεσης Ε/Κ	ΦΟΡΤΗΓΑ Μετακίνηση στο ΚΠΕΦ Μετακίνηση στο σημείο εξυπηρέτησης Αναμονή προς εξυπηρέτηση	ΦΟΡΤΗΓΑ Μετακίνηση στο ΚΠΕΦ Μετακίνηση στο σημείο εξυπηρέτησης Αναμονή προς εξυπηρέτηση
	ΟΧΗΜΑΤΑ ΠΛΑΙΣΙΑ Μετακίνηση στην θέση εναπ Ανάληψη Ε/Κ Μετακίνηση στο σημείο εξυπηρέτησης Αναμονή (στην περίπτωση που το φορτηγό απουσιάζει Φόρτωση φορτηγού	ΟΧΗΜΑΤΑ ΠΛΑΙΣΙΑ Μετακίνηση στο σημείο εξυπηρέτησης Αναμονή (στην περίπτωση που το φορτηγό απουσιάζει Εκφόρτωση φορτηγού Μετακίνηση στην θέση εναπ Απόθεση Ε/Κ

Πίνακας 4.8.3 : Επί μέρους δραστηριότητες



Σχήμα 4.8.3.β Διάγραμμα ροής τμήματος προγράμματος που αφορά το φορτηγό όχημα

4.8.4 Είσοδος φορτηγού στην τερματική εγκατάσταση

Όπως έχει ήδη αναφερθεί οι αφίξεις φορτηγών στην προσομοιούμενη τερματική εγκατάσταση σχηματίζουν ένα κατάλογο που αποτελεί το "σενάριο" αφίξεων των φορτηγών στην προσομοιούμενη περίοδο. Κάθε στοιχείο AR_j του καταλόγου αντιπροσωπεύει μια άφιξη φορτηγού και προσδιορίζεται από τα εξής χαρακτηριστικά.

$$AR_j = \{ TA_j, A1_j, A2_j, A3_j, A4_j \}$$

όπου TA_j είναι ο χρόνος άφιξης του στοιχείου AR_j ενώ για τους υπόλοιπους συμβολισμούς ισχύουν τα όσα αναφέρονται στην παράγραφο 4.7.4

Ο χρόνος άφιξης του φορτηγού, δεν ταυτίζεται με το χρόνο εισόδου του στον χώρο των εγκαταστάσεων. Σύμφωνα με την στρατηγική εξυπηρέτησης που προσομοιώνεται στο πρότυπο, η πύλη εισόδου των εγκαταστάσεων επιτρέπει την είσοδο περιορισμένου αριθμού φορτηγών, που καθορίζεται από τον αριθμό των θέσεων στάθμευσης στον προκαθορισμένο χώρο εξυπηρέτησης των φορτηγών. Αν (ma) είναι ο μέγιστος αριθμός φορτηγών που γίνεται δεκτός στον χώρο των εγκαταστάσεων, το πρόγραμμα αναγνωρίζει ma "φορτηγά εντός τερματικής εγκατάστασης". Με τον τρόπο αυτό σχηματίζονται δύο ουρές φορτηγών. Η πρώτη σχηματίζεται εκτός τερματικής εγκατάστασης, ενώ η δεύτερη εντός. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το σύστημα εξυπηρέτησης με δύο εν σειρά ουρές αναμονής, δέ αποτελεί περιορισμό του προτύπου καθώς ο καθορισμός μεγάλης τιμής για τη μεταβλητή ma δημιουργεί σύστημα εξυπηρέτησης με μία ουρά αναμονής. Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν πιο πάνω, διευκρινίζεται ότι το φορτηγό προσομοιώνεται με δύο τρόπους:

- α. Όταν ευρίσκεται έξω από την τερματική εγκατάσταση, προσομοιώνεται σαν στοιχείο ενός καταλόγου.
- β. Όταν ευρίσκεται μέσα στην τερματική εγκατάσταση, προσομοιώνεται σαν κινητό όχημα και χαρακτηρίζεται από τα δυναμικά του χαρακτηριστικά και τις απαιτήσεις του προς εξυπηρέτηση.

Αν TA_j είναι ο χρόνος άφιξης του φορτηγού j στην πύλη (σύμφωνα με το "σενάριο" αφίξεων), τότε η είσοδος στην τερματική εγκατάσταση πραγματοποιείται όταν:

$$TA_j \geq T_{clock} \quad \text{και συγχρόνως} \quad \sum_{n=1}^{ma} (AD_n) \leq ma$$

όπου:

m_a = ο μέγιστος αριθμός φορτηγών που γίνεται δεκτός στον χώρο των εγκαταστάσεων.

T_{clock} = ένδειξη του ωρολογιακού δείκτη της προσομοίωσης.

n = φορτηγά οχήματα που αναγνωρίζει το πρόγραμμα του προτύπου.

και

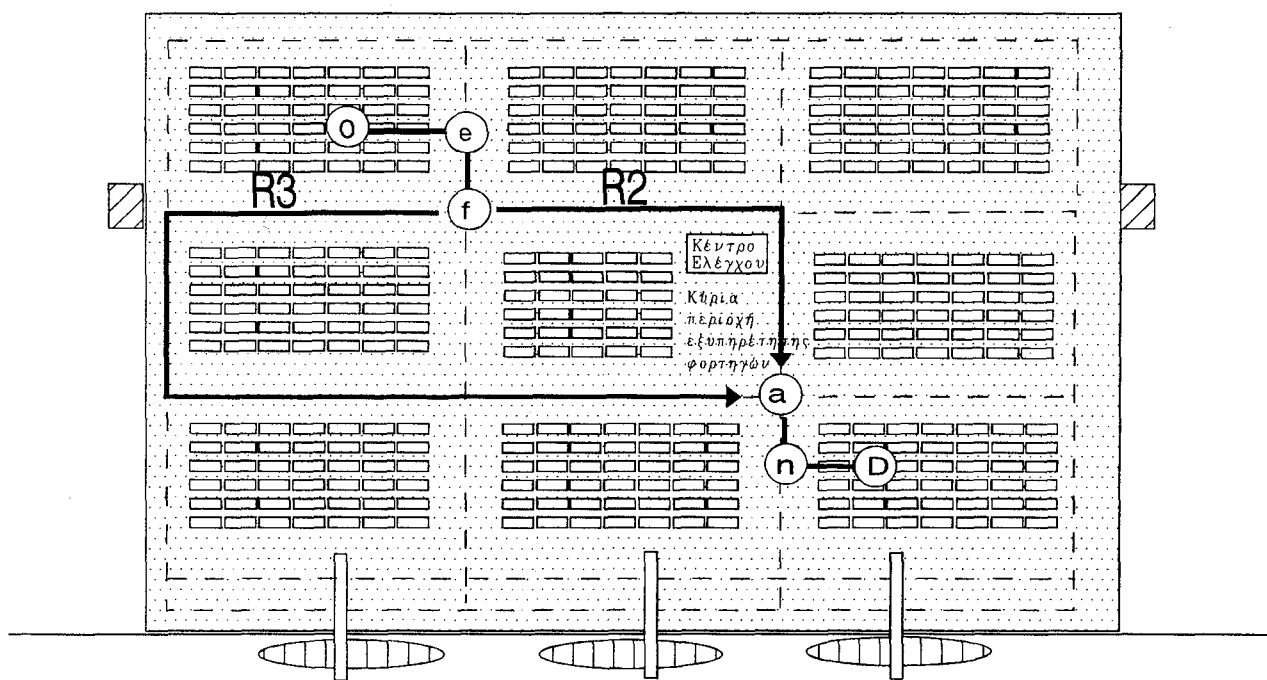
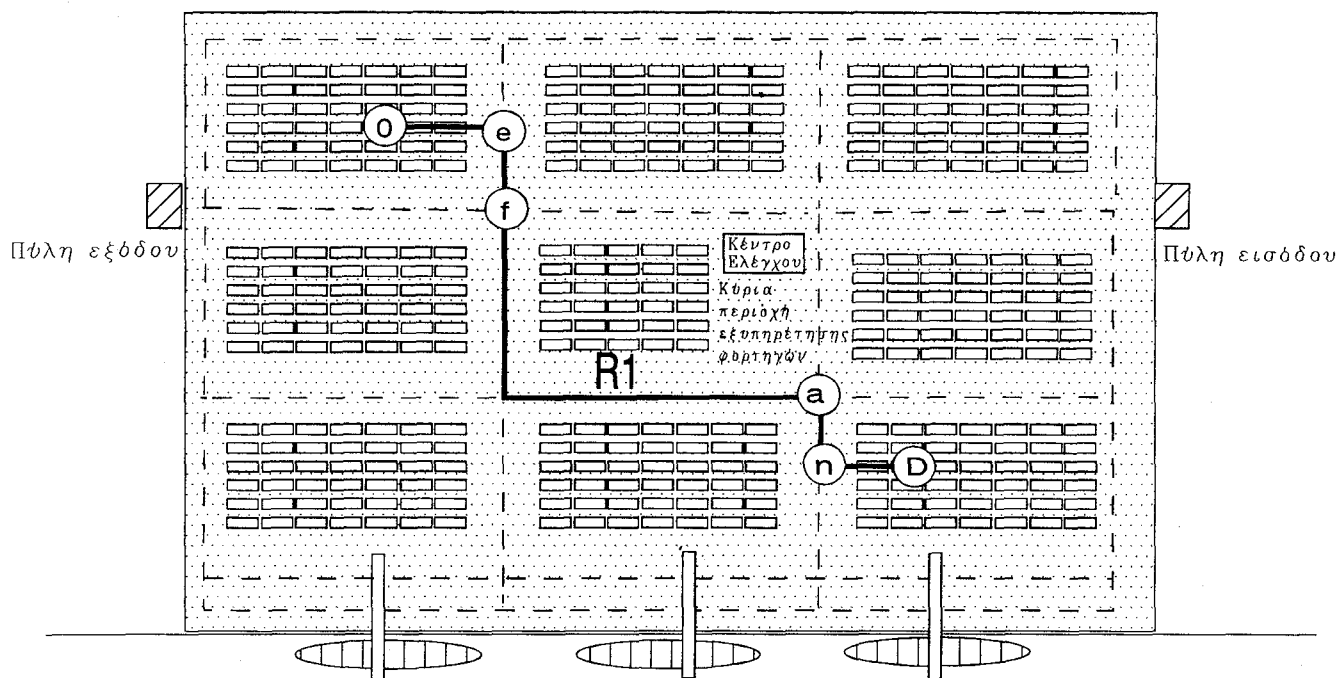
$$AD_i = \begin{cases} =1 & \text{οταν στο } i \text{ "φορτηγό εντός εγκατάστασης"} \\ & \text{έχει μεταβιβαστεί απαίτηση διακίνησης.} \\ =0 & \text{σε κάθε άλλη περίπτωση.} \\ & \text{Μετά το τέλος της εξυπηρέτησης και} \\ & \text{την έξοδο του φορτηγού από την} \\ & \text{τερματική εγκατάσταση,} \\ & \text{ο δείκτης } DA_i \text{ τίθεται στην τιμή } 0. \end{cases}$$

Η προσομοίωση της εισόδου του φορτηγού j στην τερματική εγκατάσταση, πραγματοποιείται με τη μεταφορά των χαρακτηριστικών της εγγραφής AR_j , στα χαρακτηριστικά ενός από τα "φορτηγά εντός εγκατάστασης", που αναγνωρίζει το πρόγραμμα.

4.8.5 Επιλογή διαδρομής

Στο κείμενο που ακολουθεί παρουσιάζεται η προσομοιωτική διαδικασία της επιλογής διαδρομής από τους οδηγούς όλων των μηχανημάτων/οχημάτων που κινούνται στους χώρους της τερματικής εγκατάστασης. Το εσωτερικό οδικό δίκτυο της τερματικής εγκατάστασης περιγράφεται σαν δίκτυο συνδέσμων και κόμβων (βλ σχήμα 4.6.1). Η δομή του δικτύου αυτού έχει ήδη περιγραφεί στο υποκεφάλαιο 4.6.1.

Οι διαδρομές μεταξύ κόμβων περιγράφονται από τη σειρά των κόμβων που πρέπει να διέλθει το όχημα, από τον κόμβο προέλευσης, προς τον κόμβο προορισμού. Το σχήμα 4.8.5.α απεικονίζει μια διαδρομή μεταξύ δύο κόμβων (θέσεων εναπόθεσης E/K) του δικτύου. Οι κόμβοι που περιγράφουν τη διαδρομή αυτή είναι:



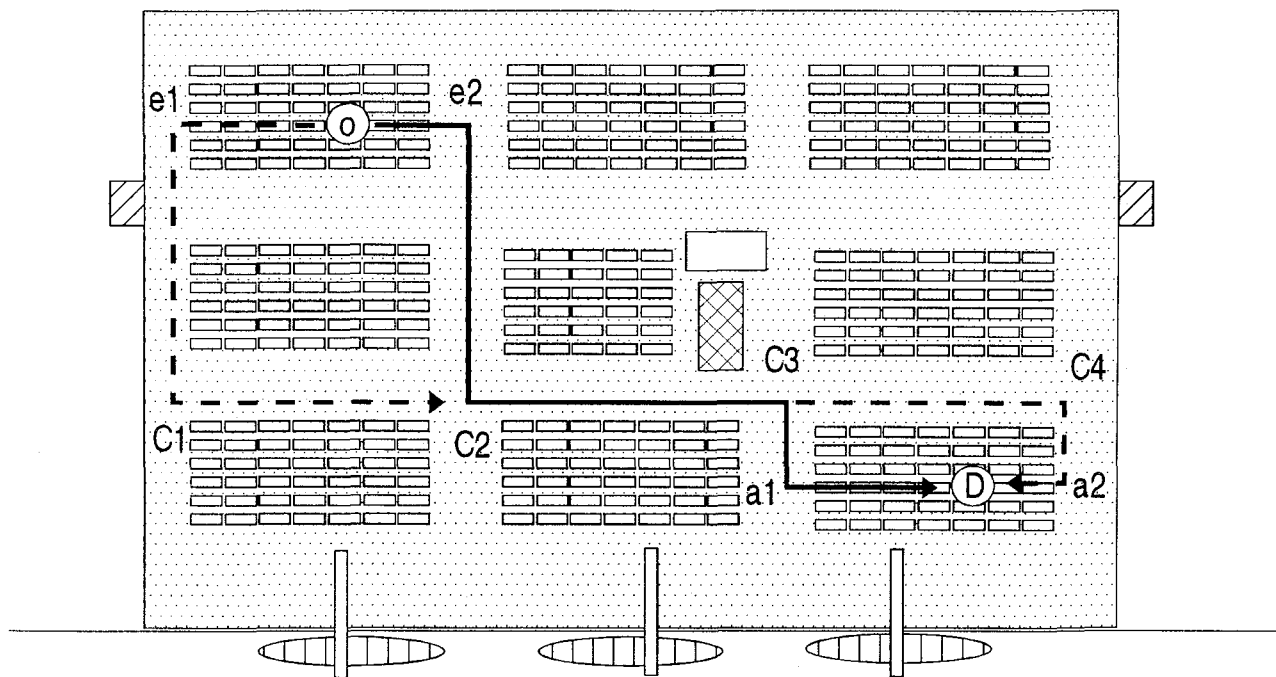
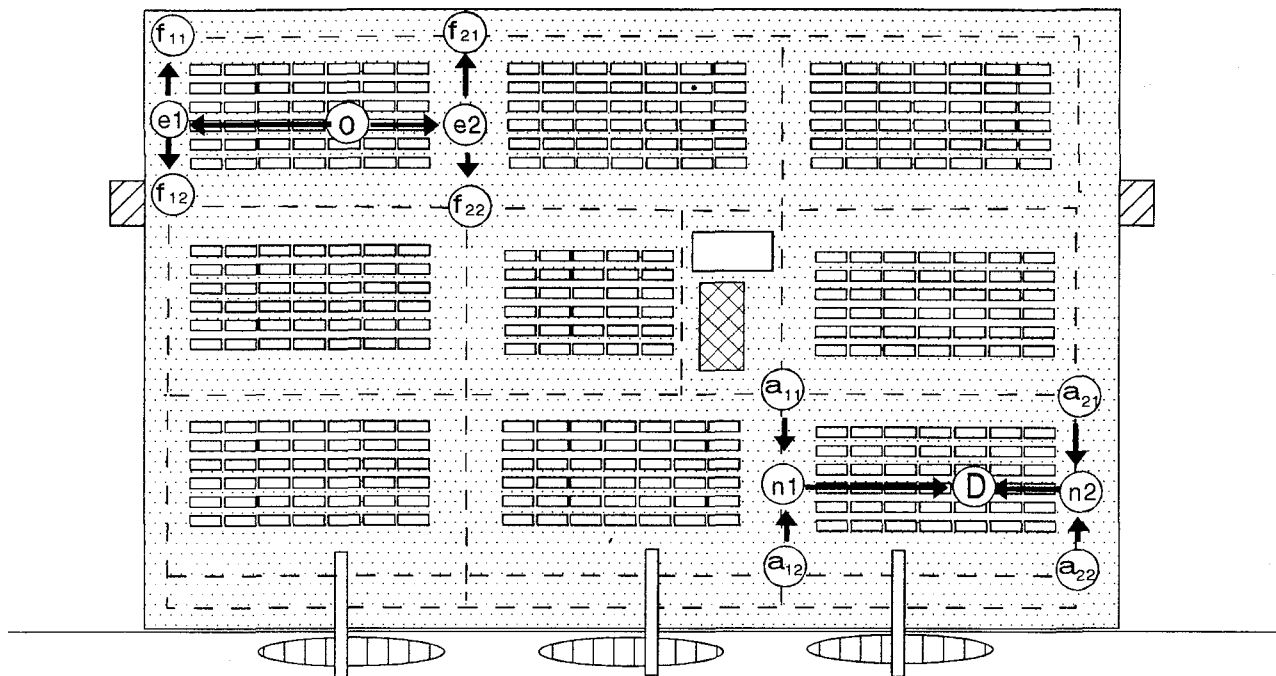
Σχήμα 4.8.5.α Εναλλακτικές διαδρομές
μεταξύ των κόμβων f και a

1. Ο κόμβος αρχής (προέλευσης) της διαδρομής (Κόμβος Ο στο σχήμα 4.8.5.α).
2. Ο κόμβος εξόδου από συνδέει τον διάδρομο του δαπέδου εναπόθεσης στο δίκτυο των συνδέσμων του εσωτερικού οδικού δικτύου (Κόμβος e). Ο κόμβος αυτός ονομάζεται "κόμβος εξόδου".
3. Ο κόμβος που αντιστοιχεί στην πρώτη διασταύρωση του εσωτερικού οδικού δικτύου (Κόμβος f). Ο κόμβος αυτός θα ονομάζεται στην συνέχεια "Κόμβος πρώτης διασταύρωσης".
4. Ο κόμβος που αντιστοιχεί στην τελευταία διασταύρωση του εσωτερικού οδικού δικτύου (Κόμβος a). Ο κόμβος αυτός ονομάζεται "κόμβος εισόδου" (βλ 4.6.1).
5. Οι υπόλοιποι κόμβοι του εσωτερικού οδικού δικτύου που περιγράφουν τη διαδρομή μεταξύ πρώτης και τελευταίας διασταύρωσης (κόμβοι του εσωτερικού οδικού δικτύου όπου αλλάζει η κατεύθυνση κίνησης).
6. Ο κόμβος εισόδου από το δίκτυο των συνδέσμων του εσωτερικού οδικού δικτύου στο δάπεδο εναπόθεσης/στοιβασίας (Κόμβος η). Ο κόμβος αυτός θα ονομάζεται στην συνέχεια "Κόμβος τελευταίας διασταύρωσης".
7. Ο κόμβος προορισμού (Κόμβος D).

Το πρότυπο υπακούει στην παραδοχή ότι μεταξύ των κόμβων της πρώτης και της τελευταίας διασταύρωσης υπάρχει μία μόνο βέλτιστη διαδρομή και ότι η διαδρομή αυτή είναι γνωστή και ακολουθείται από τους οδηγούς των μηχανημάτων/οχημάτων που κινούνται στο εσωτερικό οδικό δίκτυο της εγκατάστασης. Η βέλτιστη διαδρομή βρίσκεται και καθορίζεται από το χρήστη του προγράμματος του προτύπου με βάση τα εξής κριτήρια.

1. Το μήκος της διαδρομής.
2. Ο αριθμός των στροφών.
2. Τη μονοδρόμηση του δικτύου (στην περίπτωση που έχει οριστεί μονοδρόμηση).
3. Τη διέλευση της διαδρομής από περιοχές όπου συστηματικά λαμβάνουν χώρα άλλες δραστηριότητες και συνεπώς υπάρχει αυξημένη πιθανότητα πρόκλησης κυκλοφοριακών εμπλοκών.

Το σχήμα 4.8.5.α παρουσιάζει τρεις εναλλακτικές διαδρομές μεταξύ του κόμβου f (κόμβος πρώτης διασταύρωσης) και του κόμβου a (κόμβος τελευταίας διασταύρωσης). Η διαδρομή R1 είναι η βέλτιστη. Η διαδρομή R3 έχει σημαντικά αυξημένο μήκος. Η διαδρομή R2 έχει το ίδιο μήκος και αριθμό στροφών με την R1 όμως διέρχεται από την περιοχή με έντονη δραστηριότητα (περιοχή εξυπηρέτησης των φορτηγών). Εκτός των ανωτέρω τριών διαδρομών



Σχήμα 4.8.5.β Σημεία εισόδου-εξόδου και εναλλακτικές διαδρομές μεταξύ κόμβων προέλευσης προορισμού

είναι δυνατόν να οριστούν και άλλες εναλλακτικές όμως όλες έχουν αυξημένο μήκος σε σχέση με την R1.

Καθώς κάθε δάπεδο εναπόθεσης έχει μία ή δυο πλευρές εισόδου/εξόδου, υπάρχουν έως τέσσερις "κόμβοι πρόσβασης" (δύο "κόμβοι εισόδου" και δύο "κόμβοι εξόδου"), που ορίζουν έως τέσσερις "κόμβους πρώτης διασταύρωσης" και έως τέσσερις "κόμβους τελευταίας διασταύρωσης" (κόμβοι $f_{11}, f_{12}, f_{21}, f_{22}$ και $a_{11}, a_{12}, a_{21}, a_{22}$ αντίστοιχα στο σχήμα 4.8.5.β). Καθώς σύμφωνα με την ανωτέρω παραδοχή ορίζεται μία μόνο διαδρομή (η βέλτιστη) για κάθε ζεύγος κόμβων πρώτης και τελευταίας διασταύρωσης, προκύπτουν δεκαέξι εναλλακτικές διαδρομές. Μεταξύ των διαδρομών αυτών, το πρόγραμμα του προτύπου μπορεί να επιλέξει τη συντομότερη διαδρομή.

Στην περίπτωση που το δίκτυο της εγκατάστασης είναι μορφής καννάβου (όπως κατά κανόνα είναι τα δίκτυα κυκλοφορίας των συστημάτων εξυπηρέτησης με Οχήματα Πλαισία) δίνουν τη δυνατότητα για ταχύτερες επιλύσεις. Γενικώς στην περίπτωση που σε δίκτυο κινούνται οχήματα με ισοταχή κίνηση, η ελάχιστη διαδρομή έχει μήκος $\{ |O_x - D_x| + |O_y - D_y| \}$ όπου (O_x, O_y) και (D_x, D_y) οι συντεταγμένες των κόμβων προέλευσης και προορισμού αντίστοιχα.^[155] Είναι δυνατόν να υπάρχουν περισσότερες από μία διαδρομές με το ελάχιστο αυτό μήκος. Οι διαδρομές αυτές προκύπτουν αν κατά τη μετάβαση προς κάθε επόμενο κόμβο επιλέγονται σύνδεσμοι που συγκλίνουν προς τον κόμβο προορισμού (όπως στην διαδρομή $\{O, e2, C2, C3, a1, D\}$ του σχήματος 4.8.5.β).

Επειδή τα Οχήματα Πλαισία δεν κινούνται ισοταχώς, αλλά αντίθετα η ταχύτητα κίνησής τους μέσα στα δάπεδα εναπόθεσης είναι σημαντικά μικρότερη της ταχύτητας στο εσωτερικό οδικό δίκτυο, η ανωτέρω τεχνική δεν μπορεί να εφαρμοστεί για την επιλογή της συντομότερης διαδρομής. Μπορεί όμως να χρησιμοποιηθεί για τον περιορισμό των εναλλακτικών διαδρομών. Αυτό επιτυγχάνεται με την σύγκριση όσων εναλλακτικών διαδρομών διαφέρουν κατά τμήματα όπου η ταχύτητα του Οχήματος Πλαισίου είναι ίδια. Παραδείγματος χάριν, από τις διαδρομές που διαφέρουν μόνο κατά τα τμήματα που διέρχονται από τους κόμβους $e2$ και a_{11} η ελάχιστη θα διέρχεται από τον "κόμβο πρώτης διασταύρωσης" f_{22} διότι μόνο η κατεύθυνση αυτή οδηγεί/συγκλίνει προς τον κόμβο a_{11} . Η εφαρμογή της (τροποποιημένης) αυτής τεχνικής έχει σαν αποτέλεσμα να επιλέγεται για κάθε "κόμβο πρόσβασης" ένας μόνο "κόμβος πρώτης διασταύρωσης". Οι επιλογές αυτές περιορίζουν την αναζήτηση της συντομότερης διαδρομής σε τέσσερις εναλλακτικές διαδρομές.

Η επιλογή της (εκτιμώμενης) χρονικά συντομότερης διαδρομής, πραγματοποιείται κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης του προγράμματος γιατί εξαρτάται από τις θέσεις των κόμβων προέλευσης και προορισμού. Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση του χρόνου κάθε μίας από τις τέσσερις εναλλακτικές διαδρομές είναι:

$$\begin{aligned}
 T_{ij} = & (|e_{ix} - 0_x| + |e_{iy} - 0_y|) * 1/Vs + \\
 & + (|f_{ijx} - e_{ix}| + |f_{ijy} - e_{iy}|) * 1/Vn + \\
 & + L_{ODij} * 1/Vn + \\
 & + (|n_{ijx} - a_{jx}| + |n_{ijy} - a_{jy}|) * 1/Vn + \\
 & + (|a_{jx} - D_x| + |a_{jy} - D_y|) * 1/Vs
 \end{aligned}$$

με τους συμβολισμούς:

T_{ij}	Εκτιμώμενος χρόνος για τη διάνυση της διαδρομής
$0_x, 0_y$	Συντεταγμένες κόμβου προέλευσης
D_x, D_y	Συντεταγμένες κόμβου προορισμού
i, j	Λαμβάνουν τις τιμές 1 ή 2 και προσδιορίζουν τις τέσσερις εναλλακτικές διαδρομές μεταξύ των κόμβων 0 και D. Η κωδικοποίηση που ακολουθείται περιγράφεται στο παράρτ. Ζ.
L_{ODij}	Μήκος του τμήματος μεταξύ του κόμβου πρώτης διασταύρωσης του κόμβου της τελευταίας διασταύρωσης της εναλλακτικής διαδρομής ij μεταξύ των κόμβων 0 και D. Για τη ταχύτερη εκτέλεση του προγράμματος, το μήκος αυτό υπολογίζεται (για όλες τις διαδρομές του εσωτερικού οδικού δικτύου) αυτόματα κατά τη διάρκεια εισαγωγής των στοιχείων που περιγράφουν το εσωτερικό οδικό δίκτυο και αποθηκεύεται σε μητρώο.
f_{ijx}, f_{ijy}	Συντεταγμένες του κόμβου της πρώτης διασταύρωσης του τμήματος διαδρομής L_{ODij}
e_{ix}, e_{iy}	Συντεταγμένες του κόμβου εξόδου του δαπέδου που ανήκει ο κόμβος προέλευσης.
a_{ijx}, a_{ijy}	Συντεταγμένες του κόμβου της τελευταίας διασταύρωσης του τμήματος διαδρομής L_{ODij}

- n_{ix}, n_{iy} Συντεταγμένες του κόμβου εισόδου του δαπέδου που ανήκει ο κόμβος προορισμού.
- V_n, V_s Ταχύτητες των οχημάτων στο εσωτερικό οδικό δίκτυο και στους χώρους εναπόθεσης Ε/Κ αντίστοιχα.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο πιο πάνω αλγόριθμος δεν περιλαμβάνει πρόσθετους χρόνους για να ληφθεί υπ' όψιν η καθυστέρηση των οχημάτων στις στροφές. Μετρήσεις στον δειγματικό χώρο του προτύπου έδειξαν ότι τα Οχήματα Πλαίσια δε μειώνουν την ταχύτητά τους στις στροφές. Ομοια συμπεριφορά έχει αναφερθεί και για τους οδηγούς των οχημάτων πλαισίων στον Λιμένα του Ρότερνταμ.^[270]

Η επιλογή διαδρομής για τους οδηγούς φορηγών και ελκυστήρων δίνεται με τον ίδιο αλγόριθμο, με τη διαφοροποίηση, ότι οι διαδρομές που διέρχονται μέσα από δάπεδα εναπόθεσης, απορρίπτονται.

4.8.6 Μετακίνηση οχημάτων

Όπως έχει ήδη αναφερθεί κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του προγράμματος τα προσομοιούμενα μηχανήματα και φορηγά οχήματα "μετακινούνται" ώστε να διακινήσουν τα Ε/Κ. Οι συντεταγμένες $SX_n(t)$, $SY_n(t)$ κάθε μηχανήματος/οχήματος n (περιλαμβάνονται οχήματα πλαίσια, ελκυστήρες με συρ. βάσεις και φορηγά) δίδονται από τις σχέσεις:

$$SX_n(t) = \begin{cases} SX_n(t-1) + S_{ij} * \text{συν}(F_{ij}) & \text{για } t > 0 \\ SX0_n & \text{για } t = 0 \end{cases}$$

$$SY_n(t) = \begin{cases} SY_n(t-1) + S_{ij} * \text{ημ}(F_{ij}) & \text{για } t > 0 \\ SY0_n & \text{για } t = 0 \end{cases}$$

Για $n=1, 2, \dots, NA$

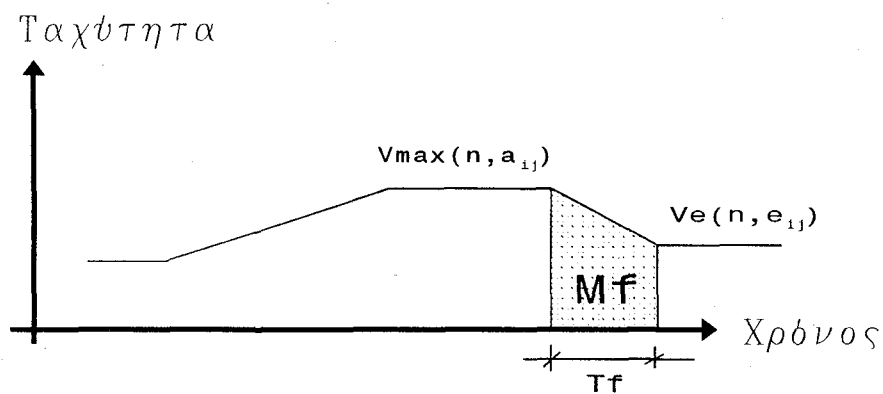
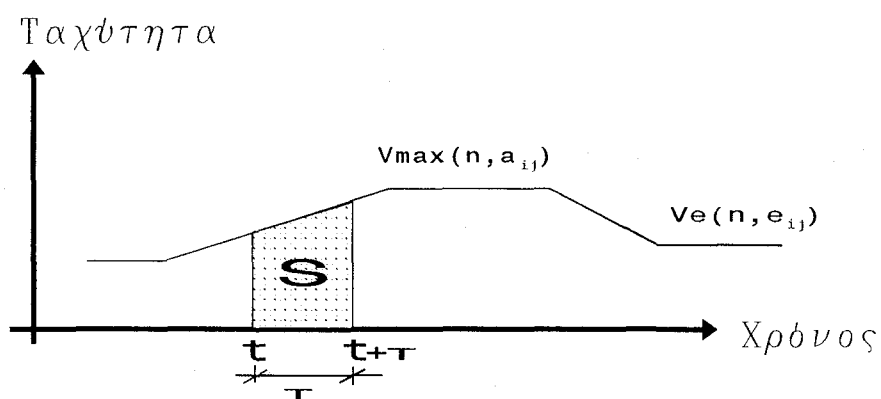
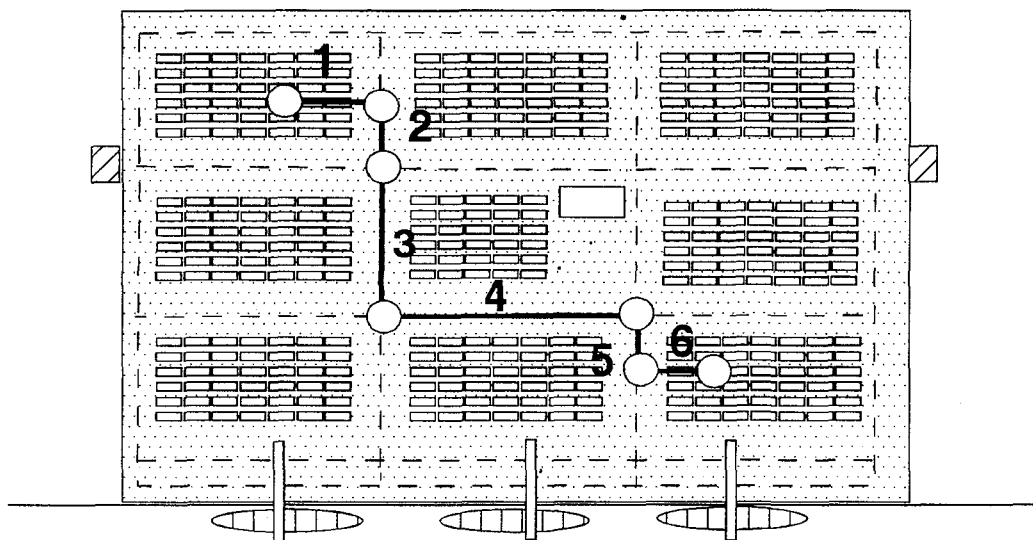
όπου:

t = Χρόνος σύμφωνα με τον ωρολογιακό δείκτη (βλ κεφ 4.3)

F_n	=	Γωνία του μηχανήματος/οχήματος n σε σχέση με τους άξονες του συστήματος συντεταγμένων.
SXO_n, SYO_n	=	Συντεταγμένες της αρχικής θέσης του μηχανήματος/οχήματος n
NA	=	Μέγιστος αριθμός οχημάτων στο σύστημα
S	=	Μετακίνηση του μηχανήματος/οχήματος n στον χρόνο t .

Η τεχνική που ακολουθείται για τον υπολογισμό της μετακίνησης S βασίζεται στην ανάλυση κάθε διαδρομής σε επί μέρους ευθύγραμμα τμήματα και στην προσομοίωση της δυναμικής συμπεριφοράς των μηχανημάτων/οχημάτων σύμφωνα με τις τιμές επιτάχυνσης, επιβράδυνσης, μέγιστης ταχύτητας κίνησης/ελιγμών. Σε κάθε επί μέρους ευθύγραμμο τμήμα (και υπό την προϋπόθεση ότι δεν εκτελείται ελιγμός αποφυγής σύγκρουσης) το διάγραμμα ταχύτητας/χρόνου παρουσιάζει τη μορφή του σχήματος 4.8.6 όπου:

n	=	Αριθμός μηχανήματος/οχήματος.
i	=	Διαδρομή του εσωτερικού δικτύου.
j	=	Το j -οστό τμήμα της διαδρομής i .
a_{ij}	=	Δείκτης. Διακρίνει τις διαδρομές του εσωτερικού οδικού δικτύου από τις διαδρομές μέσα στα δάπεδα εναπόθεσης Ε/Κ.
e_{ij}	=	Ελιγμός που πρόκειται να εκτελέσει το μηχανήμα/όχημα στο τέλος του τμήματος j της διαδρομής i .
$V(n,t)$	=	Ταχύτητα κίνησης μηχανήματος/οχήματος n στην χρονική στιγμή t .
$V_{max}(n,a_{ij})$	=	Μέγιστη ταχύτητα μηχανήματος/οχήματος n στην διαδρομή i , τμήμα j .
$Ve(n,e_{ij})$	=	Ταχύτητα εκτέλεσης ελιγμού e_{ij} από το μηχανήμα/όχημα n .
$ga(n), gd(n)$	=	Επιτάχυνση και επιβράδυνση αντίστοιχα για το μηχανήμα/όχημα n .
T	=	Χρόνος βήματος προσομοίωσης.
t	=	Χρόνος σύμφωνα με τον ωρολογιακό δείκτη.
$S(n)$	=	Διανυθείσα απόσταση στον χρόνο T από το μηχανήμα/όχημα n .



Σχήμα 4.8.6 Ανάλυση διαδρομής σε ευθύγραμμα τμήματα (επάνω)
 Διάγραμμα ταχύτητας - χρόνου (μέσον)
 και υπολογισμός απόστασης τροχοπέδησης (κάτω)

Διακρίνουμε τρεις φάσεις:

1. Ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση μέχρι να επιτευχθεί η μέγιστη ταχύτητα.
2. Ισοταχής κίνηση με τη μέγιστη ταχύτητα.
3. Ομαλά επιβραδυνόμενη κίνηση. Η μετάβαση από την πρώτη φάση στην δεύτερη εκτελείται όταν η $V(n,t)$ γίνει ίση ή μεγαλύτερη από την $V_{\max}(n, a_{ij})$. Για τη μετάβαση στην τρίτη φάση ελέγχεται αν η απόσταση από τον κόμβο προορισμού, είναι μικρότερη από την απαιτούμενη απόσταση τροχοπέδησης, ώστε το όχημα να μειώσει την ταχύτητά του από $V_{\max}$ σε V_e . Η απόσταση τροχοπέδησης M_f δίδεται από τη σχέση:

$$M_f = \frac{V_{\max}(n, a_{ij}) + V_e(n, a_{ij})}{2} * T_f$$

όπου T_f ο απαιτούμενος χρόνος τροχοπέδησης που δίδεται από την σχέση:

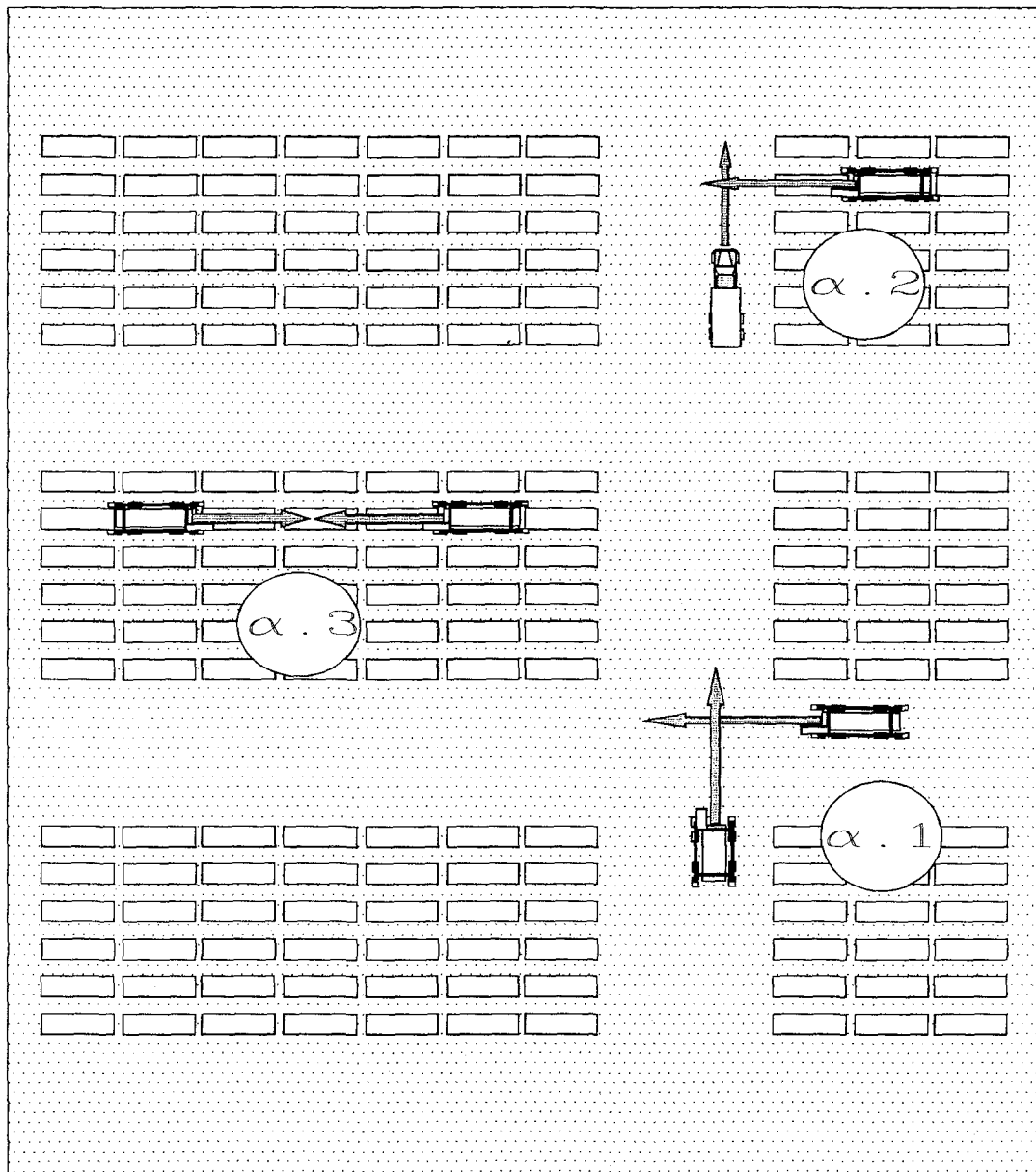
$$T_f = \frac{V_{\max}(n, a_{ij}) - V_e(n, a_{ij})}{\gamma n}$$

Στο σχήμα 4.8.6 το εμβαδόν M_f κάτω από την καμπύλη αντιπροσωπεύει το μήκος τροχοπέδησης.

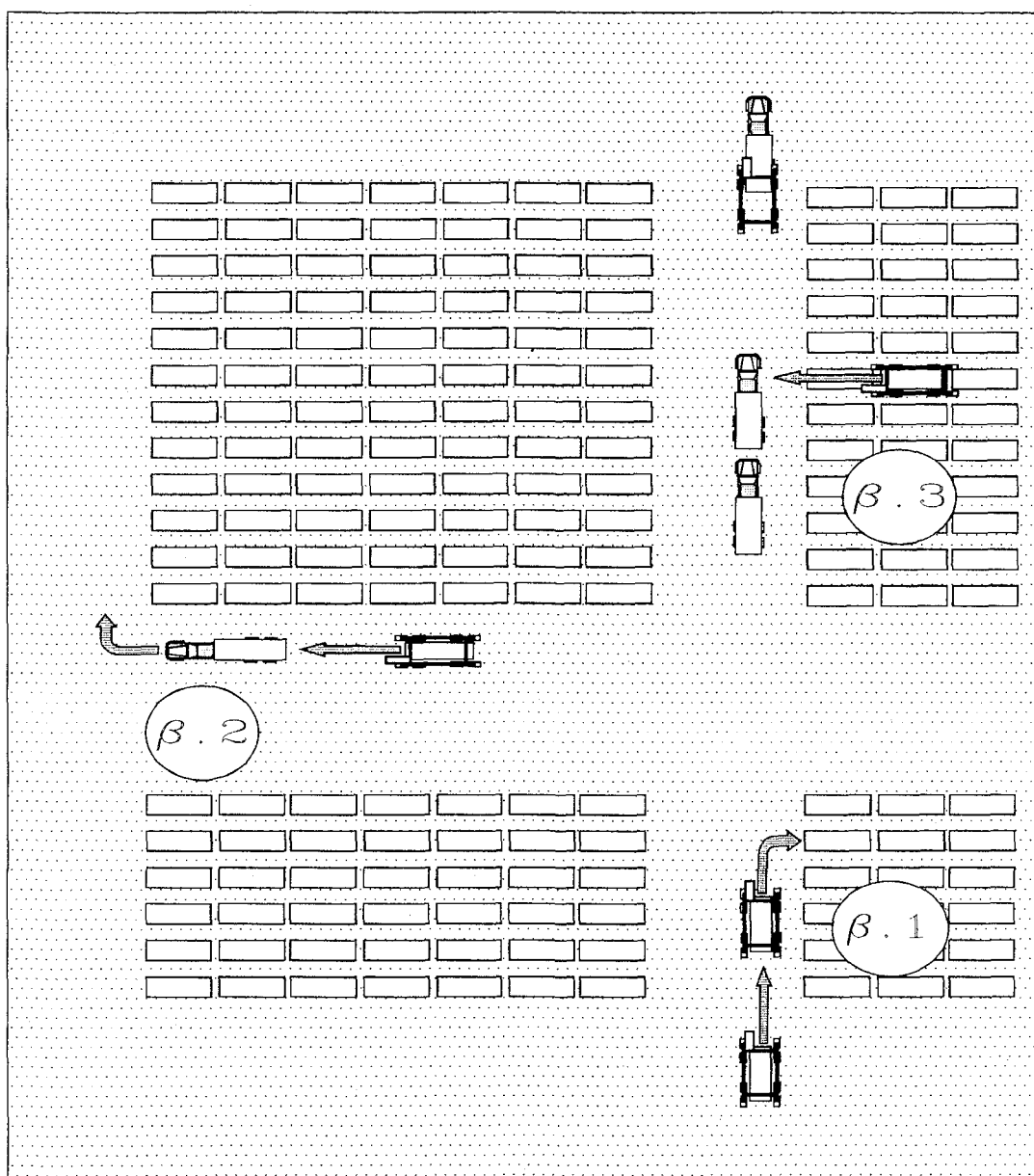
4.8.7 Ελεγχος κυκλοφοριακών εμπλοκών

Κάθε φορά που το πρόγραμμα πρόκειται να "μετακινήσει" ένα όχημα, ελέγχει πρώτα αν στην μελλοντική του θέση αντιμετωπίζει πιθανότητα σύγκρουσης. Στα σχήματα 4.8.7.α και 4.8.7.β παρουσιάζονται οι πέντε κατηγορίες πιθανών κυκλοφοριακών συγκρούσεων που εμφανίζονται στο προσομοιούμενο σύστημα.

1. Πιθανή σύγκρουση σε διασταύρωση. (περ α.1)
2. Πιθανή σύγκρουση κατά την έξοδο από στοίβα Ε/Κ. (περ α.2)



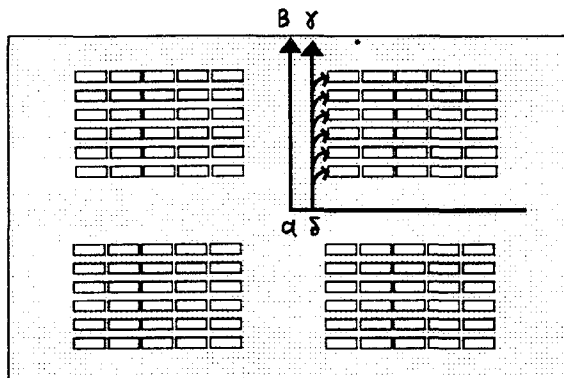
Σχήμα 4.8.7.α Κυκλοφοριακές εμπλοκές
σε εσωτερικό οδικό δίκτυο
εγκατάστασης διακίνησης Ε/Κ



Σχήμα 4.8.7.β Κυκλοφοριακές εμπλοκές
σε εσωτερικό οδικό δίκτυο
εγκατάστασης διακίνησης Ε/Κ

3. Πιθανή νωτομετωπική σύγκρουση από μείωση ταχύτητας. Ένα όχημα μειώνει ταχύτητα για να στρίψει δεξιά ή αριστερά ή για να αποφύγει σύγκρουση. Το όχημα που ακολουθεί, τροχοπεδεί για να αποφύγει τη σύγκρουση. (περ β.1 / β.2)
4. Κυκλοφοριακή εμπλοκή από ελιγμό διέλευσης οχήματος πλαισίου ανάμεσα από σταθμευμένα φορτηγά που αναμένουν να εξυπηρετηθούν. Αν και σε πραγματικές συνθήκες το γεγονός είναι σπάνιο, δεν είναι δυνατόν να αγνοηθεί στο προσομοιούμενο σύστημα γιατί οδηγεί σε σημαντική καθυστέρηση του εμπλεκόμενου οχήματος πλαισίου. Η ειδική αυτή περίπτωση αντιμετωπίζεται με την επιβολή καθυστέρησης στο εμπλεκόμενο όχημα πλαίσιο, ενέργεια που προσεγγιστικά προσομοιώνει το χρόνο για συνεννόηση μεταξύ των οδηγών και το χρόνο ελιγμών για την απεμπλοκή του μηχανήματος. (περ β.3)
5. Κυκλοφοριακή εμπλοκή από συνάντηση αντιθέτως κινούμενων οχημάτων πλαισίων στην ίδια σειρά Ε/Κ. Μια ειδική περίπτωση κυκλοφοριακού προβλήματος εμφανίζεται όταν δύο οχήματα πλαίσια κινούνται αντιθέτως στην ίδια σειρά Ε/Κ του δαπέδου εναπόθεσης και διασταυρώνονται. Αν και σε πραγματικές συνθήκες το γεγονός είναι ιδιαίτερα σπάνιο, δεν είναι δυνατόν να αγνοηθεί στο προσομοιούμενο σύστημα γιατί οδηγεί σε ακινητοποίηση των οχημάτων πλαισίων.

Τα προσομοιούμενα οχήματα δεν μπορούν να προσπεράσουν προπορευόμενα οχήματα. Ο περιορισμός αυτός τέθηκε σκόπιμα, καθώς η συχνότητα εμφάνισης του φαινομένου είναι ιδιαίτερα σπάνια, ενώ αντίθετα ο υπολογιστικός φόρτος σημαντικός. Υπάρχει όμως η δυνατότητα κατάλληλης διαμόρφωσης του εσωτερικού οδικού δικτύου, ώστε να επιτρέπεται η προσπέραση στις περιπτώσεις που το προπορευόμενο όχημα πλαίσιο τροχοπεδεί (ώστε να εισέλθει σε δάπεδο εναπόθεσης), ενώ αντίθετα το όχημα που ακολουθεί κινείται με μεγαλύτερη ταχύτητα. Για να επιτευχθεί αυτό θα πρέπει το δίκτυο του προτύπου να σχεδιαστεί με διπλούς συνδέσμους (βλ σχήμα 4.8.7.γ) ώστε τα διερχόμενα οχήματα να διαχωρίζονται από αυτά που τροχοπεδούν ώστε να εισέλθουν στο παράπλευρο δάπεδο εναπόθεσης Ε/Κ.



Σχήμα 4.8.7.γ Διαμόρφωση εσωτερικού οδικού δικτύου ώστε τα διερχόμενα οχήματα να διαχωρίζονται (κλάδος αβ) από αυτά που τροχοπεδούν (κλάδος γδ) ώστε να εισέλθουν στο παράπλευρο δάπεδο εναπόθεσης Ε/Κ (Δ2).

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, κάθε φορά που το πρόγραμμα πρόκειται να "μετακινήσει" ένα μηχανήμα ή όχημα, ελέγχει πρώτα αν αντιμετωπίζει πιθανότητα σύγκρουσης. Η διαδικασία που ακολουθείται βασίζεται στον υπολογισμό ενός ανύσματος με μέτρο ίσο με την απαιτούμενη απόσταση για τροχοπέδηση του οχήματος. Αν το άνυσμα αυτό τέμνεται με αντίστοιχο άνυσμα άλλου οχήματος, τότε υπάρχει πιθανότητα σύγκρουσης και το όχημα επιβραδύνει για να αποφύγει ενδεχόμενη σύγκρουση (βλ σχήμα 4.8.7.δ). Αναλυτικά:

1. Υπολογίζονται για κάθε όχημα δύο ανύσματα $A1$ και $A2$ με τα εξής χαρακτηριστικά:

$$\text{Μέγεθος ανυσμάτων } A1 = S_o + S_{\mu} + S_g$$

$$A2 = S_o + S_g$$

όπου:

S_o = Πρόσθετο μήκος ώστε να ληφθούν υπόψιν οι διαστάσεις των οχημάτων δεδομένου ότι οι υπολογισμοί αφορούν τα γεωμετρικά κέντρα των οχημάτων. Λαμβάνεται $S_o = 6$ μέτρα.

S_{μ} = Η απόσταση που πρόκειται να διανύσει το όχημα στην επόμενη χρονική μονάδα. Υπολογίζεται σύμφωνα με το διάγραμμα ταχύτητας/χρόνου.

S_g = Απαιτούμενο μήκος για τροχοπέδηση του οχήματος μέχρι μηδενικής ταχύτητας. Η τιμή του g_0 καθορίζεται για ομαλή τροχοπέδηση και εξαρτάται από το είδος του οχήματος. Αν V είναι η ταχύτητα του οχήματος, ισχύει:

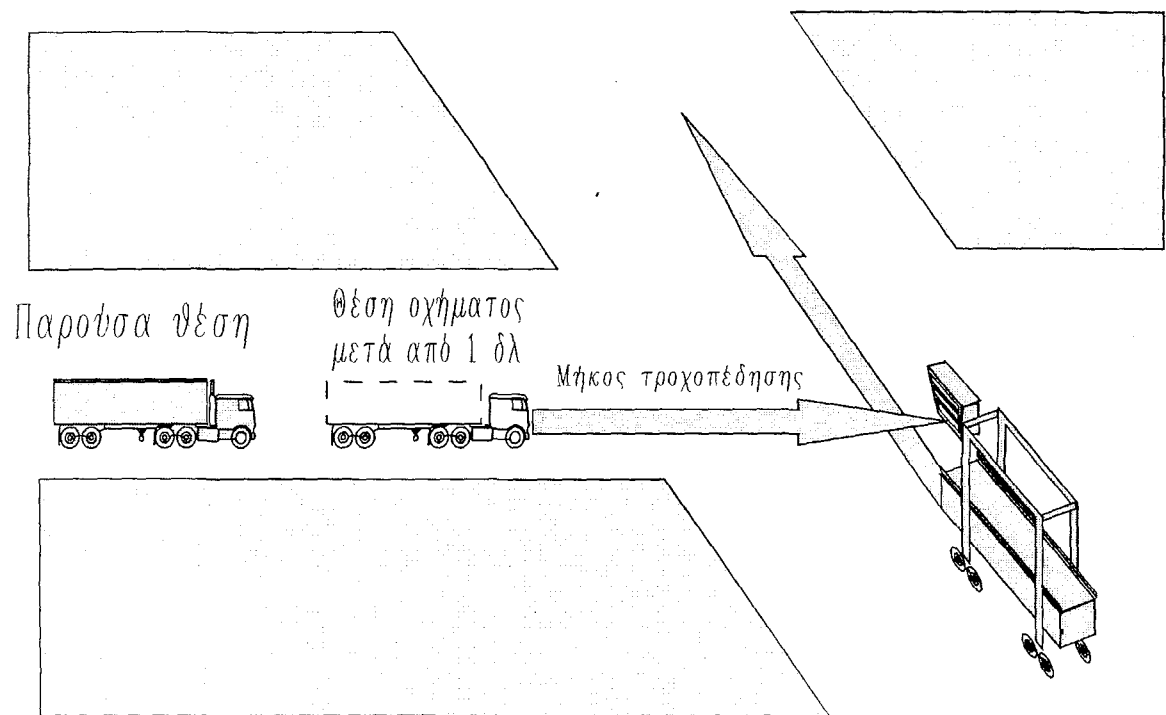
$$S_g = \frac{V^2}{2 * g_0}$$

Σημείο εφαρμογής κάθε ανύσματος είναι το πίσω άκρο του αντίστοιχου οχήματος. Η διεύθυνση του ανύσματος ταυτίζεται με τη διεύθυνση κίνησης του αντίστοιχου οχήματος.

2. Για κάθε εξεταζόμενο όχημα ελέγχεται αν το άνυσμα A1 τέμνεται με τα ανύσματα A2 των άλλων οχημάτων. Αν το άνυσμα τέμνεται, το όχημα επιβραδύνει για να αποφύγει ενδεχόμενη σύγκρουση.

Η προσομοιωτική αυτή διαδικασία αποφυγής κυκλοφοριακών συγκρούσεων αναπτύχθηκε μετά από παρατηρήσεις του γράφοντος και συνεντεύξεις με οδηγούς Οχημάτων Πλαισίων και έρχεται σε αντίθεση με τα όσα ισχύουν για τη συμπεριφορά οδηγών επιβατικών οχημάτων. Σύμφωνα με βιβλιογραφικές αναφορές,^[251-259] σε περιπτώσεις κυκλοφοριακών εμπλοκών σε οδικά δίκτυα, οι οδηγοί "προβλέπουν" τη μελλοντική πορεία του άλλου οχήματος και δεν τροχοπεδούν όταν εκτιμούν ότι τα εμπλεκόμενα οχήματα (κινούμενα με την παρούσα ταχύτητά τους) δεν πρόκειται να συγκρουστούν. Αναλαμβάνουν συνεπώς τον κίνδυνο σύγκρουσης, στην περίπτωση που οι προβλέψεις τους δεν επαληθευτούν.

Η ερμηνεία για τη διαφορετική συμπεριφορά των οδηγών των Οχημάτων Πλαισίων και φορτηγών πρέπει - κατά την άποψη του γράφοντος - να οφείλεται στην μη ανάληψη (εκ μέρους τους) του κινδύνου της σύγκρουσης, καθώς η θέα του επερχόμενου (σημαντικών διαστάσεων) Οχήματος Πλαισίου ή φορτηγού (σε συνδυασμό και με το γεγονός ότι όλοι οι οδηγοί που κινούνται στις εγκαταστάσεις είναι επαγγελματίες) αποτρέπει από επικίνδυνους χειρισμούς. Ο έλεγχος εγκυρότητας της υπορουτίνας αυτής (στον δειγματικό χώρο του προτύπου) περιλαμβάνεται στο κεφάλαιο 5.2. Επιπλέον, η τεχνική παραβλέπει τον κανόνα "ο εκ δεξιών προηγείται". Αν και το πρότυπο "γνωρίζει" κάθε στιγμή την κατεύθυνση και τους ελιγμούς των προσομοιούμενων οχημάτων (και συνεπώς έχει τα στοιχεία για να επιβάλλει κανόνες προτεραιότητας) η προσέγγιση των τεμνόμενων ανυσμάτων οδηγεί σε συμπεριφορά προσομοιούμενων οχημάτων που στις περισσότερες περιπτώσεις συμφωνεί με την παρατηρηθείσα.



Σχήμα 4.8.7.δ ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΕΜΠΛΟΚΩΝ

4.9 ΤΟ ΕΜΠΕΙΡΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Η επίσημη στρατηγική εξυπηρέτησης στον δειγματικό χώρο του προτύπου, καθορίζει ότι τα φορτηγά προσέρχονται και εξυπηρετούνται σε συγκεκριμένο χώρο της εγκατάστασης. Μετά από συστηματικές παρατηρήσεις, διαπιστώθηκε ότι σε πολλές περιπτώσεις οι οδηγοί των Οχημάτων Πλαισίων (σε συνεργασία με το Κέντρο Ελέγχου) δεν ακολουθούν το επίσημο σύστημα αλλά η απόφαση για το σημείο που θα πραγματοποιηθεί η μεταφόρτωση του Ε/Κ στο φορτηγό, λαμβάνεται από τους χειριστές των Οχημάτων Πλαισίων, με βάση την εμπειρία τους. Παρόμοια, η προτεραιότητα στην εξυπηρέτηση των φορτηγών καθορίζεται από τους υπαλλήλους του Κέντρου Ελέγχου όχι πάντα σύμφωνα με τη σειρά άφιξης των φορτηγών (ο πρώτος αφιχθείς, εξυπηρετείται πρώτος) αλλά με βάση την εμπειρία των αρμοδίων υπαλλήλων. Για να συμπεριληφθούν οι ιδιαιτερότητες αυτές στο πρότυπο της διατριβής, απαιτήθηκε η ανάπτυξη και ενσωμάτωση ενός έμπειρου συστήματος. Τα κεφάλαια που ακολουθούν αναφέρονται αναλυτικά στην διαδικασία ανάπτυξης και τη δομή του έμπειρου αυτού (υπο)συστήματος.

4.9.1 Το Κέντρο Ελέγχου διακίνησης Ε/Κ

Κύριες αρμοδιότητες του Κέντρου Ελέγχου είναι ο καθορισμός της προτεραιότητας στην εξυπηρέτηση των εργασιών και η κατανομή των εργασιών αυτών στα οχήματα πλαίσια. Στον δειγματικό χώρο του προτύπου, το Κέντρο Ελέγχου βρίσκεται στην περιοχή του προκαθορισμένου χώρου στάθμευσης/εξυπηρέτησης των φορτηγών και στελεχώνεται από ένα μικρό αριθμό υπαλλήλων που συντονίζουν και κατευθύνουν τις διαδικασίες μέσω ασυρμάτων τηλεφώνων. Κάθε οδηγός φορτηγού που εισέρχεται στην τερματική εγκατάσταση, σταθμεύει το σχήμα του σε μια ελεύθερη θέση και μετά προσέρχεται πεζός και παραδίδει στους υπαλλήλους του Κέντρου Ελέγχου ένα έγγραφο, που προσδιορίζει τον αριθμό και τη θέση των προς διακίνηση Ε/Κ. Αν TK_j η χρονική στιγμή της παράδοσης της εντολής διακίνησης, ισχύει:

$$TK_j = TA_j + TE_j + TG_j$$

όπου:

$$TA_j = \text{Η χρονική στιγμή εισόδου του φορτηγού στην εγκατάσταση.}$$

$TE_j =$ Ο χρόνος από την στιγμή της εισόδου του στοιχείου AR_j στις εγκαταστάσεις, μέχρι την άφιξη του στις προκαθορισμένες θέσεις στάθμευσης για εξυπηρέτηση.

$TG_j =$ Ο χρόνος από την στάθμευση του φορτηγού μέχρι την παράδοση των εντολών διακίνησης στο κέντρο ελέγχου.

4.9.2 Κατάλογος εργασιών

Κάθε απαίτηση μετακίνησης μετασχηματίζεται σε σειρά εντολών προς το Οχημα Πλαίσιο που θα αναλάβει την εξυπηρέτηση και προς το φορτηγό που θα παραδώσει/παραλάβει το Ε/Κ. Ο μετασχηματισμός των απαιτήσεων διακίνησης, σε σειρά ενεργειών που θα εκτελεστούν από τα Οχήματα Πλαίσια και τα φορτηγά γίνεται με τη βοήθεια λογικών κανόνων. Στον πίνακα 4.9.1 παρουσιάζονται οι απαιτούμενες ενέργειες για τα οχήματα πλαίσια και τα φορτηγά, για κάθε περίπτωση εξυπηρέτησης.

Οι εντολές που αφορούν τα Οχήματα Πλαίσια καταχωρούνται σε έναν κατάλογο σταθερού μήκους. Κάθε απαίτηση διακίνησης αντιπροσωπεύεται στον κατάλογο από μία γραμμή δεδομένων, που η θέση της στο κατάλογο μπορεί να αναγνωρισθεί από έναν δείκτη.

Η τεχνική που χρησιμοποιείται για τη σάρωση, εντοπισμό και μετακίνηση στοιχείων του καταλόγου παρουσιάζεται στο παράρτημα Ζ.

ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ ΠΟΥ ΑΠΑΙΤΟΥΝΤΑΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗ ΦΟΡΤΗΓΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ ΣΤΟΝ ΠΡΟΚΑΘΟΡΙΣΜΕΝΟ ΧΩΡΟ		
	ΠΑΡΑΔΟΣΗ Ε/Κ	ΠΑΡΑΛΑΒΗ Ε/Κ
ΦΟΡΤΗΓΟ	Αναμονή	Αναμονή
ΟΧΗΜΑ ΠΛΑΙΣΙΟ	Μετακίνηση με προορισμό τον προκαθορισμένο χώρο εξυπηρέτησης. Εκφόρτωση φορτηγού. Μετακίνηση με προορισμό τη θέση του Ε/Κ στο δάπεδο εναπόθεσης. Απόθεση Ε/Κ στη στοίβα.	Μετακίνηση με προορισμό τη θέση του Ε/Κ στο δάπεδο εναπόθεσης. Αναδιάρθρωση Ε/Κ. (αν απαιτηθεί) Παραλαβή Ε/Κ από στοίβα Μετακίνηση με προορισμό τον προκαθορισμένο χώρο εξυπηρέτησης. Φόρτωση Ε/Κ στο φορτηγό

ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ ΠΟΥ ΑΠΑΙΤΟΥΝΤΑΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗ ΦΟΡΤΗΓΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ ΣΤΙΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΤΩΝ ΔΑΠΕΔΩΝ ΕΝΑΠΟΘΕΣΗΣ Ε/Κ.		
	ΠΑΡΑΔΟΣΗ Ε/Κ	ΠΑΡΑΛΑΒΗ Ε/Κ
ΦΟΡΤΗΓΟ	Μετακίνηση με προορισμό το σημείο εξυπηρέτησης στην περιοχή του δαπέδου εναπόθεσης. Στάθμευση Αναμονή.	Μετακίνηση με προορισμό το σημείο εξυπηρέτησης στην περιοχή του δαπέδου εναπόθεσης. Στάθμευση. Αναμονή.
ΟΧΗΜΑ ΠΛΑΙΣΙΟ	Μετακίνηση με προορισμό το σημείο εξυπηρέτησης Εκφόρτωση φορτηγού. Μετακίνηση με προορισμό τη θέση του Ε/Κ στο δάπεδο εναπόθεσης. Απόθεση Ε/Κ στη στοίβα.	Μετακίνηση με προορισμό τη θέση του Ε/Κ στο δάπεδο εναπόθεσης. Αναδιάρθρωση Ε/Κ. (αν απαιτηθεί) Παραλαβή Ε/Κ από στοίβα Μετακίνηση με προορισμό το σημείο εξυπηρέτησης. Φόρτωση Ε/Κ στο φορτηγό

Πίνακας 4.9.2

Ενέργειες που απαιτούνται για την εξυπηρέτηση φορτηγού αυτοκινήτου στον προκαθορισμένο χώρο (στάθμευσης/ εξυπηρέτησης) και στις περιοχές των δαπέδων εναπόθεσης.

4.9.3 Στρατηγική εξυπηρέτησης φορτηγών

Όπως έχει ήδη αναφερθεί οι διαδικασίες εξυπηρέτησης των φορτηγών, στον δειγματικό χώρο του προτύπου, κατευθύνονται από το Κέντρο Ελέγχου. Η επίσημη στρατηγική εξυπηρέτησης καθορίζει ότι τα φορτηγά προσέρχονται και εξυπηρετούνται σε συγκεκριμένο χώρο της εγκατάστασης. Στα κείμενα που ακολουθούν, η περιοχή αυτή θα αναφέρεται με τον όρο "Κύρια Περιοχή Εξυπηρέτησης".

Μετά από συστηματικές παρατηρήσεις στον δειγματικό χώρο του προτύπου, διαπιστώθηκε ότι σε πολλές περιπτώσεις οι οδηγοί των Οχημάτων Πλαισίων (σε συνεργασία με το Κέντρο Ελέγχου) δεν ακολουθούσαν το επίσημο σύστημα. Σε περιπτώσεις που το φορτηγό είχε να παραδώσει/παραλάβει Ε/Κ από απομακρυσμένα δάπεδα εναπόθεσης Ε/Κ, ο οδηγός του Οχήματος Πλαισίου ζητούσε από το φορτηγό να προσέλθει στην περιοχή του δαπέδου εναπόθεσης και το εξυπηρετούσε εκεί. Η παραλλαγή αυτή οδηγεί σε εξοικονόμηση χρόνου (πρβλ κεφ 6).

Μετά από σειρά συνεντεύξεων με οδηγούς Οχημάτων Πλαισίων και υπαλλήλους του Κέντρου Ελέγχου, προέκυψε ότι:

1. Οι οδηγοί των Οχημάτων Πλαισίων έκαναν τις επιλογές τους βασισμένοι στην εμπειρία τους και λαμβάνοντας υπ' όψιν την απόσταση του προς μεταφορά Ε/Κ από την Κύρια Περιοχή Εξυπηρέτησης, τη θέση του Ε/Κ στην στοίβα και το εάν ή όχι η στάθμευση του φορτηγού στην περιοχή πλησίον του Ε/Κ, ήταν πιθανό να δημιουργήσει κυκλοφοριακή συμφόρηση.
2. Ο τρόπος που καθορίζεται η προτεραιότητα στην εξυπηρέτηση των φορτηγών, βασίζεται στην εμπειρία των στελεχών του Κέντρου Ελέγχου. Κατά τη διαδικασία αυτή, λαμβάνεται υπ' όψιν η νοοτροπία των οδηγών των φορτηγών που αναμένουν να εξυπηρετηθούν, η παραγωγικότητα του συστήματος εξυπηρέτησης καθώς και ο περιορισμός της καταπόνησης των μηχανημάτων. Η προσομοίωση της ιδιόμορφης αυτής στρατηγικής, που προκύπτει από τη διασπορά πολλών "πελατών" σε διάφορα σημεία της εγκατάστασης, σε συνδυασμό με τη σχετική "ευελιξία" που υπάρχει στον καθορισμό προτεραιοτήτων στην εξυπηρέτηση, απαίτησε την ενσωμάτωση στο πρότυπο ενός έμπειρου συστήματος. Το σύστημα αυτό περιλαμβάνει τη "νοητική εικόνα" (mental image) που καθορίζει ποιες απαιτήσεις θα εξυπηρετηθούν στην "Κύρια Περιοχή Εξυπηρέτησης" και ποιες σε σημεία του εσωτερικού δικτύου κοντά

στα δάπεδα εναπόθεσης Ε/Κ (βλ. 4.9.3). Επιπλέον, το έμπειρο σύστημα περιλαμβάνει ευρετικούς αλγόριθμους που προσομοιώνουν τη διαδικασία καθορισμού προτεραιότητας στην εξυπηρέτηση των απαιτήσεων αυτών. Τα κεφάλαια που ακολουθούν αναφέρονται αναλυτικά στα θέματα αυτά.

4.9.4 Νοητική εικόνα

Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, η απόφαση για το σημείο που θα πραγματοποιηθεί η μεταφόρτωση του Ε/Κ στο φορτηγό, λαμβάνεται από τους χειριστές των Οχημάτων Πλαισίων με βάση την εμπειρία τους. Μετά από παρατηρήσεις, μετρήσεις και συνεντεύξεις με χειριστές, εντοπίστηκαν οι πιο κάτω παράγοντες που επηρεάζουν την απόφασή τους:

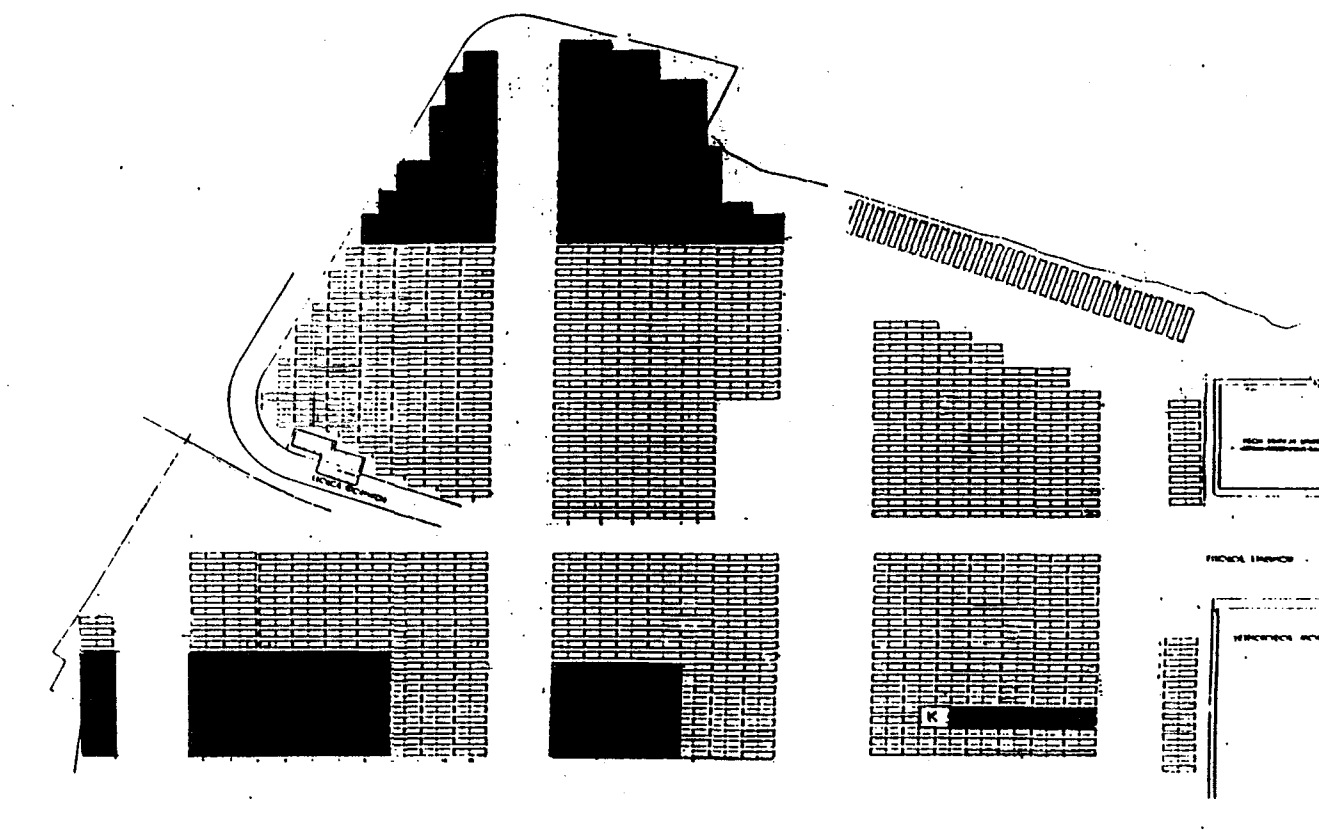
- α. Το όφελος σε χρόνο. Γενικά, η εξυπηρέτηση φορτηγού στις περιοχές των δαπέδων εναπόθεσης μειώνει τον χρόνο κύκλου του Οχήματος Πλαισίου, διότι το απαλλάσσει από τη μετακίνηση από το δάπεδο εναπόθεσης στην Κύρια Περιοχή Εξυπηρέτησης. Όμως η κίνηση φορτηγών στις περιοχές που κινούνται τα Οχήματα Πλαίσια, δημιουργεί μερικές φορές κυκλοφοριακές καθυστερήσεις, ενώ αυξάνει τις πιθανότητες ατυχήματος. Επιπλέον υποχρεώνει το Κέντρο Ελέγχου να ενημερώνει (μέσω μεγαφώνου) το φορτηγό για την μετακίνησή του. Η διαδικασία αυτή πέρα από τον επιπλέον φόρτο εργασίας που μετακυλά στο Κέντρο Ελέγχου, δεν είναι απαλλαγμένη λαθών (βλ. κεφ. 5). Για τους πιο πάνω λόγους, η εξυπηρέτηση φορτηγών στις περιοχές των δαπέδων εναπόθεσης, επιλέγεται μόνο όταν το όφελος σε χρόνο υπερβαίνει κάποιο όριο. Το όριο αυτό, παρουσιάζεται σαν όριο απόρριψης, με την έννοια ότι δεν υιοθετείται η τροποποιημένη στρατηγική για μικρότερες τιμές και όχι σαν όριο αποδοχής καθώς πολλές περιοχές που ικανοποιούν το κριτήριο δεν εξυπηρετούνται επί τόπου.
- β. Το μήκος οπισθοπορείας του Οχήματος Πλαισίου στα δάπεδα εναπόθεσης. Σε πολλές περιπτώσεις παρατηρήθηκε ότι αντί να οπισθοχωρήσει κατά μήκος ίσο ή μεγαλύτερο των έξι (περίπου) Ε/Κ των 20 ποδών, ο οδηγός προτιμούσε να κινηθεί εμπρός και να καλέσει το φορτηγό στην περιοχή του.

- γ. Η πιθανότητα κυκλοφοριακής εμπλοκής. Αποφεύγεται να καλείται φορτηγό για εξυπηρέτηση, σε περιοχές όπου η στάθμευση και εξυπηρέτησή του είναι πιθανό να δημιουργήσει προβλήματα διέλευσης σε άλλα οχήματα (π.χ στις στροφές ή σε περιοχές με μειωμένο πλάτος εσωτερικού οδικού δικτύου).
- δ. Ο φόρτος εργασίας. Σε συνθήκες ιδιαίτερα χαμηλού φόρτου εργασίας φαίνεται ότι το όριο απόρριψης που περιγράφεται στην παράγραφο (α) αυξάνει. Δεδομένου ότι η διερεύνηση του συστήματος της τερματικής εγκατάστασης, εντοπίζεται στις συνθήκες συνήθους ή και αυξημένου φόρτου δεν κρίθηκε (από το γράφοντα) σκόπιμη η περαιτέρω διερεύνηση του θέματος αυτού.

Ο συνδυασμός των πιο πάνω παραγόντων στον δειγματικό χώρο του προτύπου, καταλήγει σε δύο ομάδες περιοχών εναπόθεσης Ε/Κ. Η προσομοίωση της συμπεριφοράς αυτής, έγινε με την υιοθέτηση της έννοιας της νοητικής εικόνας που έχει ο χειριστής για τις θέσεις όπου η πρόσκληση του φορτηγού για εξυπηρέτηση είναι πλεονεκτικότερη από την εναλλακτική (επίσημη) στρατηγική εξυπηρέτησης στην Κύρια Περιοχή Εξυπηρέτησης. Το σχήμα 4.9.3 απεικονίζει τη νοητική εικόνα (mental map) που έχει ο "τυπικός" χειριστής Οχήματος Πλαισίου στον δειγματικό χώρο του προτύπου. Ο έλεγχος της υπόθεσης ότι η εικόνα αυτή ερμηνεύει τη διαδικασία επιλογής της περιοχής εξυπηρέτησης των φορτηγών (σε ποσοστό μεγαλύτερο από 80%) περιλαμβάνεται στο Παράρτημα Ε.

4.9.5 Προτεραιότητα εξυπηρέτησης

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, (κεφ 4.9.1) η προτεραιότητα στην εξυπηρέτηση των φορτηγών, καθορίζεται από τους υπαλλήλους του Κέντρου Ελέγχου. Θα πρέπει να σημειωθεί, ότι δεν πρόκειται πάντα για τα ίδια πρόσωπα, αλλά στις θέσεις αυτές εναλλάσσονται οδηγοί Οχημάτων Πλαισίων ή/και αρμόδιοι διοικητικοί υπάλληλοι. Ο γράφων παρακολούθησε πολλές φορές, μέσα από το Κέντρο Ελέγχου, τη διαδικασία ελέγχου και συντονισμού των διαδικασιών και πήρε συνεντεύξεις από τους εμπλεκόμενους υπαλλήλους. Το συμπέρασμα ήταν ότι η σειρά με την οποία εξυπηρετούνται τα φορτηγά, δεν ακολουθεί κάποιο συγκεκριμένο κανόνα προτεραιότητας, αλλά βασίζεται στην εμπειρία των αρμοδίων υπαλλήλων, που λαμβάνουν υπόψιν τους τις πιο κάτω παραμέτρους.



Σχήμα 4.9.3

Νοητική εικόνα (mental map) του χειριστή Οχήματος Πλαισίου για τις θέσεις (μαυρισμένες περιοχές) όπου η πρόσκληση και επί τόπου εξυπηρέτηση του φορτηγού κρίνεται προτιμότερη σε σχέση με τη μετάβαση του Οχήματος Πλαισίου στην Κύρια Περιοχή Εξυπηρέτησης.

- α. Το "περί δικαίου αίσθημα" των οδηγών των φορτηγών, που ικανοποιείται όταν η σειρά εξυπηρέτησης ταυτίζεται με τη σειρά της άφιξης τους στο Κέντρο Ελέγχου.
- β. Την αύξηση της παραγωγικότητας του συστήματος εξυπηρέτησης, που επιτυγχάνεται με μείωση των αποστάσεων που διανύουν τα οχήματα πλαίσια και την ισοκατανομή των εργασιών ώστε να περιορίζονται οι νεκροί χρόνοι των μηχανημάτων.
- γ. Τον περιορισμό της καταπόνησης των μηχανημάτων. Στον δειγματικό χώρο του προτύπου, τα Οχήματα Πλαίσια καθορίζουν το άνοιγμα της αρπάγης τους, ώστε ορισμένα να συλλαμβάνουν Ε/Κ των 20 ποδών και τα υπόλοιπα των 40 ποδών. Ο κανόνας αυτός εφαρμόζεται γιατί εκτός από τον επιπλέον χρόνο που απαιτείται για την προσαρμογή της αρπάγης, υπάρχουν και σημαντικές πιθανότητες εμπλοκής, ιδιαίτερα για τις αρπάγες των παλαιών Οχημάτων Πλαισίων.
- δ. Τη νοοτροπία των οδηγών των Οχημάτων Πλαισίων. Παρατηρήσεις στον δειγματικό χώρο του προτύπου έδειξαν ότι όταν ο φόρτος εργασιών είναι μικρότερος από το δυναμικό της ομάδας των Οχημάτων Πλαισίων, οι προς εκτέλεση εργασίες συγκεντρώνονται σε ορισμένα μηχανήματα. Σε παρατεταμένες περιόδους με μειωμένο φόρτο εργασιών, τα "επί πλέον" μηχανήματα στάθμευαν και ανέμεναν να ενταχθούν στην ομάδα, όταν θα ήταν απαραίτητα.

Είναι προφανές ότι για τη λήψη των αποφάσεων στο Κέντρο Ελέγχου εγκαταλείπεται υποχρεωτικά η εξαντλητική διερεύνηση* και γίνεται προσφυγή σε ευρετικές μεθόδους.** Τα σχήματα 4.9.7.α/β/γ απεικονίζουν μία σειρά δέκα χαρακτηριστικών περιπτώσεων κατανομής εργασιών. Στο αριστερό τμήμα απεικονίζεται η κάτοψη των δαπέδων εναπόθεσης, όπου με σύμβολα απεικονίζονται οι θέσεις των Οχημάτων Πλαισίων, των φορτηγών και των Ε/Κ.

* Οι εξαντλητικές μέθοδοι έρευνας, ερευνούν ολόκληρο τον χώρο αναφοράς του εκάστοτε προβλήματος. Αντίθετα οι ευρετικές μέθοδοι είναι στρατηγικές για επιλεκτική διερεύνηση του χώρου αναφοράς. Οι στρατηγικές αυτές καθοδηγούν την έρευνα σε κατευθύνσεις που εμφανίζουν μεγάλη πιθανότητα επιτυχίας.[280]

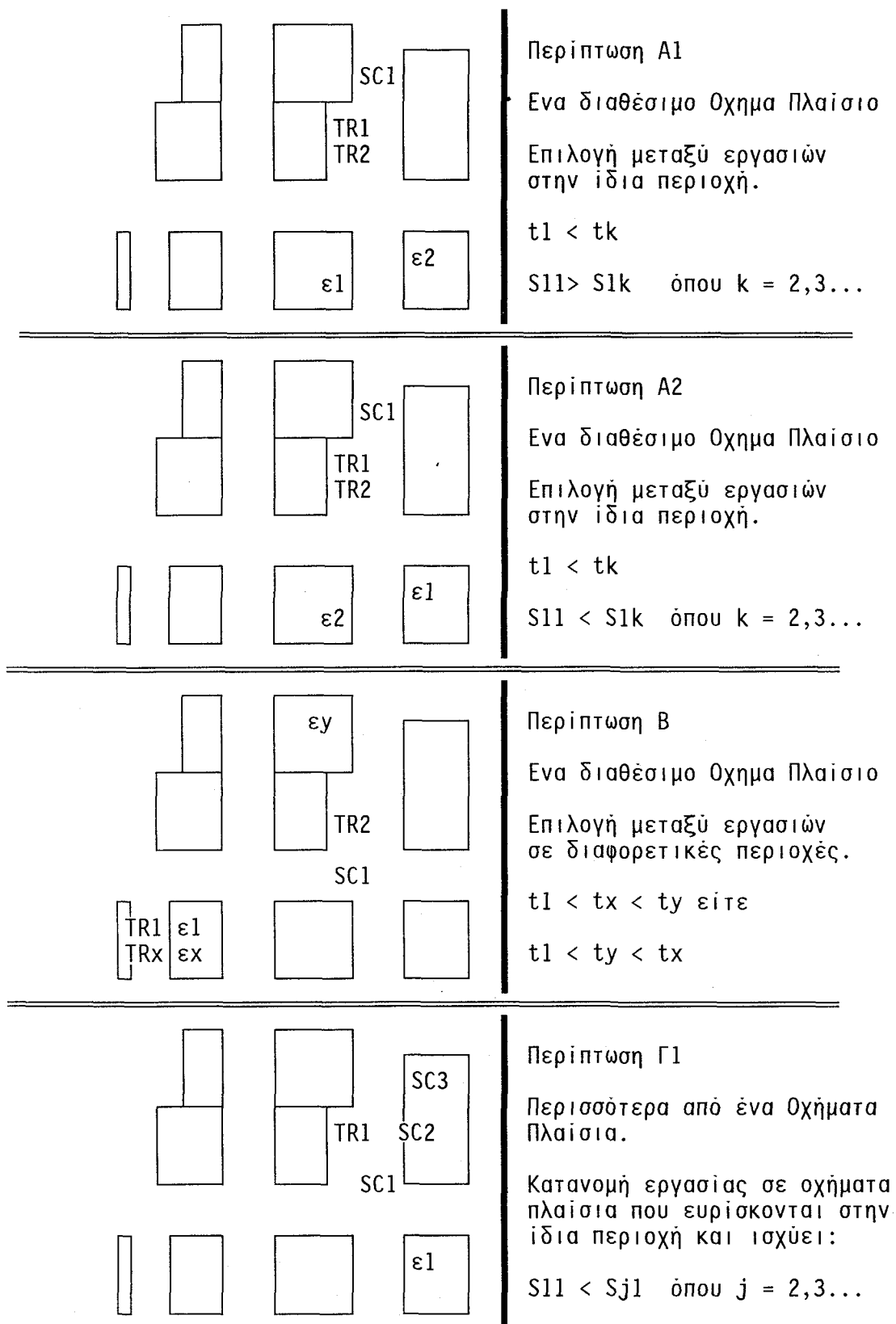
** Ο άνθρωπος νους χρησιμοποιεί σχεδόν αποκλειστικά ευρετικές μεθόδους για την επίλυση προβλημάτων.[280] Τα έμπειρα συστήματα προσπαθούν να μετασχηματίσουν την εξειδικευμένη γνώση σε προγράμματα για ηλεκτρονικούς υπολογιστές.[309,281-286]

Η θέση του Οχήματος Πλαισίου j στον χώρο απεικονίζεται με το σύμβολο SC_j ενώ οι θέσεις των Ε/Κ που πρόκειται να παραληφθούν/παραδοθούν απεικονίζονται με το σύμβολο $ει$. Σύμφωνα με όσα έχουν αναφερθεί στην παράγραφο δ, το Οχημα Πλαίσιο SC_j προηγείται του SC_{j+1} . Η απόσταση μετακίνησης του Οχήματος Πλαισίου j μέχρι τη θέση του Ε/Κ $ει$ συμβολίζεται S_{ji} . Ο χρόνος άφιξης του φορτηγού TR_i στο σύστημα εξυπηρέτησης συμβολίζεται t_i .

Ο χαρακτηρισμός "ανήκουν στην ίδια περιοχή" αναφέρεται σε θέσεις εναπόθεσης Ε/Κ (ή θέσεις στάθμευσης/ εξυπηρέτησης φορτηγών) που ανήκουν στο ίδιο ή σε γειτονικά δάπεδα εναπόθεσης και επιπλέον έχουν προσπέλαση σε κοινό διάδρομο του εσωτερικού οδικού δικτύου (βλ. σχήμα 4.9.7 περιπτώσεις Α και Ε).

Ένα Οχημα Πλαίσιο			Περισσότερα από ένα Οχήματα Πλαίσια						
			Αρχικές θέσεις στην ίδια περιοχή		Αρχικές θέσεις σε διαφορετικές περιοχές				
Περισσότερες από μία εργασίες			Μία εργασία		Μία εργασία		Περισσότερες από μία εργασίες		
Συγκεντρωμένες σε μία περιοχή		Διασκορπισμένες σε πολλές περιοχές					Συγκεντρωμένες σε μία περιοχή		Διασκορπισμένες σε πολλές περιοχές
							Δύο εργασίες	Περισσότερες από δύο εργασίες	
S1>S2	S1<S2		S1<Sj	S1>Sj	S1<Sj	S1>Sj			
			j = 2,3..		j = 2,3..				
Σύνδεση με κωδικούς σχημάτων 4.9.7.α/β/γ									
A1	A2	B	Γ1	Γ2	Δ1	Δ2	E1	E2	Z

Πίνακας 4.9.7 Διάκριση χαρακτηριστικών περιπτώσεων κατανομής εργασιών.



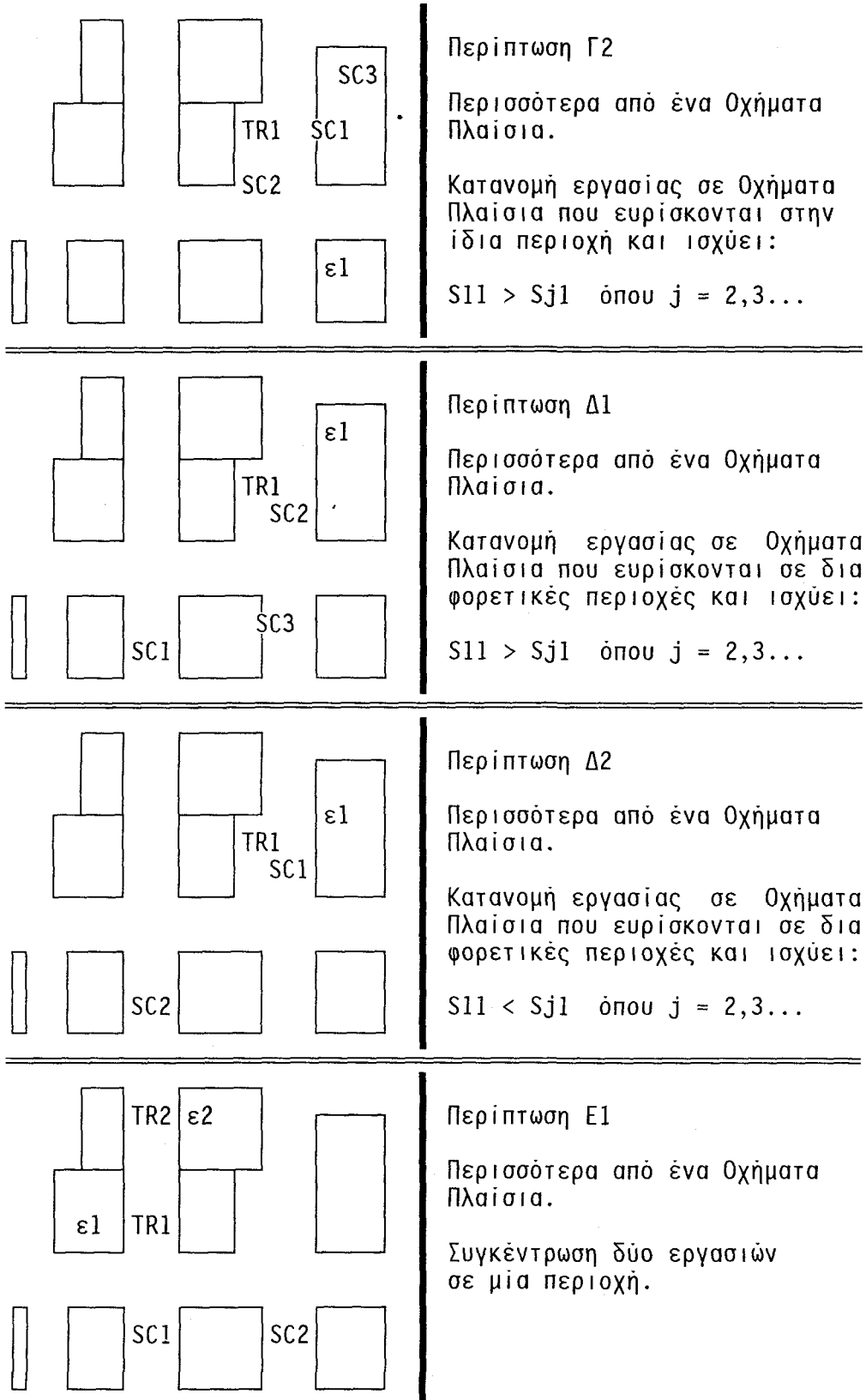
Σχήμα 4.9.7.α Σειρά χαρακτηριστικών περιπτώσεων κατανομής εργασιών σε Οχήματα Πλαίσια.

Η συμπεριφορά του συστήματος εξυπηρέτησης, στον δειγματικό χώρο του προτύπου, για κάθε μία από τις περιπτώσεις αυτές είναι:

Περιπτώσεις A1 και A2. Επιλογή μεταξύ εργασιών στην ίδια περιοχή και ένα μόνο Οχήμα Πλαίσιο είναι διαθέσιμο. Στο Κέντρο Ελέγχου εκκρεμούν περισσότερες από μία απαιτήσεις διακίνησης (μεταφορές Ε/Κ από τη θέση ει, στην Κύρια Περιοχή Εξυπηρέτησης όπου θα φορτωθεί στο φορτηγό TRi). Οι θέσεις ει ανήκουν στην ίδια περιοχή. Σε δείγμα 41 παρατηρήσεων με χαρακτηριστικά $\{t1 < tk \text{ και } S11 > S1k \text{ όπου } (k=2,3..)\}$ οι 39 περιπτώσεις εξυπηρετήθηκαν σύμφωνα με τη σειρά άφιξη των φορτηγών. Ιδια συμπεριφορά παρατηρήθηκε και για την περίπτωση $\{t1 < tk \text{ και } S11 > S1k \text{ (όπου } j=2,3..)\}$. Σε δείγμα 32 παρατηρήσεων, οι 31 εξυπηρετήθηκαν σύμφωνα με τη σειρά άφιξης των φορτηγών.

Περίπτωση Β. Επιλογή μεταξύ εργασιών που ευρίσκονται σε περισσότερες από μία περιοχές όταν ένα μόνο Οχήμα Πλαίσιο είναι διαθέσιμο. Σε όλες τις περιπτώσεις δείγματος 39 παρατηρήσεων η σειρά εξυπηρέτησης ήταν: (α) Η εξυπηρέτηση ξεκινούσε από το φορτηγό με το μικρότερο χρόνο άφιξης. (β) Στην συνέχεια εξυπηρετούντο τα φορτηγά που ήταν στην περιοχή του (γ) Τέλος εξυπηρετούντο τα φορτηγά άλλων περιοχών. Παρατηρείται δηλαδή μία ομαδοποίηση των εργασιών και εξυπηρέτησή τους σύμφωνα με το μικρότερο χρόνο άφιξης της ομάδας.

Περιπτώσεις Γ1 και Γ2 . Επιλογή μεταξύ Οχημάτων Πλαισίων για την ανάθεση μίας εργασίας. Τα Οχήματα Πλαίσια ευρίσκονται σε θέσεις που ανήκουν στην ίδια περιοχή. Σε δείγμα 27 παρατηρήσεων με $S11 > S1j$ (όπου $j = 2,3..$), οι 25 εξυπηρετήθηκαν από το Οχήμα Πλαίσιο 1. Παρόμοια, σε δείγμα 24 παρατηρήσεων με $S11 < S1j$ (όπου $j = 2,3..$), όλες οι εργασίες εξυπηρετήθηκαν από το Οχήμα Πλαίσιο 1. Η ερμηνεία της συμπεριφοράς αυτής έχει δοθεί στην 4.9.5, παρ.δ



Σχήμα 4.9.7.β Σειρά χαρακτηριστικών περιπτώσεων κατανομής εργασιών σε Οχήματα Πλαίσια.

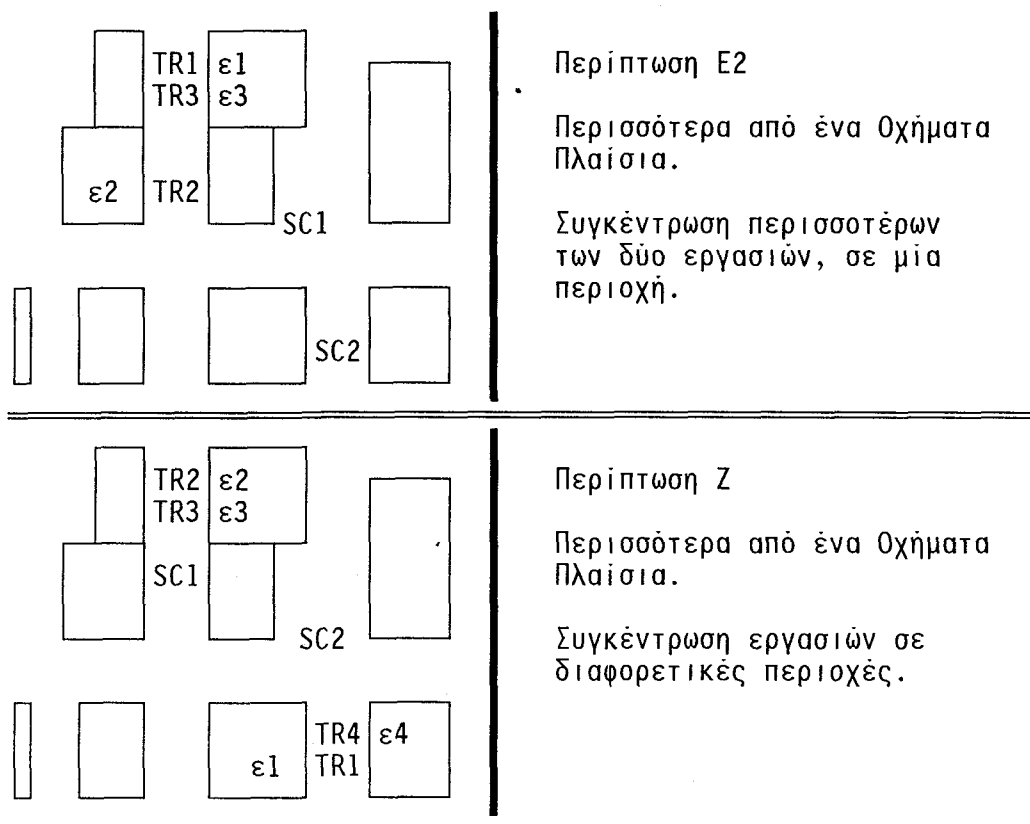
Περιπτώσεις Δ1 και Δ2. Επιλογή μεταξύ οχημάτων πλαισίων για την ανάθεση μίας εργασίας. Τα Οχήματα Πλαίσια ευρίσκονται σε θέσεις που ανήκουν σε διαφορετικές περιοχές. Σε δείγμα 32 παρατηρήσεων με $S11 > Sj1$, οι 29 εξυπηρετήθηκαν από το Οχήμα Πλαίσιο 1. Παρόμοια σε δείγμα 24 παρατηρήσεων με $S11 < Sj1$ όλες οι εργασίες εξυπηρετήθηκαν από το Οχήμα Πλαίσιο 1.

Περιπτώσεις E1 και E2. Συγκέντρωση εργασιών σε μία περιοχή και περισσότερα από ένα διαθέσιμα οχήματα πλαίσια. Διακρίνουμε δύο περιπτώσεις.

- α. Συγκέντρωση δύο εργασιών στην ίδια περιοχή. Σε δείγμα 52 παρατηρήσεων οι 35 εξυπηρετήθηκαν από ένα Οχήμα Πλαίσιο και οι υπόλοιπες 21 από δύο οχήματα πλαίσια. Η ερμηνεία της συμπεριφοράς αυτής έχει δοθεί στην 4.9.5, παρ.δ
- β. Συγκέντρωση περισσότερων των δύο εργασιών στην ίδια περιοχή. Σε δείγμα 22 περιπτώσεων οι 20 εξυπηρετήθηκαν από περισσότερα από ένα οχήματα πλαίσια.

Περίπτωση Ζ. Συγκέντρωση εργασιών σε διαφορετικές περιοχές και περισσότερα από ένα διαθέσιμα Οχήματα Πλαίσια. Δείγμα 22 παρατηρήσεων έδειξε ότι σε όλες τις περιπτώσεις, οι εργασίες που ανήκαν στις ίδιες περιοχές ομαδοποιήθηκαν και εκτελέστηκαν από τα Οχήματα Πλαίσια που ήταν στην περιοχή τους. Οι εργασίες κάθε ομάδας εξυπηρετήθηκαν σύμφωνα με τη σειρά άφιξης των φορτηγών.

Όταν ζητήθηκε από τα μέλη του προσωπικού του Κέντρου Ελέγχου να παρουσιάσουν τον τρόπο λήψης αποφάσεων, αποκαλύφθηκε ότι δεν υπήρχε (ή τουλάχιστον δεν εκφράστηκε) μία κοινή και πλήρης ευρετική διαδικασία, αλλά διάφορες οπτικές γωνίες της πραγματικής στρατηγικής που εφαρμόζεται. Συνδυάζοντας τα στοιχεία των συνεντεύξεων αυτών με προσωπικές του παρατηρήσεις, ο γράφων διετύπωσε πέντε ευρετικούς αλγόριθμους, όχι μόνο για να προσομοιωθεί η πραγματική διαδικασία, αλλά και για να διερευνηθεί η απόδοση του συστήματος εξυπηρέτησης κάτω από εναλλακτικούς κανόνες προτεραιότητας. Οι αλγόριθμοι αυτοί παρουσιάζονται στα κείμενα που ακολουθούν.



Σχήμα 4.9.7.γ Σειρά χαρακτηριστικών περιπτώσεων κατανομής εργασιών σε Οχήματα Πλαίσια.

4.9.6 Ορολογία συνθέτων εννοιών

Η παρουσίαση των κανόνων προτεραιότητας απλοποιείται με τον καθορισμό όρων για σύνθετες έννοιες που χρησιμοποιούνται συχνά. Οι νέου αυτοί όροι είναι:

- α. Θέση προορισμού. * Πρόκειται για το σημείο του χώρου που πρόκειται να κατευθυνθεί το Οχημα Πλαίσιο. Όταν η εξυπηρέτηση αφορά φόρτωση E/K, η θέση προορισμού ταυτίζεται με τη θέση του E/K στο δάπεδο εναπόθεσης, ενώ όταν αφορά εκφόρτωση E/K, η θέση προορισμού ταυτίζεται με την θέση αναμονής του φορτηγού που μεταφέρει το E/K.
- β. Απόσταση μεταξύ θέσεων. Ορίζεται από τη σχέση:
- $$L_{AB} = |Ax - Bx| + |Ay - By|$$
- όπου L_{AB} είναι η απόσταση μεταξύ των θέσεων A και B και (Ax, Ay) και (Bx, By) είναι οι συντεταγμένες κατά X και Y των θέσεων A και B αντίστοιχα.
- γ. Εκτιμώμενη πλησιέστερη απόσταση θέσης DSD από ένα σύνολο j θέσεων Dj. Η επιλογή της Dj ακολουθεί μία διαδικασία δύο βημάτων.

Βήμα 1. Ελέγχεται αν υπάρχει:

$$DSD = Di : (Sx = Dx_i \mid TUi=1) \text{ είτε } (Sy = Dy_j \mid TUi=2)$$

Για $i=1,2,...,j$

όπου TUi είναι κωδικοί διεύθυνσης δαπέδου εναπόθεσης
(βλ 4.6.3)

Η εκλογή Dj τερματίζει τη διαδικασία επιλογής. Στην αντίθετη περίπτωση, η επιλογή πραγματοποιείται στο δεύτερο βήμα της διαδικασίας.

* Η αναφορά σε "θέση" και όχι "συντεταγμένες χώρου" είναι σύμφωνη με την κωδικοποίηση των θέσεων του χώρου, όπως αυτή παρουσιάζεται στο κεφ. 4.6.2

Βήμα 2. Εκλέγεται :

$$DSD = D_i : D_i = \min\{ |S_x - D_{xi}| + |S_y - D_{yi}| \}$$

Για $i=1,2,...j$

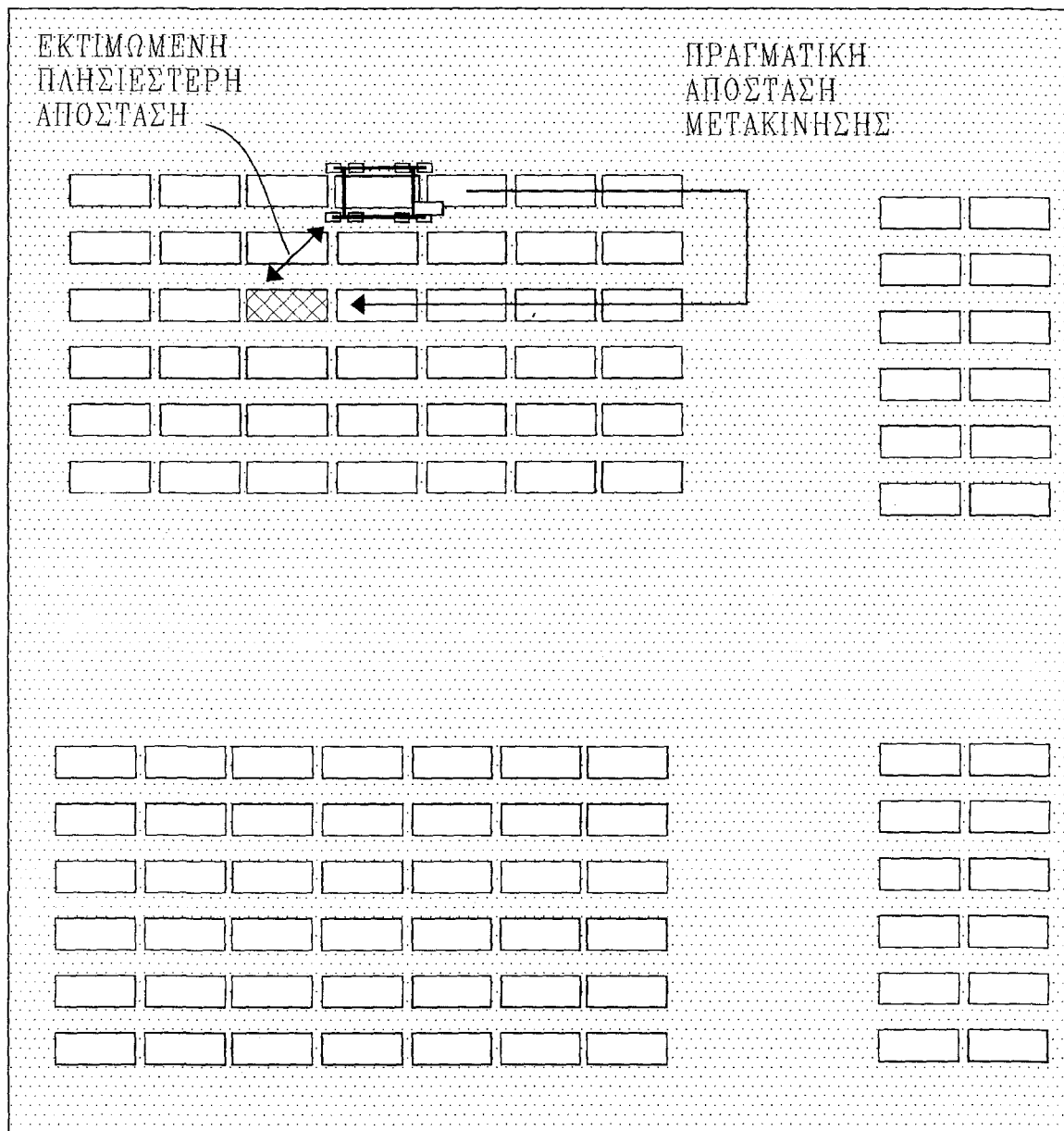
όπου:

$DSD =$ εκτιμώμενη πλησιέστερη απόσταση μεταξύ των θέσεων S και D .

$S_x, S_y =$ συντεταγμένες της θέσης του Οχήματος Πλαισίου κατά την στιγμή της επιλογής.

$D_{xj}, D_{yj} =$ συντεταγμένες κατά X και Y της θέσης D_j

Η φυσική έννοια των πιο πάνω σχέσεων είναι το Οχημα Πλαίσιο εκτελεί κατά προτεραιότητα τις διακινήσεις Ε/Κ που ευρίσκονται στην ίδια σειρά με το Οχημα και κατόπιν τις γεωμετρικά πλησιέστερες προς αυτό. Αν και σε πολλές περιπτώσεις η γεωμετρικά πλησιέστερη θέση δεν ταυτίζεται και με τη χρονικά ελάχιστη διαδρομή, (για παράδειγμα η μετακίνηση του SC2 του σχήματος 4.9.6 στην θέση Δ είναι χρονικά μικρότερη έναντι της μετακίνησής του στην θέση Γ) το κριτήριο αυτό περιγράφει ικανοποιητικά τις επιλογές που υποδεικνύονται από το Κέντρο Ελέγχου. Η ερμηνεία της συμπεριφοράς αυτής βρίσκεται στο γεγονός της έλλειψης οπτικής επαφής μεταξύ Κέντρου Ελέγχου και των περισσότερων χώρων εναπόθεσης. Το προσωπικό του Κέντρου Ελέγχου αγνοεί την ακριβή θέση των Οχημάτων Πλαισίων, με αποτέλεσμα η εκτίμηση της πλησιέστερης θέσης να γίνεται προσεγγιστικά, βάσει των εγγραφών των εντύπων που οι οδηγοί των φορτηγών παραδίδουν στο Κέντρο Ελέγχου. Με μία τέτοια προσέγγιση η κωδικοποιημένη διεύθυνση {σειρά 3, θέση 3} που αντιστοιχεί στο Ε/Κ (Γ) του σχήματος 4.9.6 "παρουσιάζεται" (για ένα Οχημα Πλαίσιο σταθμευμένο στην διεύθυνση {σειρά 1, θέση 4}) πλησιέστερη από την εναλλακτική επιλογή του Ε/Κ (Δ) στην διεύθυνση {σειρά 5, θέση 7}.



Σχήμα 4.9.6 Γραφική απεικόνιση της έννοιας
"εκτιμώμενη πλησιέστερη απόσταση"

δ. Ελεύθερο Οχήμα Πλαίσιο. Χαρακτηρίζεται έτσι κάθε Οχήμα Πλαίσιο που έχει ολοκληρώσει τις προηγούμενες εργασίες του και είναι σε κατάσταση αναμονής για ανάληψη νέων εντολών.

ε. Πρώτο ελεύθερο Οχήμα Πλαίσιο. Προκύπτει από την επαναληπτική διαδικασία:

$$FSC \begin{cases} = i \text{ όταν } AD(i) = 3 \text{ οπότε και τερματίζεται η} \\ \text{επαναληπτική διαδικασία} \\ \text{επανάληψη της διαδικασίας σε κάθε άλλη περίπτωση} \end{cases}$$

για $i = 1, 2, \dots, NSC$

όπου: NSC = αριθμός προσομοιούμενων οχημάτων πλαισίων

FSC = πρώτο ελεύθερο Οχήμα Πλαίσιο

ζ. Ταύτιση μήκους E/K και μήκους αρπάγης Οχήματος Πλαισίου. Σύμφωνα με όσα έχουν αναφερθεί στο προηγούμενο κεφάλαιο, τα οχήματα πλαίσια καθορίζουν το άνοιγμα της αρπάγης τους ώστε άλλα να συλλαμβάνουν E/K των 20 ποδών και άλλα των 40 ποδών. Το άνοιγμα της αρπάγης κάθε Οχήματος Πλαισίου (c), καταχωρείται σε δείκτη LAc που περιλαμβάνεται στα χαρακτηριστικά κάθε Οχήματος Πλαισίου. Κατά τη διαδικασία σάρωσης/επιλογής εργασιών από το κ.ε.δ, τα οχήματα πλαίσια απορρίπτονται απαιτήσεις διακίνησης εφόσον το μήκος του προς διακίνηση E/K δεν ταυτίζεται με την τιμή του δείκτη LAc του Οχήματος Πλαισίου (c). Η αναγνώριση του μήκους (20/40) του E/K γίνεται από κωδικοποιημένη πληροφορία που περιέχεται στην AR_{ij} .

Στα κείμενα που ακολουθούν παρουσιάζονται διαδοχικά οι αλγόριθμοι των ευρετικών κανόνων κατανομής προτεραιότητας μαζί με σχόλια που προέκυψαν από τον έλεγχο εγκυρότητας τους, που πραγματοποιήθηκε και με τη βοήθεια της εικονικής εξόδου του προτύπου. Οι συμβολισμοί που ακολουθούνται είναι:

i = Δείκτης του καταλόγου εντολών διακίνησης (κ.ε.δ)
προς τα Οχήματα Πλαίσια.

IND = Δείκτης της εγγραφής του κ.ε.δ. που επιλέγει με βάση τον κανόνα προτεραιότητας.

H_i = Θέση προορισμού της εγγραφής με δείκτη i του κ.ε.δ.

c = Αριθμός Οχήματος Πλαισίου.

DH_{ci} = Εκτιμώμενη πλησιέστερη θέση προορισμού μεταξύ της θέσης προορισμού της εγγραφής με δείκτη i στον κ.ε.δ. και του Οχήματος Πλαισίου c .

SCP_c = Θέση προορισμού Οχήματος Πλαισίου c .

SCM_c = Θέση Οχήματος Πλαισίου τη χρονική στιγμή που πραγματοποιείται η επιλογή.

NSC = Μέγιστος αριθμός των προσομοιουμένων οχημάτων πλαισίων.

4.9.7α Αλγόριθμος ευρετικού κανόνα 1

Εξυπηρέτηση φορτηγών σύμφωνα με τη σειρά της άφιξής τους. Πρόκειται για εφαρμογή του γνωστού F.C.F.S κανόνα προτεραιότητας. (FCFS= First Come First Served = Εξυπηρέτηση πελατών κατά σειρά άφιξης). Η μαθηματική διατύπωση του αλγόριθμου αυτού είναι:

$$IND^* = i : A_i = \min \{A_i\} \quad i = 1, 2, \dots, IND$$

όπου A_i η χρονική στιγμή παράδοσης των εντολών διακίνησης στο Κέντρο Ελέγχου.

Λόγω της τεχνικής αναδιάταξης των εγγραφών που εφαρμόζεται στον κατάλογο κ.ε.δ (πρβλ 4.9.2), η μαθηματική διατύπωση του αλγόριθμου που επιλέγει την εγγραφή με το ελάχιστο A_i είναι ιδιαίτερα απλή. Επιλέγεται:

$$IND^* = i : L_i = SPC \quad i = 1, 2, \dots, IND$$

όπου

c = το υπό εξέταση Οχημα Πλαίσιο

L_i = το μήκος του E/K

SPC = το μήκος της αρπάγης του Οχήματος Πλαισίου c . (βλ 4.9.6 περ ζ)

Ο κανόνας αυτός (FCFS) είναι από τους πιο συνηθισμένους κανόνες προτεραιότητας στα συστήματα αναμονής, γιατί ικανοποιεί το "περί δικαίου αίσθημα" των πελατών του συστήματος. Αν και η σειρά άφιξης των πελατών/φορτηγών λαμβάνεται υπ' όψιν στους περισσότερους από τους ευρετικούς αλγόριθμους που παρουσιάζονται στο κεφάλαιο αυτό, η αμιγής μορφή του κανόνα αυτού εφαρμόζεται στον δειγματικό χώρο του προτύπου μόνο σε περιπτώσεις που ο ρυθμός άφιξης των φορτηγών είναι σημαντικά μικρότερος του ρυθμού εξυπηρέτησης των Οχημάτων Πλαισίων, οπότε και δε δημιουργούνται μεγάλες ουρές αναμονής.

4.9.7β Αλγόριθμος ευρετικού κανόνα 2

Το πρώτο ελεύθερο Οχημα Πλαίσιο επιλέγει την πλησιέστερη θέση προορισμού σε αυτό. Πρόκειται για τον κανόνα προτεραιότητας Nearest Neighbour, σε συνδυασμό με την τακτική διαθεσιμότητας των μηχανημάτων που έχει περιγραφεί στο υποκεφάλαιο 4.9.5. Η μαθηματική διατύπωση του αλγόριθμου αυτού, είναι:

$$IND^* = i: DHic = \min \{ DHic \mid Li = SPc \} \quad i = 1, 2, \dots, IND$$

όπου c = το υπό εξέταση Οχημα Πλαίσιο.

Αξιολογώντας τη συμπεριφορά του συστήματος που υπακούει στον αλγόριθμο αυτό, με βάση τις περιπτώσεις του σχήματος 4.9.7 παρατηρούμε ότι στην περίπτωση B, ο αλγόριθμος 2 εξυπηρετεί τις εργασίες με τη σειρά $\{e1, e2, e3\}$ που είναι και η σειρά εξυπηρέτησης τους στο πραγματικό σύστημα.

Αντίθετα στην περίπτωση A1, η επιλογή της $e2$ πριν από την $e1$, δεν οδηγεί σε σημαντικό όφελος χρόνου, ενώ αντίθετα "αδικεί" τον πρώτο αφικνούμενο TR1 που εξυπηρετείται τελευταίος. Μη επιτυχημένη είναι και η επιλογή του SC1 για την εξυπηρέτηση της $e1$, ενώ το ελεύθερο Οχημα Πλαίσιο SC2 είναι πολύ πλησιέστερα. Ακόμη στις περιπτώσεις E1, E2 και Z η σειρά εξυπηρέτησης που καθορίζεται, διαφέρει από την παρατηρηθείσα στο πραγματικό σύστημα.

Συμπέρασμα των πιο πάνω παρατηρήσεων είναι ότι ο αλγόριθμος 2, δεν είναι κατάλληλος για την προσομοίωση του συγκεκριμένου δειγματικού χώρου, όμως (όπως έχει αναφερθεί στην 4.9.5), η ανάπτυξη των αλγορίθμων αποσκοπεί και στην διερεύνηση

της απόδοσης του συστήματος εξυπηρέτησης, κάτω από εναλλακτικούς κανόνες προτεραιότητας.

4.9.7γ Αλγόριθμος ευρετικού κανόνα 3

Κατανομή κάθε πρώτης εγγραφής του καταλόγου απαιτήσεων, στο πλησιέστερο από τα ελεύθερα Οχήματα Πλαίσια. Πρόκειται για κανόνα προτεραιότητας χωρίς ιεράρχηση των Οχημάτων Πλαισίων που συμμετέχουν στην ομάδα εργασίας. Η μαθηματική διατύπωση του αλγόριθμου αυτού είναι:

$$IND^* = i : DHic = \min \{ DHic \mid Li = SPc \text{ και } IDC = 3 \}$$

όπου:

$$i = 1$$

$$c = 1, 2, \dots, NSC$$

$IDC = \text{Δείκτης.}$ Η τιμή 3 δηλώνει ότι το Οχημα Πλαίσιο c είναι ελεύθερο.

Ο αλγόριθμος αυτός προβλέπει σωστά τη συμπεριφορά του πραγματικού συστήματος για τις περιπτώσεις A1, A2 και Γ2 του σχήματος 4.9.7.α/β/γ και είναι ιδανικός για την πρόβλεψη της συμπεριφοράς του συστήματος στις περιπτώσεις Δ1 και Δ2. Όμως η αυστηρά σειριακή εξυπηρέτηση (των εργασιών του καταλόγου) που ενυπάρχει στον αλγόριθμο αυτό, οδηγεί σε επιλογές που δεν ταυτίζονται με αυτές του πραγματικού συστήματος στις περιπτώσεις Β και Ζ. Ακόμη η ιδιότητα της ισότιμης συμμετοχής των Οχημάτων Πλαισίων στην διαδικασία επιλογής εργασιών οδηγεί σε διαφορετικές επιλογές και στην περίπτωση Γ1.

4.9.7δ Αλγόριθμος ευρετικού κανόνα 4

Κάθε Οχημα Πλαίσιο θεωρείται ότι έχει μια κυκλική "περιοχή επιρροής" με ακτίνα R και κέντρο τη θέση του Οχήματος Πλαισίου. Όσες εντολές διακίνησης έχουν τις θέσεις προορισμού τους μέσα στην περιοχή αυτή αποτελούν την πρώτη κλάση, ενώ οι υπόλοιπες τη δεύτερη. Κατά τη διαδικασία επιλογής, εξετάζεται πρώτα η πρώτη κλάση (με προτεραιότητα FCFS) και μόνο όταν αυτή είναι κενή εξετάζεται η δεύτερη κλάση. Σημειώνεται ότι η εκλογή διαφορετικών τιμών για την παράμετρο R οδηγεί και σε

διαφορετική συμπεριφορά του συστήματος εξυπηρέτησης. Η μαθηματική διατύπωση του κανόνα είναι για την πρώτη κλάση:

$$IND^* = i : \{DHci < R \mid Li = SPc\} \quad \text{για} \quad i = 1, 2, \dots, IND$$

όπου c = το υπό εξέταση Οχημα Πλαίσιο.

και για τη δεύτερη κλάση

$$IND^* = i : Li = SPc \quad \text{για} \quad i = 1, 2, \dots, IND$$

όπου c = το υπό εξέταση Οχημα Πλαίσιο.

Ο ευρετικός αυτός αλγόριθμος (με $R = 120$ μέτρα) αποδείχτηκε ο περισσότερο κατάλληλος (μεταξύ των αλγορίθμων που εξετάζονται) για την προσομοίωση της συμπεριφοράς του συστήματος εξυπηρέτησης φορτηγών του δειγματικού χώρου του προτύπου. Προβλέπει σωστά τις περιπτώσεις A1, A2, B, Γ1, Γ2, Δ2, E2 και Z, όχι όμως και την Δ1. Θα πρέπει όμως να σημειωθεί ότι η περίπτωση Δ1 εμφανίζεται με μικρή συχνότητα, κυρίως κατά τη μετάβαση του συστήματος εξυπηρέτησης από κατάσταση ηρεμίας σε κατάσταση λειτουργίας.

4.9.7ε Αλγόριθμος ευρετικού κανόνα 5

Κάθε Οχημα Πλαίσιο θεωρείται ότι ακόμη και στην περίπτωση που είναι απασχολημένο, μπορεί να "δεσμεύσει" ένα προκαθορισμένο αριθμό εργασιών (NB) από τον κ.ε.δ. με προοπτική να τις εξυπηρετήσει μόλις ολοκληρώσει την τρέχουσα εργασία του. Η "δέσμευση" γίνεται με κριτήριο την εκτιμώμενη ελάχιστη απόσταση κάθε Οχήματος Πλαισίου (βλ. 4.9.6). Αν SC το συγκεκριμένο Οχημα Πλαίσιο που αναζητά εργασία και Wc είναι ο αριθμός των εργασιών που "δεσμεύει" το Οχημα Πλαίσιο c, τότε η επιλογή εργασίας ακολουθεί την πιο κάτω επαναληπτική διαδικασία:

(α) Επιλέγεται $SC^* = c : DHci = \min \{ DHci \mid Wc < NB \}$

για $i = 1, 2, \dots, IND$

και $c = 1, 2, \dots, NSC$

(β) Εάν SC^* $\left\{ \begin{array}{l} = SC \text{ τότε } IND^* = i \\ \text{και η διαδικασία τερματίζεται} \\ \\ SC \text{ τότε ο δείκτης } Wc \text{ του Οχήματος } c \\ \text{αυξάνεται κατά μία μονάδα και η} \\ \text{διαδικασία επαναλαμβάνεται από το} \\ \text{βήμα (α).} \end{array} \right.$

Η εκλογή διαφορετικών τιμών για την παράμετρο NB, οδηγεί και σε διαφορετική συμπεριφορά του συστήματος εξυπηρέτησης, ιδιαίτερα μάλιστα για τις πρώτες τιμές της παραμέτρου. Ο αλγόριθμος 5 προβλέπει σωστά τη συμπεριφορά του πραγματικού συστήματος για τις περιπτώσεις A1, A2, B, Δ1, Δ2, Z όχι όμως και τις Γ1, Γ2, E1 και E2. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η συμπεριφορά του αλγορίθμου 5, στις περιπτώσεις E1 και E2. Η βασική ιδιότητα του αλγορίθμου αυτού, να μην μετακινεί το υπό εξέταση Οχημα Πλαίσιο σε περιοχές άλλων μηχανημάτων, παρά μόνο στην περίπτωση που ο αριθμός των εργασιών στις περιοχές αυτές ξεπεράσει το όριο NB, περιορίζει τις μετακινήσεις των Οχημάτων Πλαισίων, όμως αυξάνει τους νεκρούς χρόνους τους.

Η στρατηγική αυτή οδηγεί σε "διασπορά" των οχημάτων πλαισίων σε "περιοχές επιρροής", όπου αναμένουν να εξυπηρετήσουν τα φορτηγά οχήματα που εισέρχονται σε αυτές. Οι Haner, Baecker και Bunt αναφέρουν ότι οι ελεγκτές στόλου ραδιο-ταξί χρησιμοποιούν παρόμοιες στρατηγικές για την κατανομή των κλήσεων των επιβατών στα οχήματά τους.^[165]

Αν και η συμπεριφορά του πραγματικού συστήματος, διαφέρει από αυτήν του αλγορίθμου 5, εκτιμάται ότι η εφαρμογή του μπορεί να οδηγήσει σε βελτιωμένη απόδοση του συστήματος εξυπηρέτησης σε συνθήκες υψηλού φόρτου εργασίας και μεγάλου αριθμού μηχανημάτων.

4.10 ΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ

Υπάρχουν δύο κατηγορίες αποτελεσμάτων:

1. Γραφικά αποτελέσματα και πληροφορίες που εμφανίζονται στην γραφική έξοδο που παράγεται κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του προγράμματος.
2. Αριθμητικά αποτελέσματα που παράγονται στο τέλος της εκτέλεσης κάθε σεναρίου καθώς και στο τέλος της εκτέλεσης κάθε ομάδας σεναρίων (πρβλ 4.8.2).

Το σχήμα 4.10.α αποτελεί δείγμα των γραφικών αποτελεσμάτων του προτύπου. Διακρίνονται η κάτοψη της προσομοιούμενης τερματικής εγκατάστασης όπου με σύμβολα απεικονίζονται οι θέσεις των μηχανημάτων και των μέσων μεταφοράς (στην συγκεκριμένη περίπτωση Οχήματα Πλαίσια, φορτηγά και πλοία) καθώς και επιλεγμένα Ε/Κ ή θέσεις εναπόθεσης Ε/Κ. Η απεικόνιση επιλεγμένων Ε/Κ (ή θέσεων Ε/Κ) και όχι όλων των Ε/Κ, διευκολύνει την παρακολούθηση των εκτελούμενων δραστηριοτήτων. Τα Ε/Κ που απεικονίζονται αναφέρονται σε Ε/Κ που πρόκειται να παραληφθούν από φορτηγά που οι οδηγοί τους έχουν παραδώσει τα απαιτούμενα συνοδευτικά έγγραφα στο Κέντρο Ελέγχου. Παρόμοια, οι θέσεις των Ε/Κ που απεικονίζονται, αναφέρονται στις θέσεις όπου πρόκειται να τοποθετηθούν Ε/Κ που έχουν μεταφερθεί από φορτηγά και οι οδηγοί τους έχουν ήδη παραδώσει τα απαιτούμενα συνοδευτικά έγγραφα στο Κέντρο Ελέγχου.

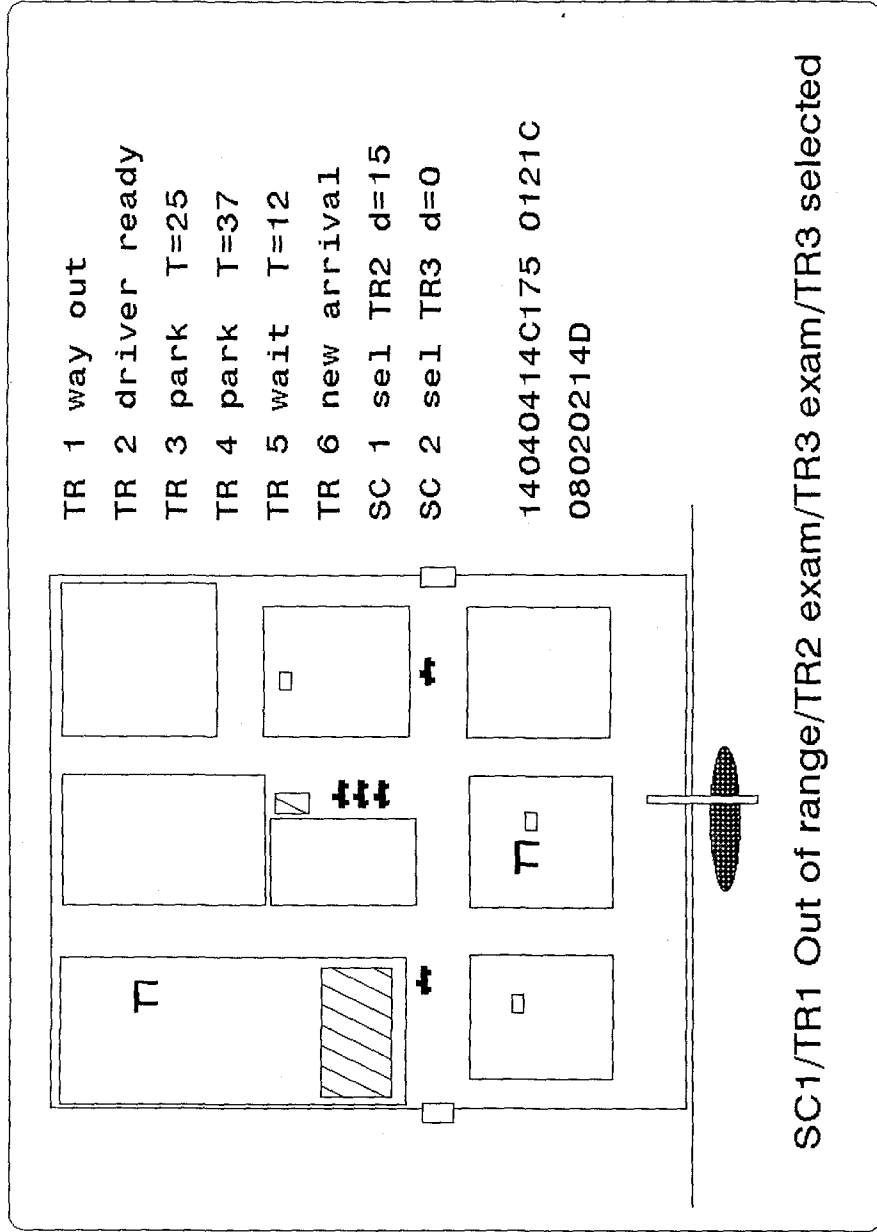
Η γραφική έξοδος περιλαμβάνει ακόμη πληροφορίες για την κατάσταση μηχανημάτων και φορτηγών, που δίδονται με μορφή κωδικοποιημένων μηνυμάτων και αριθμητικών ενδείξεων. Οι πληροφορίες που αφορούν τα φορτηγά, αρχίζουν με τον κωδικό TR και περιλαμβάνουν το χρόνο άφιξης του φορτηγού, το χρόνο στάθμευσής του, το χρόνο παράδοσης των σχετικών συνοδευτικών εγγράφων στο Κέντρο Ελέγχου, στοιχεία κίνησης/κατάστασης (ταχύτητα, εμπλοκή σε κυκλοφοριακή εμπλοκή, αναμονή, εξυπηρέτησης) καθώς και τους χρόνους άφιξης και εξόδου του φορτηγού από την αντίστοιχη πύλη της εγκατάστασης. Οι πληροφορίες που αφορούν τα Οχήματα Πλαίσια αρχίζουν με τον κωδικό SC και περιλαμβάνουν μηνύματα και αριθμητικές ενδείξεις που παρακολουθούν τις δραστηριότητες (μετακίνηση, φόρτωση, εκφόρτωση, αναμονή) και τις κινήσεις (ταχύτητα, εμπλοκή σε κυκλοφοριακή εμπλοκή, είδος και χρόνο εκτέλεσης χειρισμών) των μηχανημάτων αυτών.

↓ ΟΘΟΝΗ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ

↓ Δραστηριότητες
Οχημάτων Πλαισίων
και φορητών

↓ Εντολές προς εκτέλεση

↓ Αποφάσεις ευρετικού
αλγορίθμου



Σύμβολα Π Π Οχημα Πλαισιο Ε/Κ ή θέση ενάποψης Ε/Κ
 + Φορτηγό Π Πλοιο και Γερανογέφυρα προκυμάλας
 // Κτήρια

Τα σύμβολα Π και + μπορούν να αντικατασταθούν από τους αντίστοιχους κωδικούς (SCx, TRx)

Απεικονίζονται ακόμη οι ανεκτέλεστες στο Κέντρο Ελέγχου εντολές για εξυπηρέτηση φορτηγών και κατά περίπτωση (δεν απεικονίζονται στην οθόνη του σχήματος 4.10.α) οι κατάλογοι επιλογών που επιβάλλουν καθυστερήσεις σε Οχήματα Πλαίσια και τα φορτηγά, θέτουν εκτός λειτουργίας ή επαναδραστηριοποιούν τα Οχήματα Πλαίσια και ανακατανέμουν τα μηχανήματα μεταξύ των διαφορετικών ομάδων εργασίας.

Στην ίδια οθόνη απεικονίζονται ακόμη τα βήματα που ακολουθούνται από το έμπειρο σύστημα στην λήψη των αποφάσεων που αναφέρονται στην σειρά εξυπηρέτησης των φορτηγών και τη διανομή των σχετικών εργασιών στα Οχήματα Πλαίσια. Είναι δυνατή η διακοπή της εκτέλεσης του προγράμματος σε κάθε λήψη απόφασης ώστε ο χρήστης να έχει τον χρόνο για να παρατηρήσει τη διαδικασία και το αποτέλεσμα.

Το σχήμα 4.10.β παρουσιάζει δείγματα εκτυπώσεων αριθμητικών αποτελεσμάτων του προτύπου. Διακρίνονται τέσσερις κατηγορίες στοιχείων. Η πρώτη ομάδα αφορά τα φορτηγά αυτοκίνητα. Για κάθε άφιξη, τα στοιχεία που καταγράφονται είναι:

- Tarr = Χρόνος άφιξης του φορτηγού στην πύλη της εγκατάστασης.
- ord 1 = Χρονική στιγμή εισόδου του φορτηγού στην εγκατάσταση.
Υπενθυμίζεται ότι ο χρόνος άφιξης δεν ταυτίζεται με τον χρόνο εισόδου καθώς ο αριθμός των φορτηγών που επιτρέπεται να ευρίσκονται στις εγκαταστάσεις είναι περιορισμένος.
- ord 2/3/4/5 = Χρονικές στιγμές έναρξης μετακινήσεων (μετακίνηση προς δάπεδα εναπόθεσης, μετακίνηση προς έξοδο κλπ).
- ord 6 = Χρονική στιγμή πέρατος της εξυπηρέτησης. Αναχώρηση του φορτηγού για την πύλη εξόδου.
- exit = Χρονική στιγμή εξόδου του φορτηγού από την εγκατάσταση.
- dwel = Χρόνος παραμονής φορτηγού στην εγκατάσταση.
- Tserv = Χρόνος εξυπηρέτησης, από την άφιξη του φορτηγού στην Κύρια Περιοχή Εξυπηρέτησης έως την ολοκλήρωση της εξυπηρέτησής του από Οχημα Πλαίσιο.

ΑΡΧΕΙΟ 1 Στοιχεία φορτηγών οχημάτων

N	Tarr	ord1	ord2	ord3	ord4	ord5	ord6	exit	dw
1	0	0	132	0	0	0	387	476	476
2	24	24	156	0	0	0	413	506	482
3	46	46	177	0	0	0	674	766	720

ΑΡΧΕΙΟ 2 Στοιχεία Οχημάτων Πλαισίων

N	Iar	T1	Hi	cri	cr	T2	Hi	cri	cr	end	De	ser1	ser2
11	1	132	4	328	49	301	1	0	19	386	0	169	83
13	2	156	4	27	82	267	1	72	97	412	0	111	145
13	3	412	4	20	128	533	1	24	128	673	0	121	140

ΑΡΧΕΙΟ 3 Στοιχεία κυκλοφοριακών εμπλοκών

Φορτηγά (συνολικά) Οχήμα Πλαίσιο 11 Απώλειες χρόνου = 9.
 Οχήμα Πλαίσιο 12 Απώλειες χρόνου = 0
 Οχήμα Πλαίσιο 13 Απώλειες χρόνου = 11

ΑΡΧΕΙΟ 4 Στατιστικά στοιχεία (μία γραμμή ανά σενάριο)

Scen	Sy	Poli	simT	Arr	SC	nTRtT	nTRtS	mSCt	tSCdN	tSCdS	tSCc	tTRc
290	1	5	6630	30	3	505	329	258	5648	4196	28	41
290	1	5	6794	30	3	555	380	264	5868	4062	35	58
290	1	5	6134	30	3	548	369	265	6036	3998	61	64

	N	Κωδικός αριθμός μηχανήματος/οχήματος	ΥΠΟΜΝΗΜΑ
Tarr		Χρονική στιγμή άφιξης φορτηγού	
ord1		Χρονική στιγμή εισόδου του φορτηγού στην εγκατάσταση	
ord2		Χρονική στιγμή που το Κέντρο Ελέγχου δίνει εντολή διακίνησης	
ord3, ord4, ord5		Όπως η ord2, για τις περιπτώσεις που το φορτηγό έχει και άλλες εργασίες	
ord6		Χρονική στιγμή τέλους της εμπλοκής του φορτηγού στη διαδικασία εξυπηρέτησης	
exit		Χρονική στιγμή εξόδου φορτηγού από την πύλη	
dw		Χρόνος παραμονής φορτηγού στην εγκατάσταση	
Iar		Αντίστοιχο φορτηγό για εξυπηρέτηση	
T1, T2		Χρονική στιγμή έναρξης κίνησης	
Hi		Κωδικός χειρισμού	
cri, cr		Αποστάσεις μετακίνησης στο οδικό δίκτυο και τους διαδρόμους των δαπέδων	
end		Χρονική στιγμή τέλους της δραστηριότητας	
De		Χρόνος καθυστέρησης στην περίπτωση που το φορτηγό δεν είναι παρόν	
ser1, ser2		Χρόνος κύκλου εξυπηρέτησης (δύο επί μέρους τμήματα)	
Scen		Κωδικός σεναρίου άφιξης φορτηγών	
Poli		Κωδικός στρατηγικής εξυπηρέτησης	
simT		Συνολικός χρόνος προσομοίωσης	
Arr		Αριθμός αφίξεων φορτηγών	
SC		Αριθμός Οχημάτων Πλαισίων	
mTRtT, mTRtS		Μέσοι χρόνοι παραμονής στην εγκατάσταση και στην Κ.Π.Ε	
mSCt		Μέσος χρόνος κύκλου Οχήματος Πλαισίου	
tSCdN, tSCdS		Συνολική απόσταση μετακίνησης στο οδικό δίκτυο και τους διαδρόμους των δαπέδων	
tSCc, tTRc		Συνολικός χρόνος για Οχήματα Πλαίσια και φορτηγά	

Σχήμα 4.10.β Δείγμα αποτελεσμάτων προτύπου (Μονάδες: Δευτερόλεπτα)

Η δεύτερη ομάδα στοιχείων αφορά τα Οχήματα Πλαίσια. Τα στοιχεία που καταγράφονται για κάθε εξυπηρέτηση μιας απαίτησης διακίνησης είναι:

N	=	Αριθμός Οχήματος Πλαισίου που εξυπηρέτησε την απαίτηση.
Iar	=	Αριθμός άφιξης στον κατάλογο αφίξεων.
Tj	=	Χρονική στιγμή ανάληψης εντολής.
Hj	=	Κωδικός χειρισμού.
Crj	=	Μήκος που διανύθηκε στο εσωτερικό οδικό δίκτυο.
Cj	=	Μήκος που διανύθηκε στα δάπεδα εναπόθεσης.
end	=	Χρονική στιγμή εξυπηρέτησης.
De	=	Χρόνος καθυστέρησης επειδή το φορτηγό δεν έφθασε έγκαιρα στο σημείο εξυπηρέτησης (Αφορά εξυπηρετήσεις στα δάπεδα εναπόθεσης).
S1+2	=	Συνολικός χρόνος εξυπηρέτησης φορτηγού.

Η τρίτη ομάδα στοιχείων περιέχει τις καθυστερήσεις λόγω κυκλοφοριακών εμπλοκών για το σύνολο των φορτηγών καθώς και για κάθε Οχημα Πλαίσιο διακεκριμένα.

Η τέταρτη ομάδα, περιλαμβάνει στατιστικά στοιχεία. Κάθε εγγραφή αντιστοιχεί σε μία επανάληψη της προσομοιωτικής διαδικασίας με διαφορετικό σενάριο αφίξεων φορτηγών, αριθμό Οχημάτων Πλαισίων και στρατηγικής εξυπηρέτησης. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το πρόγραμμα παρέχει τη δυνατότητα διαδοχικής εκτέλεσης όλων των δυνατών συνδυασμών μεταξύ ομάδας σεναρίων και ομάδας τιμών παραμέτρων που τροποποιούν την στρατηγική εξυπηρέτησης. Κάθε σειρά του αρχείου αυτού περιλαμβάνει ορισμένα στατιστικά στοιχεία, που επιτρέπουν μία πρώτη αξιολόγηση των εναλλακτικών αυτών σχεδιασμών. Τα στοιχεία αυτά είναι:

Scen	=	Κωδικός αριθμός σεναρίου.
Sy	=	Κωδικός του συστήματος εξυπηρέτησης που εφαρμόζεται.
Poli	=	Κωδικός του κανόνα προτεραιότητας στην εξυπηρέτηση.
simT	=	Συνολικός χρόνος προσομοίωσης του σεναρίου.
Arr	=	Αριθμός αφίξεων φορτηγών.
SC	=	Αριθμός οχημάτων πλαισίων.
mTRtT	=	Μέσος χρόνος παραμονής του φορτηγού στην εγκατάσταση.
mTRtS	=	Μέσος χρόνος εξυπηρέτησης του φορτηγού.

- mSCt = Μέσος χρόνος απασχόλησης Οχήματος Πλαισίου.
- tSCdN = Συνολική απόσταση που διανύθηκε από τα Οχήματα Πλαίσια στο εσωτερικό οδικό δίκτυο.
- tSCdS = Συνολική απόσταση που διανύθηκε από τα Οχήματα Πλαίσια σε τμήματα διαδρομών εντός των δάπεδων εναπόθεσης Ε/Κ.
- tSCc = Συνολικές απώλειες χρόνου Οχημάτων Πλαισίων λόγω κυκλοφοριακών εμπλοκών.
- tTRc = Συνολικές απώλειες χρόνου φορτηγών οχημάτων λόγω κυκλοφοριακών εμπλοκών.

Τα στοιχεία όλων των ομάδων εγγράφονται σε αρχεία με μορφή ASCII, ώστε να μπορούν να εισαχθούν σε στατιστικά προγράμματα για περαιτέρω επεξεργασία.

4.11 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΑΛΛΩΝ ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, στην παρούσα εργασία δίδεται ιδιαίτερη προσοχή στην προσομοίωση του υποσυστήματος εξυπηρέτησης των φορτηγών. Το παρόν τμήμα αναφέρεται στον τρόπο με τον οποίο μπορούν να προσομοιωθούν και τα υπόλοιπα υποσυστήματα (υποσύστημα εξυπηρέτησης πλοίου, υποσύστημα εξυπηρέτησης τραίνου) της λιμενικής τερματικής εγκατάστασης. Το σχήμα 4.8.3.α απεικονίζει ότι οι απαιτήσεις προς εξυπηρέτηση των υποσυστημάτων όλων των μέσων "επιλύονται" με τα ίδια τμήματα προγράμματος. Η τεχνική με την οποία επιτυγχάνεται αυτό βασίζεται:

1. Στον αποκλεισμό των δυνατοτήτων του προγράμματος (έμπειρο σύστημα) που προσομοιώνει την στρατηγική εξυπηρέτησης του υποσυστήματος εξυπηρέτησης των φορτηγών, όταν οι απαιτήσεις αναφέρονται σε άλλα υποσυστήματα.
2. Στην ανάπτυξη ενός βασικού αλγορίθμου επίλυσης του κύκλου εξυπηρέτησης του μηχανολογικού εξοπλισμού με γενικό τρόπο, ώστε με την αντιστοίχιση μεταφορικών μέσων, οχημάτων μεταφοράς και χαρακτηριστικών σημείων του κύκλου εξυπηρέτησης να προσομοιώνονται ταυτοχρόνως διαφορετικά υποσυστήματα. Η αντιστοιχία αυτή παρουσιάζεται στον πιο κάτω πίνακα.

	Οχήμα μεταφοράς	Σημείο εισόδου στον κύκλο εξυπηρέτησης	Σημείο εξόδου στον κύκλο εξυπηρέτησης
Υποσύστημα εξυπηρέτησης φορτηγών	Φορτηγό	Πύλη εισόδου φορτηγών	Πύλη εξόδου φορτηγών
Υποσύστημα εξυπηρέτησης πλοίων	Ελκυστήρας με συρόμενη βάση ή ειδικό όχημα μεταφοράς	Γερανογέφυρα προκυμαίας	Γερανογέφυρα προκυμαίας
Υποσύστημα εξυπηρέτησης τραίνου	Ελκυστήρας με συρόμενη βάση ή ειδικό όχημα μεταφοράς	Γερανογέφυρα τραίνου	Γερανογέφυρα τραίνου

Πίνακας 4.11

Αντιστοιχία οχημάτων και σημείων του κύκλου εξυπηρέτησης μεταξύ υποσυστημάτων τερματικής εγκατάστασης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΓΚΥΡΟΤΗΤΑΣ

5.1 ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΓΚΥΡΟΤΗΤΑΣ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Ένα πρότυπο προσομοίωσης ενός σύνθετου πραγματικού συστήματος είναι πάντα μια προσέγγιση του συστήματος, ανεξάρτητα από πόση προσπάθεια έχει αναλωθεί στην ανάπτυξή του.^[152] Γίνεται συνεπώς αναφορά, όχι σε απόλυτη εγκυρότητα ενός προτύπου, αλλά στο βαθμό κατά τον οποίο το πρότυπο "συμφωνεί" με το σύστημα.^[151,152] Ένα πρότυπο δημιουργείται για ένα συγκεκριμένο σκοπό και η ακρίβειά του ή η εγκυρότητά του εκτιμώνται σε σχέση με τον σκοπό αυτό.^[151]

Με την "στενή έννοια" του όρου, ο έλεγχος εγκυρότητας ορίζεται ωςάν η διαδικασία ενίσχυσης της εμπιστοσύνης ότι μεταξύ του προτύπου προσομοίωσης και του πραγματικού συστήματος υπάρχει επιθυμητή ακρίβεια ή αντιστοιχία.^[167] Με την "ευρεία έννοια" ο όρος εγκυρότητα προτύπου περιλαμβάνει έννοιες όπως αντιπροσωπευτικότητα, χρησιμότητα και ευχρηστία.^[172] Ο έλεγχος εγκυρότητας είναι

συνυφασμένος με τη διαδικασία ανάπτυξης του προτύπου καθώς κάθε φάση ανάπτυξης πρέπει να ελέγχεται με κριτήριο την καταλληλότητά της στην διαδικασία επίτευξης του τελικού στόχου.^[172,177] Ο έλεγχος εγκυρότητας είναι ιδιαίτερα ουσιαστικός:

- α. Κατά το μετασχηματισμό του προτύπου σε πρόγραμμα για ηλεκτρονικό υπολογιστή.
- β. Κατά τον έλεγχο της αντιπροσωπευτικότητας του προτύπου.

Κατά το μετασχηματισμό του προτύπου σε πρόγραμμα υπολογιστή γίνεται έλεγχος του προγράμματος σε σχέση με την επιθυμητή συμπεριφορά του, όπως αυτή καθορίζεται από το μαθηματικό πρότυπο. Η ικανότητα του προτύπου της παρούσας διατριβής, να αναπαριστά στην οθόνη του υπολογιστή το αποτέλεσμα του προγράμματος, (γραφική έξοδος), αποτέλεσε ουσιαστικό βοήθημα για την παρατήρηση και έλεγχο της λειτουργίας του. Ο έλεγχος της αριθμητικής εξόδου (τα αναλυτικά και τα συγκεντρωτικά στατιστικά στοιχεία που δίνει το πρόγραμμα στο τέλος της εκτέλεσής του), έγινε με τη βοήθεια ενός "σεναρίου ελέγχου", τα αποτελέσματα του οποίου είχαν υπολογιστεί με διά χειρός επίλυση του μαθηματικού προτύπου.

Ο έλεγχος της αντιπροσωπευτικότητας του προτύπου ορίζεται ως η διαδικασία ενίσχυσης της εμπιστοσύνης, ότι μια επιθυμητή ακρίβεια ή αντιστοιχία υπάρχει μεταξύ του προτύπου προσομοίωσης και του πραγματικού συστήματος. Πρόκειται για την "στενή έννοια" του όρου "έλεγχος εγκυρότητας" όπως αυτός έχει διατυπωθεί πιο πάνω.

Πιθανώς ο πιο κατάλληλος έλεγχος αντιπροσωπευτικότητας ενός προτύπου προσομοίωσης, είναι η σύγκριση των αποτελεσμάτων που δίνει το πρότυπο, με αντίστοιχες μετρήσεις του πραγματικού συστήματος. Ο έλεγχος αυτός δεν μπορεί να εξασφαλίσει ότι και οι προβλέψεις του προτύπου είναι αξιόπιστες, υπάρχει όμως περισσότερη εμπιστοσύνη στα αποτελέσματα του προτύπου στην περίπτωση που ένας τέτοιος έλεγχος έχει προηγηθεί.^[152] Ένας αριθμός στατιστικών ελέγχων έχουν προταθεί^[151,152,167] για τη σύγκριση των αποτελεσμάτων του προτύπου με τα αντίστοιχα του πραγματικού συστήματος. Καθώς το πρότυπο είναι μόνο μία προσέγγιση του πραγματικού συστήματος, ο έλεγχος της υπόθεσης ότι σύστημα και πρότυπο είναι όμοια, είναι υπερβολική. Είναι σωστότερο να ελέγξουμε αν η διαφορά μεταξύ συστήματος και προτύπου είναι αρκετά σημαντική ώστε να επηρεάσει τα συμπεράσματα που προέρχονται μέσω του προτύπου.^[152]

Μία προτεινόμενη τεχνική ελέγχου^[151,152] είναι να εισαχθούν στο πρότυπο τιμές παραμέτρων εισόδου που έχουν μετρηθεί στο φυσικό σύστημα και να ελεγχθούν τα αποτελέσματα του προτύπου με αντίστοιχες μετρήσεις του φυσικού συστήματος. Με την τεχνική αυτή δημιουργούνται συσχετισμένα ζεύγη τιμών και περιορίζεται η τυπική απόκλιση του δείγματος.^[145,147]

Άλλη κατάλληλη τεχνική είναι η σύγκριση των αποτελεσμάτων του προτύπου με τα αποτελέσματα της αναλυτικής επίλυσης ενός προτύπου βασισμένου στην θεωρία αναμονής.^[152]

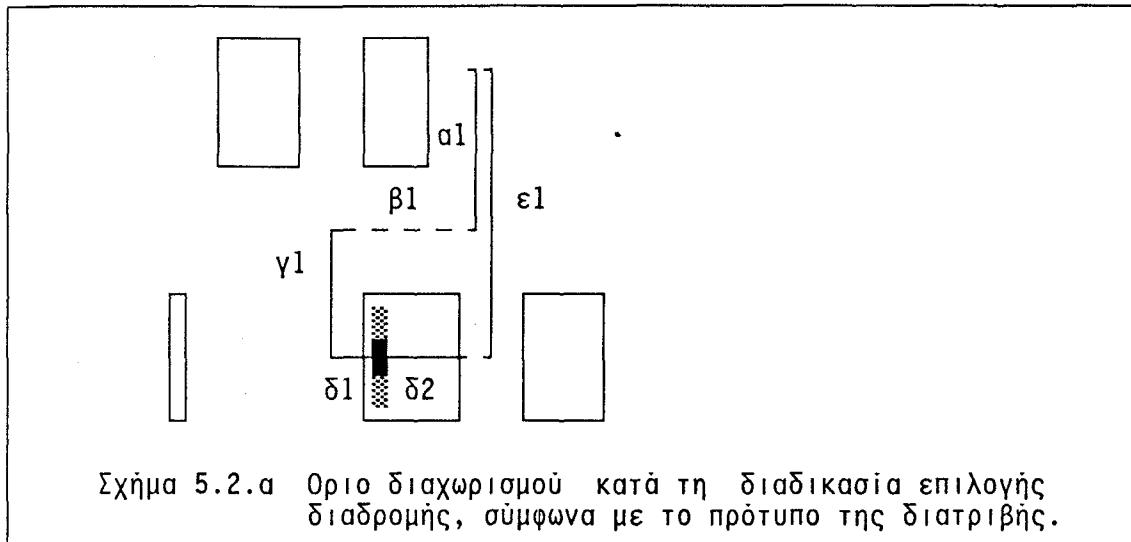
Ο έλεγχος εγκυρότητας του προτύπου της διατριβής, έγινε και με τις δύο προαναφερθείσες τεχνικές. Οι παράγραφοι 5.3 και 5.4 αναφέρονται αναλυτικά στους ελέγχους αυτούς ενώ ο έλεγχος των παραδοχών του προτύπου παρουσιάζεται στην παρ. 5.2 που ακολουθεί.

5.2 ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΑΡΑΔΟΧΩΝ ΠΡΟΤΥΠΟΥ

Οι παραδοχές του προτύπου έχουν ήδη παρουσιαστεί στο κεφ. 4.4. Συστηματικές παρατηρήσεις έδειξαν ότι, οι παραδοχές 1, 2, 3 και 4β (που είναι ποιοτικής μορφής) ισχύουν στον δειγματικό χώρο του προτύπου. Αντίθετα οι παραδοχές 4α, 4γ και 4δ ισχύουν κατά κανόνα, χωρίς όμως να είναι απαλλαγμένες εξαιρέσεων.

Σύμφωνα με την παραδοχή 4.α, "κατά την κίνησή τους στο εσωτερικό οδικό δίκτυο τα Οχήματα Πλαίσια ακολουθούν τη συντομότερη χρονικά διαδρομή". Ο έλεγχος της παραδοχής αυτής, περιλαμβάνεται στο παράρτημα Ε.

Μία ακόμη παρατήρηση είναι ότι οι αλγόριθμοι που περιγράφει τη διαδικασία επιλογής διαδρομής, προβλέπει για τα δάπεδα Β,Γ και Δ ευθύγραμμα όρια διαχωρισμού, σε σε μικρή απόσταση από τα απομακρυσμένα άκρα εισόδου/εξόδου των δαπέδων. Αν Δ είναι η θέση διαχωρισμού (βλ σχήμα 5.2.α) ισχύει:



Σχήμα 5.2.α Όριο διαχωρισμού κατά τη διαδικασία επιλογής διαδρομής, σύμφωνα με το πρότυπο της διατρίβης.

$$a_1 \cdot V_n + \beta_1 \cdot V_n + \gamma_1 \cdot V_n + \delta_1 \cdot V_s = \epsilon_1 \cdot V_n + \delta_2 \cdot V_s$$

όπου: $a_1, \beta_1, \gamma_1, \delta_1, \epsilon_1$ = μήκοι διαδρομών

V_n = ταχύτητα στο οδικό δίκτυο

V_s = ταχύτητα κατά την κίνηση μέσα στα δάπεδα εναπόθεσης

$$\text{Αν } R = \frac{V_s}{V_n} \text{ και επειδή } \epsilon_1 = a_1 + \gamma_1 \text{ και } \beta_1 = \delta_1 + \delta_2$$

η ποιό πάνω σχέση γίνεται διαδοχικά:

$$a_1 + \beta_1 + \gamma_1 + \delta_1 \cdot R = \epsilon_1 + \delta_2 \cdot R$$

$$\beta_1 + \delta_1 \cdot R = \delta_2 \cdot R$$

$$(\delta_1 + \delta_2) + \delta_1 \cdot R = \delta_2 \cdot R$$

$$\delta_1 \cdot (R + 1) = \delta_2 \cdot (R - 1)$$

$$\frac{\delta_1}{\delta_2} = \frac{R - 1}{R + 1} = \text{σταθερά}$$

Η σχέση αυτή δηλώνει ότι το όριο διαχωρισμού είναι ευθύγραμμο και παράλληλα με τις πλευρές εισόδου/εξόδου του δαπέδου εναπόθεσης. Για R στην περιοχή $\{0.5, 0.7\}$, το όριο τοποθετείται σε μικρή απόσταση (δύο έως τέσσερις θέσεις εμπορευματοκιβωτίων) από το άκρο που απέχει περισσότερο από την Κύρια Περιοχή Εξυπηρέτησης. Το αποτέλεσμα αυτό επιβεβαιώνεται εποπτικά από τις καταγραφές στον χάρτη X1 του Παραρτήματος Ε.

Σύμφωνα με την παραδοχή 4γ, "μετά το πέρας κάθε εξυπηρέτησης, το Οχήμα Πλαίσιο παραμένει ακίνητο μέχρι να λάβει νέα εντολή για εξυπηρέτηση". Παρατηρήσεις στον δειγματικό χώρο του προτύπου έδειξαν ότι η παραδοχή ισχύει κατά κανόνα, ιδιαίτερα μάλιστα όταν το Κέντρο Ελέγχου τροφοδοτεί συνεχώς με νέες εργασίες τα οχήματα πλαίσια.

Παρατηρήθηκε όμως ότι σε περιπτώσεις που όλες οι απαιτήσεις είχαν εξυπηρετηθεί (κατάσταση ηρεμίας του συστήματος εξυπηρέτησης) ορισμένα Οχήματα Πλαίσια μετακινούνται από απομακρυσμένες θέσεις, προς την Κύρια Περιοχή Εξυπηρέτησης. Ο αριθμός των καταστάσεων ηρεμίας που μπορεί να εμφανιστούν στο σύστημα εξυπηρέτησης εξαρτάται από τους ρυθμούς άφιξης πελατών και εξυπηρέτησης. Ο Law^[152] δίνει τη θεωρητική επίλυση του θέματος (με τους γνωστούς περιορισμούς της θεωρίας αναμονής). Από παρατηρήσεις του υποψηφίου στον δειγματικό χώρο του προτύπου και σε συνθήκες συνθήκες λειτουργίας, ευρέθηκε ότι καταστάσεις ηρεμίας του συστήματος εμφανίζονται ανά χρονικά διαστήματα της τάξης των 20 λεπτών έως 2 ωρών (πρβλ 5.3) γεγονός που υποδηλώνει τη μικρή συχνότητα εμφάνισης των αποκλίσεων της παραδοχής αυτής.

Σύμφωνα με την παραδοχή 4δ, "όταν η εξυπηρέτηση των φορτηγών εκτελείται στους χώρους εναπόθεσης E/K, το φορτηγό σταθμεύει κοντά στην έξοδο της στοιβάδας που πρόκειται να εναποτεθεί ή παραληφθεί το E/K".

Σε σύνολο 100 παρατηρήσεων, εντοπίστηκαν δύο μόνο περιπτώσεις όπου η εξυπηρέτηση έγινε σε διαφορετικό σημείο. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ανάλογος έλεγχος που έγινε το 1986, έδειξε ένα σημαντικά μεγαλύτερο ποσοστό αποκλίσεων.^[306] Η διαφορά που υπάρχει μεταξύ των δύο δειγμάτων οφείλεται στην διαφορετική οργάνωση του συστήματος εξυπηρέτησης. Στο σημερινό σύστημα, οι εργασίες συντονίζονται από το Κέντρο Ελέγχου, ενώ το παλαιότερο σύστημα επέτρεπε την εμπλοκή αρμοδίων υπαλλήλων, ναυτιλιακών πρακτόρων και οδηγών Οχημάτων Πλαισίων στις διαδικασίες εξυπηρέτησης.^[304,306]

Στα πλαίσια της παραδοχής 4 περιλαμβάνεται και ο έλεγχος του αλγορίθμου που περιγράφει τη διαδικασία αποφυγής κυκλοφοριακών συγκρούσεων (πρβλ 4.8.7). Ο έλεγχος αυτός ήταν ιδιαίτερα δυσχερής, τόσο διότι το φαινόμενο είναι στοχαστικής φύσεως με μικρή συχνότητα εμφάνισης, τόσο και διότι η ακριβής καταγραφή των κινήσεων του οδηγού δεν είναι εύκολα εφικτή.

Είναι προφανές ότι η εγκατάσταση μηχανής λήψης (ή παρατηρητή) στο "θάλαμο διακυβέρνησης" του Οχήματος Πλαισίου, θα είχε σαν αποτέλεσμα τη "μη φυσική" συμπεριφορά του οδηγού. Για τους πιο πάνω λόγους, η συλλογή παρατηρήσεων έγινε περιστασιακά, όποτε (κατά τη διάρκεια συλλογής στοιχείων για άλλα μεγέθη) εμφανιζόταν περιστατικά κυκλοφορικής εμπλοκής. Επιτυχής πρόβλεψη συμπεριφοράς θεωρείτο, όταν το ένα από τα δύο εμπλεκόμενα οχήματα άρχιζε να τροχοπεδεί (σε απόσταση σύμφωνα με την σχέση της 4.8.7) από το πιθανό σημείο εμπλοκής/σύγκρουσης, ενώ το δεύτερο συνεχίζει την πορεία του. Η έναρξη της διαδικασίας τροχοπέδησης σηματοδοτείτο από την (έντονη) αλλαγή του θορύβου της μηχανής του οχήματος πλαισίου.

Σε δείγμα 42 παρατηρήσεων στο πραγματικό σύστημα, οι 35 συμπεριφέρθηκαν σύμφωνα με το πρότυπο, οι δύο οδήγησαν σε ακινητοποίηση και των δύο Οχημάτων, τρεις συνέχισαν την πορεία τους ("προβλέποντας" τη μελλοντική πορεία του επερχόμενου οχήματος και εκτιμώντας ότι δεν θα συγκρουστούν) και δύο ξεκίνησαν να τροχοπεδούν νωρίτερα από όσο προβλέπει το πρότυπο. Ο έλεγχος των παραδοχών ενός προτύπου προσομοίωσης, σε συνδυασμό με ανάλυση ευαισθησίας, ώστε να εκτιμηθεί η επίδραση των αποκλίσεων από τις παραδοχές στα αποτελέσματα του προτύπου, είναι δυνατόν χρησιμοποιηθεί σαν έλεγχος εγκυρότητας.^[152] Στην παρούσα όμως διατριβή επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθούν οι (ισχυρότερες) αποδεικτικές διαδικασίες ελέγχου των αποτελεσμάτων του προτύπου που παρουσιάζονται στα κεφάλαια που ακολουθούν.

5.3 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΜΕ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΑ ΜΕΓΕΘΗ ΤΟΥ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Ο έλεγχος εγκυρότητας του προτύπου με την τεχνική της σύγκρισης των αποτελεσμάτων του προτύπου με αντίστοιχες μετρήσεις στο φυσικό σύστημα, πραγματοποιήθηκε στο διάστημα Απριλίου Μαΐου 1991, με δειγματικό χώρο τον σταθμό διακίνησης Ε/Κ του ΟΛΠ στην Ακτή Βασιλειάδη. Τα στοιχεία που συλλέχθηκαν χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες.

1. Στοιχεία για την εκτίμηση παραμέτρων του προτύπου.
2. Στοιχεία για τη δημιουργία "σεναρίων" αφίξεων φορτηγών.

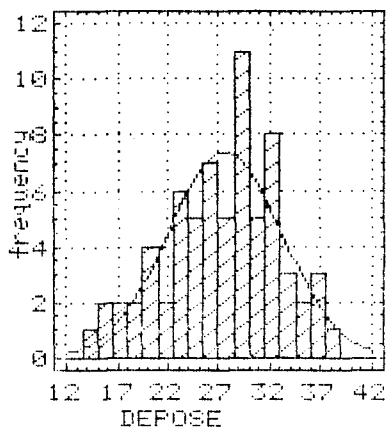
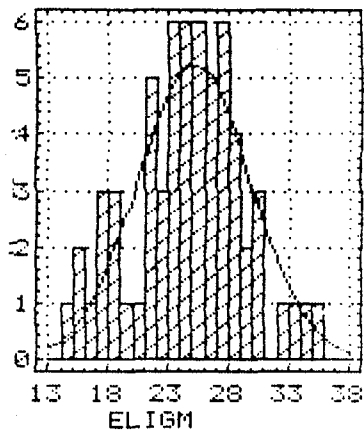
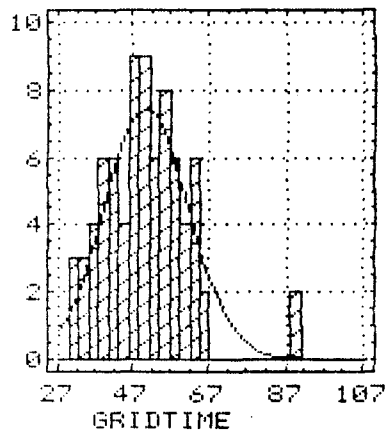
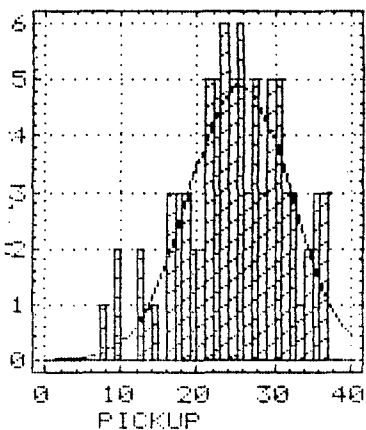
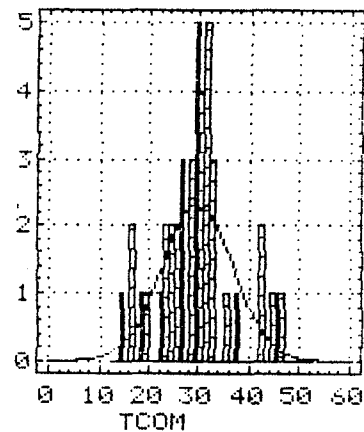
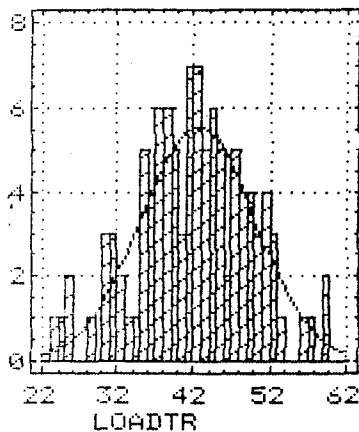
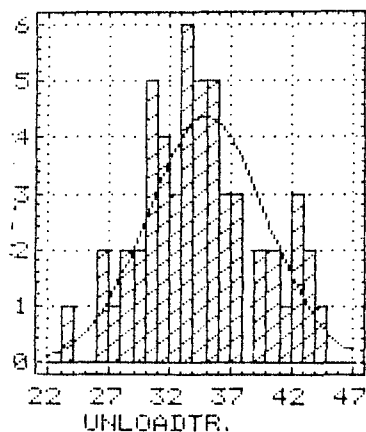
Με τα στοιχεία που συλλέχθηκαν στο φυσικό σύστημα δημιουργήθηκαν "σενάρια" αφίξεων φορτηγών, με τα οποία τροφοδοτήθηκε το πρότυπο της διατριβής. Πραγματοποιήθηκε στατιστική επεξεργασία και σύγκριση κατά ζεύγη των αποτελεσμάτων προτύπου και φυσικού συστήματος.

Ενδεικτικά και για ένα "σενάριο", έγινε σύγκριση της εικονικής αναπαράστασης που δημιουργεί το πρότυπο, με την αντίστοιχη μαγνητοσκόπηση.

Αναλυτική παρουσίαση των πιο πάνω εργασιών, γίνεται στις παραγράφους που ακολουθούν.

5.3.1 Συλλογή στοιχείων για την εκτίμηση παραμέτρων του προτύπου.

Η συλλογή των στοιχείων αυτών έγινε με χρονομετρήσεις και μαγνητοσκοπήσεις. Χρησιμοποιήθηκε ακόμη ασύρματος πομποδέκτης, (που προσφέρθηκε από τον ΟΛΠ), για την καταγραφή των χρόνων επικοινωνίας κέντρου ελέγχου των Οχημάτων Πλαισίων. Το σχήμα 5.3.2 παρουσιάζει συγκεντρωτικά τις κατανομές των μετρηθέντων μεγεθών. Η μέση τιμή, η τυπική απόκλιση και ο έλεγχος προσαρμογής κανονικής κατανομής για κάθε κατηγορία στοιχείων περιλαμβάνεται στο Παράρτημα Α.



- UNLOADTR = Χρόνος εκφόρτωσης φορτηγού.
 LOATR = Χρόνος φόρτωσης φορτηγού.
 TCOM = Χρόνος επικοινωνίας μεταξύ Κέντρου Ελέγχου και Οχημάτων Πλαισίων.
 PICKUP = Χρόνος ανάληψης Ε/Κ από δάπεδο.
 DEPOSE = Χρόνος απόθεσης Ε/Κ από δάπεδο.
 GRIDTIME = Χρόνος από την στάθμευση του φορτηγού έως την παράδοση των απαιτήσεων διακίνησης στο Κέντρο Ελέγχου.
 ELIGM = χρόνος ελιγμού μεταφόρτωσης.

Σχήμα 5.3.2 Κατανομές μετρηθέντων μεγεθών.

Από τα στοιχεία των μετρήσεων αυτών, υπολογίστηκαν τα εξής μεγέθη:

1. Μέσος χρόνος εκφόρτωσης και μέσος χρόνος φόρτωσης φορτηγού από Οχημα Πλαίσιο.
2. Μέσος χρόνος επικοινωνίας μεταξύ κέντρου ελέγχου και οδηγών Οχημάτων Πλαισίων (ανά διακινούμενο E/K).
3. Μέσος χρόνος ανάληψης και μέσος χρόνος εναπόθεσης E/K από/στα δάπεδα εναπόθεσης.
4. Μέσος χρόνος από την στάθμευση του φορτηγού στον προκαθορισμένο χώρο εξυπηρέτησης, έως την παράδοση των απαιτήσεων διακίνησης από τον οδηγό στο κέντρο ελέγχου.
5. Μέση τιμή για τα μεγέθη ταχύτητα, επιτάχυνση, επιβράδυνση για τα Οχήματα Πλαίσια και τα φορτηγά.

5.3.2 Συλλογή στοιχείων για τη δημιουργία σεναρίων αφίξεων φορτηγών

Η συλλογή των στοιχείων αυτών πραγματοποιήθηκε με την καταγραφή των χρόνων και των διαδικασιών εξυπηρέτησης E/K σε χρονικές περιόδους λειτουργίας του συστήματος (δείγματα). Κάθε δείγμα περιλαμβάνει ένα κύκλο λειτουργίας του συστήματος, δηλαδή αρχίζει όταν το σύστημα εξυπηρέτησης από κατάσταση ηρεμίας μεταβαίνει σε κατάσταση λειτουργίας, (γεγονός που σηματοδοτείται από την άφιξη του πρώτου φορτηγού προς εξυπηρέτηση) και τελειώνει όταν το σύστημα εξυπηρέτησης μεταβεί πάλι στην κατάσταση ηρεμίας, γεγονός που σηματοδοτείται από την ολοκλήρωση της τελευταίας εξυπηρέτησης.

Η ιδέα της συλλογής αποτελεσμάτων κατά κύκλους λειτουργίας του συστήματος, προέρχεται από μία καθιερωμένη τεχνική ανάλυσης των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης, (συναντάται στην βιβλιογραφία με τον όρο Cycles method ^[150] ή Regeneration method ^[152]) και παρουσιάζει το πλεονέκτημα ότι τα δείγματα που λαμβάνονται, δεν παρουσιάζουν αυτοσυσχέτιση. Ένα άλλο βασικό -κατά το γράφοντα- πλεονέκτημα της μεθόδου, είναι το γεγονός ότι κατά τη διάρκεια της συλλογής των στοιχείων στο πραγματικό σύστημα, η καταγραφή των στοιχείων μπορεί να διακοπεί στο τέλος ενός κύκλου και να αρχίσει στον μεθεπόμενο ή και μεταγενέστερο. Δίνονται έτσι τα χρονικά περιθώρια στους καταμετρητές για ξεκούραση αλλά και αντιμετώπιση

λειτουργικών απαιτήσεων του συστήματος μαγνητοσκόπησης (επαναφόρτιση μπαταριών, αντικατάσταση ταινίας, ρυθμίσεις φωτεινότητας, αλλαγή θέσεων λήψης κ.ά).

Για τη συλλογή των στοιχείων χρησιμοποιήθηκαν δύο τεχνικές:

- α. Μαγνητοσκοπήσεις, με χρήση του εξοπλισμού του Εργαστηρίου Σιδηροδρομικής και Μεταφορών.
- β. Χρονομετρήσεις και καταγραφές από παρατηρητή.

Και στις δυο τεχνικές χρησιμοποιήθηκε παράλληλα ασύρματος πομποδέκτης, (που προσφέρθηκε από τον ΟΛΠ), συντονισμένος στο κανάλι επικοινωνίας κέντρου ελέγχου των Οχημάτων Πλαισίων. Η δυνατότητα ακρόασης των συνομιλιών αυτών, αποτέλεσε ένα σημαντικό βοήθημα για την κατανόηση της συμπεριφοράς του συστήματος, ιδιαίτερα μάλιστα σε έκτακτα περιστατικά. Η καταγραφή στοιχείων μέσω μαγνητοσκόπησης προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα. Επιτρέπει την επανάληψη (επαναπροβολή) των μαγνητοσκοπημένων καταστάσεων και συνεπώς τη συλλογή στοιχείων για παραμέτρους του δείγματος (π.χ. ταχύτητες, χρόνοι ελιγμών/ χειρισμών κ.ά) καθώς και την καταγραφή παραγόντων που δεν είχε εξ αρχής κατανοηθεί το μέγεθος της συμβολής τους (π.χ. η σημαντική καθυστέρηση που παρατηρήθηκε σε ορισμένες περιπτώσεις, από την στιγμή που ο οδηγός του φορτηγού εισέρχεται στο κέντρο ελέγχου, μέχρι να δοθεί η εντολή για εξυπηρέτηση).

Η εφαρμογή της τεχνικής συλλογής των στοιχείων με μαγνητοσκόπηση στον δειγματικό χώρο του προτύπου, απαίτησε σειρά δοκιμών, καθώς ο διατιθέμενος εξοπλισμός και οι προσφερόμενες θέσεις εγκατάστασής του απείχαν πολύ από το ιδανικό. Οι ιδανικές συνθήκες καταγραφής ικανοποιούνται, από μία μηχανή λήψης "αναρτημένη" στο κέντρο του χώρου και σε κατάλληλο ύψος ώστε να καταγράφονται όλες οι εκτελούμενες διαδικασίες. Με τον τρόπο αυτό έχουμε την κάτοψη του πραγματικού χώρου, σε αντιστοιχία με την εικόνα του προσομοιούμενου συστήματος όπως αυτή παρουσιάζεται στην οθόνη του υπολογιστή. Η κάμερα λήψης εκτός από την απαραίτητη διακριτική ανάλυση (resolution) στην καταγραφή της εικόνας, θα πρέπει να είχε αυτονομία ρεύματος τροφοδοσίας και ταινίας για 8 ώρες. Επιπλέον η ώρα έπρεπε να αποτυπώνεται στην εικόνα την στιγμή της λήψης, με ακρίβεια δευτερολέπτων.

Σε αντίθεση με τις ανωτέρω ιδανικές συνθήκες, ο διατιθέμενος εξοπλισμός περιλάμβανε μηχανή λήψης με μέγιστο χρόνο εγγραφής 20 λεπτών, (λόγω μήκους ταινιών συστήματος U-MATIC) θεωρητική αυτονομία τροφοδοσίας δυνάμηση ωρών, (πρακτικά πολύ μικρότερη λόγω κακής κατάστασης των φορτιζόμενων μπαταριών), χωρίς δυνατότητα αποτύπωσης του χρόνου στην εικόνα.

Οχι ιδανικές ήταν και οι προσφερόμενες εναλλακτικές θέσεις εγκατάστασης του εξοπλισμού μαγνητοσκόπησης. Η σημαντικότερη δυσκολία που παρουσιάστηκε, ήταν ο συνδυασμός της μικρής γωνίας λήψης και της μεγάλης σχετικά έκτασης που καλύπτουν οι εγκαταστάσεις και είχε σαν αποτέλεσμα αφ' ενός να μη περιλαμβάνονται στο οπτικό πεδίο της μηχανής λήψεως όλες οι περιοχές των εγκαταστάσεων, αφ' ετέρου (λόγω της διακριτικής ανάλυσης της εικόνας του συστήματος λήψης/προβολής) να μην διακρίνονται οι ακριβείς θέσεις των Ε/Κ στις μακρινές περιοχές. Η συνεχής μετακίνηση της κάμερας, ώστε να σαρώνει το χώρο δοκιμάστηκε χωρίς επιτυχία. Η εκ των υστέρων ανάλυση των μαγνητοσκοπημένων σκηνών, ήταν ιδιαίτερα κουραστική. Επιπλέον πολλές φορές διαδικασίες εξυπηρέτησης δεν είχαν καταγραφεί πλήρως, διότι η μηχανή λήψης εστίαζε για την καταγραφή διαδικασιών σε άλλο σημείο της εγκατάστασης.

Μετά από εκτέλεση δοκιμαστικών λήψεων, επιλέχθηκε για χώρος εγκατάστασης του εξοπλισμού μαγνητοσκόπησης, η εξωτερική σκάλα τετραορόφου αποθήκης εμπορευμάτων, που ευρίσκεται κοντά στην είσοδο των εγκαταστάσεων και έχει ύψος 20 μέτρων. Οι περιορισμοί ρεύματος τροφοδοσίας λόγω των φορτιζόμενων μπαταριών, αντιμετωπίστηκαν με συνεχή τροφοδοσία από το ηλεκτρικό δίκτυο της αποθήκης μέσω τροφοδοτικού. Το πρόβλημα ασυνέχειας των μαγνητοσκοπημένων φάσεων λόγω μικρής διάρκειας των ταινιών, αντιμετωπίστηκε με την καταγραφή ηχητικού σήματος και αντίστοιχης ώρας στην αρχή και τέλος κάθε εγγραφής, οπότε στην επεξεργασία των στοιχείων αποκαταστάθηκε η χρονική συνέχεια των εικόνων. Η μηχανή λήψεως τοποθετήθηκε σταθερή και κατέγραφε τις κινήσεις στην προκαθορισμένη περιοχή εξυπηρέτησης των φορτηγών και τα τμήματα των δαπέδων εναπόθεσης που μπορούσαν να περιληφθούν στο οπτικό της πεδίο. Με τον τρόπο αυτό, οι αφίξεις των φορτηγών και οι φορτο/εκφορτώσεις που εκτελούνται εκεί (και αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό των κινήσεων) καταγράφονται με ακρίβεια. Όσες κινήσεις εκτελούνται σε περιοχές που ευρίσκονται έξω από την οπτική γωνία του φακού, παρακολουθούνται από παρατηρητή και καταγράφονται στο κανάλι του ήχου (ηχητική καταγραφή) ή/και σε φύλλα σημειώσεων. Ένα άτομο αρκεί για την εκτέλεση και των δύο εργασιών, δεδομένου ότι η κάμερα είναι σταθερή και λόγω των αυτοματισμών ρύθμισης φωτεινότητας και

χρώματος που διαθέτει, δεν απαιτεί συνεχείς διορθώσεις. Ταυτόχρονα, στο κανάλι του ήχου καταγράφονται οι εντολές του κέντρου ελέγχου και οι συνομιλίες του με τους οδηγούς των μηχανημάτων παρέχοντας έτσι πληροφορίες για τους λόγους καθυστέρησης ορισμένων κινήσεων. Είναι δυνατόν, στο τέλος της βάρδιας του προσωπικού του Κέντρου Ελέγχου, να ζητηθούν τα σημειώματα που παραδίδουν οι οδηγοί των φορτηγών, όπου σημειώνεται η ακριβής θέση ανάληψης/εναπόθεσης των προς διακίνηση Ε/Κ. Με τα στοιχεία αυτά, είναι δυνατόν να επαληθευτούν/ διορθωθούν καταγραφές θέσεων σε μακρινές περιοχές.

Μειονέκτημα της τεχνικής είναι ο ιδιαίτερα σημαντικός χρόνος που πρέπει να αναλωθεί κατά την επεξεργασία των στοιχείων, για το συνδυασμό των οπτικών, ηχητικών και εγγράφων στοιχείων, ώστε να δημιουργηθεί ένα "σενάριο" κινήσεων. Επιπλέον αυτών, το "σενάριο" του πραγματικού συστήματος πρέπει να μετασχηματιστεί με βάση την κωδικοποίηση των θέσεων που εφαρμόζεται στο πρότυπο. Πρόσθετες δυσκολίες δημιουργεί η διακοπή της συνέχειας στην περίπτωση που δύο οχήματα πλαίσια φύγουν από το οπτικό πεδίο της μηχανής προς κοινή κατεύθυνση και κατόπιν εμφανίζονται πάλι, χωρίς να είναι δυνατόν να προσδιοριστεί αμέσως η αντιστοιχία τους.

Η συλλογή στοιχείων με καταγραφές και χρονομετρήσεις από παρατηρητή, αποτελεί τη δεύτερη τεχνική που χρησιμοποιήθηκε για την συλλογή στοιχείων. Χρησιμοποιήθηκαν ειδικά έντυπα με συνημμένους χάρτες που απεικονίζουν την κάτοψη της τερματικής εγκατάστασης με κωδικοποίηση των θέσεων των Ε/Κ σύμφωνα με τους συμβολισμούς του προγράμματος του προτύπου. Οι χρονομετρήσεις έγιναν με χρονόμετρο, που η προσαύξηση του χρόνου δε διακόπτεται κατά το διάστημα που η οθόνη "παγώνει", ώστε να επιτρέψει την καταγραφή της επιλεχθείσας χρονικής στιγμής (Stopwatch with Lap). Όπως έχει ήδη αναφερθεί, παράλληλα με τις μετρήσεις έγινε ακρόαση (μέσω ασυρμάτου πομποδέκτη) των συνομιλιών κέντρου ελέγχου και μηχανημάτων, που αποτελεί ένα σημαντικό βοήθημα για την κατανόηση της συμπεριφοράς του συστήματος, ιδιαίτερα μάλιστα σε έκτακτα περιστατικά.

Σημαντικό πλεονέκτημα της τεχνικής, είναι η απλούστευση της διαδικασίας μετασχηματισμού των καταγραφών σε "σενάριο", κατάλληλο για τον έλεγχο εγκυρότητας του προτύπου της διατριβής. Η χρονομέτρηση γίνεται ταυτόχρονα με την καταγραφή και οι κινήσεις των Οχημάτων αποτυπώνονται στα ειδικά έντυπα, όπου η κωδικοποίηση των θέσεων των Ε/Κ ακολουθεί τους συμβολισμούς του προτύπου.

Στις πρώτες επισκέψεις για συλλογή στοιχείων, η τεχνική αυτή χρησιμοποιήθηκε επικουρικά στις περιπτώσεις που είχαν εξαντληθεί οι ταινίες του μαγνητοσκοπίου. Μετά την κατανόηση της συμπεριφοράς του συστήματος και τον καθορισμό των παραμέτρων που συμβάλλουν ουσιαστικά στην διαμόρφωση των αποτελεσμάτων, η τεχνική των καταγραφών και χρονομετρήσεων αντικατέστησε τη μαγνητοσκόπηση λόγω της σημαντικής οικονομίας χρόνου που προσφέρει, στην δημιουργία "σεναρίων" για τον έλεγχο εγκυρότητας του προτύπου.

Τα στοιχεία που συλλέχθηκαν χωρίζονται σε δύο κατηγορίες. Η πρώτη αφορά χαρακτηριστικά των φορτηγών ενώ η δεύτερη χαρακτηριστικά των Οχημάτων Πλαισίων. Συγκεκριμένα, τα στοιχεία που αναφέρονται στα φορτηγά είναι:

- α. Χρονική στιγμή άφιξης φορτηγού, στο σύστημα εξυπηρέτησης της Κύριας Περιοχής Εξυπηρέτησης. Το γεγονός αυτό σηματοδοτείται από το πέρας της δραστηριότητας στάθμευσης του φορτηγού, σε οποιαδήποτε από τις προκαθορισμένες θέσεις στάθμευσης που υπάρχουν διαγραμμισμένες στο δάπεδο της Κύριας Περιοχής Εξυπηρέτησης.
- β. Αριθμός θέσης στάθμευσης.
- γ. Αν το φορτηγό προσέρχεται έμφορτο ή για να παραλάβει Ε/Κ. Ο χαρακτηρισμός {Εμφορτη ή Κενή} αφορά την πρώτη θέση της πλατφόρμας του φορτηγού.
- δ. Θέση εξυπηρέτησης φορτηγού. Διακρίνονται δύο περιπτώσεις. Εξυπηρέτηση στην θέση στάθμευσης ή εξυπηρέτηση στην περιοχή των δαπέδων στοιβάσεως.
- ε. Χαρακτηρισμός: Εμφορτη ή Κενή θέση. Αναφέρεται στην περίπτωση που το φορτηγό μεταφέρει ή πρόκειται να παραλάβει και δεύτερο Ε/Κ.
- ζ. Θέση εξυπηρέτησης φορτηγού. Διακρίνονται δύο περιπτώσεις όπως και στην περίπτωση (δ). Αναφέρεται στην περίπτωση που το φορτηγό μεταφέρει ή πρόκειται να παραλάβει και δεύτερο Ε/Κ.
- η. Χρονική στιγμή πέρατος εξυπηρέτησης φορτηγού. Το γεγονός αυτό ταυτίζεται με το πέρας της δραστηριότητας μεταφόρτωσης του Ε/Κ, που σηματοδοτείται από την εκκίνηση του φορτηγού ή του Οχήματος Πλαισίου.

Τα στοιχεία που αναφέρονται στα Οχήματα Πλαίσια (διακεκριμένα για κάθε Οχημα Πλαίσιο) είναι:

- α. Χρονική στιγμή έναρξης της εξυπηρέτησης. Σε περίπτωση συνεχόμενων εξυπηρετήσεων η χρονική αυτή στιγμή θεωρείται ότι ακολουθεί (με διαφορά ενός δευτερολέπτου) το πέρας της προηγούμενης εξυπηρέτησης. Σε περίπτωση που το Οχημα Πλαίσιο ήταν σε κατάσταση αναμονής, η χρονική αυτή στιγμή ταυτίζεται με την έναρξη της συνομιλίας Κέντρου Ελέγχου και Οχήματος Πλαισίου.
- β. Απαιτούμενες ενέργειες/ Έκτακτες καταστάσεις. Κατά κανόνα οι απαιτούμενες ενέργειες για τα Οχήματα Πλαίσια είναι είτε παραλαβή Ε/Κ και φόρτωση φορτηγού είτε εκφόρτωση φορτηγού και εναπόθεση του Ε/Κ σε δάπεδο εναπόθεσης. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, κάθε εξυπηρέτηση περιλαμβάνει δύο ενέργειες και δύο θέσεις μεταφόρτωσης. Στις έκτακτες καταστάσεις περιλαμβάνονται οι βλάβες των Οχημάτων καθώς και η έκτακτη ενασχόλησή τους σε άλλες δραστηριότητες.
- γ. Πρώτη Θέση μεταφόρτωσης/εξυπηρέτησης. Διακρίνονται δύο περιπτώσεις. Εξυπηρέτηση/μεταφόρτωση στην θέση στάθμευσης φορτηγών (οπότε καταγράφεται ο αριθμός της θέσης στάθμευσης) ή εξυπηρέτηση/μεταφόρτωση στην περιοχή των δαπέδων στοιβάσις. Στην δεύτερη αυτή περίπτωση καταγράφεται είτε απευθείας ο κωδικός της θέσης αυτής (δάπεδο/σειρά/θέση στη σειρά) είτε σημειώνεται σε χάρτη το αντίστοιχο σημείο και ο μετασχηματισμός του σε κωδικό θέσης πραγματοποιείται μετά το πέρας του κύκλου λειτουργίας του συστήματος.
- δ. Μήκος διακινούμενου Ε/Κ (20' ή 40').
- ε. Δεύτερη Θέση μεταφόρτωσης/εξυπηρέτησης. Ισχύουν όσα έχουν ήδη αναφερθεί στην παράγραφο (γ).
- ζ. Καταγράφεται (ναί/όχι) αν εκτελέστηκε κίνηση αναδιάταξης της στοιβάς.

Τα στοιχεία αυτά περιλαμβάνονται στο δεύτερο τμήμα του παραρτήματος Γ.

5.3.3 Επεξεργασία στοιχείων - Δημιουργία και εκτέλεση σεναρίων

Από την επεξεργασία των στοιχείων των εντύπων καταγραφής που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο προκύπτουν δύο κατηγορίες αποτελεσμάτων. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει μετρήσεις της παραγωγικότητας του φυσικού συστήματος εξυπηρέτησης. Οι μετρήσεις αυτές είναι:

- α. Χρόνος εξυπηρέτησης φορτηγού, από την στιγμή της άφιξης τους στην Κύρια Περιοχή Εξυπηρέτησης, μέχρι το τέλος της διαδικασίας εξυπηρέτησης. Διευκρινίζεται ότι ο χρόνος της μετακίνησης του φορτηγού μέχρι την πύλη και οι εκεί διαδικασίες, δεν περιλαμβάνονται.
- β. Ο χρόνος κύκλου κάθε Οχήματος Πλαιοίου, από τη χρονική στιγμή έναρξης αυτή μέχρι την αποπεράτωση της εξυπηρέτησης (πρβλ παρ 5.3.2).

Το προϊόν της δεύτερης κατηγορίας είναι μία σειρά "σεναρίων" αφίξεων φορτηγών. Τα σενάρια αυτά "επιλύθηκαν" και με το πρότυπο της διατριβής με στόχο τη σύγκριση των αποτελεσμάτων προτύπου και φυσικού συστήματος.

Η αξιοποίηση των στοιχείων των καταγραφών για τη "σύνθεση" των σεναρίων αυτών, σε συνδυασμό με δυνατότητες του προγράμματος του προτύπου, δημιούργησε σημαντικό προβληματισμό. Μια οριακή προσέγγιση ήταν να "εισαχθούν" για κάθε άφιξη ο ακριβής χρόνος έναρξης της εξυπηρέτησης και οι θέσεις μεταφόρτωσης/εξυπηρέτησης. Επιπλέον να "εισαχθούν" και όλα τα έκτακτα γεγονότα με επεμβάσεις από το χρήστη κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του προγράμματος. Κατ' επέκταση της προσέγγισης αυτής μία πιο λεπτομερής καταγραφή των διαδικασιών στο φυσικό σύστημα θα μπορούσε να δώσει και τις τιμές των χρόνων των δραστηριοτήτων μεταφόρτωσης/αναδιάταξης για κάθε εξυπηρέτηση. Είναι αναμενόμενο ότι μία τέτοιου τύπου προσέγγιση θα "οδηγούσε" τα αποτελέσματα του προτύπου πολύ κοντά στα αντίστοιχα αποτελέσματα του φυσικού συστήματος, θα γεννούσε όμως σοβαρές επιφυλάξεις ως προς την ικανότητα του προτύπου να προβλέπει τη συμπεριφορά του φυσικού συστήματος χωρίς συνεχής παρεμβάσεις.

Στον αντίποδα της προσέγγισης αυτής, η εισαγωγή στο πρόγραμμα του προτύπου μόνο των χρόνων άφιξης των φορτηγών και των χαρακτηριστικών των μεταφερόμενων Ε/Κ θα οδηγούσε σε σημαντικές αποκλίσεις αποτελεσμάτων μεταξύ φυσικού και

προσομοιούμενου συστήματος καθώς τα "έκτακτα περιστατικά" αφθονούν στο φυσικό σύστημα. Η ικανότητα του προτύπου να αναπαραστήσει με ακρίβεια το φυσικό σύστημα σχολιάζεται στο κεφάλαιο 5.5, όπου γίνεται και αναφορά στα πιο πάνω αναφερόμενα έκτακτα περιστατικά.

5.3.4 Σύγκριση αποτελεσμάτων προτύπου και φυσικού συστήματος

Όπως έχει ήδη αναφερθεί στα προηγούμενα κεφάλαια, με τα στοιχεία που συλλέχθηκαν στο φυσικό σύστημα, δημιουργήθηκαν "σενάρια" αφίξεων φορτηγών, με τα οποία τροφοδοτήθηκε το πρότυπο της διατριβής. Μετά την εκτέλεση του προγράμματος, πραγματοποιήθηκε η σύγκριση των αποτελεσμάτων προτύπου και φυσικού συστήματος, ως εξής: Για κάθε σενάριο, υπολογίστηκε η μέση τιμή παραμονής του φορτηγού στο σύστημα εξυπηρέτησης (περιλαμβάνει χρόνο αναμονής και εξυπηρέτησης) τόσο στο πραγματικό όσο και στο προσομοιούμενο σύστημα. Με την τεχνική αυτή δημιουργούνται συσχετισμένα ζεύγη τιμών και περιορίζεται η τυπική απόκλιση του δείγματος.^[152] Το σχήμα 5.3.2.α απεικονίζει την κατανομή των διαφορών των τιμών που σχηματίζουν το ζεύγος τιμών, για τα τριάντα ζεύγη που προκύπτουν από τα αντίστοιχα σενάρια αφίξεων φορτηγών. Ο έλεγχος της μηδενικής υπόθεσης, που ήταν επιτυχής (βλ παράρτημα Γ) και έγινε με δύο τρόπους.

- α. Με το sign test. Ο έλεγχος αυτός ενδείκνυται για τις περιπτώσεις συσχετισμένων ζευγών.^[147]
- β. Με έλεγχο διαφοράς δύο δειγμάτων. Ο έλεγχος αυτός προϋποθέτει ότι οι τιμές ακολουθούν κανονική κατανομή. Ο έλεγχος της προϋπόθεσης αυτής έγινε με δύο τρόπους (X^2 και Kolmogorov) και παρουσιάζεται στο παράρτημα Γ.

Στο ίδιο παράρτημα περιλαμβάνονται και οι αντίστοιχοι έλεγχοι για τη μέση τιμή του χρόνου κύκλου του οχήματος πλαισίου που ήταν και αυτοί επιτυχείς. Επιπλέον περιλαμβάνεται και ο έλεγχος της υπόθεσης μηδενικής διαφοράς (H_0) μεταξύ προτύπου και πραγματικού συστήματος, με την εναλλακτική υπόθεση ότι η διαφορά τους είναι 10%. Η προσέγγιση αυτή είναι σύμφωνη με όσα αναπτύχθηκαν στο κεφάλαιο 5.1. Το όριο ακριβείας 10% έχει γίνει αποδεκτό κατά τον έλεγχο εγκυρότητας του προτύπου της System Modeling Corporation στην τερματική εγκατάσταση του λιμένα Oakland στις

Η.Π.Α.^[113,114] Άλλη μία αναφορά στο θέμα αυτό έγινε από τους David και Lalvani [116] και αφορά στον έλεγχο εγκυρότητας ενός προτύπου που υπολόγιζε το χρόνο κύκλου ενός συστήματος εξυπηρέτησης με ελκυστήρες και συρόμενες βάσεις και για το οποίο μετρήθηκαν αποκλίσεις της τάξης του 10% από το πραγματικό σύστημα.

5.4 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΜΕ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΑΝΑΜΟΝΗΣ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται αναλυτικά η διαδικασία ελέγχου εγκυρότητας του προτύπου προσομοίωσης της διατριβής, που έγινε με σύγκριση των αποτελεσμάτων του με τα θεωρητικά αποτελέσματα που παρέχει η επίλυση ενός προτύπου αναμονής. Τα βήματα της διαδικασίας αυτής, είναι:

1. Σχεδιάστηκε ένα σύστημα εξυπηρέτησης φορητών με χαρακτηριστικά που να μπορούν να περιγραφούν τόσο από το πρότυπο της διατριβής, όσο και από πρότυπο αναμονής. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι:
 - α. Αφίξεις φορητών σύμφωνα με την κατανομή Poisson και ρυθμό αφίξεων (λ) ίσο με τριάντα αφίξεις ανά ώρα.
 - β. Κανόνα προτεραιότητας (FCFS) "ο αφικνούμενος πρώτος, εξυπηρετείται πρώτος" και εξυπηρέτηση φορητών μόνο στην Κύρια Περιοχή Εξυπηρέτησης.
 - γ. Σύστημα εξυπηρέτησης που αποτελείται από έξι οχήματα πλαίσια, με κοινά χαρακτηριστικά (ταχύτητα, χρόνοι χειρισμών/ελιγμών και άνοιγμα αρπάγης).
 - δ. Σταθερή κατανομή εξυπηρέτησης. Επιτεύχθηκε με την επιβολή ενός σημαντικού σταθερού χρόνου αναδιάταξης E/K , σε όλες τις εξυπηρετήσεις. Η επίδραση της μικρής διακύμανσης που αναπόφευκτα δημιουργείται, λόγω των διαφορετικού μήκους διαδρομών των Οχημάτων Πλαισίων, συνυπολογίστηκε κατά την επίλυση του προτύπου αναμονής.
2. Το πρότυπο της διατριβής διαμορφώθηκε ώστε να προσομοιώσει το πιο πάνω σύστημα εξυπηρέτησης. Κατόπιν μέσω της γεννήτριας αφίξεων, δημιουργήθηκαν οκτώ διαφορετικά σενάρια αφίξεων φορητών, κάθε ένα από τα οποία είχε διάρκεια τεσσάρων χιλιάδων λεπτών και περιελάμβανε δύο χιλιάδες αφίξεις. Στο σχήμα 5.3.α παρουσιάζονται οι κατανομές των χρόνων μεταξύ αφίξεων φορητών (interarrival times), για τα οκτώ σενάρια καθώς και η αντίστοιχη αρνητικοεκθετική κατανομή. Ο έλεγχος προσαρμογής της κατανομής αυτής έγινε με τον έλεγχο X^2 και ήταν επιτυχής για όλες τις περιπτώσεις. (βλ παράρτημα Δ). Ο έλεγχος αυτός αποδεικνύει

ότι οι αφίξεις των φορτηγών ακολουθούν κατανομή Poisson. Παρόμοια στο σχήμα 5.2.β παρουσιάζονται οι κατανομές των χρόνων κύκλου των Οχημάτων Πλαισίων.

3. Επιλύθηκε το αντίστοιχο πρότυπο αναμονής. Δεδομένου ότι δεν υπάρχει απευθείας επίλυση για το πρότυπο M/G/s,* χρησιμοποιήθηκε η μεθοδολογία προσέγγισης της λύσης του από τα πρότυπα M/D/s και M/M/s. Η επίλυση απαιτεί τον προσδιορισμό των τιμών λ (ρυθμός άφιξης πελατών στο σύστημα) και μ (ρυθμός εξυπηρέτησης).

Ο υπολογισμός του χρόνου κύκλου (μεταβίβαση και επιστροφή) σε/από σταθμούς εξυπηρέτησης εγκατεστημένους σε διάφορα σημεία του χώρου έχει επιλυθεί [155-156] προϋποθέτει όμως σταθερή ταχύτητα διαδρομής. Η μεταβολή ταχύτητας που επιβάλλεται στα κινητά του προτύπου από το διάγραμμα ταχύτητας χρόνου (πρβλ 4.8.6), καθώς και η διαφοροποίηση της μέγιστης ταχύτητας των Οχημάτων Πλαισίων μεταξύ εσωτερικού οδικού δικτύου και χώρων στοιβάσεως δεν πληρούν τις προϋποθέσεις αυτές. Για το λόγο αυτό, για την τιμή (λ) χρησιμοποιήθηκε ο ρυθμός άφιξης φορτηγών που είχε δοθεί στην γεννήτρια αφίξεων του προτύπου προσομοίωσης. Για την τιμή (1/μ) χρησιμοποιήθηκε η μέση τιμή της κατανομής του χρόνου εξυπηρέτησης των Οχημάτων Πλαισίων που είχε μετρηθεί στο προσομοιούμενο σύστημα (βλ παράρτημα Δ). Ο αριθμός των μηχανημάτων (s) τέθηκε ίσος με έξι.

$$\lambda = 2000 \text{ αφίξεις} / 4000 \text{ λεπτά} = 0.5 \text{ αφίξεις} / \text{λεπτό}$$

$$1/\mu = 576 \text{ δλ} (=9,6 \text{ λεπτά}) = \text{Μέσος χρόνος εξυπηρέτησης}$$

$$\rho = \lambda / \mu = 4.8 \text{ και } u = (\rho / s) = (4.8 / 6) = 0.8^{**}$$

$$\text{Από τον πίνακα A.1 της πηγής [155]} \quad Wq = .4315 * 1/\mu$$

$$Wq = .4315 * 576 = 248.5 \text{ δλ (Μέσος χρόνος αναμονής ενός πελάτη σε σύστημα εξυπηρέτησης M / M/ 6)}$$

$$\text{Από τον πίνακα A.7 της πηγής [155]} \quad Wq = .2265 * 1/\mu$$

* Οι συμβολισμοί ερμηνεύονται σε υπόμνημα του κεφ 2.4

** Μετά από δοκιμές, ο χρόνος αναδιάταξης Ε/Κ που περιλαμβάνεται στον χρόνο εξυπηρέτησης, επιλέχθηκε κατάλληλα ώστε να αποφευχθούν παρεμβολές στις τιμές των πινάκων.

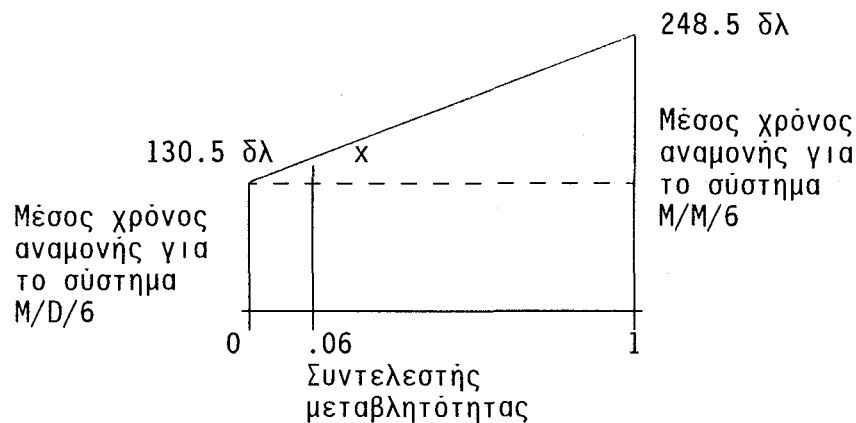
$$Wq = .2265 * 576 = 130.5 \text{ δλ (Μέσος χρόνος αναμονής ενός πελάτη σε σύστημα εξυπηρέτησης M / D/ 6)}$$

Το σχήμα που ακολουθεί, απεικονίζει γραφικά την προσεγγιστική λύση που προκύπτει για το πρότυπο M/G/s, με χρήση του συντελεστή μεταβλητότητας V, που ορίζεται από τη σχέση: ^[155]

$$V = \frac{\sigma \text{ (τυπική απόκλιση χρόνου εξυπηρέτησης)}}{1/\mu \text{ (μέση τιμή χρόνου εξυπηρέτησης)}}$$

Αντικαθιστώντας τη μέση τιμή και την τυπική απόκλιση του χρόνου εξυπηρέτησης (βλ παράρτημα Δ), υπολογίζουμε:

$$V = \frac{36.8}{576} = 0.06$$



Λόγω της ομοιότητας των τριγώνων:

$$\frac{1}{248.5 - 130.5} = \frac{0.06}{x} \Rightarrow x = 7.08 \rightarrow 7$$

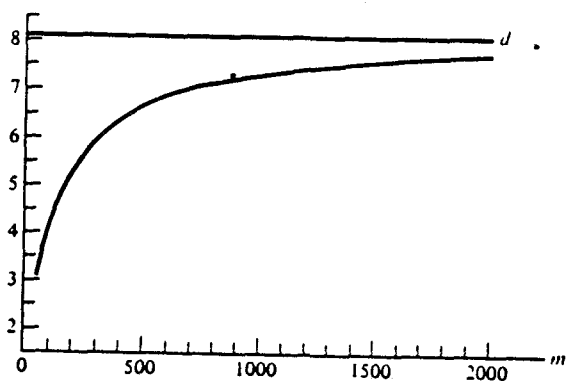
$$Wq = 130.5 + 7 = 137.5 \text{ (Μέσος χρόνος αναμονής ενός πελάτη σε σύστημα εξυπηρέτησης M / G/ 6)}$$

και επειδή:

$$Ws = Wq + 1/\mu \text{ ([155],σελ 36)}$$

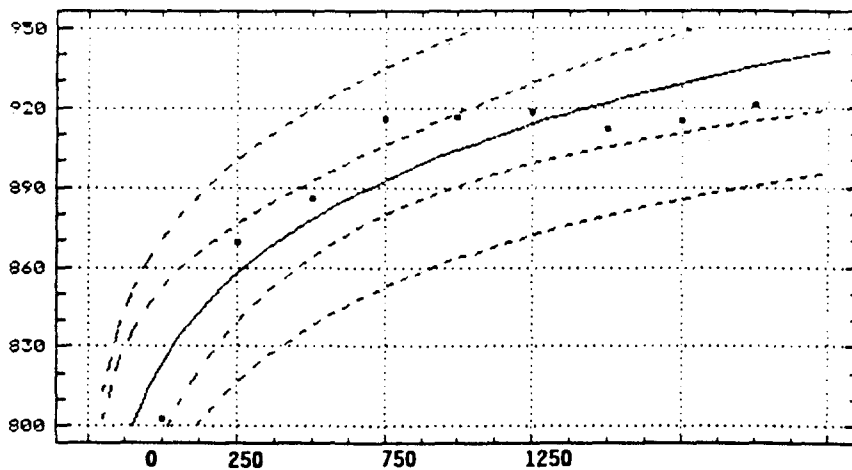
$$Ws = 137.5 + 576 = 713.5 \text{ (Μέσος χρόνος παραμονής ενός πελάτη σε σύστημα εξυπηρέτησης M / G/ 6)}$$

Μέσος χρόνος αναμονής πελατών
σύμφωνα με το πρότυπο M/M/1



Αριθμός προσερχόμενων πελατών

Μέσος χρόνος εξυπηρέτησης φορτηγών
στην συγκεκριμένη εφαρμογή του
πρωτύπου προσομοίωσης της διατριβής



Αριθμός προσερχόμενων φορτηγών

Σχήμα 5.4

(Επάνω) Εξέλιξη του μέσου χρόνου αναμονής στην ουρά, σε σχέση με τον αριθμό (m) των πελατών, για το πρότυπο αναμονής M/M/1. Πηγή [152].

(Κάτω) Εξέλιξη του μέσου χρόνου παραμονής του φορτηγού στην τερματική εγκατάσταση, σε σχέση με τον αριθμό των αφικνουμένων φορτηγών.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το πρότυπο προσομοίωσης υπολογίζει το συνολικό χρόνο παραμονής του πελάτη/φορτηγού στην τερματική εγκατάσταση, ενώ το πρότυπο αναμονής υπολογίζει το χρόνο παραμονής στο υποσύστημα εξυπηρέτησης του Κέντρου Ελέγχου. Για να είναι συνεπώς συγκρίσιμα τα αποτελέσματα, θα πρέπει στα αποτελέσματα του προτύπου αναμονής να προστεθούν και οι μέσοι χρόνοι μετακίνησης του φορτηγού από την Πύλη εισόδου της εγκατάστασης έως το υποσύστημα του Κέντρου Ελέγχου και από εκεί έως την Πύλη εξόδου που είναι 219 δλ (βλ παράρτημα Δ) και οδηγεί συνολικά σε μέσο χρόνο παραμονής 932.5 δευτερολέπτων.

4. Ακολούθησε η σύγκριση του μέσου χρόνου αναμονής των φορτηγών στην ουρά και του μέσου χρόνου παραμονής των φορτηγών στην τερματική εγκατάσταση, με τα αντίστοιχα μεγέθη του προτύπου αναμονής, σύμφωνα με την πιο κάτω διαδικασία:

α. Εντοπίστηκε το χρονικό διάστημα που απαιτείται, ώστε το προσομοιούμενο σύστημα να εισέλθει σε κατάσταση συνεχούς λειτουργίας (steady state). Η διαδικασία αυτή επιβάλλεται για να είναι συγκρίσιμα τα αποτελέσματα του προτύπου προσομοίωσης, με τα αποτελέσματα της επίλυσης του προτύπου της θεωρίας αναμονής. Το σχήμα 5.4 απεικονίζει την εξέλιξη του μέσου χρόνου αναμονής στην ουρά, σε σχέση με τον αριθμό (m) των πελατών, για το πρότυπο αναμονής M/M/1. Παρόμοια είναι και η συμπεριφορά του προτύπου της διατριβής. Το σχήμα 5.4 παρουσιάζει την εξέλιξη του μέσου χρόνου παραμονής του φορτηγού στην τερματική εγκατάσταση, σε σχέση με τον αριθμό των αφικνούμενων φορτηγών. Ο υπολογισμός έγινε για ορισμένα επίπεδα τιμών, με τη σχέση:

$$D(L \mid N(0)=0) = \frac{\sum_{i=1}^L d(i)}{L} \quad \mid \quad N(0)=0$$

για $L = 250, 500, 1000, 1250, 1500, 1750$ και 2000

όπου:

$d(i)$ = χρόνος παραμονής στο σύστημα του φορτηγού i .

$N(t)$ = αριθμός πελατών στο σύστημα, τη χρονική στιγμή t .

$D(L \mid N(0)=0)$ = Μέσος χρόνος παραμονής στο σύστημα για τα L τελευταία φορτηγά, δεδομένου ότι τη χρονική στιγμή 0 δεν υπήρχε φορτηγό στο σύστημα εξυπηρέτησης.

β. Εκτιμήθηκε η τάση εξέλιξης της παραμέτρου με προσαρμογή καμπύλης. Όπως απεικονίζεται στο σχήμα 5.4.(κάτω), τα όρια εμπιστοσύνης της καμπύλης περιλαμβάνουν την τιμή που υπολογίζεται από το πρότυπο αναμονής. (βλ Παρ Δ)

Μία εναλλακτική τεχνική είναι να γίνει δεκτό ότι μετά την απόρριψη των πρώτων χιλίων τιμών, τα αποτελέσματα αντιστοιχούν στην περιοχή της κατάστασης συνεχούς λειτουργίας του συστήματος. Ο έλεγχος της υπόθεσης, ότι τα αντίστοιχα μεγέθη των προτύπων αναμονής και προσομοίωσης είναι ίσα, περιλαμβάνεται στο παράρτημα Δ. Οι πιο πάνω τεχνικές υιοθετήθηκαν γιατί ο περιορισμός του συνολικού αριθμού φορτηγών στον αριθμό 2000 (πρβλ 4.4) δεν επιτρέπει την εισαγωγή σεναρίων με μεγαλύτερο αριθμό αφίξεων.

Λόγω του σημαντικού υπολογιστικού φόρτου της μεθόδου, δε πραγματοποιήθηκαν έλεγχοι και για άλλους συνδυασμούς τιμών λ και μ .

5.5 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΝΑ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΗΣΕΙ ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Η ανάπτυξη ενός προτύπου προσομοίωσης που περιλαμβάνει σημαντικό αριθμό παραμέτρων, είναι φυσικό να οδηγεί και σε προσδοκία για απόλυτη ταύτιση συμπεριφοράς προτύπου και φυσικού συστήματος. Στόχος του κεφαλαίου αυτού είναι να σχολιάσει κατά πόσο αυτό είναι εφικτό και να παρουσιάσει τις αιτίες των διαφοροποιήσεων στην συμπεριφορά προτύπου και φυσικού συστήματος. Διακρίνονται οι πιο κάτω κατηγορίες:

- α. Οι παράμετροι που καθορίζουν τη δυναμική συμπεριφορά των οχημάτων (ταχύτητα, επιτάχυνση/επιβράδυνση, χρόνοι χειρισμών/ελιγμών) έχουν στο πρότυπο σταθερές τιμές (πρβλ 4.7.1, μέσες τιμές παραμέτρων με δυνατότητα προσθήκης στοχαστικού μέρους, που καταγράφεται και διατηρείται στο αρχείο του σεναρίου), ενώ αντίθετα στο φυσικό σύστημα είναι στοχαστικές. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η μετατροπή των παραμέτρων του προτύπου σε στοχαστικές, (με τη βοήθεια ψευδοτυχαίων αριθμών και κατανομών αποκλίσεων) δε βελτιώνει την ακρίβεια της οπτικής αναπαράστασης. Αντίθετα η διαφορετική συμπεριφορά του προτύπου για τα ίδια δεδομένα εισόδου, που προκύπτει από την υιοθέτηση στοχαστικών παραμέτρων, μειώνει την αποτελεσματικότητα ενός προτύπου με οπτική έξοδο στην παρουσίαση προτάσεων.^[186]

Η ασυμφωνία στην εκτίμηση του κύκλου λειτουργίας των οχημάτων, είναι δυνατόν να οδηγήσει και σε διαφορές στον καταμερισμό των εργασιών μεταξύ οχημάτων πλαισίων καθώς αποδεσμεύονται και συμμετέχουν στις διαδικασίες σε διαφορετική χρονική στιγμή. Για παράδειγμα, αν ο χρόνος κύκλου του πραγματικού μηχανήματος ολοκληρώνεται τη χρονική στιγμή T_1 , η αντίστοιχη χρονική στιγμή για τον προσομοιούμενο μηχανήμα είναι T_2 και κατά τη χρονική στιγμή T_x το Κέντρο Ελέγχου εξετάζει τα διαθέσιμα μηχανήματα ώστε να αναθέσει μια εργασία, είναι δυνατόν στην περίπτωση που $T_1 < T_x < T_2$, η κατανομή εργασιών μεταξύ πραγματικού και προσομοιούμενου συστήματος να είναι διαφορετική.

Σε πολλές περιπτώσεις οι διαφοροποιήσεις αυτές, αφορούν κυρίως την οπτική εικόνα που έχει ο χρήστης συγκρίνοντας την ταινία της μαγνητοσκόπησης, με την αντίστοιχη γραφική έξοδο του προγράμματος του προτύπου. Αν και υπάρχει κάποιος βαθμός συσχέτισης ανάμεσα στην ακρίβεια της οπτικής αναπαράστασης και την

ακρίβεια των αριθμητικών αποτελεσμάτων, η τελευταία είναι δυνατόν να είναι ικανοποιητική ακόμη και με σημαντικές οπτικές διαφοροποιήσεις.

Μία παράμετρος με σημαντική σε ορισμένες περιπτώσεις επίδραση στην απόδοση του συστήματος εξυπηρέτησης, αφορά το μέσο χρόνο από την στάθμευση του φορτηγού στον προκαθορισμένο χώρο έως την παράδοση των απαιτήσεων διακίνησης στο κέντρο ελέγχου. Η διαδικασία που ακολουθείται στο φυσικό σύστημα είναι η εξής. Μετά την στάθμευση του φορτηγού, ο οδηγός κατέρχεται από το όχημά του και βηματίζει έως το κέντρο ελέγχου, όπου παραδίδει την προς εξυπηρέτηση εντολή στο αρμόδιο υπάλληλο. Η προσομοίωση της διαδικασίας αυτής στο πρότυπο, πραγματοποιείται μέσω σταθεράς, που επιβάλλει χρονική καθυστέρηση ίση με τη μέση τιμή της παραμέτρου. Το σχήμα 5.3.2 απεικονίζει την κατανομή της παραμέτρου από δείγμα μετρήσεων που συλλέχθηκαν στον δειγματικό χώρο του προτύπου. Πέραν των τιμών αυτών καταγράφηκαν (σε ειδικές περιπτώσεις) μηδενικές αλλά και πολύ υψηλές τιμές, της τάξης των τριών λεπτών. Αναλυτικά:

- Οι μηδενικές τιμές αφορούν την περίπτωση που το φορτηγό που μεταφέρει Ε/Κ προς εξαγωγή εισέρχεται στην τερματική εγκατάσταση και σταθμεύει στην Κύρια Περιοχή Εξυπηρέτησης. Εκεί δεν υπάρχει άλλο φορτηγό που να μεταφέρει ίδιο τύπου Ε/Κ, ενώ αντίθετα υπάρχει διαθέσιμο όχημα πλαίσιο (με αντίστοιχη διαμόρφωση αρπαγής). Ο οδηγός του Οχήματος Πλαισίου προβλέπει ότι το φορτηγό θα εξυπηρετηθεί από αυτόν και ξεκινά αμέσως τη διαδικασία.
 - Οι μεγάλες τιμές της κατανομής αφορούν περιπτώσεις που οδηγοί φορτηγών απασχολούν τους υπαλλήλους του Κέντρου Ελέγχου (με ειδικές συνήθως συζητήσεις) πριν την παράδοση των εντολών τους. Είναι αξιοσημείωτο ότι και οι δύο αυτές ειδικές περιπτώσεις εμφανίζονται κατά την μετάβαση του συστήματος από την κατάσταση ηρεμίας στην κατάσταση δράσης και συνεπώς επιβάλλουν αρχικές συνθήκες οι συνέπειες των οποίων μεταφέρονται σε ολόκληρο τον κύκλο λειτουργίας του συστήματος εξυπηρέτησης.
- β. Η λήψη αποφάσεων στα θέματα προτεραιοτήτων εξυπηρέτησης, επιλογής θέσης μεταφόρτωσης και επιλογής διαδρομής είναι για το πρότυπο μονοσήμαντα καθορισμένα, ενώ αντίθετα στο φυσικό σύστημα παρατηρούνται αποκλίσεις από τους βασικούς κανόνες.

- γ. Η επιλογή της θέσης στάθμευσης των φορτηγών στον προκαθορισμένο χώρο εξυπηρέτησης είναι μονοσήμαντα καθορισμένη στο πρότυπο, ενώ αντίθετα στο φυσικό σύστημα η επιλογή αυτή είναι· στοχαστική. Η ανακρίβεια στη θέση στάθμευσης, μπορεί να οδηγήσει σε διαφορετική επιλογή διαδρομής ή και σε διαφορετική επιλογή οχήματος πλαισίου προς εξυπηρέτηση.
- δ. Ανθρώπινα σφάλματα. Η περισσότερο συνηθισμένες περιπτώσεις που παρατηρήθηκαν σχετίζονται με την αναζήτηση του προς διαμετακόμιση Ε/Κ στους χώρους εναπόθεσης και είναι:
- Εσφαλμένη καθοδήγηση από το Κέντρο Ελέγχου. Η βασική αιτία για τα σφάλματα της κατηγορίας αυτής είναι η μη ενημέρωση του Κέντρου Ελέγχου για αλλαγές στην διάταξη των Ε/Κ, που πραγματοποιούνται στα πλαίσια άλλων εξυπηρετήσεων όπως αναδιατάξεις Ε/Κ για την παραλαβή εισαγόμενων Ε/Κ από κατώτερες στρώσεις των στοιβάδων (πρβλ 2.6.4) ή από προ-οργάνωση χώρων ώστε να δημιουργηθούν ενιαίοι κενοί χώροι για την υποδοχή των Ε/Κ επερχόμενου πλοίου. Παρατηρήθηκαν περιπτώσεις όπου η απώλεια χρόνου για την ανεύρεση του "απωλεσθέντος" Ε/Κ ξεπέρασε τα δέκα πέντε λεπτά.
 - Σφάλματα των οδηγών των Οχημάτων Πλαισίων. Σε αυτά περιλαμβάνονται η εσφαλμένη επιλογή σειράς δαπέδου εναπόθεσης και η κακή απομνημόνευση του αριθμού του Ε/Κ.
 - Οχι σπάνια, σφάλματα καταγράφηκαν και κατά τη διαδικασία όπου το Κέντρο Ελέγχου έδινε εντολή (μέσω μεγαφώνου) σε φορτηγά για να μετακινηθούν σε περιοχές των δαπέδων εναπόθεσης Ε/Κ ώστε να εξυπηρετηθούν εκεί. Καταγράφηκαν περιπτώσεις που ο οδηγός του φορτηγού δεν αντελήφθηκε το ηχητικό μήνυμα και ταυτόχρονα το Κέντρο Ελέγχου δεν αντελήφθηκε το γεγονός αυτό, με αποτέλεσμα να καθυστερήσει σημαντικά η εξυπηρέτηση του φορτηγού.

Η εμφάνιση μιας σειράς ασυμφωνιών μεταξύ προτύπου και φυσικού συστήματος, δε σημαίνει αυτόματα και συνεχή αύξηση στην διαφορά της συμπεριφοράς τους. Παρατηρούμε ότι:

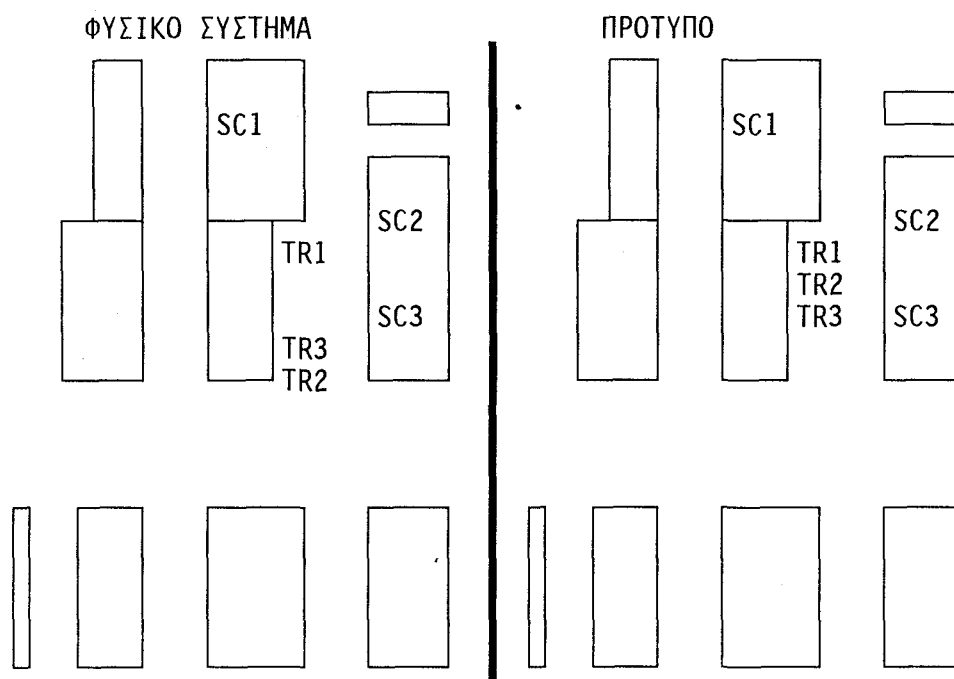
- α. Κάθε κύκλος εξυπηρέτησης του Οχήματος Πλαισίου, περιλαμβάνει την εκτέλεση σειράς δραστηριοτήτων (μετακινήσεις, μεταφορτώσεις, χρόνοι επικοινωνίας). Αν και

ενδέχεται κάθε μία από αυτές τις δραστηριότητες να μην ταυτίζεται χρονικά με την αντίστοιχη προσομοιούμενη δραστηριότητα, το αθροιστικό τους αποτέλεσμα (που είναι ένας κύκλος εξυπηρέτησης) μπορεί να προσεγγίζει ικανοποιητικά, λόγω του νόμου των μεγάλων αριθμών.

- β. Η εμφάνιση της πρώτης ασυμφωνίας ποιοτικού τύπου, οδηγεί αλυσιδωτά και σε άλλες ασυμφωνίες. Παρατηρήθηκε όμως ότι είναι δυνατόν να δημιουργηθεί εκ νέου, σύγκλιση συμπεριφοράς. Η σύγκλιση αυτή ερμηνεύεται από το ότι, οι περισσότερες μετακινήσεις καταλήγουν στην Κύρια Περιοχή Εξυπηρέτησης και συμμετέχουν εκ νέου σε επόμενες διαδικασίες κατανομής εργασιών.

Τα πιο πάνω σχόλια γίνονται περισσότερο κατανοητά με τη συγκριτική παρουσίαση των εικόνων της οπτικής εξόδου του προτύπου και της αντίστοιχης μαγνητοσκόπησης που ακολουθεί.

Στο σχήμα που ακολουθεί απεικονίζονται οι αρχικές θέσεις τριών Οχημάτων Πλαισίων. Τα οχήματα SC2 και SC3 έχουν προσαρμόσει τις αρπάγες τους για Ε/Κ 20 ποδών ενώ το SC1 για Ε/Κ 40 ποδών. Η παρουσίαση αρχίζει με την άφιξη τριών φορτηγών (TR1, TR2, TR3) και την παράδοση των εντολών τους. Το σχήμα στο δεξιό τμήμα της σελίδας, παρουσιάζει τη γραφική έξοδο του προτύπου, ενώ το σχήμα στο αριστερό τμήμα, τη συμπεριφορά του φυσικού συστήματος, όπως αυτή έχει καταγραφεί σε μαγνητοσκόπηση. Σε αρκετές περιπτώσεις τα σχήματα αντικαθίσταται από παρατηρήσεις.



Εντολές διακίνησης στο Κέντρο Ελέγχου.

- 1) Φορτηγό 1 (TR1) Εκφόρτωση Ε/Κ 40' και εναπόθεση στο δάπεδο C
- 2) Φορτηγό 2 (TR2) Φόρτωση Ε/Κ 20' από την περιοχή Β.
- 3) Φορτηγό 3 (TR3) Φόρτωση Ε/Κ 20' από την περιοχή Β.

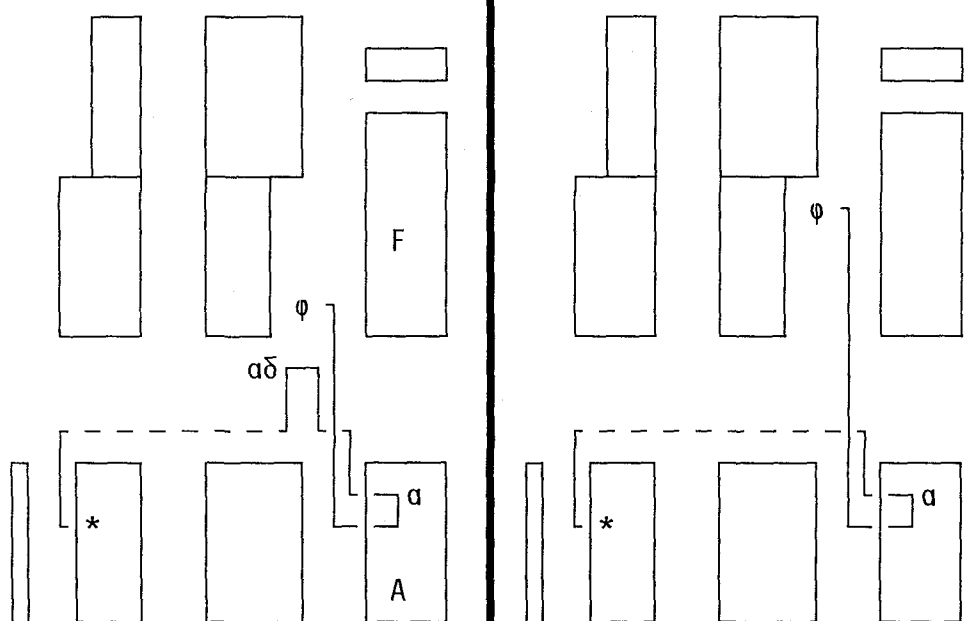
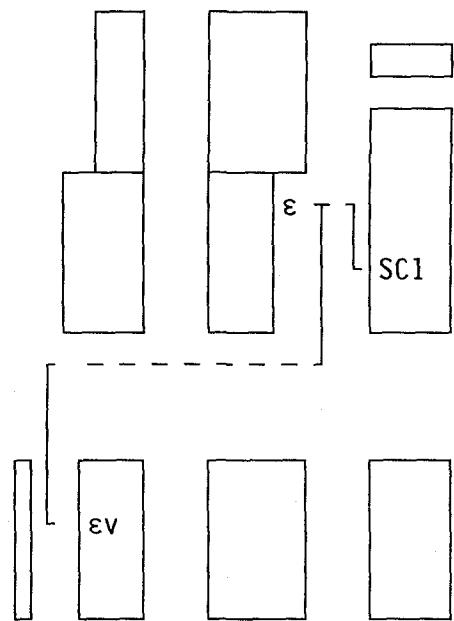
Κατανομή εργασιών

- TR1: Εξυπηρετείται από Οχήμα Πλαίσιο SC3
 TR2: Εξυπηρετείται από Οχήμα Πλαίσιο SC1
 TR3: Εξυπηρετείται από Οχήμα Πλαίσιο SC2

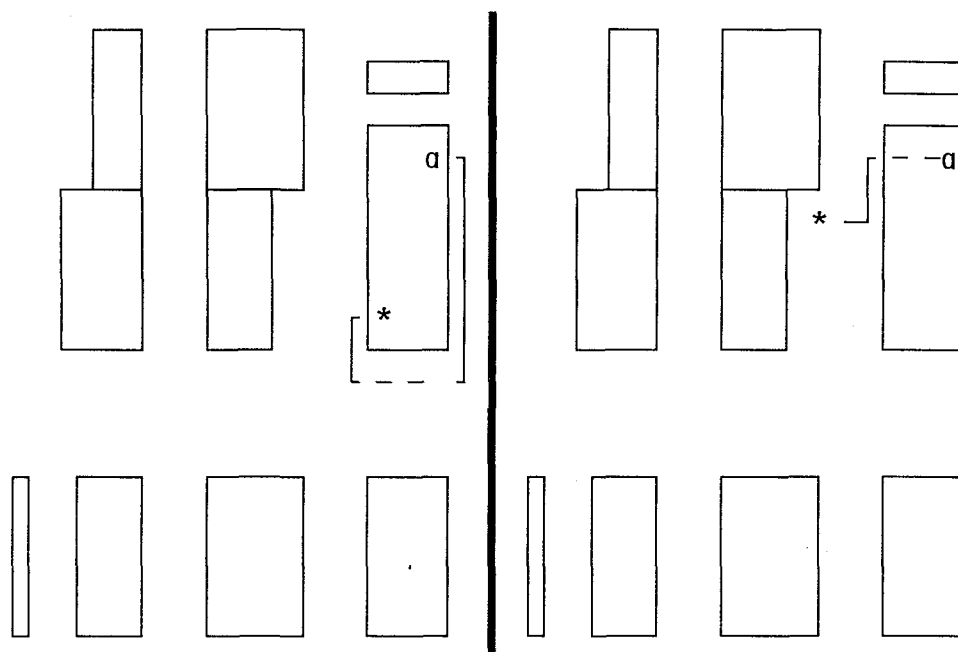
Η κατανομή των εργασιών στο πρότυπο, συμφωνεί με αυτήν του φυσικού συστήματος. Οι διαφορετικές θέσεις στάθμευσης των φορτηγών, δεν επηρέασαν το αποτέλεσμα.

Για καλύτερη εποπτεία, στα σχήματα που ακολουθούν αναλύεται πρώτα η συμπεριφορά του οχήματος πλαισίου SC3 και κατόπιν των SC1 και SC2 συνδυασμένα.

Μετακίνηση του SC1 μέχρι
τη θέση του φορτηγού TR3.
Εκφόρτωση φορτηγού. (ε)
Επιλογή διαδρομής.
Είσοδο στην περιοχή στοιβασίας
από την αριστερή πλευρά.
Μετακίνηση.
Εναπόθεση Ε/Κ στη θέση (εν)
Η συμπεριφορά του προτύπου
ταυτίζεται με αυτήν του
φυσικού συστήματος.



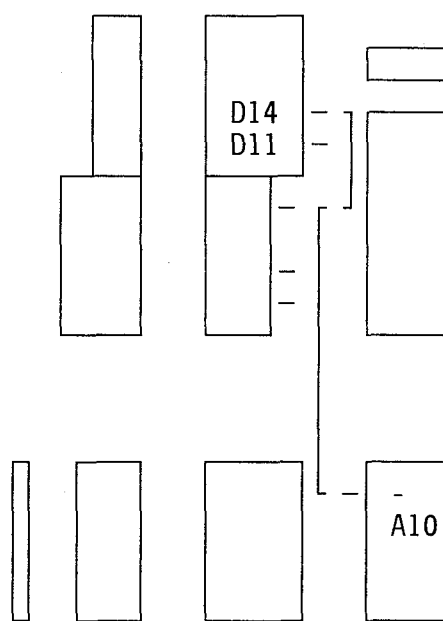
Νέα εντολή εξυπηρέτησης, με σκοπό τη φόρτωση φορτηγού με Ε/Κ από την περιοχή εναπόθεσης (Α). Η συμπεριφορά προτύπου και φυσικού συστήματος ταυτίζεται, με εξαίρεση τη μικρή απόκλιση από την κανονική διαδρομή (αδ), διότι ο οδηγός του οχήματος πλαισίου, από λάθος, κατευθύνθηκε αρχικά προς F.

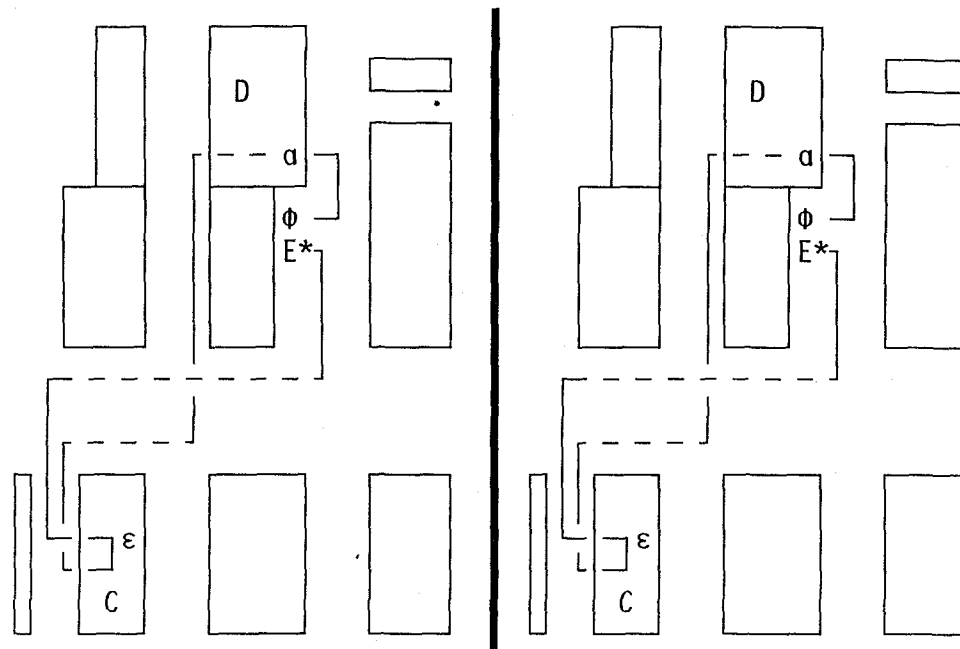


Νέα εντολή. Η επιλογή Ε/Κ ταυτίζεται, όμως η διαφορετική θέση πραγματικού και προσομοιούμενου οχήματος πλαισίου, που δημιουργήθηκε από την επιλογή θέσεων των φορτηγών, οδηγεί και σε διαφορετική διαδρομή.

Ακολουθούν οι απαιτήσεις διακίνησης Ε/Κ στις θέσεις Α10, D11, D14 (κατά σειρά άφιξης) Το πρότυπο εξυπηρετεί πρώτα τις απαιτήσεις D11, D14 και μετά την Α10. Στο πραγματικό σύστημα η απαίτηση Α10 προηγείται.

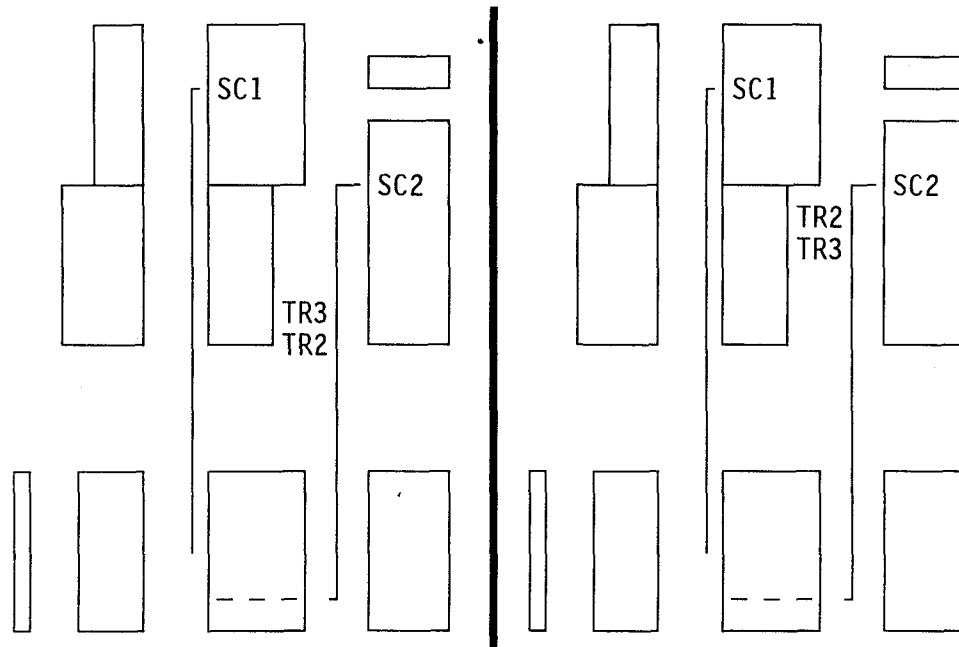
Οι διαδρομές που επέλεξε το πρότυπο απεικονίζονται στο σχήμα. Οι διαδρομές στο φυσικό σύστημα ακολουθούν τους ίδιους διαδρόμους του εσωτερικού οδικού δικτύου.



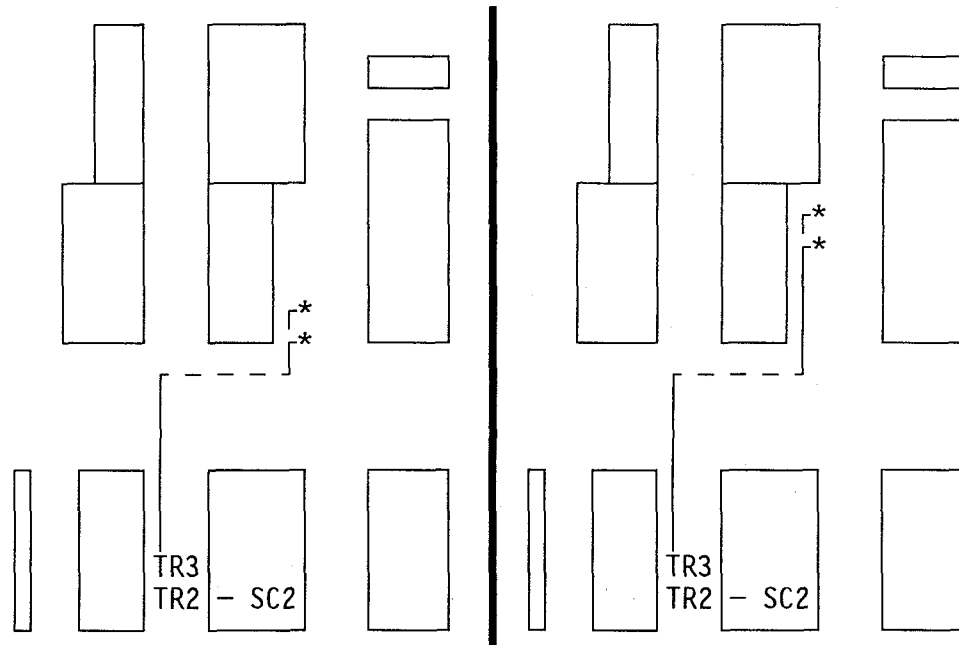


Νέα εντολή. Εκφόρτωση φορτηγού, μετακίνηση, εναπόθεση Ε/Κ, επιλογή νέας εντολής, μετακίνηση, ανάληψη Ε/Κ, μετακίνηση, φόρτωση φορτηγού. Πρότυπο και φυσικό σύστημα ταυτίζονται, αν και στις προηγούμενες κινήσεις είχε αναπτυχθεί ασυμφωνία.

Το σχήμα αυτό όπως και τα υπόλοιπα που ακολουθούν αναφέρονται στα οχήματα πλαίσια SC1 και SC2.



Αρχικά η επιλογή εργασιών και διαδρομών ταυτίζεται. Όμως στο πραγματικό σύστημα, το όχημα πλαίσιο SC1 παθαίνει βλάβη. Η αντίστοιχη "βλάβη" για το πρότυπο/προσομοιούμενο σύστημα δημιουργείται από το χρήστη του προγράμματος και αυτόματα η αντίστοιχη εντολή διακίνησης "επιστρέφει" στο κέντρο ελέγχου.



Τα φορτηγά TR1 και TR2 στέλνονται για εξυπηρέτηση στους χώρους στοιβασίας. Το SC2 εκτελεί τις φορτώσεις για το TR2 και κατόπιν το TR3. Η συμπεριφορά του προτύπου ταυτίζεται με αυτήν του φυσικού συστήματος.

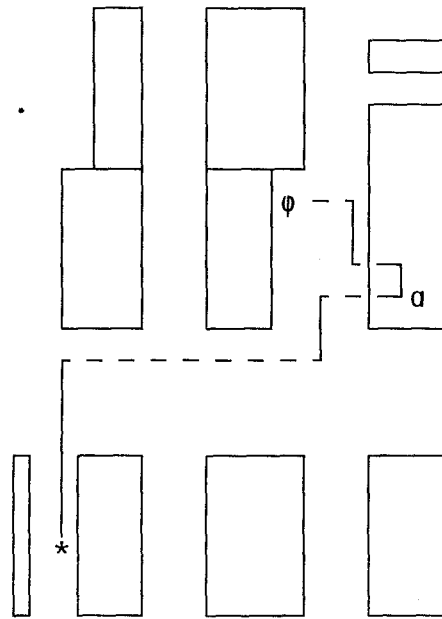
Επιλογή νέας εργασίας.

Μετακίνηση.

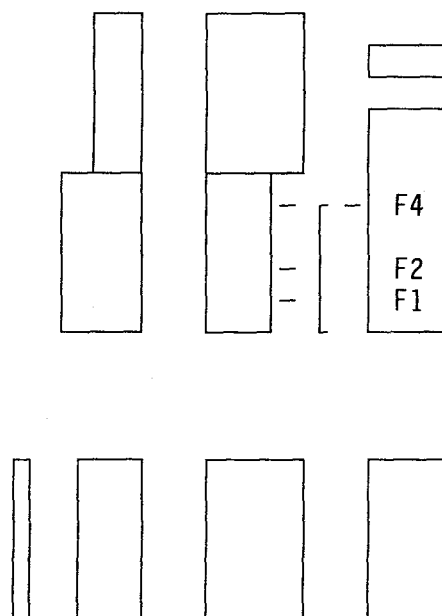
Παραλαβή Ε/Κ.

Φόρτωση φορτηγού.

Η συμπεριφορά του προτύπου
ταυτίζεται με αυτήν του
φυσικού συστήματος.



Ακολουθούν οι απαιτήσεις
διακίνησης Ε/Κ στις θέσεις
F1, F4, F2 (κατά σειρά
άφιξης) Το πρότυπο εξυπηρετεί
τις απαιτήσεις κατά την σειρά
άφιξης. Στο πραγματικό σύστημα
η απαίτηση F4 προηγείται της
F1. Οι διαδρομές που ακολουθεί
το πρότυπο, ακολουθούν τους
ίδιους διαδρόμους του εσωτε-
ρικού δικτύου με τις διαδρομές
του φυσικού συστήματος.



Ο λόγος της απόκλισης είναι ότι αν και το φορτηγό που αντιστοιχεί στην απαίτηση F1 έφθασε πρώτο, ο οδηγός του καθυστέρησε να αποβιβαστεί και συνεπώς η εντολή του παραδόθηκε μετά την εντολή του F4.

Στο σημείο αυτό διακόπτεται η παρουσίαση του σεναρίου. Ο λόγος που επιλέχθηκε το συγκεκριμένο τμήμα του σεναρίου είναι ότι, μέσα σε πολύ λίγες κινήσεις, παρουσιάζει μία ποικιλία ασυμφωνιών μεταξύ πραγματικού και προσομοιούμενου συστήματος, που όμως δεν οδηγούν σε συνεχή απόκλιση (πρβλ παράγραφο β κεφ. 5.5).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Το κεφάλαιο αυτό αναφέρεται σε δύο εφαρμογές που πραγματοποιήθηκαν με χρήση του προτύπου. Η πρώτη από τις εφαρμογές αυτές, αφορά την αξιολόγηση του συστήματος εξυπηρέτησης των φορτηγών στον δειγματικό χώρο του προτύπου. Η δεύτερη εφαρμογή αφορά τη σύγκριση μηχανολογικού εξοπλισμού συμβατικής τεχνολογίας με αντίστοιχο εξοπλισμό νέας τεχνολογίας.

6.1 ΕΦΑΡΜΟΓΗ Α

Η εφαρμογή αυτή αναφέρεται στην αξιολόγηση της στρατηγικής εξυπηρέτησης φορτηγών που εφαρμόζεται στην εγκατάσταση διακίνησης Ε/Κ στην ακτή Βασιλειάδη του λιμένα του Πειραιά (όπως αυτή έχει διαμορφωθεί από το προσωπικό που συμμετέχει στις διαδικασίες), σε σχέση με την αντίστοιχη στρατηγική που εφαρμόζεται σε συμβατικά συστήματα. Ο όρος "συμβατικό σύστημα" αναφέρεται σε σύστημα εξυπηρέτησης Οχημάτων Πλαισίων και έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

1. Η εξυπηρέτηση των φορτηγών πραγματοποιείται σε προκαθορισμένο χώρο.
2. Η σειρά εξυπηρέτησης ταυτίζεται με τη σειρά άφιξης των φορτηγών.
3. Όλες οι απαιτήσεις διακίνησης Ε/Κ μεταξύ των δαπέδων εναπόθεσης Ε/Κ και του προκαθορισμένου χώρου εξυπηρέτησης των φορτηγών, εκτελούνται από τα Οχήματα Πλαίσια.

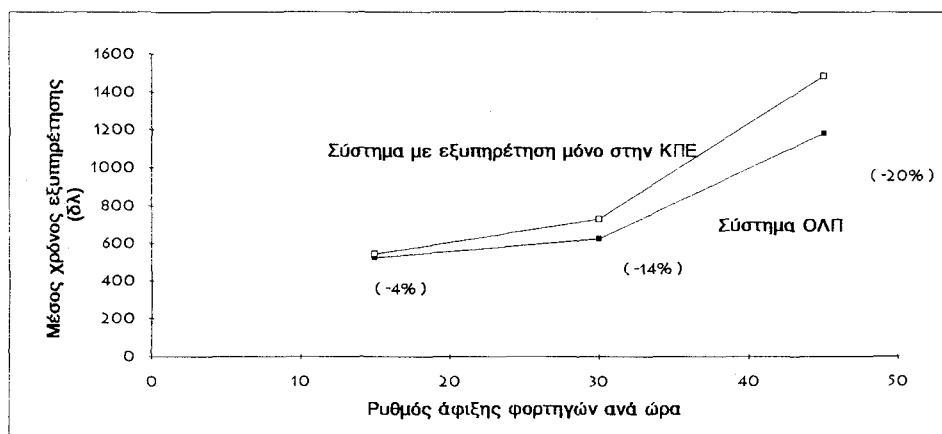
Αντίθετα το σύστημα εξυπηρέτησης της τερματικής εγκατάστασης στην Ακτή Βασιλειάδη επιτρέπει σε πολλές περιπτώσεις τη μετακίνηση των φορτηγών στις περιοχές των δαπέδων εναπόθεσης και εφαρμόζει έναν ιδιόμορφο κανόνα προτεραιότητας στην σειρά εξυπηρέτησης (βλ κεφ 4).

Η σύγκριση των εναλλακτικών αυτών στρατηγικών πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια σεναρίων αφίξεων φορτηγών. Μέσω του προτύπου της διατριβής, δημιουργήθηκαν και επιλύθηκαν τρεις ομάδες σεναρίων, κάθε μία από τις οποίες είχε διαφορετικό ρυθμό αφίξεων φορτηγών. Κάθε ομάδα περιλάμβανε 12 σενάρια με χρονική διάρκεια δύο ωρών και διαφορετικές χρονοαποστάσεις μεταξύ αφίξεων. Οι στήλες 1 έως 7 του πίνακα 6.1 παρουσιάζουν ορισμένα από τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την επίλυση των σεναρίων αυτών. Οι στήλες 8 και 9 προκύπτουν από αριθμητική επεξεργασία των τιμών των υπολοίπων στηλών του πίνακα.

Ο έλεγχος προσήμου/sign test (ενδείκνυται για συσχετισμένα ζεύγη τιμών ^[146-148]) στις στήλες 8 και 9 αποδεικνύει σε επίπεδο εμπιστοσύνης ($\alpha=0.05$) ότι το υπάρχον σύστημα είναι ταχύτερο από το συμβατικό, δημιουργεί όμως περισσότερες κυκλοφοριακές εμπλοκές. Αν και δεν υπάρχει μία γενική μαθηματική διατύπωση της σχέσης μεταξύ κυκλοφοριακών εμπλοκών και ατυχημάτων (και των παραμέτρων που υπεισέρχονται) σε κόμβους οδικών δικτύων, η σχέση μεταξύ κυκλοφοριακών εμπλοκών και ατυχημάτων έχει αναφερθεί/αποδειχτεί από πολλούς ερευνητές.^[253-257]

		(Σύστημα ΟΛΠ)				(Σύστημα ΚΠΕ)			ΔΙΑΦΟΡΕΣ	
	Αριθμός αφικν. φορτηγών ανά ώρα	Μέσος χρόνος εξυπηρ. φορτηγού (δλ)	Συνολικός χρόνος κυκλοφ. εμπλοκών φορτηγών (δλ)	Συνολικός χρόνος κυκλοφ. εμπλοκών Ο/Π (δλ)	Μέσος χρόνος εξυπηρ. φορτηγού (δλ)	Συνολικός χρόνος κυκλοφ. εμπλοκών φορτηγών (δλ)	Συνολικός χρόνος κυκλοφ. εμπλοκών Ο/Π (δλ)	(2)-(5)	((3)+(4)) -((6)+(7))	
		(δλ)	(δλ)	(δλ)	(δλ)	(δλ)	(δλ)	(δλ)	(δλ)	(δλ)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	
ΤΙΜΕΣ	15	505	28	41	532	0	20	-27	49	
	15	555	35	58	572	39	53	-17	1	
	15	548	61	64	578	17	34	-30	74	
	15	504	9	4	516	5	15	-12	-7	
	15	522	20	81	541	11	33	-19	57	
	15	523	26	40	547	0	7	-24	59	
	15	523	42	39	559	2	1	-36	78	
	15	487	40	33	515	1	19	-28	53	
	15	509	23	73	532	24	45	-23	27	
	15	509	2	42	539	2	15	-30	27	
	15	515	19	52	513	5	21	2	45	
	15	552	36	67	571	18	32	-19	53	
Μέση τιμή	15	521	28	50	543	10	25	-22	43	
ΤΙΜΕΣ	30	589	53	157	655	40	91	-66	79	
	30	551	44	193	579	72	81	-28	84	
	30	565	61	136	606	25	84	-41	88	
	30	652	60	228	819	22	66	-167	200	
	30	603	68	174	653	36	80	-50	126	
	30	673	65	268	906	26	52	-233	255	
	30	560	11	203	592	78	119	-32	17	
	30	1,019	40	246	1,334	25	65	-315	196	
	30	585	89	170	728	87	131	-143	41	
	30	564	35	146	585	18	45	-21	118	
	30	550	48	122	613	82	122	-63	-34	
	30	561	42	87	644	41	78	-83	10	
Μέση τιμή	30	623	51	178	726	46	85	-104	98	
ΤΙΜΕΣ	45	1,654	66	338	2,025	73	119	-371	212	
	45	1,984	63	234	2,267	38	136	-283	123	
	45	734	65	374	929	107	241	-195	91	
	45	1,054	168	309	1,360	105	146	-306	226	
	45	951	62	273	1,323	59	80	-372	196	
	45	1,229	53	307	1,585	75	103	-356	182	
	45	1,017	45	281	1,307	94	95	-290	137	
	45	993	123	349	1,266	139	190	-273	143	
	45	1,433	98	250	1,685	44	110	-252	194	
	45	1,130	70	388	1,645	52	135	-515	271	
	45	1,115	66	387	1,467	96	85	-352	272	
	45	848	63	349	934	57	214	-86	141	
Μέση τιμή	45	1179	79	320	1483	78	138	-304	182	

Πίνακας 6.1.α Σύγκριση εναλλακτικών συστημάτων εξυπηρέτησης / Αποτελέσματα



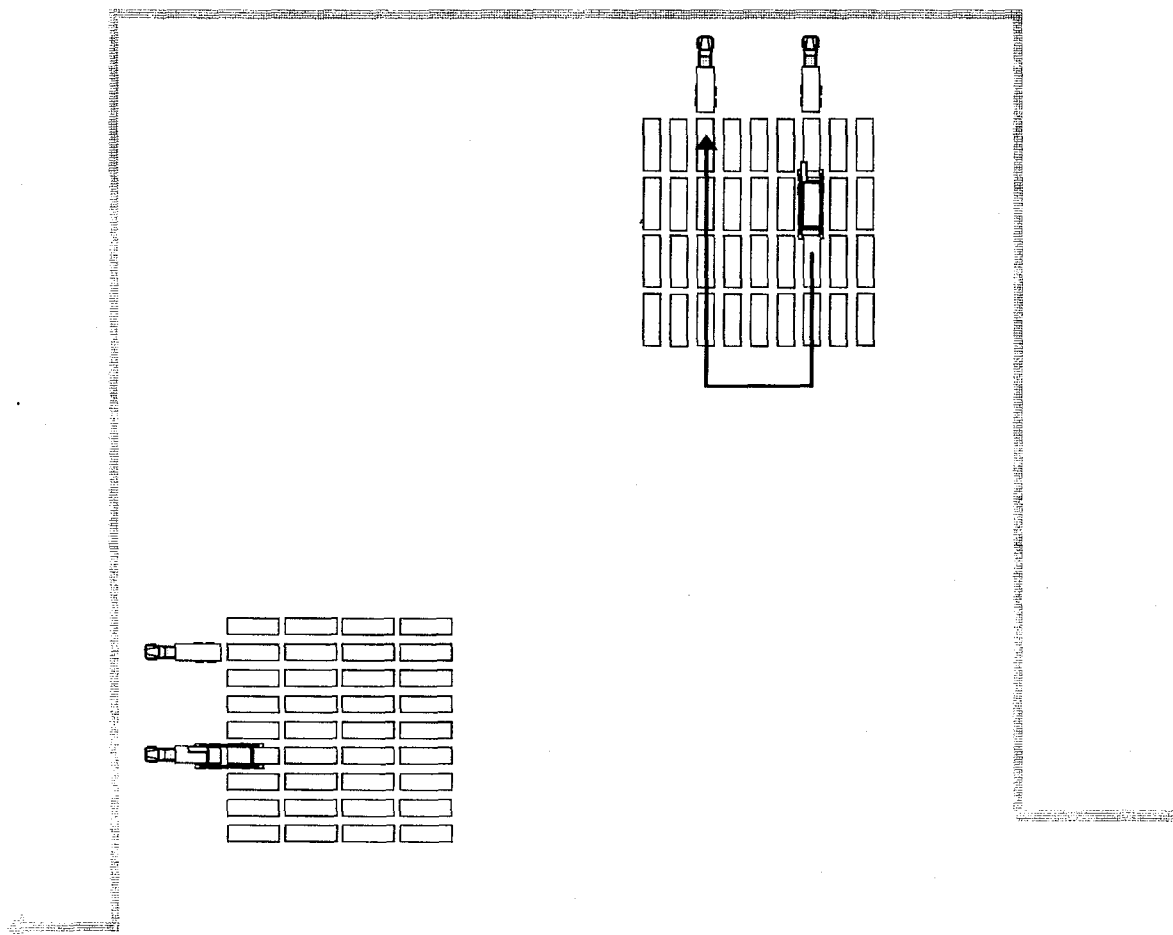
Σχήμα 6.1.α Σύγκριση εναλλακτικών συστημάτων εξυπηρέτησης

Οι διαφορές που προκύπτουν στον χρόνο παραμονής των φορτηγών, απεικονίζεται γραφικά στο σχήμα 6.1.α Παρατηρείται αύξηση της διαφοράς αυτής (όχι μόνο σε απόλυτες τιμές αλλά και ποσοστιαία) σε σχέση με το ρυθμό άφιξης των φορτηγών. Για ρυθμό 45 αφίξεων ανά ώρα, η ποσοστιαία διαφορά (για τις συνθήκες λειτουργίας της συγκεκριμένης εφαρμογής) είναι 20%.

Οι ποσοστιαίες αυτές διαφορές, δίνουν μία ένδειξη και για το μέγεθος του σφάλματος στα αποτελέσματα προτύπου προσομοίωσης που δεν περιλαμβάνει τις ιδιαιτερότητες της συμπεριφοράς των ανθρώπινου δυναμικού.

Τα αποτελέσματα της ανωτέρω διερεύνησης ενισχύουν την άποψη ότι το σύστημα εξυπηρέτησης στον δειγματικό χώρο του προτύπου έχει διαμορφωθεί στην σημερινή του μορφή για να αντιμετωπίσει τις (καθημέρινες) συνθήκες αυξημένου φόρτου. Είναι γνωστό ότι σε πολλά από τα συστήματα εξυπηρέτησης (όπου οι θέσεις εξυπηρέτησης απαρτίζονται από ανθρώπους) παρατηρείται αύξηση του ρυθμού εξυπηρέτησης σε συνθήκες αυξημένου φόρτου, επειδή οι άνθρωποι αυξάνουν τις προσπάθειές τους καθώς επίσης και λόγω συμβιβασμού στην ποιότητα της εξυπηρέτησης.^[156] Στο συγκεκριμένο σύστημα, η αύξηση των προσπαθειών εντοπίζεται κυρίως στο προσωπικό του Κέντρου Ελέγχου που οργανώνει και παρακολουθεί την στρατηγική εξυπηρέτησης αλλά και στους οδηγούς των Οχημάτων Πλαισίων, λόγω των αυξημένων κυκλοφοριακών εμπλοκών που συνεπάγεται η κυκλοφορία των φορτηγών στους χώρους των δαπέδων εναπόθεσης. Ο συμβιβασμό στην ποιότητα της εξυπηρέτησης νοείται στην πλευρά των οδηγών των φορτηγών που υποχρεώνονται να κινηθούν και να εξυπηρετηθούν στους χώρους των δαπέδων εναπόθεσης.

Η βασική ιδέα που ενυπάρχει στην ανωτέρω στρατηγική είναι η μεταφορά μέρους της εργασίας (μετακίνηση μεταξύ δαπέδων εναπόθεσης και Κύριας Περιοχής Εξυπηρέτησης) από τα μηχανήματα στα φορτηγά (δηλαδή από τους εξυπηρετητές στους "πελάτες" του συστήματος εξυπηρέτησης). Αν και ο τρόπος που εφαρμόζεται η ανωτέρω στρατηγική έχει σημαντικά μειονεκτήματα (αύξηση πιθανότητας ατυχήματος, καταπόνηση προσωπικού και συναλασσομένων) εκτιμάται (από το γράφοντα) ότι είναι δυνατόν, κάτω από κατάλληλες συνθήκες λειτουργίας, η στρατηγική αυτή να εφαρμοστεί αποτελεσματικά και με ασφάλεια. Το σχήμα 6.1.β απεικονίζει ένα ιδεατό σύστημα εξυπηρέτησης με τα εξής βασικά γνωρίσματα:



Σχήμα 6.1.β Ιδεατό σύστημα εξυπηρέτησης φορτηγών

1. Τα φορτηγά οχήματα κινούνται αποκλειστικά σε τμήμα του περιμετρικού δακτυλίου του εσωτερικού οδικού δικτύου της τερματικής εγκατάστασης.
2. Οι θέσεις στάθμευσης και εξυπηρέτησης των φορτηγών είναι διεσπαρμένες σε διάφορα σημεία της εγκατάστασης που συνδέονται με τον περιμετρικό δακτύλιο. Οι θέσεις αυτές γίνονται γνωστές στα φορτηγά κατά την είσοδό τους στην εγκατάσταση. Υπάρχει κατάλληλη σήμανση ώστε τα φορτηγά να κατευθύνονται και να καταλήγουν/ σταθμεύουν στις θέσεις αυτές.
3. Οι θέσεις στάθμευσης των φορτηγών είναι σε ευθυγραμμία με τις σειρές που περιέχουν τα προς μεταφόρτωση Ε/Κ. Η διάταξη αυτή μειώνει σε πολλές περιπτώσεις το χρόνο χειρισμού κατά τη μεταφόρτωση του Ε/Κ.
4. Υπάρχει κατάλληλη προοργάνωση της διευθέτησης των Ε/Κ ώστε οι στοίβες των Ε/Κ πλησίον των περιοχών στάθμευσης να περιέχουν/ υποδέχονται τα αντίστοιχα Ε/Κ. Η επιτυχής εφαρμογή ενός τέτοιου συστήματος προνποθέτει μικρού μήκους σειρές Ε/Κ, ώστε να μειώνεται το μέσο μήκος μετακίνησης μεταξύ Ε/Κ στην ίδια στοίβα (βλ. σχήμα 6.1.β).

Στην συνέχεια εξετάστηκαν δύο εναλλακτικές στρατηγικές εξυπηρέτησης. Είναι αναμενόμενο ότι η αποτελεσματικότητα της κάθε στρατηγικής επηρεάζεται από παράγοντες όπως ο αριθμός των μηχανημάτων της ομάδας εξυπηρέτησης, η χωροθέτηση και το δίκτυο κυκλοφορίας της εγκατάστασης, ο ρυθμός άφιξης των φορτηγών κλπ. Επιπλέον ορισμένες από τις στρατηγικές αυτές, πέραν των επιπτώσεών τους στην μέση τιμή του χρόνου εξυπηρέτησης έχουν και επιπτώσεις στη σειρά εξυπηρέτησης των φορτηγών. Το τμήμα αυτό της εφαρμογής δεν στοχεύει στην πλήρη διερεύνηση και την ανεύρεση των περιοχών εφαρμογής κάθε στρατηγικής, αλλά εστιάζει στην αξιολόγηση της στρατηγικής που εφαρμόζεται σε συνθήκες συνθήκες λειτουργίας στον δειγματικό χώρο του προτύπου. Ο πίνακας 6.1.β παρουσιάζει τα αποτελέσματα της επίλυσης σειράς σεναρίων που έχουν τα εξής κοινά στοιχεία:

ΣΕΝΑΡΙΟ 1	ΣΕΝΑΡΙΟ 2	ΣΕΝΑΡΙΟ 3	ΣΕΝΑΡΙΟ 4	ΣΕΝΑΡΙΟ 5	ΣΕΝΑΡΙΟ 6	ΣΕΝΑΡΙΟ 7	ΣΕΝΑΡΙΟ 8
{2 / 930}	{2 / 1227}	{1 / 864}	{2 / 867}	{2 / 530}	{1 / 730}	{2 / 1041}	{2 / 722}
{1 / 974}	{1 / 1251}	{2 / 903}	{1 / 913}	{1 / 531}	{2 / 742}	{1 / 1128}	{1 / 748}
{3 / 1230}	{3 / 1328}	{3 / 1091}	{3 / 989}	{3 / 612}			

Πίνακας 6.1.β Αποτελέσματα προτύπων για τρεις εναλλακτικές στρατηγικές εξυπηρέτησης

K >=	n=2	n=3	n=4	n=5	n=6	n=7	n=8	n=9	n=10	n=11	n=12	n=13	n=14	n=15
2	2500	5000	.68750	.5000	.34375	.22656	.14453	.08984	.05469	.03271	.07300	.04614	.02869	.05924
3		.12500	.31250	.18750	.10938	.06250	.03516	.01953	.01074	.00586	.01929	.01123	.00647	.01758
4			.06250	.03125	.01563	.00781	.00391	.00195	.00098	.00049	.00317	.00171	.00092	.00369
5											.00024	.00012	.00006	.00049
6														.00003
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														

Πίνακας 6.1.γ Τιμές Διωνυμικής κατανομής για τις η δοκιμές και Κ επιτυχίες

1. Χωροθέτηση των επι μέρους τμημάτων της εγκατάστασης όμοια με αυτής του δειγματικού χώρου του προτύπου.
2. Ρυθμό άφιξης φορτηγών ίσο με τριανταπέντε οχήματα ανά ώρα. Χαρακτηριστικά μεταφερόμενων Ε/Κ σύμφωνα με τις αντίστοιχες κατανομές του δειγματικού χώρου του προτύπου.
3. Ομάδα τριών Οχημάτων Πλαισίων. Τα δύο με τις αρπάγες τους προσαρμοσμένες για Ε/Κ 20 ποδών και το τρίτο για Ε/Κ 40 ποδών.

Σε κάθε ζευγάρι τιμών το πρώτο τμήμα δηλώνει τον κωδικό αριθμό της στρατηγικής που εφαρμόστηκε και το δεύτερο τμήμα την τιμή (σε δευτερόλεπτα) του μέσου χρόνου εξυπηρέτησης του φορτηγού. Τα ζεύγη αυτά έχουν καταχωρηθεί κατά αύξουσα σειρά σύμφωνα με τους χρόνους εξυπηρέτησης και συνεπώς οι αντίστοιχες στρατηγικές παρουσιάζονται κατά σειρά αποτελεσματικότητας.

Αν Θ_{sr} ο μέσος χρόνος εξυπηρέτησης σύμφωνα με την στρατηγική s στο σενάριο r και $s = 1, 2, \dots, s^{\max}$ και $r = 1, 2, \dots, r^{\max}$ (στην συγκεκριμένη περίπτωση $s^{\max} = 3$ και $r^{\max} = 5$) τότε εφόσον υπάρχουν ζεύγη στρατηγικών i και j για τα οποία ισχύει $\Theta_{ir} - \Theta_{jr} > 0$ για όλα τα σενάρια r , συμπεραίνετε ότι $\Theta_i < \Theta_j$ (όπου Θ_i και Θ_j οι αντίστοιχοι μέσοι χρόνοι εξυπηρέτησης) και συνεπώς η στρατηγική Θ_j μπορεί να απορριφτεί. Αν θεωρήσουμε τη $\{\Theta_{ir} - \Theta_{jr} > 0\}$ να λαμβάνει δύο μόνο τιμές {αληθής/ψευδής} τότε σύμφωνα με τον πίνακα 6.1.γ αρκούν πέντε "επιτυχίες" (αληθής) σε πέντε "δοκιμές" (σενάρια) για την απόρριψη της Θ_j σε επίπεδο εμπιστοσύνης ($\alpha=0.01$). Η εφαρμογή της τεχνικής αυτής στα στοιχεία του πίνακα οδηγεί στην απόρριψη της στρατηγικής 3 (με βάση ένα μόνο κριτήριο, αυτό του μέσου χρόνου εξυπηρέτησης).

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι χαρακτηριστικά της δομής του προτύπου (επίλυση του ίδιου σεναρίου αφίξεων από όλες τις στρατηγικές, σταθερές τιμές δυναμικών χαρακτηριστικών οχημάτων) περιορίζουν τη διασπορά στα αποτελέσματα της $\{\Theta_{ir} - \Theta_{jr}\}$. Η τεχνική αυτή (common random numbers) οδηγεί στις περισσότερες περιπτώσεις σε σημαντική μείωση της διασποράς στα αποτελέσματα προτύπων προσομοίωσης.^[152] Τα αποτελέσματα που προκύπτουν είναι συσχετισμένα, γεγονός που καθορίζει και τις στατιστικές τεχνικές για την επεξεργασία τους.^[151-152]

Η στρατηγική 1 είναι η στρατηγική που εφαρμόζεται στην τερματική εγκατάσταση της ακτής Βασιλειάδη. Η στρατηγική 2 είναι η Nearest Neighbour (περιλαμβάνει τον ευρετικό κανόνα 2, πρβλ 4.9.7), μία στρατηγική που έχει αποδειχτεί αποτελεσματική σε πολλές εφαρμογές. Η στρατηγική 3 (περιλαμβάνει τον ευρετικό κανόνα 5 με NB=2, πρβλ 4.9.7). Η βασική ιδιότητα του αλγορίθμου αυτού, να μην μετακινεί το υπό εξέταση Οχημα Πλαίσιο σε περιοχές άλλων μηχανημάτων, παρὰ μόνο στην περίπτωση που ο αριθμός των εργασιών στις περιοχές αυτές ξεπεράσει το όριο NB. Η στρατηγική αυτή οδηγεί σε "διασπορά" των Οχημάτων Πλαισίων σε "περιοχές επιρροής", όπου αναμένουν να εξυπηρετήσουν τα φορτηγά οχήματα που εισέρχονται σε αυτές. Με τον τρόπο αυτό περιορίζονται οι μετακινήσεις των Οχημάτων Πλαισίων, αυξάνονται όμως οι νεκροί τους χρόνοι. Στις συνθήκες φόρτου εργασίας και αριθμού μηχανημάτων της παρούσας εφαρμογής η στρατηγική αυτή αποδείχθηκε ακατάλληλη. Από τις υπόλοιπες στρατηγικές, η 2 εμφανίζει μία μικρή υπέροχη έναντι της 1.

Ένα σημαντικό μειονέκτημα της στρατηγικής 2, όσον αφορά την υιοθέτησή της στην εγκατάσταση Βασιλειάδη είναι το γεγονός ότι παραβλέπει συστηματικά τον κανόνα "ο πρώτος αφιχθείς εξυπηρετείται πρώτος". Όπως έχει αναφερθεί, ο κανόνας αυτός ικανοποιεί το "περί δικαίου αίσθημα" των οδηγών των φορτηγών που σε αντίθετη περίπτωση δυσανασχετούν και πολλές φορές διαμαρτύρονται στο προσωπικό του κέντρου ελέγχου. Κατά τη διάρκεια των παρατηρήσεων/μετρήσεων στην εν λόγω τερματική εγκατάσταση, ο γράφων έχει παρευρεθεί σε παρόμοια περιστατικά.

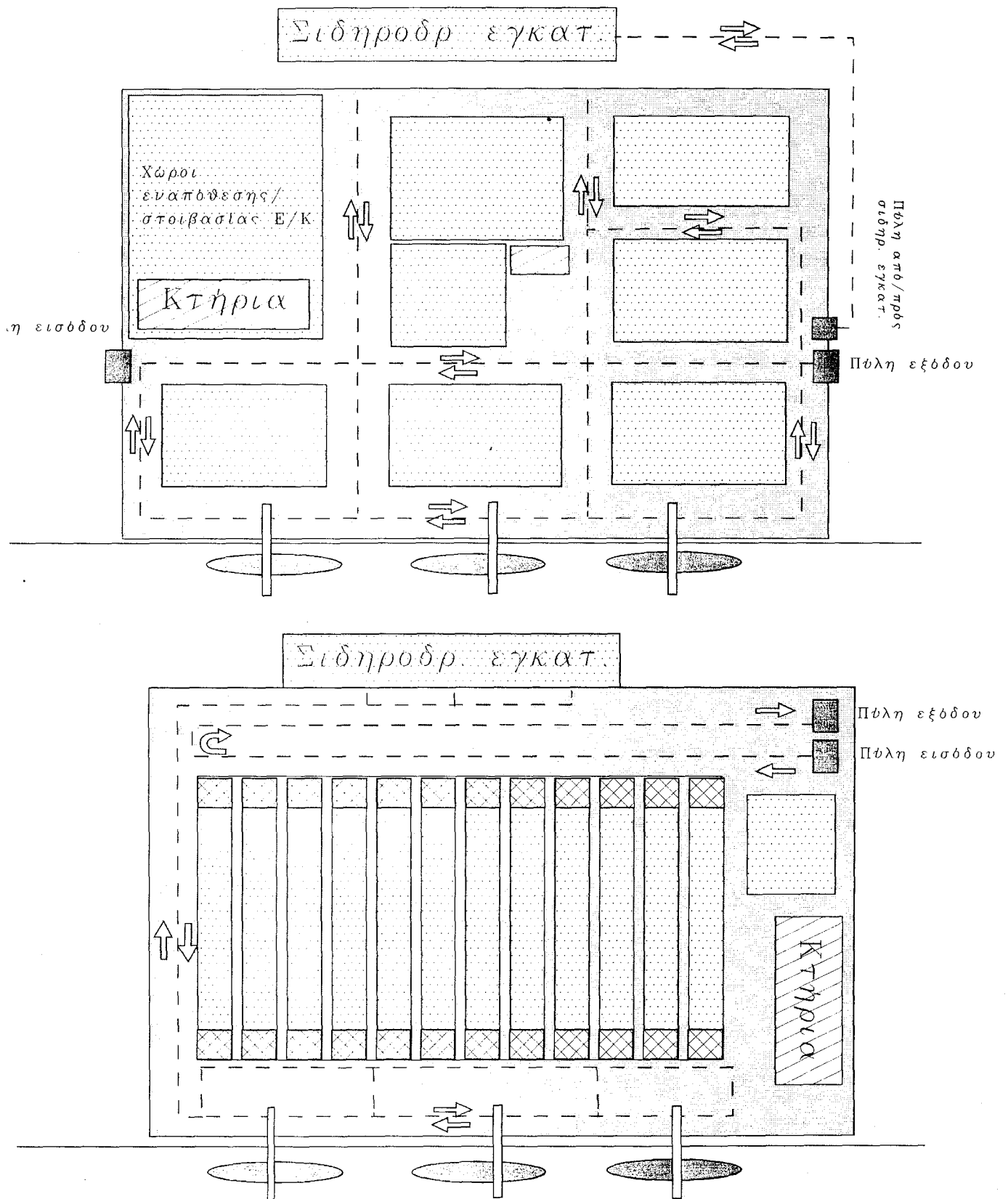
Αντίθετα η στρατηγική 1 (περιλαμβάνει τον ευρετικό κανόνα 4, πρβλ 4.9.7) χρησιμοποιεί τον ανωτέρω κανόνα μεταξύ φορτηγών που ευρίσκονται στην ίδια περιοχή, όχι όμως και μεταξύ ομάδων φορτηγών. Καθώς οι ομάδες των φορτηγών αυτών είναι διασκορπισμένες σε περιοχές των δαπέδων εναπόθεσης και δεν έχουν οπτική επαφή, η σειρά εξυπηρέτησης των ομάδων δε γίνεται συνήθως αντιληπτή και έτσι αποφεύγονται πολλές προστριβές. Τα ανωτέρω επιβεβαιώνουν την καταλληλότητα της στρατηγικής αυτής με τις παρούσες συνθήκες και για τους ρυθμούς άφιξης φορτηγών και αριθμό μηχανημάτων που χρησιμοποιήθηκαν.

6.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ Β

Η δεύτερη εφαρμογή αποτελεί τμήμα της εργασίας που έγινε στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού προγράμματος SIMET/EURET^[318] και αφορά στην σύγκριση διαφορετικού τύπου μηχανολογικού εξοπλισμού σε λιμενικές τερματικές εγκαταστάσεις διακίνησης Ε/Κ. Η σύγκριση έγινε για δύο ιδεατές λιμενικές εγκαταστάσεις με ετήσια διακίνηση 250.000 Ε/Κ. Η πρώτη λιμενική εγκατάσταση ήταν εξοπλισμένη με συμβατικό μηχανολογικό εξοπλισμό (γερανογέφυρες προκυμαίας, οχήματα πλαίσια, εκλυστήρες με συρόμενες βάσεις) ενώ η δεύτερη με το αυτοματοποιημένο σύστημα διακίνησης Ε/Κ που είναι σε δοκιμαστική λειτουργία (αρχές 1994) στο Delta terminal του Λιμένα του Ρότερνταμ. Ο μηχανολογικός εξοπλισμός του συστήματος αυτού περιλαμβάνει αυτοματοποιημένες γερανογέφυρες χαμηλού ύψους (Automatic Stacking Cranes συνοπτικά ASCs) και αυτόματα οχήματα μεταφοράς καθοδηγούμενα από υπολογιστή (Automatic Guided Vehicles, συνοπτικά AGVs). Οι κατόψεις των εγκαταστάσεων αυτών και ο αντίστοιχος εξοπλισμός παρουσιάζονται στα σχήματα 6.2.α και 6.2.β.

Η πλήρης εργασία (σχεδιασμός εγκαταστάσεων, επιλογή εξοπλισμού, καθορισμός συνθηκών λειτουργίας και κριτηρίων σύγκρισης) περιλαμβάνεται στις αντίστοιχες αναφορές του ανωτέρω ερευνητικού προγράμματος. Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστεί το τμήμα της εργασίας αυτής που αφορά στην επιλογή του κατάλληλου αριθμού Οχημάτων Πλαισίων που (για δεδομένο ρυθμό αφίξεων φορτηγών) ώστε να πληρείτε το προκαθορισμένο κριτήριο εξυπηρέτησης. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε είναι:

1. Αναπτύχθηκε μία σειρά σεναρίων που κάλυπτε απαιτήσεις εξυπηρέτησης τόσο στην χερσαία όσο και στην θαλάσσια πλευρά.
2. Σχηματίστηκαν ομάδες μηχανημάτων για την εξυπηρέτηση των ανωτέρω σεναρίων.
3. Προσομοιώθηκαν οι διαδικασίες εξυπηρέτησης και τα αποτελέσματα συγκρίθηκαν με προκαθορισμένα κριτήρια ποιότητας στην εξυπηρέτηση. Στην περίπτωση που οι επιδόσεις ομάδας εργασίας ήταν υποδεέστερες του/των κριτηρίων ποιότητας, ο αριθμός των μηχανημάτων της ομάδας αύξανε και διαδικασία της προσομοίωσης επαναλαμβανότανε.



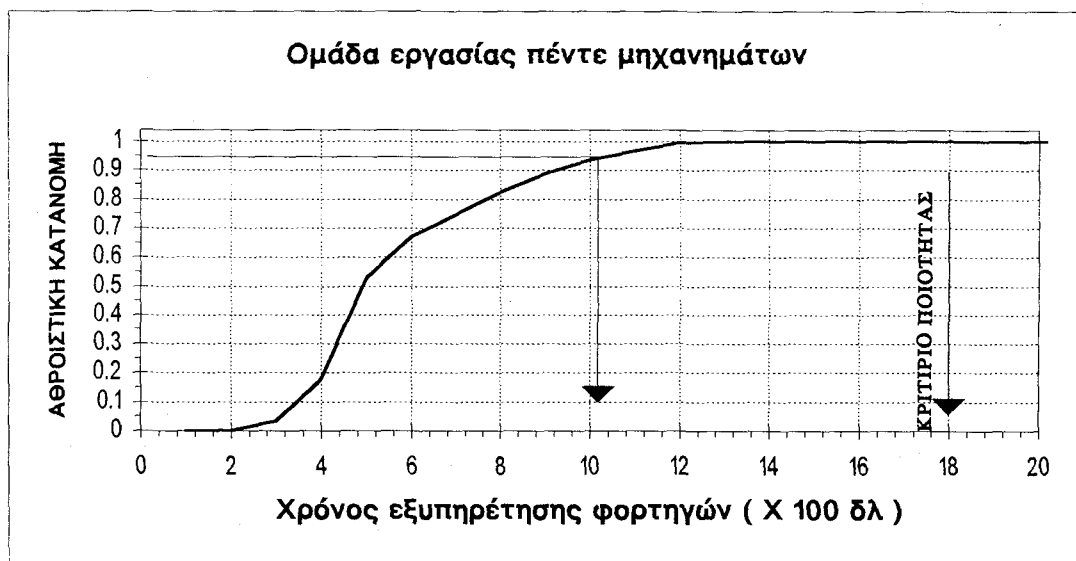
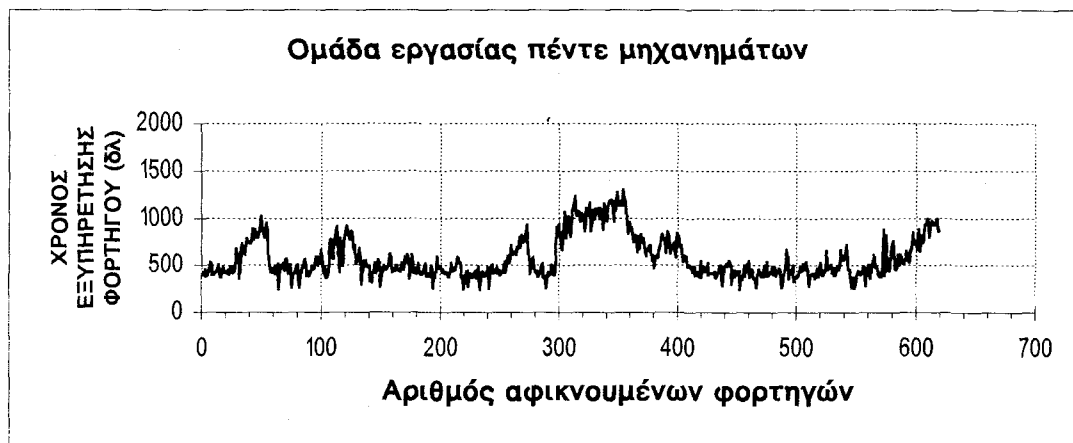
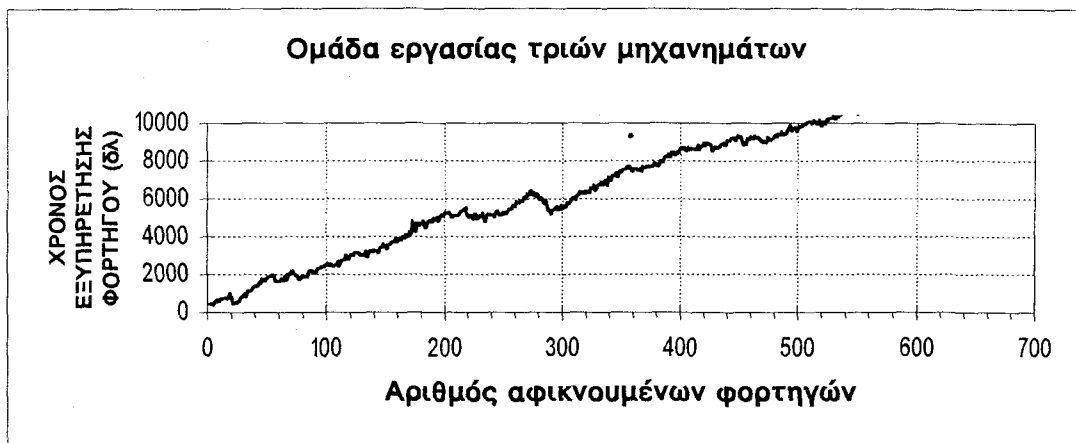
Σχήμα 6.2.α Κατόψεις εγκαταστάσεων συμβατικού (επάνω) και νέας τεχνολογίας (κάτω) μηχανολογικού εξοπλισμού διακίνησης Ε/Κ



Σχήμα 6.2.β Συμβατικός και νέας τεχνολογίας
μηχανολογικός εξοπλισμός διακίνησης Ε/Κ

Το σχήμα 6.2.γ παρουσιάζει ενδεικτικά την εφαρμογή της μεθοδολογίας για τον υπολογισμό του αριθμού μηχανημάτων συμβατικού τύπου σε υποσύστημα εξυπηρέτησης φορτηγών. Το κριτήριο ποιότητας εξυπηρέτησης που τέθηκε για το υποσύστημα αυτό, ήταν ότι το 95% των προσερχόμενων φορτηγών θα πρέπει να εξυπηρετηθούν εντός εικοσιπέντε λεπτών, χωρίς στον χρόνο αυτό να περιλαμβάνεται ο χρόνος διεκπεραίωσης των συνοδευτικών εγγράφων. Το πρώτο από τα επί μέρους σχήματα παρουσιάζει την εξέλιξη του χρόνου εξυπηρέτησης για τα διαδοχικώς αφικνούμενα φορτηγά. Η συνεχής αύξηση του χρόνου εξυπηρέτησης και μάλιστα πολύ πέρα των ορίων που θέτει το κριτήριο ποιότητας, φανερώνει την ανεπάρκεια της ομάδας των μηχανημάτων σε σχέση με τις απαιτήσεις εξυπηρέτησης (ρυθμός εξυπηρέτησης μικρότερος του ρυθμού αφίξεων). Ομάδα με ένα επιπλέον μηχανήματα έδωσε ρυθμό εξυπηρέτησης που κάλυπτε το ρυθμό των αφίξεων, όχι όμως και το κριτήριο ποιότητας που τέθηκε. Αντίθετα, ομάδα δύο επιπλέον μηχανημάτων έδωσε χρόνους εξυπηρέτησης φορτηγών (βλέπε δεύτερο επί μέρους σχήμα) που ικανοποιούν το κριτήριο ποιότητας (ο έλεγχος απεικονίζεται στο τρίτο επί μέρους σχήμα), αποτέλεσμα που επαληθεύτηκε και με άλλα σενάρια αφίξεων.

Το βασικό συμπέρασμα της όλης διερεύνησης ήταν ότι τα προηγμένης τεχνολογίας συστήματα που εξετάστηκαν έχουν κόστος ανά διακινούμενο Ε/Κ ίσο ή και υψηλότερο από συμβατικά συστήματα με ισοδύναμη παραγωγικότητα. Αξίζει να αναφερθεί ότι στο ίδιο συμπέρασμα κατέληξαν και οι ερευνητές που μελέτησαν (χρησιμοποιώντας διαφορετικά πρότυπα) το θέμα της αντικατάστασης εξοπλισμού για μεγαλύτερου μεγέθους λιμενικές τερματικές εγκαταστάσεις.^[318,320] Περαιτέρω διερεύνηση που έγινε λαμβάνοντας υπ' όψιν το κόστος χρήματος και τα μισθολόγια του Ελληνικού χώρου κατέληξε σε αποτελέσματα που ήταν σαφώς υπέρ του συμβατικού εξοπλισμού.



Σχήμα 6.2.γ Μεθοδολογία επιλογής αριθμού μηχανημάτων

7. Η ΕΞΕΛΙΚΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΙ ΤΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

Από τα πρώτα στάδια της παρούσας διατριβής το προς διερεύνηση θέμα οριοθετήθηκε στην επιστημονική περιοχή της ανάπτυξης προτύπου για τη διερεύνηση/βελτιστοποίηση της λειτουργίας τερματικής εγκατάστασης διακίνησης Ε/Κ. Εντοπίστηκε μάλιστα ότι ο δειγματικός χώρος θα ήταν λιμενική τερματική εγκατάσταση με έμφαση στην λεπτομερή αναπαράσταση των λειτουργιών του μηχανολογικού εξοπλισμού (με κάποια μορφή φυσικού/εικονικού προτύπου). Η ανάγκη για την αναπαράσταση των λιμενικών εγκαταστάσεων με φυσικά/εικονικά πρότυπα είχε ήδη διατυπωθεί από άλλους ερευνητές.^[13] Αρχικά, η έρευνα κατευθύνθηκε σε τεχνικές αναπαράστασης μέσω διατάξεων με ψηφιακά ολοκληρωμένα κυκλώματα (βλ αντίστοιχη εργασία για οδικά δίκτυα που εκπονήθηκε στο Πανεπιστήμιο UMIST ^[271]) και της κατασκευής προτύπων (υπό κλίμακα) με δυνατότητα συνεργασίας με υπολογιστή.^[13,120]

Παράλληλα προχώρησε και η διερεύνηση θεμάτων που σχετίζονται με την καταγραφή/κατανόηση των λειτουργιών διακίνησης Ε/Κ σε τερματικές εγκαταστάσεις που έγινε μέσω βιβλιογραφικών αναφορών, αποστολής ερωτηματολογίων, επίσκεψης στον τερματικό σταθμό του λιμένα της Τεργέστης καθώς και σειρά επισκέψεων στον τερματικό σταθμό του λιμένα του Πειραιά. Η αναζήτηση αυτή απεκάλυψε την πολυπλοκότητα των διαδικασιών του συστήματος, το σημαντικό αριθμό των παραμέτρων που υπεισέρχονται και τις σημαντικές ιδιαιτερότητες των λιμενικών τερματικών εγκαταστάσεων (πρβλ κεφάλαια 1 και 2). Επιπλέον έδειξε ότι στην αναπαράσταση του συστήματος θα πρέπει να περιληφθούν οι κυκλοφοριακές εμπλοκές των μηχανημάτων/οχημάτων στο εσωτερικό οδικό δίκτυο της εγκατάστασης καθώς και η συμπεριφορά του ανθρώπινου δυναμικού που συμμετέχει στις διαδικασίες διακίνησης των Ε/Κ.

Ο συγκερασμός των συμπερασμάτων από τις παράλληλες αυτές διερευνήσεις οδήγησε στον καθορισμό της τελικής μορφής του προτύπου της διατριβής. Η δομή αυτή περιλαμβάνει μαθηματικό πρότυπο για ηλεκτρονικό υπολογιστή με ταυτόχρονη αναπαράσταση των προσομοιούμενων διαδικασιών στην οθόνη του υπολογιστή με κινούμενα σύμβολα (animation). Τα πιο πάνω συμπεράσματα ανακοινώθηκαν από το γράφοντα και τον Καθηγητή Κ. Αμπακούμκιν σε Συνέδριο που πραγματοποιήθηκε στην Αθήνα το 1984.^[163]

Αν και οι εφαρμογές των τεχνικών των κινούμενων γραφικών ξεκινούν από τη δεκαετία του 80, η υιοθέτησή τους στην προσομοίωση λιμενικών εγκαταστάσεων δεν είχε

επεκταθεί (ή τουλάχιστον δεν ήταν ευρέως γνωστή) την εποχή εκείνη. Τα επόμενα χρόνια παρουσιάστηκαν και χρησιμοποιήθηκαν για το σχεδιασμό τερματικών εγκαταστάσεων πρότυπα προσομοίωσης με δυνατότητες κινούμενων γραφικών. Αξίζει να αναφερθεί ότι όλα τα πρότυπα που χρησιμοποιήθηκαν στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού προγράμματος SIMET για την αναπαράσταση των λειτουργιών και την επιλογή μηχανολογικού εξοπλισμού σε σιδηροδρομικές και λιμενικές εγκαταστάσεις διακίνησης Ε/Κ, χρησιμοποιούσαν την τεχνική της προσομοίωσης και μάλιστα τα περισσότερα είχαν δυνατότητες κινούμενων γραφικών. Το γεγονός αυτό δείχνει ότι η εργασία αυτή προέβλεπε τις τάσεις εξέλιξης στην επιστημονική της περιοχή.

Επιτυχής αποδείχτηκε και η επιλογή, να συμπεριληφθεί στο προσομοιούμενο σύστημα η συμπεριφορά του ανθρώπινου δυναμικού που συμμετέχει στις διαδικασίες διακίνησης. Εφαρμογή (που περιλαμβάνεται στο υποκεφάλαιο 6.1) δείχνει ότι αν οι ιδιαιτερότητες αυτές αγνοηθούν, το σφάλμα που προκύπτει εξαρτάται από το ρυθμό άφιξης των φορτηγών και μπορεί να ξεπεράσει το 20%. Στην ίδια εφαρμογή, το πρότυπο εκτιμά (ορθά) μία σημαντική αύξηση των κυκλοφοριακών εμπλοκών. Αν και οι απώλειες χρόνου λόγω κυκλοφοριακών εμπλοκών, υπερκαλύπτονται από το όφελος σε χρόνο που προκύπτει από τη μείωση του χρόνου κύκλου, το γεγονός θα πρέπει να αξιολογηθεί και από την άποψη της αύξησης των πιθανοτήτων ατυχήματος. Περαιτέρω διερεύνηση επέτρεψε την αξιολόγηση της στρατηγικής εξυπηρέτησης που εφαρμόζεται στην υπό διερεύνηση εγκατάσταση σε σχέση με εναλλακτικές στρατηγικές εξυπηρέτησης.

Τα αποτελέσματα της ανωτέρω διερεύνησης ενισχύουν την άποψη ότι το σύστημα εξυπηρέτησης στον δειγματικό χώρο του προτύπου έχει διαμορφωθεί στην σημερινή του μορφή για να αντιμετωπίσει τις (καθημερινές) συνθήκες αυξημένου φόρτου. Είναι γνωστό ότι σε πολλά από τα συστήματα εξυπηρέτησης παρατηρείται αύξηση του ρυθμού εξυπηρέτησης σε συνθήκες αυξημένου φόρτου, επειδή το ανθρώπινο δυναμικό αυξάνει τις προσπάθειές του καθώς επίσης και λόγω συμβιβασμού στην ποιότητα της εξυπηρέτησης. Στο συγκεκριμένο σύστημα, η αύξηση των προσπαθειών εντοπίζεται κυρίως στο προσωπικό του Κέντρου Ελέγχου που οργανώνει και παρακολουθεί την στρατηγική εξυπηρέτησης αλλά και στους οδηγούς των Οχημάτων Πλαισίων, λόγω των αυξημένων κυκλοφοριακών εμπλοκών που συνεπάγεται η κυκλοφορία των φορτηγών στους χώρους των δαπέδων εναπόθεσης. Ο συμβιβασμός στην ποιότητα της εξυπηρέτησης νοείται στην πλευρά των οδηγών των φορτηγών που υποχρεώνονται να κινηθούν και να εξυπηρετηθούν στους χώρους των δαπέδων εναπόθεσης.

Η βασική ιδέα που ενυπάρχει στην ανωτέρω στρατηγική είναι η μεταφορά μέρους της εργασίας από τα μηχανήματα στα φορτηγά (δηλαδή από τους εξυπηρετητές στους "πελάτες" του συστήματος εξυπηρέτησης). Αν και ο τρόπος που εφαρμόζεται η ανωτέρω στρατηγική έχει σημαντικά μειονεκτήματα (αύξηση πιθανότητας ατυχήματος, καταπόνηση προσωπικού και συναλασσόμενων) εκτιμάται ότι είναι δυνατόν, κάτω από κατάλληλες συνθήκες λειτουργίας, η στρατηγική αυτή να εφαρμοστεί αποτελεσματικά και με ασφάλεια. Οι βασικές αρχές ενός τέτοιου ιδεατού συστήματος εξυπηρέτησης έχουν παρουσιαστεί στο υποκεφάλαιο 6.1.

Η δεύτερη εφαρμογή αποτελεί τμήμα της εργασίας που έγινε στα πλαίσια του προαναφερθέντος Ευρωπαϊκού προγράμματος SIMET και αφορά στην σύγκριση διαφορετικού τύπου μηχανολογικού εξοπλισμού σε λιμενικές τερματικές εγκαταστάσεις διακίνησης Ε/Κ. Η σύγκριση έγινε για δύο ιδεατές λιμενικές εγκαταστάσεις με ετήσια διακίνηση 250.000 Ε/Κ. Η πρώτη λιμενική εγκατάσταση ήταν εξοπλισμένη με συμβατικό μηχανολογικό εξοπλισμό (γερανογέφυρες προκυμαίας, Οχήματα Πλαίσια, Εκλυστήρες με συρόμενες βάσεις) ενώ η δεύτερη με το αυτοματοποιημένο σύστημα διακίνησης Ε/Κ που είναι σε δοκιμαστική λειτουργία (αρχές 1994) στο Delta terminal του Λιμένα του Ρότερνταμ. Ο μηχανολογικός εξοπλισμός του συστήματος αυτού περιλαμβάνει αυτοματοποιημένες γερανογέφυρες χαμηλού ύψους και αυτόματα οχήματα μεταφοράς καθοδηγούμενα από υπολογιστή. Ο εξοπλισμός αυτός θεωρείται ο πιο προηγμένος εξοπλισμός λιμενικής εγκατάστασης που υπάρχει στην Ευρώπη.

Το βασικό συμπέρασμα της ανωτέρω διερεύνησης ήταν ότι το τεχνολογικά εξελιγμένο σύστημα έχει κόστος ανά διακινούμενο Ε/Κ ίσο ή και υψηλότερο από συμβατικά συστήματα με ισοδύναμη παραγωγικότητα. Περαιτέρω διερεύνηση που έγινε λαμβάνοντας υπ' όψιν το κόστος χρήματος και τα μισθολόγια του Ελληνικού χώρου κατέληξε σε αποτελέσματα που ήταν σαφώς υπέρ του συμβατικού εξοπλισμού. Τα συμπεράσματα αυτά ενισχύουν την άποψη ότι η σημερινή βασική μορφή του μηχανολογικού εξοπλισμού θα διατηρηθεί και στο άμεσο (τουλάχιστον) μέλλον.

8. ΕΙΣΗΓΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

Κατά τη διαδικασία εκπόνησης της διατριβής αυτής έγινε αντιληπτό ότι η περαιτέρω διερεύνηση των θεμάτων που σχετίζονται με τις απώλειες χρόνου λόγω αναδιάταξης Ε/Κ παρουσιάζει ενδιαφέρον τόσο από επιστημονική όσο και από πρακτική σκοπιά. Στόχος της προτεινόμενης έρευνας είναι η εξαντλητική διερεύνηση του θέματος και η αναζήτηση τεχνικών που θα περιορίζουν τις απαιτήσεις αυτές. Σύμφωνα με τα ανωτέρω, προτείνεται:

1. Η ανάπτυξη ενός προτύπου που θα εκτιμά με ακρίβεια την πιθανότητα αναδιάταξης Ε/Κ λαμβάνοντας υπόψιν τις συνθήκες λειτουργίας καθώς και τους περιορισμούς στον διαθέσιμο χώρο και το διατιθέμενο εξοπλισμό. Εκτιμάται ότι θα περιλαμβάνει την κατανόηση/πρόσομοίωση επί μέρους τακτικών/στρατηγικών όπως η στρατηγική σχεδιασμού δρομολογίων και κατανομής των χώρων μεταξύ των ναυτιλιακών εταιρειών, οι τακτικές αναδιάταξης υπαρχόντων Ε/Κ, (ώστε να δημιουργηθούν κενές σειρές για την υποδοχή των Ε/Κ) καθώς και των διαδικασιών προγραμματισμού και ελέγχων (τελωνιακών και άλλων) που σχετίζονται με τη διακίνηση των Ε/Κ από και προς την ενδοχώρα.
2. Η ανάπτυξη ενός συστήματος τεχνητής νοημοσύνης, που με τη βοήθεια στατιστικών στοιχείων της συμπεριφοράς του αποστολέα του φορτίου που περιέχεται στο Ε/Κ, θα εκτιμά το χρόνο παραλαβής και θα επιλέγει τη θέση στην στοιβάδα (πάνω/κάτω) του Ε/Κ, μειώνοντας την πιθανότητα αναδιάταξης. Τέτοια συστήματα έχουν ήδη αναπτυχθεί,^[29] όμως η εφαρμοσιμότητά τους στις Ελληνικές συνθήκες δεν έχει διερευνηθεί.

Το προτεινόμενο πρότυπο θα πρέπει να συνδυάζεται με το πρότυπο της διατριβής αυτής, ώστε να είναι δυνατόν να διερευνηθεί η επίδραση των νέων συνθηκών λειτουργίας στην παραγωγικότητα του μηχανικού εξοπλισμού διακίνησης των Ε/Κ και τους χρόνους εξυπηρέτησης των χρηστών της λιμενικής εγκατάστασης.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Επεξεργασία στοιχείων

απο το δειγματικό χώρο του προτύπου.

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	Μέγεθος δείγματος	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Προσαρμογή κανονικής κατανομής (χ^2 / Βαθμοί ελευθ / Επίτ Σημαντ)		
eligm	Χρόνος ελιγμού μεταφόρτωσης	62	25.08	4.70	2.34	6	0.88
loadtr	Χρόνος φόρτωσης φορτηγού	104	42.50	7.49	8.1	13	0.83
unloadtr	Χρόνος εκφόρτωσης φορτηγού	53	35.02	4.84	3.44	4	0.48
tcom	Χρόνος επικοινωνίας μεταξύ Κέντρου Ελέγχου και Οχημάτων Πλαισίων	41	29.60	7.09	6.67	3	0.08
pickup	Χρόνος ανάληψης Ε/Κ από δάπεδο εναπόθεσης	82	25.48	6.67	2.38	8	0.96
gridtime	Χρόνος από τη στάθμευση του φορτηγού έως την παράδοση των εγγράφων (απαιτήσεων διακίνησης) στο Κέντρο Ελέγχου	78	50.12	11.19	5.07	8	0.74
depose	Χρόνος απόθεσης Ε/Κ σε δάπεδο εναπόθεσης	69	27.52	5.61	2.79	6	0.83

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ B1 / B2 .

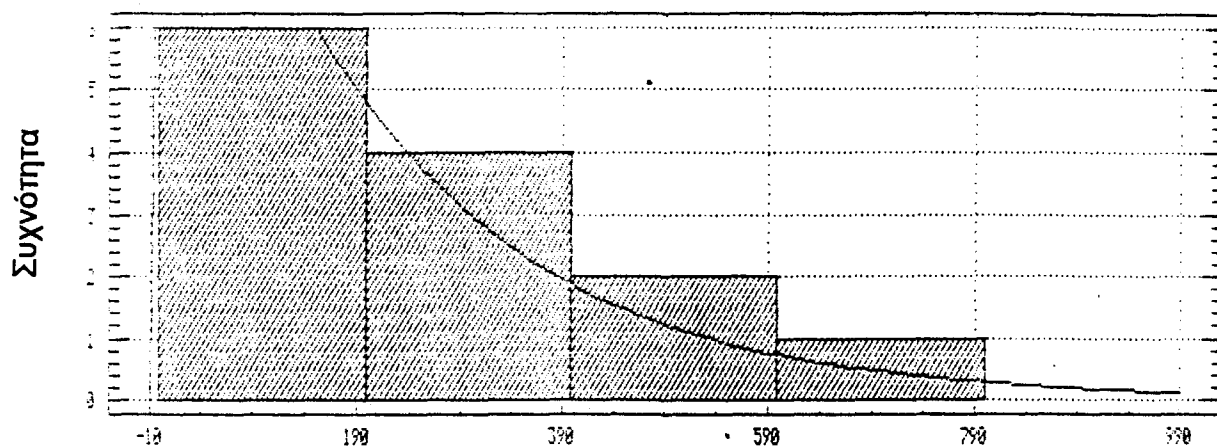
B1. Έλεγχος προσαρμογής εκθετικής κατανομής στις κατανομές χρόνων άφιξης φορτηγών στον δειγματικό χώρο του προτύπου.

B2. Έλεγχος προσαρμογής εκθετικής κατανομής στις κατανομές χρόνων άφιξης φορτηγών που παράγονται από το πρότυπο.

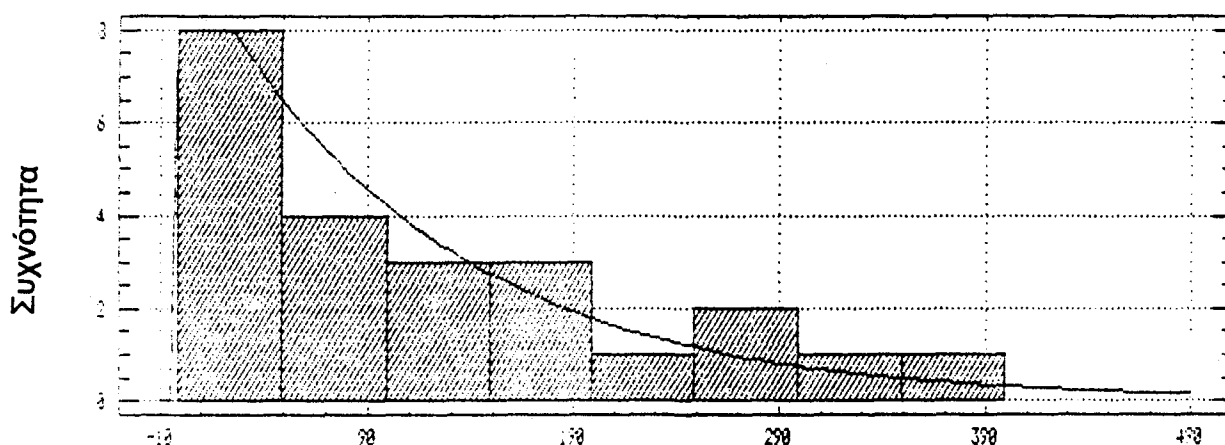
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β1

Ελεγχος προσαρμογής εκθετικής κατανομής στις κατανομές χρόνων άφιξης φορτηγών στον δειγματικό χώρο του προτύπου για τα τρία πρώτα σενάρια. Λόγω του μικρού μεγέθους των δειγμάτων χρησιμοποιήθηκε ο έλεγχος Kolmogorov-Smirnov.

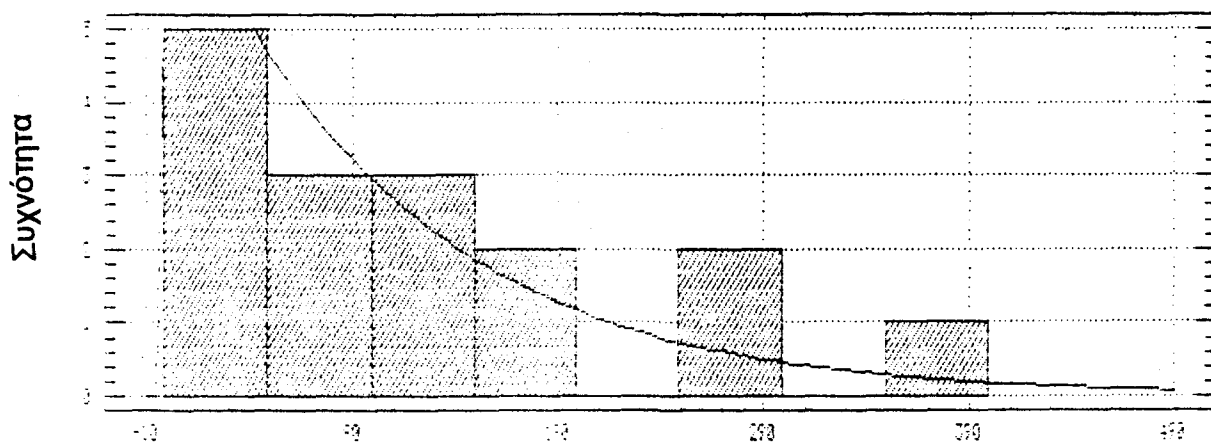
	ΣΕΝΑΡΙΟ 1	ΣΕΝΑΡΙΟ 2	ΣΕΝΑΡΙΟ 3
Αριθμός αφίξεων	16	24	17
Ρυθμός άφιξης φορτηγών	213	115	108
Έλεγχος Kolmogorov-Smirnov	0.364	0.618	0.99



Σενάριο 1 / Χρόνοι μεταξύ διαδοχικών αφίξεων



Σενάριο 2 / Χρόνοι μεταξύ διαδοχικών αφίξεων

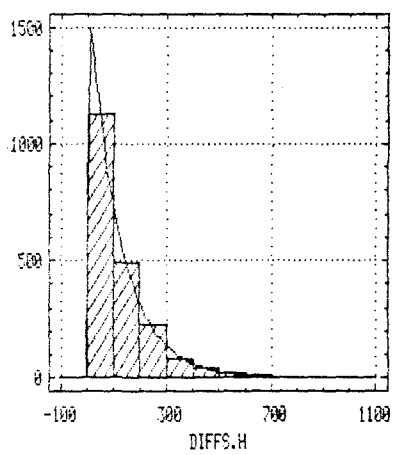
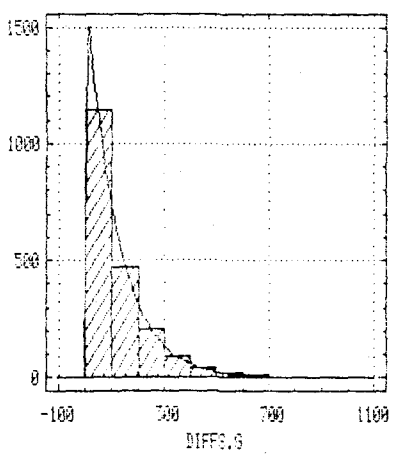
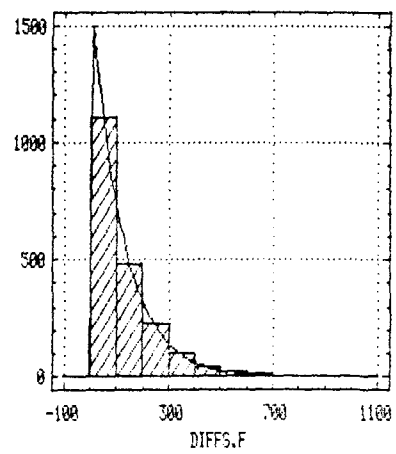
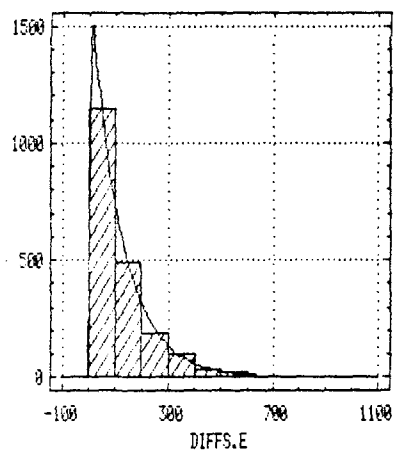
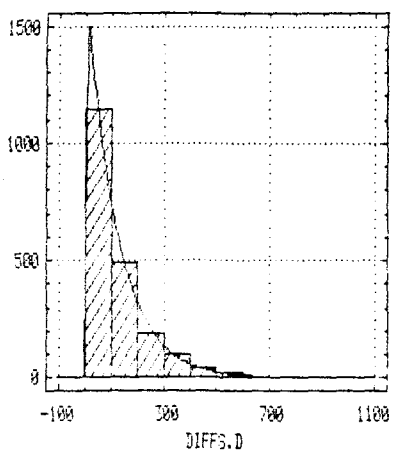
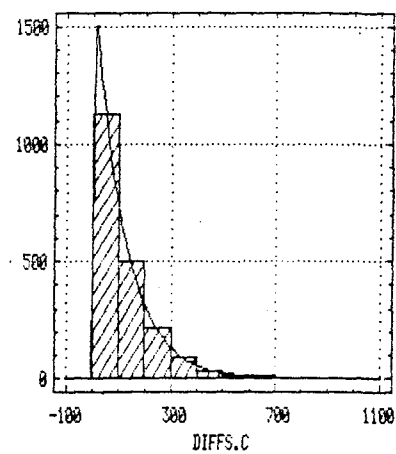
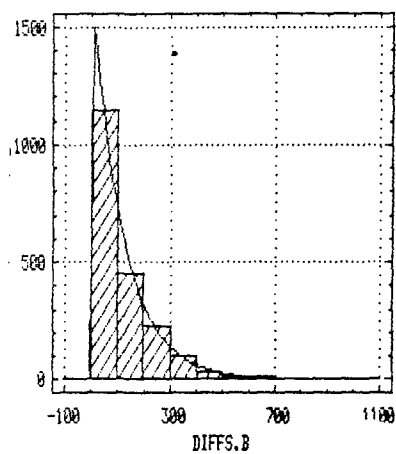
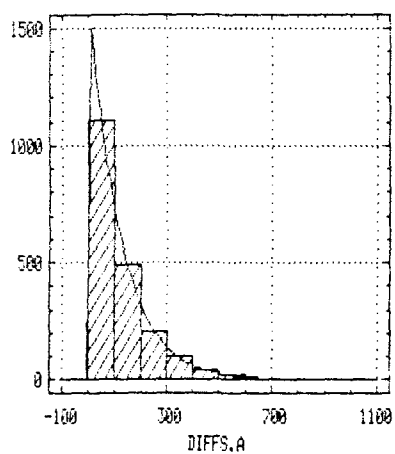


Σενάριο 3 / Χρόνοι μεταξύ διαδοχικών αφίξεων

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β2

Έλεγχος προσαρμογής εκθετικής κατανομής στις κατανομές χρόνων άφιξης φορτηγών που παράγονται από το πρότυπο. Τα σενάρια αυτά χρησιμοποιήθηκαν κατά τον έλεγχο εγκυρότητας του προτύπου μέσω σύγκρισης των αποτελεσμάτων του με αντίστοιχα αποτελέσματα προτύπου αναμονής.

Κωδικός σεναρίου (σε αντιστοιχία με τα διαγράμματα της επόμενης σελίδας)	Μέση τιμή κατανομής	Έλεγχος χ^2 (Επιτυχής όταν τιμή > 0.05)
DIFFS.A1	123.388	0.971
DIFFS.B	121.053	0.07
DIFFS.C	118.622	0.478
DIFFS.D	118.982	0.07
DIFFS.E	119.091	0.08
DIFFS.F	122.18	0.92
DIFFS.G	119.644	0.14
DIFFS.H	120.718	0.58



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

Ελεγχος εγκυρότητας
μέσω σύγκρισης των αποτελεσμάτων του προτύπου
με αντίστοιχα αποτελέσματα του δειγματικού χώρου.

**1. Στατιστικά στοιχεία
μέσων χρόνων του κύκλου Οχήματος Πλαισίου
και μέσων χρόνων εξυπηρέτησης φορτηγών
γιά το φυσικό και το προσομοιούμενο σύστημα**

Μεταβλητή	SCreal	SCmodel	TRreal
Μέγεθος δείγματος	30	30	30
Μέση τιμή	277.833	271.733	603.967
Απόκλιση	20.359	9.09313	204.574

Μεταβλητή	TRmodel	SCmodelDif	TRmodelDif
Μέγεθος δείγματος	30	30	30
Μέση τιμή	572.833	6.1	31.1333
Απόκλιση	192.946	17.9892	84.3272

Υπόμνημα

SCreal = Χρόνος Κύκλου Οχήματος Πλαισίου στο φυσικό σύστημα.
SCmodel = Χρόνος Κύκλου Οχήματος Πλαισίου στο προσομοιούμενο σύστημα.

TRreal = Χρόνος Εξυπηρέτησης Φορτηγού στο φυσικό σύστημα.
TRmodel = Χρόνος Εξυπηρέτησης Φορτηγού στο προσομοιούμενο σύστημα.

SCmodelDif = SCreal - SCmodel = Διαφορές μεταξύ χρόνων κύκλου στο φυσικό και στο προσομοιούμενο σύστημα.

TRmodelDif = TRreal - TRmodel = Διαφορές μεταξύ χρόνων εξυπηρέτησης φορτηγού στο φυσικό και στο προσομοιούμενο σύστημα.

2. Ελεγχος διαφοράς των μέσων χρόνων του κύκλου οχήματος πλαισίου για το φυσικό και το προσομοιούμενο σύστημα

A. ΤΡΟΠΟΣ

Ελεγχος διαφοράς δύο δειγμάτων. Ελέγχεται η υπόθεση ότι η διαφορά των ζευγών των μέσων χρόνων του κύκλου οχήματος πλαισίου για το φυσικό και το προσομοιούμενο σύστημα είναι μηδέν. Ο έλεγχος αυτός προϋποθέτει ότι οι τιμές ακολουθούν κανονική κατανομή. Ο έλεγχος της προϋπόθεσης αυτής έγινε με το τεστ χ^2 .

Ελεγχος χ^2 ότι οι τιμές ακολουθούν κανονική κατανομή

Κάτω όριο	Ανω όριο	Παρατηρ Συχνότητα	Αναμενόμε Συχνότητα	χ^2
>-10.00	-10.00	5	5.6	.05677
-10.00	.00	9	5.5	2.30184
.00	10.00	3	6.6	1.92920
10.00	20.00	6	5.8	.00497
20.00	>20.00	7	6.6	.02480

$\chi^2 = 4.31757$ με 2 βαθμούς ελευθερίας. Επίπεδο σημαντ = 0.115465

Ελεγχος της υπόθεσης ότι η διαφορά των ζευγών των μέσων χρόνων του κύκλου οχήματος πλαισίου για το φυσικό και το προσομοιούμενο σύστημα είναι μηδέν.

Αριθμός παρατηρήσεων	30
Μέση τιμή	6.1
Τυπική απόκλιση	17.9892
Διάστημα εμπιστοσύνης	95 % -0.618846 12.8188 29 Βαθμ. ελευθ.
Υπόθεση	Μέσος = 0
Εναλλακτική υπόθεση:	Οχι 0
$\alpha = 0.05$	t statistic = 1.85729 Επιπ. συμ. = 0.0734527 η H_0 δεν απορρίπτεται

B. ΤΡΟΠΟΣ

Ελεγχος διαφοράς δύο δειγμάτων με το Sign test. Ο έλεγχος αυτός ενδείκνεται για τις περιπτώσεις συσχετισμένων ζευγών. Στην συγκεκριμένη εφαρμογή, ελέγχεται η διαφορά των ζευγών των χρόνων του κύκλου οχήματος πλαισίου για το φυσικό και το προσομοιούμενο σύστημα.

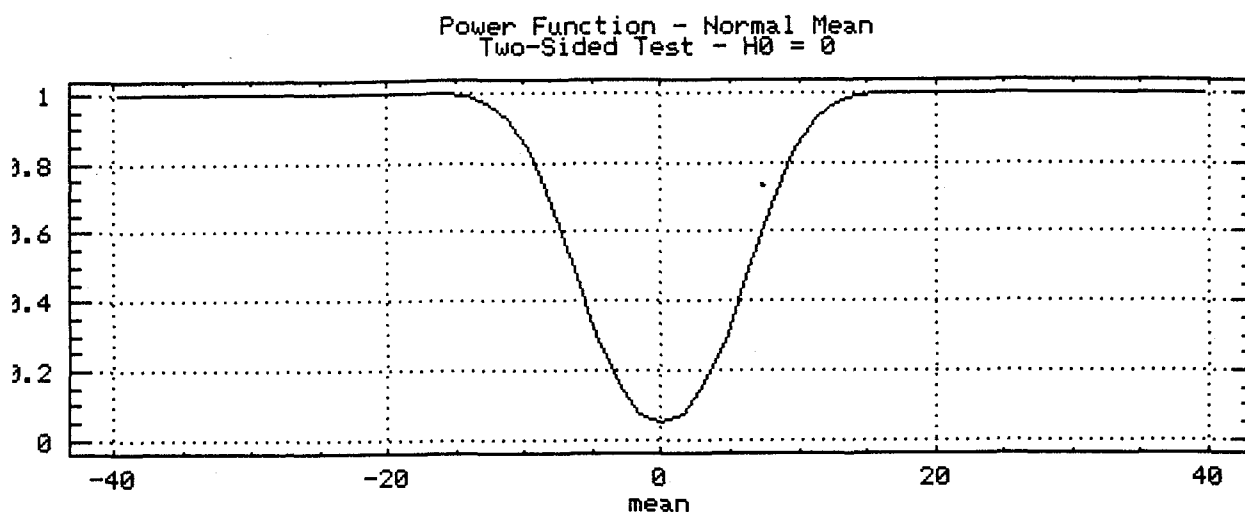
Υπόθεση: Διαφορά 0

Ελεγχος: Signs test

Αναμενόμενος αριθμός = 14.5

Z = 0.371391

Πιθανότητα $\geq Z$ = 0.710343 Ελεγχος επιτυχής



Δυναμοσυνάρτησης του κριτηρίου (power function). Αφορά την διαφορά των ζευγών των χρόνων κύκλου οχήματος πλαισίου για το φυσικό και το προσομοιούμενο σύστημα.

		H_0	H_A
		0	27.7
Απόφαση	Απόρριψη H_0	Σφάλμα τύπου I Alpha = .0500	Ορθή απόφαση
	Αποδοχή H_0	Ορθή απόφαση	Σφάλμα τύπου II Beta = .0000
		Assumed sigma = 17.9892	Alt. hyp.: NE

Αριθμός παρατηρήσεων = 30
Περιοχή απόρριψης H_0 = -6.43725 6.43725

Συγκρίνονται η υπόθεση της μη διαφορά (H_0) μεταξύ προτύπου και πραγματικού συστήματος, με την εναλλακτική υπόθεση ότι η διαφορά τους είναι $\pm 10\%$. Αφορά την διαφορά των ζευγών των χρόνων κύκλου οχήματος πλαισίου για το φυσικό και το προσομοιούμενο σύστημα. Ο πίνακας αφορά δεδομένη πιθανότητα για το σφάλμα τυπου I (Alpha = 0.05), δεδομένο αριθμό δειγμάτων (= 30) και την εκτίμηση της διακύμανσης του δείγματος (Assumed sigma) και υπολογίζει το σφάλμα τύπου II (Beta) και την περιοχή τιμών εκτός της οποίας η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται (Critical values for rejecting H_0). Επειδή η τιμή του δείγματός μας (+6.1) περιλαμβάνεται στην περιοχή {-6.43725 έως 6.43725} η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται. Επιπλέον ο έλεγχος δείχνει ότι η πιθανότητα, της παρατηρηθείσας διαφοράς να προέρχεται από κατανομή που απέχει $\pm 10\%$ (εναλλακτική υπόθεση) είναι πρακτικά μηδενική (Beta=.0000).

3. Έλεγχος διαφοράς των μέσων χρόνων του χρόνου εξυπηρέτησης φορτηγού για το φυσικό και το προσομοιούμενο σύστημα

Α. ΤΡΟΠΟΣ

Έλεγχος διαφοράς δύο δειγμάτων. Ελέγχεται η υπόθεση ότι η διαφορά των ζευγών των μέσων χρόνων του χρόνου εξυπηρέτησης φορτηγού για το φυσικό και το προσομοιούμενο σύστημα είναι μηδέν. Ο έλεγχος αυτός προϋποθέτει ότι οι τιμές ακολουθούν κανονική κατανομή. Ο έλεγχος της προϋπόθεσης αυτής έγινε με το τεστ χ^2 .

Έλεγχος χ^2 ότι οι τιμές ακολουθούν κανονική κατανομή

Κάτω όριο	Ανω όριο	Παρατηρ Συχνότητα	Αναμενόμε Συχνότητα	χ^2
	-30.00	7	7.0	.000105
-30.00	23.33	11	6.9	2.487033
23.33	76.67	5	7.3	.707319
76.67		7	8.8	.382359

$\chi^2 = 3.57682$ με 1 βαθμό ελευθερίας. Επίπεδο σημαντ = 0.0585913
Οριακά δεκτός

Έλεγχος της υπόθεσης ότι η διαφορά των ζευγών των μέσων χρόνων του κύκλου οχήματος πλαισίου για το φυσικό και το προσομοιούμενο σύστημα είναι μηδέν.

Αριθμός παρατηρήσεων	30	
Μέση τιμή	31.1333	
Τυπική απόκλιση	84.3272	
Διάστημα εμπιστοσύνης	95 %	
	-0.362378 62.629	29 Βαθμ. ελευθ.
Υπόθεση	Μέσος = 0	t statistic = 2.02217
Εναλλακτική υπόθεση:	Όχι 0	Επιπ. συμ. = 0.0524689
	$\alpha = 0.05$	η H_0 δεν απορρίπτεται, είναι όμως στο όριο

Β. ΤΡΟΠΟΣ

Έλεγχος διαφοράς δύο δειγμάτων με το Sign test. Ο έλεγχος αυτός ενδείκνεται για τις περιπτώσεις συσχετισμένων ζευγών. Στην συγκεκριμένη εφαρμογή, ελέγχεται η διαφορά των ζευγών των χρόνων εξυπηρέτησης φορτηγού για το φυσικό και το προσομοιούμενο σύστημα.

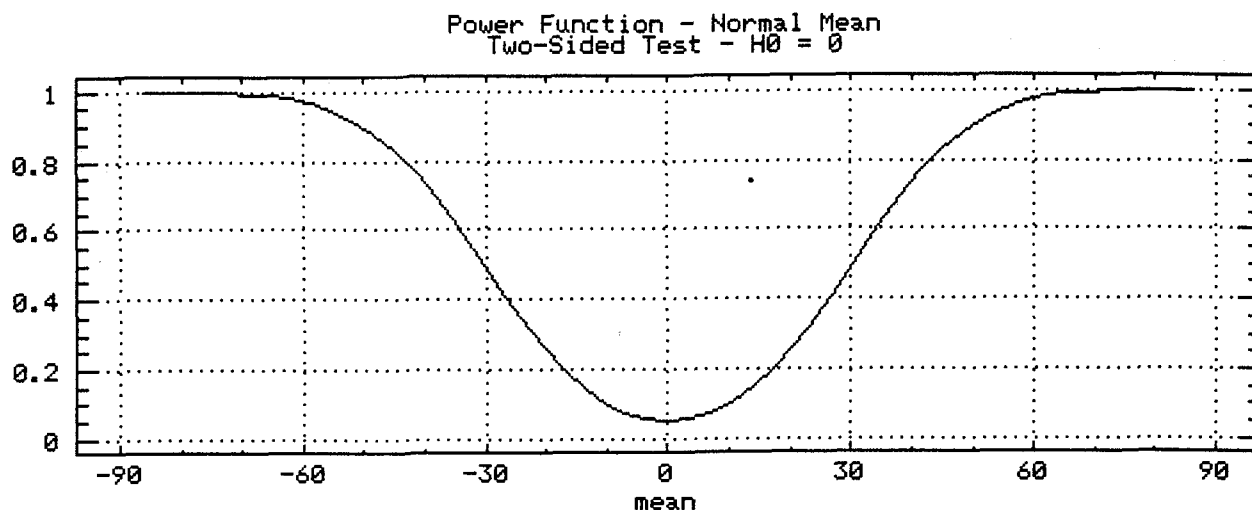
Υπόθεση: Διαφορά 0

Έλεγχος: Signs test

Αναμενόμενος αριθμός = 15

Z = 0.547723

Πιθανότητα $\geq Z$ Z = 0.583879 Έλεγχος επιτυχής



Δυναμοσυνάρτησης του κριτηρίου (power function). Αφορά την διαφορά των ζευγών των χρόνων εξυπηρέτησης φορτηγού για το φυσικό και το προσομοιούμενο σύστημα.

Απόφαση	H_0 H_A	
	0	60.3
Απόρριψη H_0	Σφάλμα τύπου I Alpha = .0500	Ορθή απόφαση
Αποδοχή H_0	Ορθή απόφαση	Σφάλμα τύπου II Beta = .0252
Assumed sigma = 84.3272		Alt. hyp.: NE

Αριθμός παρατηρήσεων = 30
Περιοχή απόρριψης H_0 = -30.1756 30.1756

Συγκρίνονται η υπόθεση της μη διαφορά (H_0) μεταξύ προτύπου και πραγματικού συστήματος, με την εναλλακτική υπόθεση ότι η διαφορά τους είναι $\pm 10\%$. Αφορά την διαφορά των ζευγών των χρόνων κύκλου οχήματος πλαισίου για το φυσικό και το προσομοιούμενο σύστημα. Ο πίνακας αφορά δεδομένη πιθανότητα για το σφάλμα τυπου I (Alfa = 0.05), δεδομένο αριθμό δειγμάτων (= 30) και την εκτίμηση της διακύμανσης του δείγματος (Assumed sigma) και υπολογίζει το σφάλμα τύπου II (Beta) και την περιοχή τιμών εκτός της οποίας η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται (Critical values for rejecting H_0). Επειδή η τιμή του δείγματός μας (+31.1333) περιλαμβάνεται στην περιοχή {-30.1756 έως 30.1756} η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται. Επιπλέον ο έλεγχος δείχνει ότι η πιθανότητα, της παρατηρηθείσας διαφοράς να προέρχεται από κατανομή που απέχει $\pm 10\%$ (εναλλακτική υπόθεση) είναι σχετικά μικρή (Beta=.0252).

ΚΑΤΑΓΡΑΦΕΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ (ΠΡΩΤΟΓΕΝΗ ΣΤΟΙΧΕΙΑ) ΣΤΟΝ ΔΕΙΓΜΑΤΙΚΟ ΧΩΡΟ ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΜΕ ΣΤΟΧΟ ΤΗΝ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΣΕΝΑΡΙΩΝ

1. Καταγραφή στοιχείων/δραστηριοτήτων φορτηγών

α/α	=	Αύξων αριθμός άφιξης φορτηγού.
Αφιξη	=	Χρονική στιγμή άφιξης του φορτηγού στην Κύρια Περιοχή Εξυπηρέτησης. ΣΗΜ: Η εγγραφή αυτή αναφέρεται στα στοιχεία των φορτηγών. Οι εγγραφές {Αφιξη} στα στοιχεία των Οχημάτων Πλαισίων έχουν άλλη έννοια.
Τυπ.εξ	=	Ο κωδικός (εμφ) δηλώνει ότι το φορτηγό πρόκειται να παραλάβει Ε/Κ. Ο κωδικός (αφ) δηλώνει ότι το φορτηγό πρόκειται να παραδώσει Ε/Κ. Οι σπάνιες περιπτώσεις που το φορτηγό παραδίδει και παραλαμβάνει ταυτόχρονα Ε/Κ (βλ πίνακα 4.7.5 / Κλάσεις 2/3/5/6) αντιμετωπίζονται σαν δύο εξυπηρετήσεις.
20/40	=	Τύπος μεταφερόμενου Ε/Κ (20 ποδών / 40 ποδών)
ΘΣ/Δα	=	Δηλώνει αν η εξυπηρέτηση πραγματοποιήθηκε στην θέση στάθμευσης του φορτηγού {κωδικός ΘΣ} ή στις περιοχές των δαπέδων εναπόθεσης των Ε/Κ {κωδικός Δα}.
Τέλος	=	Χρονική στιγμή πέρατος της εξυπηρέτησης του φορτηγού.
Χρ. εξυπηρέτησης	=	Ο χρόνος μεταξύ των χρονικών στιγμών {Αφιξης} και {Τέλους} όπως αυτές ορίζονται πιο πάνω.

2. Καταγραφή στοιχείων/δραστηριοτήτων Οχημάτων Πλαισίων

Εναρξη	=	Χρονική στιγμή εκκίνησης Οχήματος Πλαισίου.
Ενέργειες	=	Κωδικός {πα.ε/κ} = Παραλαβή Ε/Κ από δάπεδο εναπόθεσης. Κωδικός {φορ.φο} = Φόρτωση φορτηγού. Κωδικός {απ.ε/κ} = Εναπόθεση Ε/Κ σε δάπεδο εναπόθεσης. Κωδικός {εκφ.φο} = Εκφόρτωση φορτηγού.
Αναδιάταξη	=	Δηλώνει αν απαιτήθηκε αναδιάταξη άλλων Ε/Κ για να ολοκληρωθεί η εξυπηρέτηση.
Λήξη	=	Χρονική στιγμή πέρατος των εργασιών του Οχήματος Πλαισίου.
Αφιξη	=	Ταυτίζεται με την εγγραφή {α/α} των στοιχείων των φορτηγών. Συσχετίζει τις καταγραφές στοιχείων φορτηγών και Οχημάτων Πλαισίων. ΣΗΜ: Οι εγγραφές αυτές (μία για κάθε Οχημα Πλαίσιο) αναφέρεται στα στοιχεία των Οχημάτων Πλαισίων. Η εγγραφή {Αφιξη} στα στοιχεία του φορτηγού έχει άλλη έννοια.
Θέση	=	Κωδικός της θέσης εναπόθεσης Ε/Κ από όπου παραλήφθηκε ή όπου εναποτέθηκε το Ε/Κ.
Χρ. Κύκλου	=	Χρόνος κύκλου Οχήματος Πλαισίου.

ΣΕΝΑΡΙΟ 9 1

α/α	Αφίξη	Τυπ.εξ.	20/40	ΘΣ/Δα	20/40	ΘΣ/Δα	Τέλος	Χρ.εξυπηρέτησης
1	0	εμφ	20'	Θ.Σ			439	439
2	544	εμφ	20'	Θ.Σ			1080	536
3	819	εμφ	20'	Θ.Σ			1560	741
4	1207	εμφ	20'	Θ.Σ			1686	479
5	1766	αφ	40'	Θ.Σ			2690	924
6	1800	αφ	40'	Δαπ			2079	279
7	1877	εμφ	20'	Θ.Σ			2304	427
8	1918	αφ	40'	Δαπ			2377	459
9	1934	εμφ	20'	Δαπ			2397	463
10	1942	εμφ	40'	Θ.Σ			3702	1760
11	2052	εμφ	40'	Δαπ			3071	1019
12	2756	αφ	40'	Θ.Σ			3702	946
13	3141	εμφ	20'	Θ.Σ			3396	255
14	3410	εμφ	20'	Θ.Σ			3869	459

Οχημα Πλαίσιο 1

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφίξη θέση	Χρ. Κύκλου
30	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	438 1 100109	408
667	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1079 2 140703	412
1089	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1599 3 061208	510

Οχημα Πλαίσιο 2

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφίξη θέση	Χρ. Κύκλου
1557	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1685 4 080108	128
1953	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	2203 7 080310	250
2212	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2396 9 180707	184
3246	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3395 13 080910	149
3623	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3868 14 180211	245

Οχημα Πλαίσιο 3

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφίξη θέση	Χρ. Κύκλου
2456	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	2709 5 131208	253
2017	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	2103 6 050310	86
2093	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	2396 8 051010	303
3071	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3334 10 141107	263
2725	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3070 11 130713	345
3335	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	3701 12 090410	366

Μέση τιμή χρόνου Εξυπηρέτησης = 656

Μέση τιμή χρόνου Κύκλου = 279

- ΣΗΜ:
- (1) Η σημαντική καθυστέρηση της 11ης όφισης δημιουργήθηκε διότι δόθηκε εσφαλμένη εντολή και το φορτηγό μετακινήθηκε σε λάθος σημείο εξυπηρέτησης.
 - (2) Μετά την τρίτη εξυπηρέτησή του, το Οχημα Πλαίσιο 1 σταματά να εργάζεται.

ΣΕΝΑΡΙΟ 9 2

α/α	Αφιξη	Τυπ.εξ.	20/40	ΘΣ/Δα	20/40	ΘΣ/Δα	Τέλος	Χρ.εξυπηρέτησης
1	0	αφ	40'	Θ.Σ			323	323
2	6	εμφ	20'	Δαπ			1312	1306
3	28	εμφ	20'	Θ.Σ			442	414
4	37	εμφ	20'	Δαπ	20'	Δαπ	1181	1144
5	217	εμφ	40'	Θ.Σ			942	725
6	295	εμφ	20'	Θ.Σ			1577	1282
7	313	εμφ	40'	Θ.Σ			1339	1026
8	570	εμφ	40'	Θ.Σ			1640	1070
9	655	εμφ	20'	Θ.Σ			1886	1231
10	663	εμφ	20'	Θ.Σ			1750	1087
11	735	εμφ	40'	Θ.Σ			1767	1032
12	954	εμφ	20'	Δαπ			2873	1919
13	1041	εμφ	40'	Θ.Σ			1960	919
14	1291	εμφ	20'	Θ.Σ			2084	793
15	1683	εμφ	20'	Θ.Σ			2386	703
16	1684	εμφ	20'	Δαπ			2255	571
17	1833	αφ	40'	Δαπ			2070	237
18	1840	εμφ	20'	Θ.Σ	20'	Θ.Σ	2710	870
19	2026	εμφ	20'	Δαπ			2684	658
20	2131	εμφ	40'	Θ.Σ			2585	454
21	2467	εμφ	20'	Θ.Σ			2709	242
22	2569	εμφ	20'	Δαπ			2849	280
23	2767	εμφ	20'	Δαπ			3260	493

Οχημα Πλαίσιο 1

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη θέση	Χρ. Κύκλου
1181	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1312 2 101605	131
234	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	442 3 141305	208
442	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1181 4 101703	739
1312	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1577 6 141408	265
1750	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1886 9 141402	136
1577	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1750 10 141705	173
2684	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	2873 12 060104	189
1897	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2084 14 141608	187
2254	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2386 15 100502	132
2084	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2254 16 070708	170
2386	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2684 19 060907	298
2873	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3066 22 080310	193
3066	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	3260 23 060207	194

Οχημα Πλαίσιο 2

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη θέση	Χρ. Κύκλου
2378	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2710 18 141708	332
2710	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2952 21 101812	242

Οχημα Πλαίσιο 3

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη θέση	Χρ. Κύκλου
236	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	475 1 090501	239
475	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	891 5 130118	416
1135	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1339 7 140810	204
1339	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1640 8 130918	301
1640	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1767 11 071404	127
1767	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1960 13 071006	193
1960	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	2365 17 091001	405
2369	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2585 20 070902	216

Μέση τιμή χρόνου Εξυπηρέτησης = 816
Μέση τιμή χρόνου Κύκλου = 228

- ΣΗΜ: (1) Το Οχημα Πλαίσιο 1 ξεκινά στο 234. Το Οχημα Πλαίσιο 2 περίμενε συνεργείο. Μπήκε σε λειτουργία στο 2378, για δύο μόνο εξυπηρέτησεις.
- (2) Η σημαντική καθυστέρηση του Οχήματος πλαισίου 1 στην τρίτη εξυπηρέτησή του, δημιουργήθηκε διότι ο οδηγός του φορτηγού δεν άκουσε την εντολή για να μετακινηθεί στο σημείο εξυπηρέτησης.

ΣΕΝΑΡΙΟ 9 3

α/α	Αφίξη	Τυπ.εξ.	20/40	ΘΣ/Δα	20/40	ΘΣ/Δα	Τέλος	Χρ. εξυπηρέτησης
1	0	εμφ	20'	Δαπ	20'	Δαπ	1065	1065
2	23	εμφ	20'	Θ.Σ	20'	Θ.Σ	388	365
3	30	εμφ	20'	Δαπ			584	554
4	149	εμφ	20'	Θ.Σ			611	462
5	199	εμφ	20'	Δαπ	20'	Δαπ	1075	876
6	455	εμφ	40'	Θ.Σ			814	352
7	735	εμφ	20'	Θ.Σ			1300	565
8	848	εμφ	20'	Θ.Σ			1240	392
9	852	αφ	20'	Δαπ			1114	262
10	982	εμφ	20'	Θ.Σ			1667	685
11	990	αφ	40'	Θ.Σ			1035	45
12	1189	εμφ	40'	Θ.Σ			1441	252
13	1191	εμφ	20'	Δαπ			2050	859
14	1369	εμφ	20'	Δαπ			1807	438
15	1431	εμφ	20'	Θ.Σ			1950	519
16	1484	εμφ	20'	Θ.Σ			2220	736
17	1836	αφ	40'	Θ.Σ			1955	119

Οχήμα Πλαίσιο 1

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφίξη	θέση	Χρ. Κύκλου
1363	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	419	1 060709	Μεταφόρτ. 2 Ε/Κ 944
647	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	66	5 061608	581
1048	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	1238	9 060907	190
1531	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1747	14 070511	216
1807	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1950	15 151001	143

Οχήμα Πλαίσιο 2

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφίξη	θέση	Χρ. Κύκλου
66	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	374	2 141105	Μεταφόρτ. 2 Ε/Κ 308
379	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	584	3 081005	205
584	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	900	4 101813	Μεταφόρτ. 2 Ε/Κ 316
900	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1300	7 141309	400
1300	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1489	8 100106	189
1489	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1667	10 101401	178
1667	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2050	13 091116	383
2050	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2220	16 101409	170

Οχήμα Πλαίσιο 3

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφίξη	θέση	Χρ. Κύκλου
460	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	814	6 131018	354
990	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	1115	11 061209	125
1245	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1441	12 130706	196
1898	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	2061	17 060304	163

Μέση τιμή χρόνου Εξυπηρέτησης = 503

Μέση τιμή χρόνου Κύκλου = 253

ΣΗΜ Η πολύ μικρή τιμή στην 11η άφιξη αναφέρεται σε φορτηγό που μετέφερε ένα πρὸς εξαγωγή Ε/Κ. Μόλις το φορτηγό στάθμευσε, ο οδηγός του Οχήματος Πλαισίου 3 ξεκίνησε την διαδικασία εκφόρτωσης, ενώ ο οδηγός του φορτηγού κινήθηκε προς το Κέντρο Ελέγχου. Όταν δόθηκε η εντολή εκφόρτωσης, το όχημα Πλαίσιο είχε ήδη παραλάβει το Ε/Κ οπότε κατευθύνθηκε προς την θέση εναπόθεσης που υποδείχθηκε.

ΣΕΝΑΡΙΟ 9 4

α/α	Αφίξη	Τυπ.εξ.	20/40	ΘΣ/Δα	20/40	ΘΣ/Δα	Τέλος	Χρ.εξυπηρέτησης
1	0	εμφ	20'	Δαπ			723	723
2	36	εμφ	40'	Θ.Σ			234	198
3	231	εμφ	20'	Θ.Σ			1149	918
4	245	εμφ	20'	Θ.Σ			1431	1186
5	254	εμφ	40'	Θ.Σ			634	380
6	405	εμφ	40'	Θ.Σ			884	479
7	918	εμφ	20'	Θ.Σ			1567	649
8	1039	εμφ	20'	Θ.Σ			1898	859
9	1301	εμφ	20'	Θ.Σ			2139	838
10	1447	εμφ	40'	Θ.Σ			1758	311
11	1712	εμφ	20'	Δαπ			2328	616
12	2122	εμφ	20'	Δαπ			2648	526
13	2420	εμφ	20'	Δαπ			2996	576
14	2636	εμφ	40'	Θ.Σ			2915	279

Οχημα Πλαίσιο 1 (αρπάγη 20')

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφίξη	Θέση	Χρ. Κύκλου
255	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	723	1 060606	468
855	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1149	3 140712	294
1340	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1567	7 141411	227
1555	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1898	8 100609	343
1898	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2139	9 180513	241
2192	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2328	11 060103	136
2379	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2648	12 101502	269
2648	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2996	13 180108	348

Οχημα Πλαίσιο 2 (αρπάγη 40')

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφίξη	Θέση	Χρ. Κύκλου
63	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	234	2 130601	171
336	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	634	5 130710	298
1492	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1758	10 142107	266
2686	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2915	14 141010	229

Οχημα Πλαίσιο 3

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφίξη	Θέση	Χρ. Κύκλου
1066	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1431	4 140211	365
192	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	479	6 091718	287

Μέση τιμή χρόνου Εξυπηρέτησης = 610

Μέση τιμή χρόνου Κύκλου = 282

ΣΗΜ 1: Το Οχημα Πλαίσιο 3 είχε ξεκινήσει για άλλο προορισμό αλλά ενδιάμεσα πήρε εντολή να εξυπηρετήσει την έκτη άφιξη φορτηγού (αρπάγη 40') και μετά εξυπηρέτησε την τέταρτη άφιξη (αρπάγη 20') μεταφέροντας ένα Ε/Κ από τον χώρο εναπόθεσης.

ΣΗΜ 2: Το φορτηγό της τέταρτης άφιξης, αν και εξυπηρετήθηκε σύντομα, καθυστέρησε να φύγει.

ΣΕΝΑΡΙΟ 9 5

α/α	Αφιξη	Τυπ.εξ.	20/40	ΘΣ/Δα	20/40	ΘΣ/Δα	Τέλος	Χρ. εξυπηρέτησης
1	0	εμφ	20'	θ.Σ			351	351
2	5	εμφ	20'	θ.Σ			478	473
3	21	εμφ	20'	θ.Σ			606	585
4	81	εμφ	20'	θ.Σ			714	633
5	91	εμφ	20'	θ.Σ			817	726
6	131	εμφ	40'	θ.Σ			458	327
7	203	εμφ	40'	θ.Σ			754	551
8	455	εμφ	40'	θ.Σ			971	516
9	522	εμφ	20'	θ.Σ			1381	859
10	628	εμφ	40'	θ.Σ			1266	638
11	740	εμφ	40'	θ.Σ			1504	764
12	911	εμφ	20'	θ.Σ			1198	287
13	1034	εμφ	40'	Δσπ			1839	805
14	1073	εμφ	20'	θ.Σ			1607	534
15	1130	εμφ	40'	Δσπ			2782	1652
16	1177	εμφ	20'	θ.Σ			1927	750
17	1259	αφ	40'	Δσπ			2934	1675
18	1263	εμφ	40'	θ.Σ			2082	819
19	1319	εμφ	20'	Δσπ			2288	969
20	1391	εμφ	20'	Δσπ			2172	781
21	1527	εμφ	40'	θ.Σ			2312	785
22	1634	εμφ	20'	Δσπ			2535	901
23	1724	εμφ	20'	θ.Σ			2396	672
24	2006	εμφ	40'	θ.Σ			2530	524
25	2191	εμφ	20'	Δσπ			2733	542
26	2217	αφ	20'	θ.Σ			2836	619
27	2303	εμφ	20'	θ.Σ			2665	362

Οχημα Πλαίσιο 1

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη	Θέση	Χρ. Κύκλου
76	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναί	477	2 9 4 2	401
478	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	713	4 10 110	235
2031	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2287	19 9 7 5	256
2288	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2534	22 6 8 1	246
2535	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2732	25 18 6 2	197

Οχημα Πλαίσιο 2

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη	Θέση	Χρ. Κύκλου
187	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	457	6 13 8 3	270
458	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	753	7 14 616	295
754	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	970	8 13 6 1	216
971	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναί	1265	10 1420 5	294
1266	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1503	11 141818	237
1504	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναί	1838	13 131616	334
2530	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2781	15 91417	251
2782	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	3034	17 5 6 8	252
1839	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2081	18 1310 8	242
2082	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2311	21 141913	229
2312	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2529	24 1414 8	217

Οχημα Πλαίσιο 3

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη	Θέση	Χρ. Κύκλου
78	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναί	350	1 1421 5	272
351	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	605	3 8 9 3	254
606	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	816	5 10 911	210
1198	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1380	9 10 6 9	182
963	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1197	12 101912	234
1381	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1606	14 14 710	225
1607	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναί	1926	16 18 512	319
1927	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2171	20 10 713	244
2172	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2395	23 10 5 4	223
2665	εκφ.φο	απ.ε/κ	Ναί	2993	26 11 910	328
2396	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2664	27 10 8 7	268

Μέση τιμή χρόνου Εξυπηρέτησης = 707

Μέση τιμή χρόνου Κύκλου = 257

ΣΗΜ: Οχημα Πλαίσιο 1. Προσωρινή βλάβη 970. Επαναδραστηριοποιείται 2030.

ΣΕΝΑΡΙΟ 9 6

α/α	Αφιξη	Τυπ.εξ.	20/40	ΘΣ/Δα	20/40	ΘΣ/Δα	Τέλος	Χρ.εξυπηρέτησης
1	0	εμφ	20'	Θ.Σ			294	294
2	5	εμφ	20'	Θ.Σ			355	350
3	23	εμφ	40'	Θ.Σ			395	372
4	120	εμφ	40'	Θ.Σ			728	608
5	174	εμφ	20'	Θ.Σ			654	480
6	198	εμφ	20'	Θ.Σ			882	684
7	519	εμφ	20'	Θ.Σ			1310	791
8	564	εμφ	20'	Θ.Σ			1107	543
9	576	εμφ	20'	Θ.Σ			2714	2138
10	629	εμφ	20'	Θ.Σ	20'	Θ.Σ	2180	1551
11	646	εμφ	20'	Δαπ			2863	2217
12	900	εμφ	20'	Θ.Σ			1557	657
13	995	αφ	20'	Δαπ			2950	1955
14	1027	εμφ	20'	Θ.Σ	20'	Θ.Σ	2525	1498
15	1051	αφ	20'	Δαπ			3133	2082
16	1135	εμφ	40'	Θ.Σ			1489	354
17	1365	εμφ	20'	Θ.Σ			1985	620
18	1439	εμφ	20'	Θ.Σ			2291	852
19	1598	εμφ	20'	Δαπ			2420	822
20	1678	εμφ	20'	Θ.Σ			2960	1282
21	2110	εμφ	40'	Δαπ			2449	339
22	2297	εμφ	40'	Θ.Σ			2794	497
23	2420	αφ	20'	Δαπ			3135	715
24	2529	εμφ	40'	Θ.Σ			3024	495
25	2579	εμφ	40'	Θ.Σ			3305	726

Οχημα Πλαίσιο 1

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη	Θέση	Χρ. Κύκλου
53	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	293	1 14 7 5	240
1061	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1309	7 7 313	248
2525	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2862	11 6 8 8	337
1310	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1556	12 10 814	246
2863	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	3048	13 5 6 9	185
1991	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2290	18 810 9	299
2291	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2524	14 1419 5	233
3049	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	3253	23 516 1	204

Οχημα Πλαίσιο 2

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη	Θέση	Χρ. Κύκλου
71	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	394	3 14 812	323
395	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	727	4 131817	332
1208	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1488	16 1318 2	280
2183	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2448	21 91419	265
2449	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2793	22 141010	344
2794	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3023	24 14 9 2	229
3024	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3304	25 1313 5	280

Οχημα Πλαίσιο 3

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη	Θέση	Χρ. Κύκλου
57	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	354	2 713 1	297
355	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	653	5 9 418	298
654	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	881	6 7 1 6	227
882	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1106	8 1414 1	224
2420	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2713	9 91018	293
1107	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1377	10 18 210	270
1378	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναϊ	1683	14 1419 5	305
2960	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	3244	15 518 4	284
1985	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2179	10 18 210	194
1684	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1984	17 101410	300
2180	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2419	19 1019 9	239
2714	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2959	20 14 612	245

Μέση τιμή χρόνου Εξυπηρέτησης = 917
Μέση τιμή χρόνου Κύκλου = 267

ΣΗΜ: Οχημα Πλαίσιο 1. (1) Προσωρινή διακοπή 570. Επαναλειτουργία 1060. Προβλήμα με αρπάγης Ε/Κ.
(2) Προσωρινή διακοπή 1720. Επαναλειτουργία 1990.

ΣΕΝΑΡΙΟ 9 7

α/α	Αφιξη	Τυπ.εξ.	20/40	ΘΣ/Δα	20/40	ΘΣ/Δα	Τέλος	Χρ.εξυπηρέτησης
1	0	εμφ	20'	Θ.Σ			299	299
2	33	εμφ	20'	Θ.Σ			405	372
3	81	εμφ	40'	Θ.Σ			484	403
4	161	εμφ	20'	Δσπ			615	454
5	173	εμφ	20'	Δσπ			863	690
6	264	εμφ	20'	Θ.Σ			665	401
7	374	εμφ	40'	Θ.Σ			779	405
8	439	εμφ	20'	Θ.Σ			1283	844
9	608	εμφ	20'	Θ.Σ			1148	540
10	663	εμφ	20'	Δσπ			1572	909
11	831	αφ	40'	Θ.Σ			1019	188
12	962	εμφ	40'	Θ.Σ			1559	597
13	1100	εμφ	40'	Θ.Σ			1857	757
14	1406	εμφ	20'	Θ.Σ			1748	342
15	1474	εμφ	20'	Θ.Σ			1844	370
16	1481	εμφ	20'	Θ.Σ			2643	1162
17	1628	εμφ	20'	Δσπ			2566	938
18	1632	εμφ	20'	Θ.Σ			1999	367
19	1684	εμφ	20'	Δσπ			2858	1174
20	1741	εμφ	20'	Θ.Σ			2112	371
21	1782	εμφ	20'	Δσπ			2247	465

Οχημα Πλαίσιο 1

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη	Θέση	Χρ. Κύκλου
59	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	298	1 1413 4	239
299	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	614	4 913 4	315
615	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	862	5 1016 6	247
1148	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1282	8 71214	134
863	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1147	9 10 2 3	284
1283	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1571	10 6 9 4	288
1572	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1843	15 7 6 4	271
2353	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2642	16 9 2 2	289
1844	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2111	20 7 810	267

Οχημα Πλαίσιο 2

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη	Θέση	Χρ. Κύκλου
144	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	483	3 14 913	339
484	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	778	7 141516	294
859	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	1193	11 51010	334
1194	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	1558	12 14 8 1	364
1559	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1856	13 14 115	297

Οχημα Πλαίσιο 3

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη	Θέση	Χρ. Κύκλου
95	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	404	2 10 8 2	309
405	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	664	6 18 414	259
1482	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1747	14 8 2 9	265
1748	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	1998	18 1416 9	250
2247	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2565	17 6 8 2	318
2566	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2857	19 910 2	291
1999	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2246	21 10 610	247

Μέση τιμή χρόνου Εξυπηρέτησης = 574

Μέση τιμή χρόνου Κύκλου = 281

ΣΗΜ: Οχημα Πλαίσιο 3.

Προσωρινή διακοπή 870. Επιστρέφει 1360.

Τέλος εργασιών 2292. Θέση: Το απομακρυσμένο δάπεδο 05. Παρέμεινε ένα λεπτό (2352) για να συνεννοηθεί αν υπάρχει άλλη εξυπηρέτηση στην ίδια περιοχή.

ΣΕΝΑΡΙΟ 9 8

α/α	Αφίξη	Τυπ.εξ.	20/40	ΘΣ/Δα	20/40	ΘΣ/Δα	Τέλος	Χρ.εξυπηρέτησης
1	0	εμφ	20'	Θ.Σ			520	520
2	48	εμφ	40'	Θ.Σ			797	749
3	103	αφ	40'	Θ.Σ			242	139
4	250	εμφ	20'	Θ.Σ			584	334
5	342	εμφ	20'	Θ.Σ			854	512
6	572	εμφ	40'	Δαπ			1015	443
7	581	εμφ	20'	Δαπ			897	316
8	978	εμφ	40'	Θ.Σ			1260	282
9	988	εμφ	20'	Θ.Σ			1294	306
10	1268	εμφ	40'	Θ.Σ			1620	352
11	1273	εμφ	20'	Δαπ			1555	282
12	1505	εμφ	20'	Θ.Σ			1788	283
13	1818	εμφ	20'	Δαπ			2138	320
14	1883	αφ	40'	Θ.Σ			2131	248
15	1906	εμφ	20'	Θ.Σ			2253	347
16	2408	εμφ	40'	Θ.Σ			2798	390
17	2432	εμφ	40'	Θ.Σ			3100	668
18	2531	εμφ	20'	Θ.Σ	20'	Δαπ	3166	575
19	2654	εμφ	40'	Δαπ			3354	700
20	2691	εμφ	20'	Δαπ			3026	335
21	2709	εμφ	20'	Θ.Σ			3365	656
22	2715	εμφ	20'	Θ.Σ			3404	689
23	3007	εμφ	20'	Θ.Σ			3717	710
24	3010	εμφ	40'	Θ.Σ			3594	584
25	3180	εμφ	40'	Θ.Σ			3868	688
26	3281	εμφ	20'	Δαπ			3560	279
27	3398	εμφ	20'	Θ.Σ			3864	466
28	3442	εμφ	40'	Θ.Σ			4193	751

Οχημα Πλαίσιο 1

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφίξη	θέση	Χρ. Κύκλου
171	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναί	519	1 141417	348
520	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναί	853	5 14 612	333
1104	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1293	9 71313	189
1355	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1554	11 18 1 7	199
1570	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1787	12 7 2 2	217
1878	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2137	13 6 8 9	259
2654	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3165	18 1015 6	511
3166	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3403	22 18 613	237
3404	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3559	26 1011 3	155
3560	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3863	27 141012	303

Εξυπ. δύο Ε/Κ

Οχημα Πλαίσιο 2

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφίξη	θέση	Χρ. Κύκλου
187	εκφ.φο	απ.ε/κ	Ναί	417	3 11 4 8	230
418	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	796	2 13 112	378
797	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναί	1014	6 1417 7	217
1015	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1259	8 13 1 3	244
1342	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1619	10 13 710	277
2055	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	2313	14 1115 1	258
2489	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2797	16 13 311	308
2798	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναί	3099	17 14 4 6	301
3100	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3353	19 1315 8	253
3354	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3593	24 13 510	239
3594	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3867	25 141013	273
3927	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	4251	28 9 6 9	324

Οχημα Πλαίσιο 3

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφίξη	θέση	Χρ. Κύκλου
342	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	583	4 10 9 4	241
611	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	896	7 1014 4	285
1977	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2252	15 7 912	275
2746	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3025	20 91613	279
3026	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3364	21 14 113	338
3365	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3716	23 919 8	351

Μέση τιμή χρόνου Εξυπηρέτησης = 462

Μέση τιμή χρόνου Κύκλου = 270

ΣΗΜ: Οχημα Πλαίσιο 1.

(1)

Προσωρινή διακοπή 2230. Επιστρέφει 2410. Τρίλεπτη διακοπή.

(2)

Δημιουργήθηκαν αμφιβολίες σχετικά με την θέση του δεύτερου Ε/Κ της 18ης άφιξης. Το Κέντρο Ελέγχου επαλήθευσε τα στοιχεία και το συμβάν έληξε χωρίς σημαντική καθυστέρηση. Κατά την διάρκεια επαλήθευσης των στοιχείων, το Οχημα Πλαίσιο εξυπηρέτησε ένα άλλο φορτηγό.

ΣΕΝΑΡΙΟ 9 9

α/α	Αφιξη	Τυπ.εξ.	20/40	ΘΣ/Δσ	20/40	ΘΣ/Δσ	Τέλος	Χρ.εξυπηρέτησης
1	0	εμφ	20'	Θ.Σ			374	374
2	188	εμφ	20'	Θ.Σ			469	281
3	413	αφ	40'	Θ.Σ			948	535
4	441	εμφ	40'	Θ.Σ			768	327
5	645	εμφ	20'	Θ.Σ			969	324
6	706	εμφ	20'	Θ.Σ			1546	840
7	710	εμφ	20'	Θ.Σ			1291	581
8	729	εμφ	20'	Θ.Σ			2213	1484
9	931	αφ	20'	Θ.Σ			2402	1471
10	972	εμφ	40'	Θ.Σ			1438	466
11	1035	εμφ	20'	Θ.Σ			1804	769
12	1370	εμφ	20'	Θ.Σ			5053	3683
13	1465	εμφ	40'	Θ.Σ			1815	350
14	1579	εμφ	20'	Δσπ			2024	445
15	1773	εμφ	20'	Θ.Σ			2282	509
16	2063	εμφ	20'	Θ.Σ			2467	404
17	2069	εμφ	20'	Θ.Σ			2918	849
18	2240	εμφ	40'	Θ.Σ			2664	424
19	2350	εμφ	20'	Θ.Σ			2771	421
20	2580	εμφ	20'	Θ.Σ			5360	2780
21	2668	εμφ	20'	Θ.Σ			3415	747
22	2689	αφ	40'	Θ.Σ			2801	112
23	2726	εμφ	20'	Θ.Σ			3144	418
24	2925	εμφ	20'	Θ.Σ			3692	767
25	3102	εμφ	20'	Θ.Σ			3949	847
26	3125	εμφ	20'	Δσπ	20'	Δσπ	5592	2467
27	3236	εμφ	20'	Θ.Σ			4430	1194
28	3370	αφ	20'	Θ.Σ			5752	2382
29	3406	εμφ	40'	Θ.Σ			3842	436
30	3437	εμφ	20'	Θ.Σ			4749	1312

Ο λόγος της σημαντικής
αυτής καθυστέρησης δεν
εγινε αντιληπτός.

Οχημα Πλαίσιο 1

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη	θέση	Χρ. Κύκλου
71	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	373	1 8 5 6	302
707	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	968	5 7 4 4	261
1955	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	2212	8 14 413	257
2213	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2466	16 142112	253
2467	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2770	19 10 3 8	303

Οχημα Πλαίσιο 2

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη	θέση	Χρ. Κύκλου
235	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	468	2 712 9	233
756	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1290	7 9 2 4	534
1291	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1545	6 141113	254
2282	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	2589	9 11 7 2	307
1546	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1803	11 8 7 8	257
4749	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	5052	12 14 918	303
1804	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2023	14 1010 2	219
2024	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2281	15 8 8 9	257
2590	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2917	17 9 512	327
5053	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	5359	20 14 614	306
3144	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3414	21 713 1	270
2918	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3143	23 14 6 4	225
3415	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3691	24 14 710	276
3692	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3948	25 1011 9	256
3949	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	4188	26 18 3 8	239
4189	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	4429	27 18 512	240
5592	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	5923	28 1118 2	331
4430	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	4748	30 7 3 5	318
5419	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	5650	26 18 3 8	231

Οχημα Πλαίσιο 3 (Αρμόγη 40')

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη	θέση	Χρ. Κύκλου
487	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	767	4 141912	280
768	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	1122	3 1110 6	354
1123	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1437	10 13 118	314
1519	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1814	13 13 618	295
2308	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	2663	18 13 2 4	355
2726	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	2977	22 1120 1	251
3481	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3841	29 131415	360

Μέση τιμή χρόνου Εξυπηρέτησης = 933

Μέση τιμή χρόνου Κύκλου = 289

ΣΗΜ: Οχημα Πλαίσιο 1. Διακοπή εργασιών (974), επιστροφή (1954). Οριστική αποχώρηση (2950) από την περιοχή των εγκαταστάσεων.

ΣΕΝΑΡΙΟ 9 10

α/α	Αφιξη	Τυπ.εξ.	20/40	ΘΣ/Δα	20/40	ΘΣ/Δα	Τέλος	Χρ.εξυπηρέτησης
1	0	αφ	40'	Θ.Σ			116	116
2	113	εμφ	40'	Θ.Σ			597	484
3	365	εμφ	20'	Δαπ			609	244
4	634	εμφ	20'	Θ.Σ			910	276
5	654	εμφ	20'	Δαπ			1202	548
6	706	εμφ	40'	Δαπ			1018	312
7	1265	εμφ	20'	Θ.Σ			1557	292
8	1334	εμφ	40'	Θ.Σ			1716	382
9	1484	εμφ	20'	Θ.Σ	20'	Θ.Σ	2154	670
10	1526	εμφ	20'	Θ.Σ			2446	920
11	1883	εμφ	40'	Θ.Σ			2212	329
12	1930	εμφ	20'	Θ.Σ			2745	815
13	2026	εμφ	20'	Θ.Σ			2921	895
14	2168	εμφ	20'	Θ.Σ			3168	1000
15	2326	εμφ	40'	Θ.Σ			2666	340
16	2902	εμφ	20'	Θ.Σ			3575	673
17	2933	εμφ	20'	Θ.Σ			3393	460
18	3066	εμφ	20'	Θ.Σ			3924	858
19	3126	εμφ	20'	Δαπ			4550	1424
20	3238	εμφ	20'	Θ.Σ			4153	915
21	3290	εμφ	40'	Θ.Σ			3520	230
22	3473	εμφ	20'	Δαπ			4339	866

Οχημα Πλαίσιο 1

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη	θέση	Χρ. Κύκλου
416	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	608	3 18 5 6	192
673	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	909	4 7 311	236
910	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	1201	5 611 3	291
1333	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1556	7 7 4 7	223
1557	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	2153	9 10 8 2	Εξυπηρέτηση 2 Ε/Κ 596
2154	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2445	10 7 9 5	291
2446	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2744	12 8 3 8	298
2745	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2920	13 7 513	175
2921	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3167	14 101312	246
3168	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3392	17 712 5	224
3393	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	3574	16 1419 6	181
3575	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3923	18 7 4 4	348
4339	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	4549	19 91619	210
3924	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	4152	20 7 7 6	228
4153	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	4338	22 10 413	185

Οχημα Πλαίσιο 2

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη	θέση	Χρ. Κύκλου
45	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	311	1 1102 2	266
312	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	596	2 13 516	284
765	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1017	6 131512	252
1409	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	1715	8 14 4 1	306
1949	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	2211	11 142011	262
2387	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2665	15 9 7 1	278
3308	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3519	21 13 7 5	211

Μέση τιμή χρόνου Εξυπηρέτησης = 593
Μέση τιμή χρόνου Κύκλου = 251

ΣΕΝΑΡΙΟ 9 11

a/a	Αφιξη	Τυπ.εξ.	20/40	ΘΣ/Δα	20/40	ΘΣ/Δα	Τέλος	Χρ. εξυπηρέτησης
1	0	εμφ	20'	Θ.Σ			439	439
2	103	εμφ	40'	Θ.Σ			544	441
3	214	σφ	20'	Δσπ			2060	1846
4	301	εμφ	20'	Θ.Σ			728	427
5	554	σφ	20'	Θ.Σ			2354	1800
6	648	εμφ	20'	Θ.Σ			1044	396
7	999	εμφ	20'	Θ.Σ			1295	296
8	1049	εμφ	20'	Θ.Σ			1628	579
9	1402	εμφ	20'	Θ.Σ			1854	452
10	1403	εμφ	20'	Θ.Σ			2869	1466
11	1586	εμφ	40'	Θ.Σ			2302	716
12	1598	εμφ	40'	Θ.Σ			1985	387
13	2029	εμφ	20'	Θ.Σ			3121	1092
14	2347	σφ	40'	Δσπ			2668	321
15	2434	εμφ	20'	Θ.Σ			3418	984
16	2439	εμφ	20'	Θ.Σ			3716	1277
17	2789	εμφ	20'	Δσπ			3981	1192
18	2987	εμφ	40'	Θ.Σ			3431	444
19	2995	σφ	20'	Δσπ			4156	1161

Οχημα Πλαίσιο 1

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη	θέση	Χρ. Κύκλου
55	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναί	438	1 713 3	383
1854	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	2158	3 5 9 9	304
439	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	727	4 101914	288
2159	εκφ.φο	απ.ε/κ	Ναί	2532	5 11 2 7	373
728	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1043	6 7 6 4	315
1044	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναί	1294	7 18 414	250
1295	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1627	8 101912	332
2533	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναί	2868	10 91810	335
1628	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναί	1853	9 8 3 6	225
2869	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναί	3120	13 1413 8	251
3121	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3417	15 1417 9	296
3418	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3715	16 18 5 9	297
3716	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναί	3980	17 1010 7	264
3981	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	4259	19 520 7	278

Οχημα Πλαίσιο 2

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη	θέση	Χρ. Κύκλου
145	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	543	2 131418	398
1636	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1984	12 13 510	348
1985	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2301	11 13 718	316
2428	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	2771	14 5 7 7	343
3046	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3430	18 131114	384

Μέση τιμή χρόνου Εξυπηρέτησης = 827
Μέση τιμή χρόνου Κύκλου = 315

ΣΕΝΑΡΙΟ 9 12

α/α	Αφιξη	Τυπ.εξ.	20/40	ΘΣ/Δα	20/40	ΘΣ/Δα	Τέλος	Χρ. εξυπηρέτησης
1	0	εμφ	20'	Θ.Σ			285	285
2	138	εμφ	20'	Θ.Σ			599	461
3	343	εμφ	40'	Θ.Σ			592	249
4	348	εμφ	20'	Δαπ			980	632
5	605	εμφ	20'	Θ.Σ	20'	Θ.Σ	3902	3297
6	689	εμφ	20'	Θ.Σ			1233	544
7	959	εμφ	40'	Θ.Σ			1343	384
8	1144	εμφ	20'	Θ.Σ			1515	371
9	1156	οφ	40'	Θ.Σ			1403	247
10	1423	εμφ	20'	Θ.Σ			1787	364
11	1483	οφ	20'	Θ.Σ			3421	1938
12	1644	εμφ	40'	Θ.Σ			2003	359
13	1649	εμφ	40'	Θ.Σ			2567	918
14	1658	εμφ	40'	Θ.Σ			2246	588
15	1673	εμφ	40'	Θ.Σ			2797	1124
16	1819	εμφ	20'	Θ.Σ			2262	443
17	1941	εμφ	20'	Θ.Σ			2521	580
18	1962	εμφ	20'	Θ.Σ			2842	880
19	2004	εμφ	40'	Θ.Σ			3484	1480
20	2281	εμφ	40'	Θ.Σ			3136	855
21	2363	εμφ	20'	Θ.Σ	20'	Θ.Σ	3312	949

Η σημαντική εξυπηρέτηση προέκυψε
διότι ένα από τα δύο Ε/Κ δέν
βρέθηκε στην θέση του.

Οχημα Πλαίσιο 1

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη	Θέση	Χρ. Κύκλου
18	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	284	1 810 2	266
285	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	598	2 14 7 8	313
599	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	979	4 612 3	380
1787	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2061	5 14 818	274
980	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1232	6 810 1	252
1233	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1514	8 8 5 5	281
1515	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1786	10 7 2 2	271
3312	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	3586	11 11 711	274
2062	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2261	16 7 914	199
2262	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2520	17 18 410	258
2521	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	2841	18 810 4	320
3587	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	3901	5 14 818	314
2842	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3311	21 810 4	Εξυπηρέτηση 2 Ε/Κ 469

Οχημα Πλαίσιο 2

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη	Θέση	Χρ. Κύκλου
370	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	591	3 141510	221
988	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1342	7 15 2 4	354
1343	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	1574	9 1117 4	231
1672	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2002	12 131310	330
2003	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2245	14 14 1 9	242
2246	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2566	13 142116	320
2567	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2796	15 1313 1	229
3136	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3483	19 916 1	347
2797	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3135	20 1318 2	338

Μέση τιμή χρόνου Εξυπηρέτησης = 807

Μέση τιμή χρόνου Κύκλου = 282

ΣΕΝΑΡΙΟ 9 13

α/α	Αφιξη	Τυπ.εξ.	20/40	ΘΣ/Δα	20/40	ΘΣ/Δα	Τέλος	Χρ.εξυπηρέτησης
1	0	εμφ	20'	Θ.Σ			270	270
2	186	εμφ	20'	Δαπ			510	324
3	335	εμφ	40'	Θ.Σ			528	193
4	526	εμφ	20'	Δαπ			792	266
5	740	εμφ	40'	Θ.Σ			1025	285
6	776	αφ	20'	Θ.Σ			959	183
7	1007	εμφ	20'	Θ.Σ			1533	526
8	1077	εμφ	40'	Θ.Σ			1438	361
9	1132	εμφ	40'	Θ.Σ			1860	728
10	1390	εμφ	40'	Θ.Σ			2147	757
11	1509	εμφ	20'	Θ.Σ	20'	Θ.Σ	2008	499
12	1717	εμφ	20'	Δαπ			3178	1461
13	1745	αφ	20'	Θ.Σ			3539	1794
14	1912	εμφ	20'	Θ.Σ			2281	369
15	1960	εμφ	20'	Θ.Σ	20'	Θ.Σ	2792	832
16	2077	εμφ	40'	Θ.Σ			2429	352
17	2505	εμφ	20'	Δαπ			4508	2003
18	2763	εμφ	20'	Δαπ			4323	1560
19	2881	αφ	20'	Θ.Σ			3899	1018
20	3066	εμφ	20'	Δαπ			3420	354
21	3743	εμφ	20'	Θ.Σ			4879	1136
22	3921	εμφ	40'	Θ.Σ			4250	329
23	3950	εμφ	20'	Θ.Σ			5164	1214

Οχημα Πλαίσιο 1

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη	Θέση	Χρ. Κύκλου
15	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	269	1 101111	254
270	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	509	2 101911	239
573	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	791	4 1018 3	218
840	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	1141	6 11 7 4	301
1142	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	1532	7 1017 8	390
1533	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2007	11 8 9 9	Εξυπηρέτηση 2 Ε/Κ 474
2792	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	3177	12 6 8 4	385
3420	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	3720	13 11 5 5	300
2008	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2280	14 10 7 4	272
2281	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2791	15 7 8 7	Εξυπηρέτηση 2 Ε/Κ 510
4323	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	4507	17 1219 1	184
4052	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	4322	18 91212	270
3721	εκφ.φο	απ.ε/κ	Ναι	4051	19 111512	330
3178	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3419	20 18 4 4	241
4508	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	4878	21 101210	370
4879	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	5163	23 101610	284

Οχημα Πλαίσιο 2

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη	Θέση	Χρ. Κύκλου
353	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	527	3 1418 1	174
755	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1024	5 142015	269
1101	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	1437	8 141013	336
1438	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	1859	9 131711	421
1860	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2146	10 14 717	286
2147	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2428	16 1318 7	281
3963	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	4249	22 14 316	286

Μέση τιμή χρόνου Εξυπηρέτησης = 731
Μέση τιμή χρόνου Κύκλου = 283

ΣΕΝΑΡΙΟ 9 14

α/α	Αφίξη	Τυπ.εξ.	20/40	ΘΣ/Δα	20/40	ΘΣ/Δα	Τέλος	Χρ. εξυπηρέτησης
1	0	εμφ	20'	Θ.Σ			251	251
2	63	εμφ	20'	Θ.Σ			516	453
3	124	εμφ	20'	Θ.Σ			775	651
4	161	εμφ	20'	Θ.Σ			1832	1671
5	167	εμφ	20'	Θ.Σ			1058	891
6	172	εμφ	20'	Δσπ			1295	1123
7	199	εμφ	20'	Θ.Σ			1562	1363
8	247	εμφ	20'	Θ.Σ			2071	1824
9	310	εμφ	40'	Θ.Σ			601	291
10	420	εμφ	20'	Θ.Σ			2659	2239
11	418	εμφ	20'	Δσπ			2369	1951
12	722	εμφ	20'	Θ.Σ			2893	2171
13	770	εμφ	40'	Θ.Σ			1044	274
14	900	εμφ	20'	Δσπ			3445	2545
15	1157	εμφ	40'	Θ.Σ			1479	322
16	1183	εμφ	20'	Θ.Σ			3145	1962

Οχημα Πλαίσιο 1

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφίξη	Θέση	Χρ. Κύκλου
62	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	250	1 714 8	188
251	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	515	2 8 6 5	264
516	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	774	3 10 7 9	258
775	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1057	5 10 3 3	282
1058	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	1294	6 10 314	236
1562	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1831	4 7 5 8	269
1295	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1561	7 91019	266
1832	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2070	8 71114	238
2071	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	2368	11 1012 6	297
2369	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	2658	10 14 1 5	289
2659	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2892	12 1415 6	233
3145	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3444	14 6 3 9	299
2893	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3144	16 7 511	251

Οχημα Πλαίσιο 2

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφίξη	Θέση	Χρ. Κύκλου
330	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	600	9 13 716	270
792	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1043	13 13 914	251
1186	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1478	15 13 112	292

Μέση τιμή χρόνου Εξυπηρέτησης = 1249
Μέση τιμή χρόνου Κύκλου = 261

ΣΕΝΑΡΙΟ 9 15

α/α	Αφίξη	Τυπ.εξ.	20/40	ΘΣ/Δα	20/40	ΘΣ/Δα	Τέλος	Χρ.εξυπηρέτησης
1	0	εμφ	40'	Θ.Σ			287	287
2	43	εμφ	40'	Θ.Σ			523	480
3	351	εμφ	20'	Δαπ			620	269
4	443	εμφ	20'	Θ.Σ			923	480
5	877	εμφ	20'	Θ.Σ			1161	284
6	1240	εμφ	20'	Θ.Σ			1582	342
7	1473	εμφ	40'	Θ.Σ			1776	303
8	1520	εμφ	20'	Θ.Σ			1834	314
9	1638	εμφ	20'	Δαπ			2079	441
10	1847	αφ	20'	Θ.Σ			2271	424
11	2261	εμφ	40'	Θ.Σ			2557	296
12	2278	εμφ	20'	Θ.Σ			2682	404
13	2283	εμφ	20'	Θ.Σ			2893	610
14	2341	αφ	20'	Θ.Σ			2948	607
15	2580	αφ	40'	Δαπ			2727	147

Οχημα Πλαίσιο 1

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφίξη	Θέση	Χρ. Κύκλου
373	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	619	3 915 4	246
620	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	922	4 71312	302
923	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1160	5 10 911	237
1299	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1581	6 142017	282
1582	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1833	8 7 6 1	251
1834	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2078	9 6 3 3	244
2079	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	2446	10 11 9 8	367
2682	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2892	13 7 514	210
2447	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2681	12 712 3	234
2893	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	3129	14 1112 2	236

Οχημα Πλαίσιο 2

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφίξη	Θέση	Χρ. Κύκλου
20	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	286	1 13 818	266
287	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	522	2 14 7 7	235
1522	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1775	7 141611	253
2281	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	2556	11 14 1 3	275
2604	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	2825	15 5 6 9	221

Μέση τιμή χρόνου Εξυπηρέτησης = 379
Μέση τιμή χρόνου Κύκλου = 257

ΣΕΝΑΡΙΟ 9 16

α/α	Αφιξη	Τυπ.εξ.	20/40	ΘΣ/Δα	20/40	ΘΣ/Δα	Τέλος	Χρ. εξυπηρέτησης
1	0	αφ	20'	Δαπ			105	105
2	129	εμφ	40'	Θ.Σ			489	360
3	267	εμφ	20'	Θ.Σ			543	276
4	403	εμφ	40'	Θ.Σ			736	333
5	629	εμφ	20'	Δαπ			918	289
6	825	εμφ	40'	Θ.Σ			1068	243
7	1134	εμφ	20'	Θ.Σ			1454	320
8	1574	εμφ	20'	Θ.Σ			1908	334
9	1622	εμφ	40'	Θ.Σ			1839	217
10	1793	εμφ	20'	Θ.Σ			2190	397
11	1798	εμφ	40'	Θ.Σ			2078	280
12	2128	εμφ	20'	Θ.Σ			2453	325
13	2387	εμφ	20'	Θ.Σ			2789	402
14	2623	εμφ	20'	Δαπ			3027	404
15	2647	εμφ	40'	Θ.Σ			2853	206
16	2857	εμφ	20'	Θ.Σ			3243	386
17	2960	εμφ	40'	Δαπ			3209	249
18	3101	εμφ	20'	Θ.Σ			3498	397
19	3262	αφ	20'	Θ.Σ			3588	326
20	3771	εμφ	20'	Θ.Σ			4014	243
21	3845	εμφ	20'	Θ.Σ			4278	433
22	4012	εμφ	20'	Θ.Σ			4498	486

Οχήμα Πλαίσιο 1

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη	Θέση	Χρ. Κύκλου
0	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	208	1 515 7	208
295	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	542	3 8 1 8	247
683	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	917	5 1010 7	234
1182	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1453	7 9 7 6	271
1629	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	1907	8 7 911	278
1908	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	2189	10 713 6	281
2190	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2452	12 7 2 2	262
2453	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	2788	13 10 4 4	335
2789	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3026	14 1011 8	237
3027	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3242	16 711 6	215
3243	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3497	18 1010 9	254
3498	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	3780	19 5 8 5	282
3810	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	4013	20 18 3 3	203
4014	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	4277	21 810 4	263
4278	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	4497	22 7 2 7	219

Οχήμα Πλαίσιο 2

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη	Θέση	Χρ. Κύκλου
159	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	488	2 9 516	329
489	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	735	4 13 417	246
863	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1067	6 14 4 5	204
1669	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1838	9 1415 2	169
1839	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2077	11 141217	238
2662	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2852	15 141610	190
2978	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3208	17 916 9	230

Μέση τιμή χρόνου Εξυπηρέτησης = 319
Μέση τιμή χρόνου Κύκλου = 245

ΣΕΝΑΡΙΟ 9 17

α/α	Αφιξη	Τυπ.εξ.	20/40	ΘΣ/Δα	20/40	ΘΣ/Δα	Τέλος	Χρ. εξυπηρέτησης
1	0	αφ	20'	Θ.Σ			153	153
2	108	εμφ	20'	Δαπ			600	492
3	380	εμφ	40'	Θ.Σ			652	272
4	667	εμφ	20'	Θ.Σ			960	293
5	739	εμφ	20'	Θ.Σ			1321	582
6	824	εμφ	40'	Θ.Σ			1179	355
7	1181	εμφ	40'	Δαπ			1467	286
8	1386	εμφ	20'	Θ.Σ	20'	Θ.Σ	1942	556
9	1609	εμφ	20'	Θ.Σ	20'	Θ.Σ	2587	978
10	1682	εμφ	40'	Θ.Σ			2062	380
11	1887	εμφ	40'	Δαπ			2582	695
12	1959	εμφ	40'	Θ.Σ			2334	375
13	2029	εμφ	20'	Θ.Σ			3085	1056
14	2187	εμφ	20'	Θ.Σ			2802	615
15	2514	εμφ	20'	Θ.Σ			4001	1487
16	2686	εμφ	20'	Θ.Σ			3392	706
17	2950	εμφ	40'	Θ.Σ			3337	387
18	3017	εμφ	40'	Θ.Σ			3934	917
19	3194	εμφ	40'	Θ.Σ			3603	409
20	3430	εμφ	20'	Θ.Σ			4516	1086
21	3605	εμφ	20'	Θ.Σ			4235	630

Οχημα Πλαίσιο 1

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη	Θέση	Χρ. Κύκλου
16	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	323	1 1116 6	307
324	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	599	2 10 2 5	275
693	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	959	4 71111	266
960	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1320	5 1016 9	360
1414	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1941	8 7 9 6	Εξυπηρέτηση 2 Ε/Κ 527
1942	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	2586	9 8 3 6	Εξυπηρέτηση 2 Ε/Κ 644
2802	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3084	13 7 1 2	282
2587	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2801	14 714 8	214
3392	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	4000	15 6 9 2	608
3085	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3391	16 8 5 5	306
4235	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	4515	20 1012 5	280
4001	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	4234	21 1420 2	233

Οχημα Πλαίσιο 2

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη	Θέση	Χρ. Κύκλου
405	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	651	3 141513	246
842	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1178	6 131916	336
1205	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1466	7 91718	261
1706	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2061	10 14 4 5	355
2334	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2581	11 919 1	247
2062	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2333	12 141012	271
3006	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3336	17 9 911	330
3603	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3933	18 14 216	330
3337	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3602	19 13 1 8	265

Μέση τιμή χρόνου Εξυπηρέτησης = 605
Μέση τιμή χρόνου Κύκλου = 302

ΣΕΝΑΡΙΟ 9 18

α/α	Αφιξη	Τυπ.εξ.	20/40	ΘΣ/Δα	20/40	ΘΣ/Δα	Τέλος	Χρ.εξυπηρέτησης
1	0	εμφ	40'	θ.Σ			360	360
2	130	εμφ	40'	θ.Σ			714	584
3	182	εμφ	20'	θ.Σ			511	329
4	320	εμφ	20'	θ.Σ	20'	θ.Σ	777	457
5	410	εμφ	20'	θ.Σ			852	442
6	489	εμφ	20'	θ.Σ			1000	511
7	540	εμφ	40'	θ.Σ			982	442
8	562	εμφ	40'	θ.Σ			1285	723
9	685	αφ	20'	θ.Σ			958	273
10	1042	εμφ	20'	θ.Σ			1371	329
11	1249	εμφ	20'	θ.Σ			1550	301
12	1273	εμφ	20'	θ.Σ			1582	309
13	1319	εμφ	20'	θ.Σ			1777	458
14	1393	εμφ	40'	θ.Σ			1681	288
15	1615	αφ	20'	θ.Σ			1720	105
16	1634	εμφ	20'	θ.Σ			2126	492
17	1691	εμφ	20'	θ.Σ			2255	564
18	1693	εμφ	20'	θ.Σ			2382	689
19	1931	εμφ	40'	θ.Σ			2330	399
20	1980	εμφ	40'	θ.Σ			2597	617
21	2007	εμφ	20'	Δαπ			2468	461
22	2130	εμφ	20'	Δαπ			2621	491
23	2148	εμφ	20'	θ.Σ			2903	755
24	2247	εμφ	20'	Δαπ			3016	769
25	2255	εμφ	40'	θ.Σ			3106	851
26	2315	εμφ	40'	θ.Σ			2804	489
27	2788	εμφ	20'	θ.Σ			3448	660
28	2793	εμφ	20'	θ.Σ			3184	391
29	2893	εμφ	20'	θ.Σ			3407	514
30	3097	εμφ	20'	θ.Σ			3646	549

Οχημα Πλαίσιο 1

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη	θέση	Χρ. Κύκλου
205	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	510	3 10 6 4	305
511	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	851	5 8 610	340
852	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	1137	9 11 8 5	285
1272	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1549	11 7 2 7	277
1550	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1776	13 142010	226
1777	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	2125	16 1017 9	348
2126	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2381	18 10 3 1	255
2382	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	2620	22 710 7	238
2621	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3015	24 919 2	394
3016	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3447	27 10 713	431

Οχημα Πλαίσιο 2

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη	θέση	Χρ. Κύκλου
338	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	776	4 1412 4	Εξυπηρέτηση 2 Ε/Κ 438
777	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	999	6 7 914	194
1109	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1370	10 10 4 5	261
1371	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1581	12 71012	210
1647	εκφ.φο	απ.ε/κ	Ναι	1888	15 11 312	241
1889	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2254	17 71411	365
2255	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2467	21 7 9 5	212
2468	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	2902	23 1017 8	434
2903	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3183	28 10 7 5	280
3184	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3406	29 1412 7	222
3466	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3704	30 7 5 7	238

Οχημα Πλαίσιο 3

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη	θέση	Χρ. Κύκλου
26	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	359	1 1417 7	333
360	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	713	2 91711	353
714	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	981	7 141918	267
982	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1284	8 9 610	302
1411	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1680	14 14 6 6	269
2009	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2329	19 141617	320
2330	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2596	20 13 8 4	266
2597	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2803	26 14 4 1	206
2804	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	3105	25 9 6 8	301

Μέση τιμή χρόνου Εξυπηρέτησης = 487

Μέση τιμή χρόνου Κύκλου = 285

ΠΕΡΙΟΧΗ 9 19

α/α	Αφίξη	Τυπ.εξ.	20/40	ΘΣ/Δσ	20/40	ΘΣ/Δσ	Τέλος	Χρ. εξυπηρέτησης
1	0	εμφ	20'	Θ.Σ	20'	Θ.Σ	485	485
2	123	εμφ	40'	Θ.Σ			459	336
3	288	εμφ	40'	Θ.Σ			734	446
4	293	εμφ	20'	Θ.Σ			593	300
5	402	εμφ	40'	Δσπ			1062	660
6	593	εμφ	40'	Δσπ			1415	822
7	1085	εμφ	20'	Θ.Σ			1387	302
8	1207	εμφ	20'	Θ.Σ			1482	275
9	1245	εμφ	20'	Θ.Σ			1682	437
10	1253	εμφ	20'	Δσπ			2375	1122
11	1305	εμφ	20'	Θ.Σ			1840	535
12	1317	εμφ	20'	Θ.Σ			1995	678
13	1394	εμφ	40'	Θ.Σ			1846	452
14	1458	εμφ	40'	Θ.Σ			2098	640
15	1693	εμφ	20'	Θ.Σ			2077	384
16	1765	εμφ	20'	Δσπ			2211	446
17	2145	εμφ	40'	Θ.Σ	40'	Θ.Σ	2726	581
18	2150	εμφ	20'	Θ.Σ			2556	406
19	2375	εμφ	20'	Θ.Σ			2797	422
20	2419	εμφ	20'	Θ.Σ			2781	362
21	2611	εμφ	40'	Θ.Σ			3017	406
22	2693	εμφ	40'	Δσπ			3327	634
23	3071	εμφ	20'	Θ.Σ			3382	311
24	3155	εμφ	20'	Θ.Σ			3525	370
25	3277	εμφ	40'	Θ.Σ			3608	331
26	3432	εμφ	40'	Θ.Σ			3885	453

Πλαίσιο 1

α/α	Ενεργείες	Αναδιατ	Λήξη	Αφίξη θέση	Χρ. Κύκλου
24	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	249 1 1416 1	225
250	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	484 1 1416 1	234
1117	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1386 7 141411	269
1387	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1681 9 8 7 4	294
1682	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	1994 12 8 710	312
1995	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2210 16 10 9 3	215
2211	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2555 18 141515	344
2556	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2780 20 8 710	224
3139	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3381 23 1415 4	242

Πλαίσιο 2

α/α	Ενεργείες	Αναδιατ	Λήξη	Αφίξη θέση	Χρ. Κύκλου
310	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	592 4 7 111	282
234	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1481 8 711 5	247
482	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	1839 11 8 4 5	357
077	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	2374 10 9 5 5	297
840	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2076 15 7 414	236
458	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2796 19 14 718	338
172	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3524 24 141514	352

Πλαίσιο 3

α/α	Ενεργείες	Αναδιατ	Λήξη	Αφίξη θέση	Χρ. Κύκλου
148	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	458 2 141916	310
159	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	733 3 13 412	274
1734	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1061 5 131710	327
162	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1414 6 913 4	352
116	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1845 13 13 1 7	429
146	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2097 14 131110	251
166	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2420 17 1311 3	254
121	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2725 17 1311 3	304
126	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3016 21 13 510	290
117	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3326 22 919 1	309
127	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3607 25 13 1 5	280
108	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3884 26 13 813	276

η τιμή χρόνου Εξυπηρέτησης = 484
η τιμή χρόνου Κύκλου = 290

ΣΕΝΑΡΙΟ 9 20

α/α	Αφιξη	Τυπ.εξ.	20/40	ΘΣ/Δα	20/40	ΘΣ/Δα	Τέλος	Χρ.εξυπηρέτησης
1	0	εμφ	20'	Δαπ			304	304
2	5	αφ	20'	Θ.Σ			137	132
3	368	εμφ	20'	Θ.Σ			781	413
4	554	εμφ	20'	Θ.Σ			866	312
5	963	εμφ	20'	Θ.Σ			1269	306
6	1310	εμφ	20'	Θ.Σ			1726	416
7	1342	εμφ	20'	Θ.Σ			1823	481
8	1353	εμφ	40'	Θ.Σ			1694	341
9	1381	εμφ	40'	Θ.Σ			2008	627
10	1497	αφ	20'	Θ.Σ			2139	642
11	1513	εμφ	20'	Δαπ			1984	471
12	1639	εμφ	20'	Δαπ			2188	549
13	1713	εμφ	20'	Θ.Σ			2559	846
14	1858	εμφ	40'	Θ.Σ			2342	484
15	2022	εμφ	20'	Θ.Σ			2646	624
16	2318	εμφ	40'	Θ.Σ			2673	355
17	2405	εμφ	40'	Δαπ			2977	572
18	2552	εμφ	20'	Δαπ			2909	357
19	2987	εμφ	20'	Θ.Σ			3315	328
20	3308	εμφ	20'	Θ.Σ			3665	357
21	3482	εμφ	40'	Δαπ			3850	368
22	3642	αφ	20'	Θ.Σ			3788	146
23	3699	εμφ	20'	Θ.Σ			4303	604
24	3707	εμφ	20'	Θ.Σ			3984	277
25	3968	εμφ	40'	Θ.Σ			4361	393

Οχημα Πλαίσιο 1

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη	Θέση	Χρ. Κύκλου
27	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	314	2 11 8 6	287
422	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	780	3 1411 7	358
1010	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1268	5 10 911	258
1310	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	1725	6 7 112	415
1984	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	2317	10 1118 2	333
1726	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1983	11 10 114	257
2318	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2645	15 18 610	327
3036	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3314	19 7 6 3	278
3359	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	3664	20 71111	305
3680	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	3941	22 111811	261
3942	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	4302	23 14 415	360

Οχημα Πλαίσιο 2

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη	Θέση	Χρ. Κύκλου
41	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	303	1 91513	262
576	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	865	4 12 5 1	289
1402	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1822	7 7 610	420
1823	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2187	12 10 314	364
2188	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2558	13 810 6	370
2568	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	2908	18 6 6 1	340
3724	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3983	24 8 5 9	259

Οχημα Πλαίσιο 3

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη	Θέση	Χρ. Κύκλου
1369	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	1693	8 141213	324
1694	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2007	9 13 418	313
2008	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2341	14 13 613	333
2376	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2672	16 14 511	296
2673	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2976	17 91717	303
3498	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	3849	21 9 817	351
4007	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	4360	25 142015	353

Μέση τιμή χρόνου Εξυπηρέτησης = 428
Μέση τιμή χρόνου Κύκλου = 321

ΣΕΝΑΡΙΟ 9 21

α/α	Αφιξη	Τυπ.εξ.	20/40	ΘΣ/Δσ	20/40	ΘΣ/Δσ	Τέλος	Χρ. εξυπηρέτησης
1	0	εμφ	20'	Θ.Σ			386	386
2	282	εμφ	20'	Δσπ			1664	1382
3	299	εμφ	20'	Θ.Σ			633	334
4	306	εμφ	20'	Θ.Σ			626	320
5	532	εμφ	20'	Θ.Σ			957	425
6	551	εμφ	20'	Θ.Σ			966	415
7	570	εμφ	20'	Θ.Σ			1890	1320
8	579	αφ	40'	Θ.Σ			718	139
9	762	εμφ	20'	Δσπ			1305	543
10	782	αφ	20'	Δσπ			1801	1019
11	836	εμφ	20'	Θ.Σ			1297	461
12	899	εμφ	20'	Θ.Σ			1514	615
13	928	εμφ	40'	Θ.Σ			1254	326
14	986	εμφ	20'	Δσπ			2245	1259
15	1337	εμφ	40'	Δσπ			1755	418
16	1339	εμφ	20'	Δσπ			2446	1107
17	1746	εμφ	20'	Θ.Σ			2116	370
18	1895	εμφ	40'	Θ.Σ			2331	436
19	1943	εμφ	20'	Δσπ			2372	429
20	2038	εμφ	20'	Δσπ			2617	579
21	2473	εμφ	40'	Θ.Σ			2809	336
22	2515	εμφ	40'	Θ.Σ			3084	569
23	2839	εμφ	20'	Δσπ			3292	453
24	2989	εμφ	20'	Θ.Σ			3340	351
25	3091	εμφ	40'	Δσπ			3491	400
26	3198	εμφ	20'	Θ.Σ			3564	366
27	3274	εμφ	20'	Θ.Σ			3657	383

Οχημα Πλαίσιο 1

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη	Θέση	Χρ. Κύκλου
44	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	385	1 9 4 2	341
1305	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1663	2 913 3	358
386	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	625	4 10 812	239
626	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	956	5 7 110	330
957	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1304	9 101213	347
1664	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	1917	10 11 6 6	253
1918	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	2244	14 6 1 9	326
2245	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	2445	16 6 4 9	200
2916	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3291	23 1014 5	375
3292	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3563	26 14 5 5	271

Οχημα Πλαίσιο 2

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη	Θέση	Χρ. Κύκλου
320	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	632	3 10 4 2	312
633	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	965	6 8 1 1	332
1514	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1889	7 9 213	375
966	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	1296	11 10 510	330
1297	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1513	12 8 8 9	216
1890	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2115	17 18 312	225
2116	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2371	19 10 9 6	255
2372	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2616	20 10 9 3	244
3031	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	3339	24 8 8 7	308
3354	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	3656	27 71010	302

Οχημα Πλαίσιο 3

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη	Θέση	Χρ. Κύκλου
656	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	873	8 111211	217
955	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1253	13 14 3 8	298
1393	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1754	15 913 5	361
1920	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	2330	18 141317	410
2502	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2808	21 131117	306
2809	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3083	22 1318 2	274
3146	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3490	25 91916	344

Μέση τιμή χρόνου Εξυπηρέτησης = 561
Μέση τιμή χρόνου Κύκλου = 302

ΣΕΝΑΡΙΟ 9 22

α/α	Αφιξη	Τυπ.εξ.	20/40	ΘΣ/Δα	20/40	ΘΣ/Δα	Τέλος	Χρ.εξυπηρέτησης
1	0	εμφ	40'	Θ.Σ			291	291
2	16	εμφ	40'	Δαπ	40'	Δαπ	718	702
3	348	εμφ	40'	Θ.Σ			996	648
4	402	εμφ	20'	Θ.Σ			595	193
5	543	εμφ	20'	Θ.Σ			794	251
6	585	αφ	40'	Θ.Σ			1417	832
7	892	εμφ	40'	Θ.Σ			1266	374
8	899	εμφ	20'	Θ.Σ			1163	264
9	941	εμφ	20'	Θ.Σ			1230	289
10	1004	εμφ	20'	Θ.Σ	20'	Θ.Σ	1478	474
11	1100	εμφ	20'	Δαπ			1514	414
12	1253	εμφ	20'	Δαπ			1648	395
13	1714	αφ	40'	Δαπ			1831	117
14	1837	αφ	20'	Θ.Σ			1928	91
15	1897	εμφ	40'	Θ.Σ			2198	301
16	1987	εμφ	40'	Θ.Σ			2773	786
17	2100	εμφ	40'	Θ.Σ			2444	344
18	2294	αφ	40'	Θ.Σ			3659	1365
19	2444	εμφ	20'	Δαπ			2733	289
20	2453	εμφ	20'	Θ.Σ			2798	345
21	2499	εμφ	40'	Θ.Σ			3041	542
22	2506	εμφ	40'	Θ.Σ			3209	703
23	2583	εμφ	20'	Θ.Σ			3053	470
24	2749	αφ	40'	Θ.Σ			3429	680
25	2817	εμφ	20'	Θ.Σ			3059	242

Οχημα Πλαίσιο 1

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη θέση	Χρ. Κύκλου
435	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	594 4 8 7 8	159
603	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	793 5 1412 6	190
942	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1162 8 101613	220
1163	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	1477 10 14 1 4	314
1478	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1647 12 1014 4	169
1860	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	2099 14 11 7 9	239
2482	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2732 19 91620	250
2733	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3052 23 9 3 9	319

Εξυπηρέτηση 2 Ε/Κ

Οχημα Πλαίσιο 2

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη θέση	Χρ. Κύκλου
980	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1229 9 18 411	249
1230	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1513 11 1017 1	283
2509	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2797 20 18 310	288
2850	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	3058 25 8 1 3	208

Οχημα Πλαίσιο 3

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη θέση	Χρ. Κύκλου
43	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	290 1 13 716	247
291	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	717 2 91015	426
718	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	995 3 131010	277
1266	εκφ.φο	απ.ε/κ	Ναι	1589 6 11 3 9	323
996	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1265 7 13 4 3	269
1751	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	1917 13 5 420	166
1918	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2197 15 14 6 6	279
2444	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2772 16 919 8	328
2198	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2443 17 13 4 7	245
3571	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	3853 18 5 120	282
2773	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3040 21 141813	267
3041	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3208 22 1418 2	167
3209	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	3570 24 111714	361

Εξυπηρέτηση 2 Ε/Κ

Οχημα Πλαίσιο 4

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη θέση	Χρ. Κύκλου
--------	-----------	---------	------	------------	------------

Μέση τιμή χρόνου Εξυπηρέτησης = 456
Μέση τιμή χρόνου Κύκλου = 242

ΣΕΝΑΡΙΟ 9 23

α/α	Αφιξη	Τυπ.εξ.	20/40	ΘΣ/Δα	20/40	ΘΣ/Δα	Τέλος	Χρ.εξυπηρέτησης
1	0	εμφ	20'	θ.Σ			290	290
2	29	αφ	20'	θ.Σ			394	365
3	147	εμφ	20'	θ.Σ			632	485
4	159	εμφ	40'	θ.Σ			489	330
5	397	εμφ	40'	θ.Σ			963	566
6	489	εμφ	40'	θ.Σ			1303	814
7	564	εμφ	20'	Δαπ			1069	505
8	595	εμφ	20'	θ.Σ			1062	467
9	640	εμφ	40'	Δαπ			2227	1587
10	664	εμφ	40'	θ.Σ			1547	883
11	923	αφ	20'	θ.Σ			1131	208
12	1064	εμφ	40'	θ.Σ			1807	743
13	1142	εμφ	20'	θ.Σ			1635	493
14	1461	εμφ	40'	θ.Σ			2507	1046
15	1649	εμφ	20'	θ.Σ			2161	512
16	1702	εμφ	40'	θ.Σ			3477	1775
17	1741	εμφ	40'	θ.Σ			2873	1132
18	1921	εμφ	20'	Δαπ			2204	283
19	1946	εμφ	20'	Δαπ			2802	856
20	1981	αφ	20'	θ.Σ			2247	266
21	2081	εμφ	20'	Δαπ			2423	342
22	2121	εμφ	40'	θ.Σ			3121	1000
23	2286	αφ	20'	Δαπ			2652	366
24	2398	εμφ	20'	θ.Σ			3180	782
25	2440	εμφ	20'	θ.Σ			3142	702
26	2444	εμφ	20'	θ.Σ			3409	965

Οχημα Πλαίσιο 1

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη	Θέση	Χρ. Κύκλου
27	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	289	1 7 5 6	262
377	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	631	3 141110	254
765	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	1061	8 10 3 2	296
1062	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	1299	11 1114 8	237
1829	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2160	15 7 9 2	331
2161	εκφ.φο	απ.ε/κ	Ναι	2390	20 111713	229
2391	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2801	19 9 2 5	410
2802	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3141	25 7 6 1	339
3142	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3408	26 141716	266

Οχημα Πλαίσιο 2

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη	Θέση	Χρ. Κύκλου
126	εκφ.φο	απ.ε/κ	Ναι	559	2 1113 9	433
849	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1068	7 6 5 1	219
1162	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1634	13 710 9	472
1954	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2203	18 1018 1	249
2204	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2422	21 10 2 1	218
2423	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	2760	23 51017	337
2761	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	3179	24 7 2 3	418

Οχημα Πλαίσιο 3

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη	Θέση	Χρ. Κύκλου
218	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	488	4 13 317	270
489	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	962	5 142012	473
963	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1302	6 14 810	339
1807	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2226	9 912 4	419
1303	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1546	10 141115	243
1547	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1806	12 14 6 5	259
2227	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2506	14 91511	279
3121	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3476	16 13 118	355
2507	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2872	17 1412 7	365
2873	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3120	22 14 5 2	247

Μέση τιμή χρόνου Εξυπηρέτησης = 683
Μέση τιμή χρόνου Κύκλου = 316

ΣΕΝΑΡΙΟ 9 24

α/α	Αφιξη	Τυπ.εξ.	20/40	ΘΣ/Δα	20/40	ΘΣ/Δα	Τέλος	Χρ. εξυπηρέτησης
1	0	εμφ	20'	Δσπ			351	351
2	144	εμφ	20'	Θ.Σ			466	322
3	152	εμφ	20'	Θ.Σ			667	515
4	238	εμφ	20'	Θ.Σ			668	430
5	244	εμφ	40'	Θ.Σ			548	304
6	249	εμφ	20'	Δσπ			2064	1815
7	358	εμφ	20'	Θ.Σ			983	625
8	446	εμφ	20'	Θ.Σ			863	417
9	460	εμφ	20'	Θ.Σ			1066	606
10	478	εμφ	40'	Θ.Σ			801	323
11	485	εμφ	40'	Θ.Σ			1092	607
12	710	εμφ	40'	Δσπ			1328	618
13	750	εμφ	20'	Δσπ			2410	1660
14	792	εμφ	20'	Θ.Σ			1231	439
15	911	εμφ	20'	Θ.Σ			1290	379
16	976	εμφ	20'	Δσπ			2596	1620
17	1146	εμφ	20'	Θ.Σ			1482	336
18	1162	εμφ	20'	Θ.Σ	20'	Θ.Σ	1772	610
19	1247	εμφ	20'	Δσπ			2640	1393
20	1393	εμφ	20'	Θ.Σ			1808	415
21	1394	εμφ	40'	Θ.Σ			1812	418
22	1482	εμφ	20'	Δσπ			2773	1291
23	1544	εμφ	20'	Θ.Σ			2017	473
24	1599	εμφ	20'	Δσπ			3018	1419
25	1885	εμφ	20'	Θ.Σ			2267	382

Οχημα Πλαίσιο 1

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη	Θέση	Χρ. Κύκλου
26	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	350	1 9 9 2	324
351	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	666	3 7 8 11	315
1808	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2063	6 10 17 2	255
667	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	982	7 14 18 10	315
2064	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2409	13 9 13 4	345
983	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1230	14 8 10 4	247
1231	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1481	17 10 19 13	250
2410	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2639	19 10 17 4	229
1482	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	1807	20 8 6 2	325
2640	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3017	24 6 1 7	377

Οχημα Πλαίσιο 2

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη	Θέση	Χρ. Κύκλου
165	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	465	2 10 11 10	300
466	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	667	4 14 21 2	201
668	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	862	8 14 18 1	194
863	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	1065	9 8 6 7	202
1066	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1289	15 8 2 2	223
2267	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	2595	16 6 4 6	328
1290	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1539	18 10 1 2	249
1540	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1771	18 10 1 2	231
2596	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2772	22 18 2 2	176
1772	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2016	23 10 6 7	244
2017	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2266	25 14 12 14	249

Οχημα Πλαίσιο 3

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη	Θέση	Χρ. Κύκλου
306	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	547	5 13 4 17	241
548	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	800	10 14 5 11	252
801	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1091	11 14 13 4	290
1092	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1327	12 9 4 6	235
1425	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1811	21 9 7 9	386

Μέση τιμή χρόνου Εξυπηρέτησης = 711
Μέση τιμή χρόνου Κύκλου = 269

ΣΕΝΑΡΙΟ 9 25

α/α	Αφίξη	Τυπ.εξ.	20/40	ΘΣ/Δα	20/40	ΘΣ/Δα	Τέλος	Χρ.εξυπηρέτησης
1	0	εμφ	40'	Δαπ	40'	Δαπ	500	500
2	288	εμφ	20'	Δαπ			590	302
3	438	εμφ	20'	Δαπ			678	240
4	581	εμφ	40'	Θ.Σ			879	298
5	1006	εμφ	40'	Δαπ			1313	307
6	1025	εμφ	40'	Θ.Σ			1324	299
7	1403	εμφ	40'	Θ.Σ			1746	343
8	1421	εμφ	20'	Θ.Σ	20'	Θ.Σ	2053	632
9	1467	εμφ	40'	Θ.Σ			1817	350
10	1606	εμφ	20'	Δαπ			1773	167
11	1610	εμφ	20'	Θ.Σ			1973	363
12	1662	εμφ	40'	Θ.Σ			2101	439
13	1678	εμφ	40'	Δαπ			2367	689
14	1732	εμφ	20'	Θ.Σ			2202	470
15	1763	εμφ	40'	Θ.Σ			2146	383
16	1881	αφ	20'	Θ.Σ			2141	260
17	2050	εμφ	40'	Θ.Σ			2429	379
18	2202	εμφ	40'	Θ.Σ			2647	445
19	2395	εμφ	40'	Δαπ			2779	384
20	2421	εμφ	20'	Θ.Σ			2743	322
21	2524	εμφ	20'	Δαπ			2761	237
22	2685	εμφ	20'	Θ.Σ			3003	318
23	2686	εμφ	20'	Δαπ			3015	329

Οχήμα Πλαίσιο 1

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφίξη	Θέση	Χρ. Κύκλου
307	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	589	2 612 6	282
1443	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	1723	8 8 210	280
1724	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	1972	11 8 4 1	248
1973	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2201	14 8 2 7	228
2438	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2742	20 91614	304
2743	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3002	22 141314	259

Οχήμα Πλαίσιο 2

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφίξη	Θέση	Χρ. Κύκλου
455	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	677	3 6 7 1	222
1626	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1772	10 6 7 1	146
1773	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	2052	8 8 210	279
2053	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	2303	16 11 913	250
2543	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2760	21 18 4 4	217
2761	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3014	23 10 9 7	253

Οχήμα Πλαίσιο 3 (αρπάγη 40')

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφίξη	Θέση	Χρ. Κύκλου
20	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	254	1 131712	234
255	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	499	1 131712	244
598	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	878	4 1316 3	280
1048	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1312	5 91016	264
1426	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1745	7 141111	319
1746	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2100	12 13 310	354
2101	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2366	13 917 5	265
2367	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2646	18 13 3 1	279

Οχήμα Πλαίσιο 4 (αρπάγη 40')

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφίξη	Θέση	Χρ. Κύκλου
1049	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1323	6 14 8 9	274
1488	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1816	9 13 9 1	328
1817	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2145	15 13 9 3	328
2146	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	2428	17 13 313	282
2429	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2778	19 1315 7	349

Μέση τιμή χρόνου Εξυπηρέτησης = 368

Μέση τιμή χρόνου Κύκλου = 271

ΣΗΜ: Τα Ε/Κ της 8ης άφιξης εξυπηρετήθηκαν από διαφορετικά Οχήματα Πλαίσια. Δεδομένου ότι το φορτηγό εξυπηρετήθηκε στην Περιοχή Εξυπηρέτησης, δεν προέκυψε απώλεια χρόνου από τον συνδυασμό αυτό.

ΣΕΝΑΡΙΟ 9 26

α/α	Αφίξη	Τυπ.εξ.	20/40	ΘΣ/Δα	20/40	ΘΣ/Δα	Τέλος	Χρ.εξυπηρέτησης
1	0	εμφ	40'	Θ.Σ			392	392
2	78	εμφ	20'	Δαπ			439	361
3	123	εμφ	20'	Δαπ			384	261
4	396	εμφ	40'	Θ.Σ			797	401
5	414	εμφ	20'	Θ.Σ			699	285
6	498	αφ	20'	Θ.Σ			712	214
7	549	εμφ	20'	Θ.Σ			978	429
8	782	εμφ	40'	Δαπ			1059	277
9	840	εμφ	20'	Θ.Σ			1291	451
10	871	εμφ	20'	Θ.Σ			1255	384
11	907	εμφ	20'	Θ.Σ	20'	Θ.Σ	1675	768
12	918	εμφ	20'	Θ.Σ			1566	648
13	1415	εμφ	20'	Θ.Σ			1853	438
14	1524	αφ	20'	Θ.Σ			1779	255
15	1741	εμφ	40'	Θ.Σ			2101	360
16	1785	εμφ	20'	Θ.Σ			2221	436
17	1811	εμφ	20'	Δαπ			2100	289
18	1943	εμφ	20'	Θ.Σ			2486	543
19	1969	εμφ	20'	Θ.Σ			2580	611
20	2126	εμφ	20'	Δαπ			3015	889
21	2126	εμφ	40'	Δαπ			2487	361
22	2282	εμφ	20'	Θ.Σ			2905	623
23	2351	εμφ	20'	Θ.Σ			2794	443
24	2365	αφ	40'	Θ.Σ			2620	255
25	2489	εμφ	20'	Θ.Σ			3310	821
26	2733	εμφ	40'	Θ.Σ			3050	317
27	2736	εμφ	20'	Θ.Σ			3178	442

Οχημα Πλαίσιο 1

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφίξη	Θέση	Χρ. Κύκλου	
126	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	438	2	91720	312
467	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	698	5	1413 1	231
699	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	977	7	18 112	278
978	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1290	9	8 5 2	312
1291	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	1447	11	1415 1	156
1448	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1674	11	1415 1	226
1675	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	1941	14	111411	266
1942	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2220	16	14 9 2	278
2221	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	2579	19	713 1	358
2580	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2904	22	142016	324
2905	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3177	27	8 910	272

Οχημα Πλαίσιο 2

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφίξη	Θέση	Χρ. Κύκλου	
170	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	383	3	9 518	213
528	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	894	6	1110 3	366
911	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1254	10	9 613	343
1255	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1565	12	7 9 4	310
1566	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1852	13	711 5	286
1853	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	2099	17	9 213	246
2100	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	2485	18	14 817	385
2794	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	3014	20	1019 5	220
2486	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2793	23	7 1 5	307
3015	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3309	25	9 7 3	294

Οχημα Πλαίσιο 3

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφίξη	Θέση	Χρ. Κύκλου	
68	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	391	1	14 515	323
468	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	796	4	131017	328
845	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1058	8	1316 8	213
1812	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2100	15	141611	288
2188	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	2486	21	131614	298
2761	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	3049	26	14 818	288

Οχημα Πλαίσιο 4

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφίξη	Θέση	Χρ. Κύκλου
2436	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	2789	24 1113 6	353

Μέση τιμή χρόνου Εξυπηρέτησης = 443

Μέση τιμή χρόνου Κύκλου = 288

ΣΗΜ: Λόγω του χαμηλού ρυθμού άφιξης των φορτηγών με 40', το Οχημα Πλαίσιο στο μεγαλύτερο διάστημα είχε σταθμεύσει στην περιοχή στοιβασίας απέναντι από το Κέντρο Ελέγχου, ώστε να μην εμποδίζει τις μετακινήσεις των υπολοίπων.

ΣΕΝΑΡΙΟ 9 27

α/α	Αφιξη	Τυπ.εξ.	20/40	ΘΣ/Δα	20/40	ΘΣ/Δα	Τέλος	Χρ.εξυπηρέτησης
1	0	εμφ	40'	Θ.Σ			272	272
2	10	εμφ	20'	Δαπ			287	277
3	215	εμφ	20'	Θ.Σ			611	396
4	220	εμφ	20'	Θ.Σ			516	296
5	446	εμφ	20'	Θ.Σ			812	366
6	623	αφ	20'	Θ.Σ			802	179
7	671	εμφ	20'	Θ.Σ			1109	438
8	677	εμφ	20'	Θ.Σ			1270	593
9	700	εμφ	20'	Θ.Σ	20'	Θ.Σ	1556	856
10	913	εμφ	40'	Δαπ			1274	361
11	1144	εμφ	20'	Θ.Σ			1573	429
12	1393	εμφ	40'	Θ.Σ			1706	313
13	1474	εμφ	20'	Δαπ			1841	367
14	1561	αφ	40'	Θ.Σ			1795	234
15	1729	εμφ	40'	Θ.Σ			1941	212
16	1789	εμφ	40'	Θ.Σ			2157	368
17	1814	εμφ	40'	Θ.Σ			2308	494
18	1892	εμφ	20'	Θ.Σ			2249	357
19	1961	εμφ	20'	Δαπ	20'	Δαπ	2478	517
20	1974	εμφ	20'	Δαπ			2980	1006
21	2058	εμφ	20'	Θ.Σ			2567	509
22	2078	εμφ	40'	Θ.Σ			2454	376
23	2112	αφ	40'	Θ.Σ			2437	325
24	2143	αφ	20'	Θ.Σ			2615	472
25	2349	εμφ	20'	Δαπ			3118	769
26	2389	εμφ	40'	Δαπ			2702	313
27	2389	εμφ	20'	Θ.Σ			2833	444
28	3058	εμφ	20'	Δαπ			3339	281
29	3190	εμφ	20'	Δαπ			3473	283
30	3234	αφ	20'	Θ.Σ			3512	278
31	3627	εμφ	20'	Θ.Σ			3955	328
32	3652	εμφ	20'	Θ.Σ			4061	409
33	3740	εμφ	40'	Θ.Σ			4106	366

Οχημα Πλαίσιο 1

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη	Θέση	Χρ. Κύκλου
29	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	286	2 18 5 7	257
287	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	610	3 8 4 9	323
665	εκφ.φο	απ.ε/κ	Ναι	983	6 1115 5	318
984	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	1269	8 10 7 1	285
1270	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1572	11 141215	302
1928	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	2248	18 7 1 4	320
2249	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2566	21 10 2 6	317
2833	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3117	25 6 5 5	284
2567	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2832	27 7 914	265
3210	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3472	29 101014	262
3686	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	4060	32 14 917	374

Οχημα Πλαίσιο 2

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη	Θέση	Χρ. Κύκλου
262	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	515	4 7 3 9	253
516	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	811	5 14 411	295
812	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	1108	7 10 3 5	296
1109	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1359	9 7 9 5	250
1360	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1555	9 7 9 5	195
1556	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	1840	13 10 711	284
1988	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	2477	19 1017 1	489
2761	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2979	20 91212	218
2478	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	2760	24 111214	282
3085	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	3338	28 7 214	253
3339	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	3690	30 1111 4	351
3750	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	4013	31 1417 8	263

Εξυπηρέτηση 2 Ε/Κ

Οχημα Πλαίσιο 3

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη	Θέση	Χρ. Κύκλου
21	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	271	1 141817	250
958	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	1273	10 9 9 8	315
1446	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1705	12 1420 6	259
1768	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1940	15 14 8 4	172
1941	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2156	16 1413 9	215
2157	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	2453	22 13 414	296
2454	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2701	26 91614	247
3822	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	4164	33 1313 1	342

Οχημα Πλαίσιο 4

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη	Θέση	Χρ. Κύκλου
1616	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	1979	14 11 4 4	363
1980	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2307	17 13 911	327
2308	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	2617	23 11 1 5	309

Μέση τιμή χρόνου Εξυπηρέτησης = 409

Μέση τιμή χρόνου Κύκλου = 281

ΣΗΜ: Το Οχημα Πλαίσιο 4, στο 2620 απεχώρησε από την ομάδα εργασίας.

ΣΕΝΑΡΙΟ 9 28

α/α	Αφιξη	Τυπ.εξ.	20/40	ΘΣ/Δα	20/40	ΘΣ/Δα	Τέλος	Χρ. εξυπηρέτησης
1	0	εμφ	20'	Θ.Σ			280	280
2	118	εμφ	40'	Δσπ			462	344
3	246	εμφ	20'	Δσπ			552	306
4	316	εμφ	40'	Θ.Σ			668	352
5	1010	εμφ	40'	Θ.Σ			1422	412
6	1127	εμφ	40'	Θ.Σ			1423	296
7	1295	εμφ	40'	Θ.Σ			1693	398
8	1304	εμφ	20'	Θ.Σ			1672	368
9	1316	αφ	20'	Θ.Σ			1469	153
10	1609	εμφ	40'	Δσπ			1865	256
11	1632	εμφ	20'	Θ.Σ			1991	359
12	1655	εμφ	20'	Θ.Σ			1872	217
13	1735	εμφ	20'	Θ.Σ			2071	336
14	1939	εμφ	40'	Δσπ			2227	288
15	2304	εμφ	20'	Δσπ			2595	291
16	2309	εμφ	20'	Δσπ			2632	323
17	2484	εμφ	20'	Θ.Σ			2940	456
18	2506	εμφ	40'	Θ.Σ			2886	380
19	2512	εμφ	20'	Θ.Σ			3162	650
20	2522	εμφ	20'	Θ.Σ			3193	671
21	2571	εμφ	20'	Θ.Σ			2887	316
22	2780	εμφ	20'	Θ.Σ			3373	593
23	2785	αφ	20'	Δσπ			3710	925
24	2792	εμφ	20'	Θ.Σ			3474	682
25	2798	εμφ	20'	Θ.Σ			3595	797
26	2817	εμφ	40'	Θ.Σ			3097	280
27	3141	εμφ	20'	Θ.Σ			4105	964
28	3193	εμφ	20'	Θ.Σ			3808	615
29	3341	εμφ	40'	Θ.Σ			3615	274
30	3365	εμφ	40'	Θ.Σ			3691	326
31	3571	εμφ	20'	Δσπ			4078	507
32	3601	εμφ	20'	Δσπ			4266	665

Οχημα Πλαίσιο 1

Εναρξη	Ενέργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη θέση	Χρ. Κύκλου
61	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	279 1 1410 9	218
287	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	551 3 91311	264
1342	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	1671 8 9 8 3	329
1688	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1871 12 1415 2	183
1872	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2070 13 14 6 4	198
2318	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2594 15 6 4 4	276
2595	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	2939 17 101910	344
2940	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3192 20 14 912	252
3193	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3473 24 713 2	280
3808	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	4104 27 7 4 1	296
3474	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	3807 28 101613	333

Οχημα Πλαίσιο 2

Εναρξη	Ενέργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη θέση	Χρ. Κύκλου
1360	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	1628 9 111310	268
1655	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	1990 11 10 612	335
2372	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2631 16 6 6 3	259
2887	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	3161 19 10 812	274
2632	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2886 21 713 1	254
3595	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	3818 23 518 5	223
3162	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3372 22 71213	210
3373	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3594 25 1418 7	221
3819	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	4077 31 9 310	258
4078	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	4265 32 9 1 3	187

Οχημα Πλαίσιο 3

Εναρξη	Ενέργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη θέση	Χρ. Κύκλου
146	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	461 2 131712	315
1020	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1421 5 917 2	401
1422	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1692 7 141715	270
1994	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2226 14 131718	232
2554	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	2885 18 141910	331
3367	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3690 30 13 911	323

Οχημα Πλαίσιο 4

Εναρξη	Ενέργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη θέση	Χρ. Κύκλου
371	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	667 4 141116	296
1153	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1422 6 14 111	269
1612	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1864 10 1317 6	252
2819	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3096 26 131812	277
3386	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	3614 29 141510	228

Μέση τιμή χρόνου Εξυπηρέτησης = 440

Μέση τιμή χρόνου Κύκλου = 271

ΣΕΝΑΡΙΟ 9 29

α/α	Αφιξη	Τυπ.εξ.	20/40	ΘΣ/Δα	20/40	ΘΣ/Δα	Τέλος	Χρ.εξυπηρέτησης
1	0	εμφ	20'	Θ.Σ			376	376
2	238	εμφ	20'	Δαπ			529	291
3	368	εμφ	20'	Θ.Σ			654	286
4	466	εμφ	40'	Θ.Σ			794	328
5	548	εμφ	20'	Θ.Σ			911	363
6	693	εμφ	20'	Θ.Σ			1030	337
7	783	εμφ	20'	Θ.Σ			1112	329
8	976	εμφ	20'	Θ.Σ			1298	322
9	1011	εμφ	20'	Θ.Σ			1293	282
10	1029	εμφ	20'	Θ.Σ			1587	558
11	1195	εμφ	20'	Θ.Σ			1575	380
12	1213	εμφ	20'	Δαπ			2053	840
13	1220	εμφ	20'	Δαπ			2034	814
14	1356	εμφ	20'	Θ.Σ			1799	443
15	1357	εμφ	20'	Δαπ			1773	416
16	1422	αφ	40'	Θ.Σ			1552	130
17	1772	εμφ	20'	Θ.Σ			2272	500
18	1858	εμφ	20'	Θ.Σ			2454	596
19	2338	εμφ	20'	Θ.Σ			2708	370
20	2348	εμφ	20'	Θ.Σ			2702	354
21	2396	εμφ	20'	Θ.Σ			3598	1202
22	2467	εμφ	20'	Θ.Σ			2967	500
23	2477	εμφ	40'	Δαπ			2876	399
24	2609	εμφ	20'	Θ.Σ			2922	313
25	2690	εμφ	20'	Θ.Σ			3141	451
26	2759	εμφ	20'	Θ.Σ			3233	474
27	2833	εμφ	40'	Θ.Σ			3137	304
28	2840	εμφ	20'	Θ.Σ			3925	1085
29	3063	εμφ	20'	Θ.Σ			3447	384
30	3091	εμφ	20'	Θ.Σ			4174	1083
31	3210	εμφ	20'	Θ.Σ			3661	451
32	3244	εμφ	20'	Θ.Σ			3875	631

Οχημα Πλαίσιο 1

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη	θέση	Χρ. Κύκλου
35	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	375	1 9 7 3	340
443	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	653	3 8 610	210
759	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1029	6 9 215	270
1043	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1297	8 14 813	254
1298	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1586	10 9 611	288
1773	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	2052	12 6 6 3	279
1587	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1772	15 10 110	185
2053	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2453	18 141115	400
2454	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2701	20 14 517	247
3233	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3597	21 9 5 6	364
2702	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2966	22 10 211	264
2967	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3232	26 8 1 7	265
3875	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	4173	30 91518	298
3598	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3874	32 10 6 7	276

Οχημα Πλαίσιο 2

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη	θέση	Χρ. Κύκλου
304	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	528	2 1012 7	224
608	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	910	5 14 1 5	302
911	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1111	7 1415 5	200
1112	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1292	9 1412 4	180
1293	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	1574	11 10 8 4	281
1799	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2033	13 610 2	234
1575	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1798	14 7 4 8	223
2034	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2271	17 1410 7	237
2370	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2707	19 7 4 3	337
2708	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2921	24 141611	213
2922	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3140	25 7 7 9	218
3661	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3924	28 14 518	263
3141	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3446	29 142011	305
3447	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3660	31 101012	213

Οχημα Πλαίσιο 3

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη	θέση	Χρ. Κύκλου
489	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	793	4 13 413	304
1466	εκφ.φο	απ.ε/κ	Ναι	1741	16 11 6 1	275
2519	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναι	2875	23 916 4	356

Οχημα Πλαίσιο 4

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη	θέση	Χρ. Κύκλου
2858	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3136	27 1419 3	278

Μέση τιμή χρόνου Εξυπηρέτησης = 487
Μέση τιμή χρόνου Κύκλου = 268

ΣΕΝΑΡΙΟ 9 30

α/α	Αφιξη	Τυπ.εξ.	20/40	ΘΣ/Δα	20/40	ΘΣ/Δα	Τέλος	Χρ.εξυπηρέτησης
1	0	εμφ	40'	Θ.Σ			365	365
2	152	αφ	40'	Θ.Σ			449	297
3	349	εμφ	20'	Δαπ			738	389
4	595	εμφ	40'	Θ.Σ			978	383
5	653	εμφ	40'	Θ.Σ			1091	438
6	871	εμφ	20'	Δαπ	20'	Δαπ	1385	514
7	1299	εμφ	40'	Θ.Σ			1595	296
8	1306	αφ	40'	Θ.Σ			1409	103
9	1338	αφ	20'	Θ.Σ			1527	189
10	1451	εμφ	20'	Θ.Σ			1792	341
11	1458	αφ	20'	Θ.Σ			1824	366
12	1842	εμφ	40'	Θ.Σ			2172	330
13	1848	εμφ	20'	Θ.Σ	20'	Θ.Σ	2569	721
14	1886	εμφ	40'	Θ.Σ			2261	375
15	1946	εμφ	40'	Θ.Σ			2610	664
16	2018	εμφ	20'	Θ.Σ			2580	562
17	2040	εμφ	20'	Δαπ			2281	241
18	2107	εμφ	40'	Θ.Σ			2444	337
19	2235	εμφ	20'	Θ.Σ			2933	698
20	2241	εμφ	20'	Δαπ			2856	615
21	2376	εμφ	20'	Δαπ			3693	1317
22	2468	εμφ	20'	Δαπ			3120	652
23	2528	εμφ	20'	Δαπ			3361	833
24	2624	εμφ	20'	Δαπ			3416	792
25	2644	εμφ	40'	Θ.Σ			2972	328
26	2697	εμφ	20'	Δαπ			3196	499
27	2847	εμφ	20'	Θ.Σ	20'	Θ.Σ	4083	1236

Οχημα Πλαίσιο 1

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη	Θέση	Χρ. Κύκλου
399	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναί	737	3 610 2	338
928	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1384	6 1013 5	546
1498	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1791	10 1410 5	293
1909	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2194	13 9 618	285
2195	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2579	16 14 518	384
2580	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2855	20 1011 5	275
3361	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3692	21 18 2 4	331
2856	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3119	22 91717	263
3120	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3360	23 9 7 9	240
3800	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναί	4082	27 14 6 8	282

Οχημα Πλαίσιο 2

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη	Θέση	Χρ. Κύκλου
1377	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	1680	9 111613	303
1681	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	1985	11 111612	304
2062	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2280	17 1014 3	218
2281	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2568	13 9 618	287
2569	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2932	19 7 3 4	363
3196	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναί	3415	24 1016 4	219
2933	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3195	26 10 6 4	262
3416	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	3799	27 14 6 8	383

Οχημα Πλαίσιο 3

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη	Θέση	Χρ. Κύκλου
69	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	364	1 1311 9	295
641	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναί	977	4 14 810	336
1342	εκφ.φο	απ.ε/κ	Οχι	1565	8 111910	223
1880	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2171	12 14 5 5	291
2172	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναί	2443	18 1314 1	271

Οχημα Πλαίσιο 4

Εναρξη	Ενεργειες	Αναδιατ	Λήξη	Αφιξη	Θέση	Χρ. Κύκλου
230	εκφ.φο	απ.ε/κ	Ναί	630	2 1117 1	400
720	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1090	5 13 117	370
1362	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	1594	7 13 7 1	232
1928	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναί	2260	14 142015	332
2261	πα.ε/κ	φορ.φο	Ναί	2609	15 13 4 9	348
2682	πα.ε/κ	φορ.φο	Οχι	2971	25 13 3 9	289

Μέση τιμή χρόνου Εξυπηρέτησης = 514
Μέση τιμή χρόνου Κύκλου = 296

ΣΗΜ: (1) Το Οχημα Πλαίσιο 4, απεχώρησε από την ομάδα εργασίας στο 2680.
(2) Η 6η άφιξη (2 Ε/Κ) εξυπηρετήθηκε στα δάπεδα στοιβάσεως από ένα Οχημα Πλαίσιο. Αντίθετα οι αφίξεις 13 (2 Ε/Κ) και 27 (2 Ε/Κ) εξυπηρετήθηκαν στην Κύρια Περιοχή με την βοήθεια διαφορετικών Οχημάτων για κάθε Ε/Κ.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ Δ

Σύγκριση των αποτελεσμάτων του προτύπου
με αντίστοιχα αποτελέσματα του προτύπου αναμονής.

Η σύγκριση των αποτελεσμάτων του προτύπου με αντίστοιχα αποτελέσματα του προτύπου αναμονής πραγματοποιήθηκε με δύο τρόπους.

- α. Εκτιμήθηκε η τάση εξέλιξης του μέσου χρόνου παραμονής του φορτηγού στην τερματική εγκατάσταση, σε σχέση με τον αριθμό των αφικνουμένων φορτηγών, για ορισμένα επίπεδα τιμών. Ο τρόπος αυτός αναπτύχθηκε στο ανωτέρω κεφάλαιο. Κατά περίπτωση απαιτήθηκε η εύρεση της μέσης τιμής του χρόνου εξυπηρέτησης, οι μέσοι χρόνοι εισόδου/εξόδου και παράδοσης εντολών καθώς και ο έλεγχος της προσαρμογής της καμπύλης εκτίμησης της τιμής μόνιμου καταστάσεως. Οι επιμέρους αυτοί έλεγχοι/στατιστικές αναλύσεις περιλαμβάνονται στις παραγράφους Δ1α, Δ1β και Δ1γ που ακολουθούν.

- β. Θεωρήθηκε ότι μετά την απόρριψη των πρώτων χιλίων τιμών, τα αποτελέσματα αντιστοιχούν (προσεγγιστικά) στην περιοχή της κατάστασης συνεχούς λειτουργίας του συστήματος. Ο έλεγχος της υπόθεσης, ότι τα αντίστοιχα μεγέθη των προτύπων αναμονής και προσομοίωσης είναι ίσα, περιλαμβάνονται στις παραγράφους Δ2α, Δ2β και Δ2γ που ακολουθούν.

Δ1α. ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΧΡΟΝΟΥ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ

Σενάρια	A	B	Γ	Δ

Αρ στοιχείων	2000	2000	2000	2000
Μέση τιμή	576.965	576.135	574.869	575.702
Διακύμανση	1428.16	1357.51	1431.65	1449.54
Απόκλιση	37.791	36.8444	37.8372	38.0728
Ελάχιστος	493	497	491	493
Μέγιστος	693	712	703	699

Σενάρια	E	Z	H	Θ

Αρ στοιχείων	2000	2000	2000	2000
Μέση τιμή	575.653	575.099	577.175	576.227
Διακύμανση	1314.07	1389.19	1451.52	1340.65
Απόκλιση	36.25	37.2718	38.0988	36.6149
Ελάχιστος	496	492	495	493
Μέγιστος	688	705	704	715

Οι πιο πάνω πίνακες παρουσιάζουν στατιστικά μεγέθη για τον χρόνο κύκλου των μηχανημάτων σύμφωνα με το πρότυπο προσομοίωσης της διατριβής στην συγκεκριμένη εφαρμογή.

Η μέση τιμή του χρόνου κύκλου (για το σύνολο των δειγμάτων) είναι 576 (ακριβέστερα 575.964) και η μέση απόκλιση 36.8

Δ1β. ΜΕΣΟΙ ΧΡΟΝΟΙ ΕΙΣΟΔΟΥ/ΕΞΟΔΟΥ ΚΑΙ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ ΕΝΤΟΛΩΝ

Το πρότυπο προσομοίωσης υπολογίζει τον χρόνο παραμονής του φορτηγού στην τερματική εγκατάσταση, ενώ το πρότυπο αναμονής υπολογίζει τον χρόνο παραμονής του φορτηγού στο υποσύστημα εξυπηρέτησης του Κέντρου Ελέγχου. Για να είναι συνεπώς συγκρίσιμα τα αποτελέσματα, θα πρέπει στα αποτελέσματα του προτύπου αναμονής να προστεθούν και οι μέσοι χρόνοι μετακίνησης του φορτηγού από την Πύλη εισόδου της εγκατάστασης έως το υποσύστημα του Κέντρου Ελέγχου και από εκεί έως την Πύλη εξόδου καθώς και ο μέσος χρόνος παράδοσης των εντολών στο Κέντρο Ελέγχου. Ο συνολικός χρόνος των διαδικασιών αυτών, υπολογίστηκε από σενάριο που περιελάμβανε την λεπτομερή καταγραφή των επιμέρους χρόνων για 800 εξυπηρετήσεις φορτηγών και είναι 219.38.

Κωδικός σεναρίου R2501

Μεταβλητή: R2501TR.inout = (ord2 - ord1) + (exit - ord6)

Μέγεθος δείγματος	800
Μέση τιμή	219.38
Διακύμανση	50.0407
Απόκλιση	7.07394
Μικρότερη τιμή	204
Μεγαλύτερη τιμή	238

Δ1γ. ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΚΑΜΠΥΛΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΤΙΜΗΣ ΜΟΝΙΜΟΥ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΣ

Regression Analysis - Multiplicative model: $Y = aX^b$

Dependent variable: 803, CURVE.line Independent variable: COUNT 9

		Standard	T	Prob.
Parameter	Estimate	Error	Value	Level
Intercept*	6.71415	0.0143294	468.557	.00000
Slope	0.0577286	9.09341E-3	6.3484	.00039

* NOTE: The Intercept is equal to Log a.

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	.013793	1	.013793	40.30216	.00039
Error	.0023956	7	.0003422		
Total (Corr.)	.0161882	8			

Correlation Coefficient = 0.923047

R-squared = 85.20 percent

Std. Error of Est. = 0.0184994

Δ2α. ΤΙΜΕΣ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

- (1) 917.3
- (2) 925
- (3) 872
- (4) 1018.2
- (5) 930.6
- (6) 922.5
- (7) 921.7
- (8) 930.6

Κάθε τιμή αντιπροσωπεύει την μέση τιμή του χρόνου παραμονής φορτηγού στην εγκατάσταση, για ένα σενάριο 2000 αφίξεων φορτηγών. Ο υπολογισμός έγινε με την σχέση:

$$D(L \mid N(0)=0) = \frac{\sum_{i=1}^{2000} d(i)}{2000} \mid N(0)=0$$

όπου: $d(i)$ = χρόνος παραμονής στο σύστημα του φορτηγού i .

$N(t)$ = αριθμός πελατών στο σύστημα, την χρονική στιγμή t .

$D(L \mid N(0)=0)$ = Μέσος χρόνος παραμονής στο σύστημα για L φορτηγά, δεδομένου ότι την χρονική στιγμή 0 δεν υπήρχε φορτηγό στο σύστημα εξυπηρέτησης.

Δ2β. ΕΛΕΓΧΟΣ ΥΠΟΘΕΣΗΣ ΙΣΟΤΗΤΑΣ

Ελεγχος της υπόθεσης, ότι ο μέσος χρόνος αναμονής φορτηγού στην τερματική εγκατάσταση που εκτιμά το πρότυπο προσομοίωσης είναι ίσος με το αντίστοιχο μέγεθος που υπολογίζεται από πρότυπο αναμονής.

One-Sample Analysis Results

		LAGS.LAG1000	
Αριθμός παρατηρήσεων.	8		
Μέση τιμή	929.738		
Διακύμανση	1636.41		
Απόκλιση	40.4525		
Διάστημα εμπιστοσύνης για τον μέσο		95 %	
		895.909 963.566	7 Βαθμοί ελευθ.

Διάστημα εμπιστοσύνης για την διακύμανση 0 %

H0: Μέσος= 932.5	Computed t statistic = -0.193153
Εναλλακτική (όχι ίσος) NE	Sig. Level = 0.852324
at Alpha = 0.05	η H0 δεν απορρίπτεται.

Δ2γ. ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

Sample Size - Normal Means

Απόφαση	H ₀		H _A	
	932.5		839	
Απόρριψη H ₀	|	Σφάλμα τύπου I Alpha = .0500	|	Ορθή απόφαση
Αποδοχή H ₀	|	Ορθή απόφαση	|	Σφάλμα τύπου II Beta = .0000
Assumed sigma = 40.45 Alt. hyp.: NE				

Αριθμός παρατηρήσεων = 8

Περιοχή τιμών εκτός της οποίας η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται = 904.47 960.53

Επάρκεια δείγματος. Αφορά τα 8 ζεύγη των μέσων χρόνων παραμονής φορτηγού για το πρότυπο προσομοίωσης. Συγκρίνονται η υπόθεση της μη διαφορά (H₀) μεταξύ προτύπου προσομοίωσης και προτύπου αναμονής, με την εναλλακτική υπόθεση ότι η διαφορά τους είναι +/- 10% Ο πίνακας αφορά δεδομένη πιθανότητα για το σφάλμα τύπου I (Alpha = 0.05), δεδομένο αριθμό δειγμάτων (= 8) και την εκτίμηση της διακύμανσης του δείγματος (Assumed sigma) και υπολογίζει το σφάλμα τύπου II (Beta) και την περιοχή τιμών εκτός της οποίας η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται (Critical values for rejecting H₀). Επειδή η τιμή του δείγματός μας (932.5) περιλαμβάνεται στην περιοχή { 904.47 έως 960.53 } η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε

Στοιχεία και έλεγχοι παραδοχών.

1. Στοιχεία παραδοχής 4α.

2. Στοιχεία νοητικής εικόνας.

3. Έλεγχος παραδοχών προτύπου.

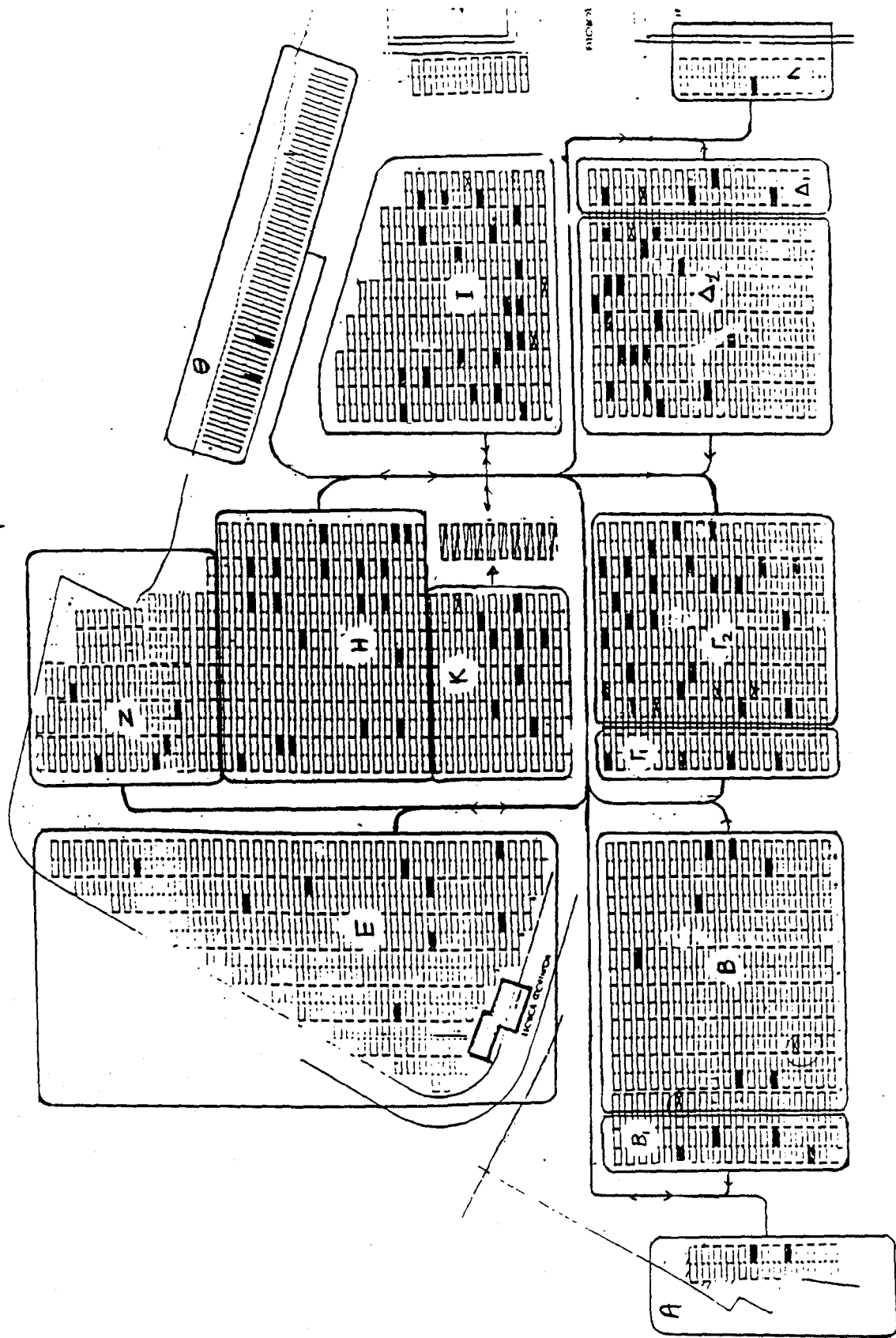
1. Στοιχεία παραδοχής 4α.

Παραδοχή 4α: "Κατά την κίνησή τους στο εσωτερικό οδικό δίκτυο τα Οχήματα Πλαίσια ακολουθούν τη συντομότερη χρονικά διαδρομή".

Ο έλεγχος έγινε με τα στοιχεία που απεικονίζονται στον επόμενο χάρτη. Ο χάρτης αυτός παρουσιάζει τις διαδρομές μεταξύ της Κυρίας Περιοχής Εξυπηρέτησης και δαπέδων εναπόθεσης Ε/Κ, όπως αυτές προβλέπονται από το πρότυπο.

Τα σύμβολα {  } και { Χ } αναφέρονται σε θέσεις αρχής ή πέρατος διαδρομών Οχημάτων Πλαισίων. Το σύμβολο {  } σημαίνει ότι η διαδρομή που ακολούθησε το Οχημα Πλαίσιο στο πραγματικό σύστημα ταυτίζεται με αυτήν που προβλέπει το πρότυπο, ενώ το σύμβολο { Χ } σημαίνει ότι δεν ταυτίζεται.

Σε σύνολο 136 παρατηρήσεων οι 125 (92%) ήταν επιτυχείς. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι "μη επιτυχείς" προβλέψεις εντοπίζονται κυρίως στα όρια των περιοχών Β1-Β2, Γ1-Γ2, Δ1-Δ2 όπου οι ακολουθούμενες διαδρομές είναι διαφορετικές, έχουν όμως παραπλήσιο χρόνο κύκλου.

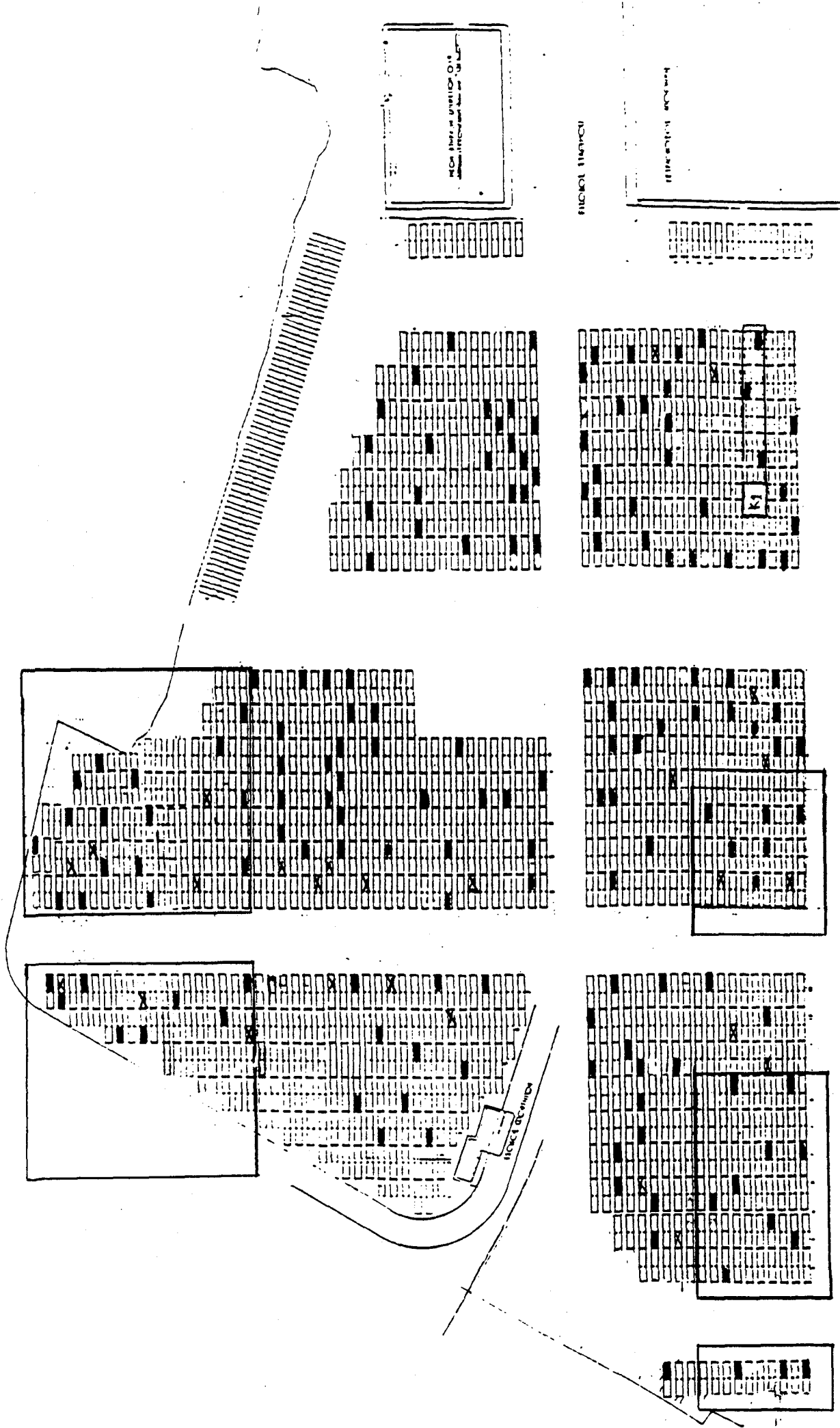


2. Στοιχεία νοητικής εικόνας.

Ο έλεγχος της υπόθεσης έγινε με τα στοιχεία που απεικονίζονται στον επόμενο χάρτη. Ο χάρτης αυτός παρουσιάζει, εντός πλαισίων, τις περιοχές των δαπέδων εναπόθεσης όπου το έμπειρο σύστημα εκτιμά ότι η εξυπηρέτηση του φορτηγού θα γίνει επί τόπου.

Το σύμβολο { **I** } σημαίνει ότι η εξυπηρέτηση στο πραγματικό σύστημα πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με την πρόβλεψη του έμπειρου συστήματος. Αντίθετα το σύμβολο { X } σημαίνει ανεπιτυχή πρόβλεψη.

Σε σύνολο 194 παρατηρήσεων οι 168 ήταν έπιτυχείς. Ο έλεγχος της υπόθεσης ότι η νοητική αυτή εικόνα εκτιμά σωστά τις αποφάσεις που λαμβάνονται στο πραγματικό σύστημα σε ποσοστό 85% περιλαμβάνεται στο τέλος του παραρτήματος αυτού.



XAPTHS X2

3. Ελεγχος παραδοχών προτύπου										
Ελεγχος διαφοράς αναλογίας (τύπου $H_0:P=P_0$ $H_1:P<P_0$)										
	P_0	N	n	p	q	Sp	Z	Za		
	Υπο διερεύνηση ποσοστό	Μέγεθος δείγματος	Αριθμός επιτυχών	Ποσοστό με βάση το δείγμα	1-p	Μέση απόκλιση τετραγώνου	Ανηγμένη μεταβλητή τυποποιημένης κατανομής	Κριτική τιμή για $\alpha=0.05$		
Ελεγχος της υπόθεσης ότι η Νοητική εικόνα εκτιμά σωστά τις αποφάσεις που λαμβάνονται στο πραγματικό σύστημα σε ποσοστό 85% των περιπτώσεων, έναντι της εναλλακτικής υπόθεσης ότι εκτιμά σωστά μικρότερο ποσοστό.	0.85	194	168	0.87	0.13	0.024459001	0.653312916	> -1.645		Η υπόθεση γίνεται δεκτή
Ελεγχος της υπόθεσης ότι η παραδοχή 4δ ισχύει για το 85% των περιπτώσεων, έναντι της εναλλακτικής υπόθεσης ότι ισχύει για μικρότερο ποσοστό.	0.85	100	98	0.98	0.02	0.014	9.285714286	> -1.645		Η υπόθεση γίνεται δεκτή
Ελεγχος της υπόθεσης ότι ο αλγόριθμος αποφυγής κυκλοφοριακών συγκρούσεων εκτιμά σωστά την συμπεριφορά των οδηγών σε ποσοστό 85% των περιπτώσεων, έναντι της εναλλακτικής υπόθεσης ότι εκτιμά μικρότερο ποσοστό.	0.85	42	35	0.83	0.17	0.057505463	-0.289827535	> -1.645		Η υπόθεση γίνεται δεκτή
Ελεγχος της υπόθεσης ότι η παραδοχή 4α ισχύει για το 85% των περιπτώσεων, έναντι της εναλλακτικής υπόθεσης ότι ισχύει για μικρότερο ποσοστό.	0.85	136	125	0.92	0.08	0.023379918	2.956282678	> -1.645		Η υπόθεση γίνεται δεκτή

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ζ

Κωδικοποίηση και προγραμματιστικές τεχνικές.

1. ΔΕΙΓΜΑ ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΔΙΑΚΙΝΗΣΗΣ ΚΑΙ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ.

10, " 6 6 611D 6 5 811D00000000XXXX000000XXXX", -78, 0, 0, 0, -9
 105, "13141821A0000000XXXX00000000XXXX000000XXXX", 0, 0, 0, 0, 0
 216, " 5 9 922D00000000XXXX00000000XXXX000000XXXX", 0, 0, 0, 0, 0
 305, "10191411C0000000XXXX00000000XXXX000000XXXX", 0, 0, 0, 0, 0
 558, "11 2 722C00000000XXXX00000000XXXX000000XXXX", -78, 0, 0, 0, 0
 648, " 7 6 411C00000000XXXX00000000XXXX000000XXXX", 0, 0, 0, 0, 0
 1001, "18 41411C00000000XXXX00000000XXXX000000XXXX", -78, 0, 0, 0, 0
 2000000000, "xxxxxxxx", 0, 0, 0, 0, 0

Κωδικός αριθμός δαπέδου εναπόθεσης
 Σειρά στο δάπεδο
 Θέση στη σειρά
 Κωδικός (1=παραλαβή Ε/Κ 2=παράδοση Ε/Κ)
 Τύπος Ε/Κ και περιοχή εξυπηρέτησης
 Α= Ε/Κ 40' / Μεταφόρτωση στην Κύρια Περιοχή Εξυπηρέτησης
 Β= Ε/Κ 40' / Μεταφόρτωση έξω από τα δάπεδα εναπόθεσης
 C= Ε/Κ 20' / Μεταφόρτωση στην Κύρια Περιοχή Εξυπηρέτησης
 D= Ε/Κ 30' / Μεταφόρτωση έξω από τα δάπεδα εναπόθεσης

Χρόνος
αφίξης

10, " 6 6 611D 6 5 811D00000000XXXX000000XXXX", -78, 0, 0, 0, -9

Χρόνοι
αναδιάταξης
Ε/Κ για την
πρώτη, δεύτερη, τρίτη
και τέταρτη απαίτηση
διακίνησης

Πρόσθετη
καθυστέρηση
κατα την
παράδοση
των
εγγράφων

Κωδικός
Δεν υπάρχουν άλλες απαιτήσεις διακίνησης

Δεύτερη απαίτηση διακίνησης Ε/Κ.

Στις περιπτώσεις που η μεταφόρτωση του Ε/Κ πραγματοποιείται
 έξω από τα δάπεδα εναπόθεσης, ο κωδικός αυτός καθορίζει τον
 σύνδεσμο εισόδου/εξόδου του δαπέδου.

2000000000, "xxxxxxxx", 0, 0, 0, 0, 0

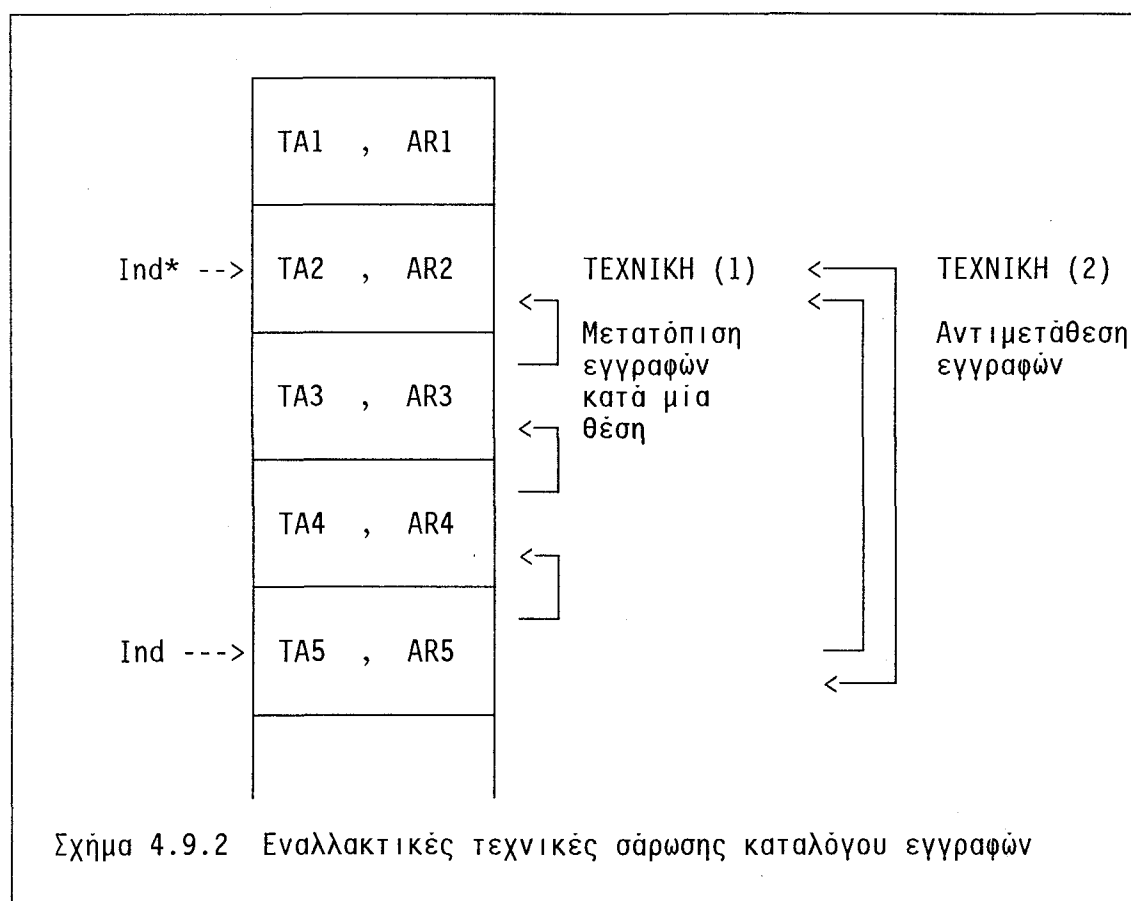
Πλασματική εγγραφή που δηλώνει το τέλος του
 σεναρίου.

2. ΤΕΧΝΙΚΗ ΣΑΡΩΣΗΣ ΚΑΤΑΛΟΓΟΥ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

Οι εντολές που αφορούν τα Οχήματα Πλαίσια καταχωρούνται σε έναν κατάλογο (list) σταθερού μήκους. Κάθε απαίτηση διακίνησης αντιπροσωπεύεται στον κατάλογο από μία γραμμή δεδομένων, που η θέση της στο κατάλογο μπορεί να αναγνωρισθεί από έναν δείκτη (index).

Η τεχνική που χρησιμοποιείται για τη σάρωση, εντοπισμό και μετακίνηση στοιχείων του καταλόγου βασίζεται στην διαγραφή και επαναταξινόμηση των στοιχείων του καταλόγου ώστε να επαναχρησιμοποιηθεί ο χώρος. Ο δείκτης Ind του καταλόγου αρχικά, τίθεται στο μηδέν. Κάθε νέα άφιξη αυξάνει την τιμή του δείκτη κατά μία μονάδα. Οι πληροφορίες της άφιξης αποθηκεύονται στην σειρά του καταλόγου που δείχνει ο δείκτης Ind.

Κάθε φορά που ένα όχημα πλαίσιο δηλώνει ότι είναι διαθέσιμο για εξυπηρέτηση, ο κατάλογος σαρώνεται μία φορά από τη θέση 1 έως τη θέση του δείκτη Ind. Κάθε θέση του καταλόγου που υποδεικνύει ο δείκτης, αξιολογείται με βάση το κριτήριο επιλογής. Στο τέλος της σάρωσης (και εφόσον υπάρχει επιλογή στην θέση Ind*), οι εγγραφές μεταξύ των σειρών Ind και Ind* μετατοπίζονται κατά μία θέση. Κατόπιν η τιμή του δείκτη Ind μειώνεται κατά μία μονάδα, ενέργεια που ισοδυναμεί με τη διαγραφή της εγγραφής στην τελευταία θέση.



Η τεχνική αυτή σε σύγκριση με την εναλλακτική (συνηθέστερη και ταχύτερη) διαδικασία αντιμετάθεσης των πληροφοριών των σειρών Ind και Ind^* , παρουσιάζει το πλεονέκτημα της διατήρησης της σειράς άφιξης των εγγραφών, ιδιότητα που απλοποιεί τη διαδικασία επιλογής και επιπλέον ταυτίζεται και με τη διαδικασία που ακολουθείται στον δειγματικό χώρο του προτύπου.

Καθώς το γεγονός απαιτήσεων διακίνησης που εισέρχονται στο σύστημα ταυτόχρονα (δηλαδή καταγράφονται στον κατάλογο με ίδια τιμή του ωρολογιακού δείκτη) αφ' ενός είναι σπάνιο, αφ' ετέρου δεν έχει κρίσιμη επίδραση στην συμπεριφορά του συστήματος, δεν υπάρχει κανόνας προτεραιότητας σε ταυτόχρονα γεγονότα όπως π.χ. ταυτόχρονες αφίξεις εντολών εξυπηρέτησης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1]. Αμπακούμκιν Κ. "Η μοναδοποίηση των φορτίων και οι συνδυασμένες μεταφορές εμπορευμάτων" Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Φεβρουάριος 1978.
- [2]. Muskin J. "Intermodal Freight Terminal - An Open System" Transportation Research Record 907, 1983.
- [3]. Fraser Dunford "Basis for Simulation Model of Container Terminal" Transportation Engineering Journal, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, August 1972.
- [4]. De Monie G. "Operational problems related to container and barge traffic", Manual on Port Management, Part three, UNCTAD, (53-71), 1976.
- [5]. Couvert Bernard "A Practical Approach to Port Development for Developing Countries", ICHCA Conference "Focus on Greece", Eugenides Foundation, Athens 29-30 May 1980.
- [6]. Scicluna W. "How Can a Small Transit Container Terminal Succeed to Minimize the Cost of Transshipment" Symposium on Unitized Cargo Terminals, Athens 21-23 May 1979.
- [7]. Lacey H. "The interrelationship of terminal design and equipment selection" ICHCA-USA Intermodal Containerization and Marine Terminal Development Conference, New York, October 1980
- [8]. Dally H. "System analysis 1. Study of Deep-Sea Multi-User Berths", Technical Services, National Ports Council, London, (9-32), 1978.
- [9]. Guise R.J. "Simulation of port systems -a basic guide" The Dock and Harbour Authority, June 1982
- [10]. Dally H. "The Effect of Development in Cargo Handling on the Design of Terminal Facilities", XXV Congress Inland & Maritime Waterways & Ports, Edinburgh 1981
- [11]. Ρογκάν Α. "Προσαρμογή των συμβατικών λιμένων στην τεχνολογία των εμπορευματοκιβωτίων. Δυνατότητες -Περιορισμοί" Συμπόσιο Οργάνωσης Τερματικών Εγκαταστάσεων Μοναδοποιημένων Φορτίων, Αθήνα, 21-23 Μαΐου 1979.
- [12]. Staley A. Richard, "Land use constraints in locating intermodal terminals" Transportation Research Record 907, 1983.
- [13]. Heyer E., Schmidt W. and Kuhlbrodt H. "Exchange of planning and design technologies with the developing countries, and its effects on the improvements of the seaports" XXV Congress Inland & Maritime Waterways & Ports, (727-741), Edinburgh 1981.
- [14]. Rebel M.J. and Meeuse C.G., "Recent developments in cargo handling systems and equipment with particular reference to the design and layout of terminal facilities" XXV Congress Inland & Maritime Waterways & Ports, (475-492), Edinburgh 1981.

- [15]. Κλαδάς Γ., "Προβλήματα που εμφανίζονται σε ένα εξελισσόμενο κεντρικό λιμάνι containers. Ενημέρωση για απαιτήσεις και σχέδια αντιμετώπισών των." Συμπόσιο Οργάνωσης Τερματικών Εγκαταστάσεων Μοναδοποιημένων Φορτίων, Αθήνα, 21-23 Μαΐου 1979.
- [16]. Frankel G. Ernst, "Port or shipping project appraisal under risk" Maritime Policy and Management, vol 16, no3, (213-211), 1989.
- [17]. Leback G. Warren, "Ship operator's problems in today's environment" Marine Technology, Vol 27, No 1, (20-22), Jan 1990.
- [18]. Clive Woodbridge "N.Y. Terminal operators stacking up" Cargo Systems, (22-23), June 1984.
- [19]. Takeuchi Y., "A proposition on port development planning the role of ports in regional development" XXV Congress Inland & Maritime Waterways & Ports, Edinburgh 1981.
- [20]. Clive Woodbridge "The vessel operators' headache and two terminal solutions" Cargo Systems, (50-55), June 1983.
- [21]. Frankel G. Ernst, "Strategic planning applied to shipping and ports" Maritime Policy and Management, vol 16, no2, (123-132), 1989.
- [22]. Mundy Mike "Indian intermodal policy limiting box benefits?" Cargo Systems, (32-41), May 1981.
- [23]. Clive Woodbridge "Brazil's crisis freezes intermodal plans" Cargo Systems, (12-15), August 1983.
- [24]. Cowan Jeremy "China - the doors open on containerisation" Cargo Systems, (42-50), November 1985.
- [25]. Cowan Jeremy "Ports and railways in political battle" Cargo Systems, (58-61), August 1986.
- [26]. Ρογκάν Αδελκης, "Λιμενικά συστήματα" Διαλέξεις-συζητήσεις Τ.Ε.Ε, Αθήνα 19 Μαρτίου 1980.
- [27]. Σταθόπουλος Α. "Εμμεσοι παράγοντες κόστους" Ημερίδα: Τα προβλήματα και οι δυνατότητες του Λιμένος του Πειραιώς, Εμπορικό και Βιομηχανικό Επιμελητήριο Πειραιώς, 23 Ιανουαρίου 1980.
- [28]. Port Development International "Hub Med", PDI Transhipment Supplement July/Aug, (13-15), 1985.
- [29]. Champion Vincent "Artificial answers" Cargo Systems, October 1989.
- [30]. Booth Garry "A time to co-operate" Cargo Systems, (30-33), August 1983.
- [31]. Larin, Romanovsky, Gagarsky and Kaplinsky "Improving the efficiency and throughput of facilities for general cargo, containers and ro/ro operation and handling of timber" XXV Congress Inland & Maritime Waterways & Ports, (547-556), Edinburgh 1981.

- [32]. Lacey H. "Management and operation of a container terminal" Symposium on Unitized Cargo Terminals, Athens 21-23 May 1979.
- [33]. Algar George "Practical problems with a new computer system" The Dock and Harbour Authority, (263-265), December 1982.
- [34]. Dally H. "Container Terminals - Systems, Choice Related to Throughput and Operational Requirements" Symposium on Unitized Cargo Terminals, Athens 21st to 23rd May, 1979.
- [35]. Research Report "Cargo Unitization: Selected aspects of pallets, barges, containers and van trailers in Intermodal Transport" Canadian Transport Com. No 20-79-05, 1978.
- [36]. Russel R. "Computer control of container terminals: Limitations and potential" CS Publications Ltd, UK, 1978.
- [37]. Constantinides Michael, "Sizing up investment alternatives" Cargo Systems, (68-71), March 1985.
- [38]. Al-Kazily J. "Modeling containerized shipping for developing countries" Transp Res. A, vol 16A, no 4, (271-283), 1982.
- [39]. Chappell David "Mathematical aspects of container route diversions" Symposium on Unitized Cargo Terminals, Athens 21-23 May 1979.
- [40]. Γκόλιας Γιάννης, "Δυνατότητες για την επιτυχή ανάπτυξη ενός διεθνούς τερματικού σταθμού μεταφόρτωσης εμπορευματοκιβωτίων στην Ελλάδα" Έκθεση για το Υπουργείο Εθνικής Οικονομίας, Μάρτιος 1984.
- [41]. Boffey, Edmond, Hinxman and Pursglove "Two approaches to scheduling container ships with an application to the North Atlantic Route" J. Opl Res. Soc. Vol 30, 5 (413-425), 1979.
- [42]. Al-Kazily J. "Productivity at marine-land container terminals" Transportation Research Record 907, (57-61), 1983.
- [43]. Αμπακουμκιν Κ. "Μια γενική μέθοδος εκλογής θέσεως λιμένων εμπορευματοκιβωτίων σε εθνική κλίμακα υπό θεώρηση συστήματος" Symposium on Unitized Cargo Terminals, Athens 21-23 May 1979.
- [44]. Zografos K. and Martinez W. "Improving the performance of a port system thought service demand reallocation" Transpn. Res.B, Vol 24b, No 2, (79-97), 1990.
- [45]. Bodrovitch Dov, "Decentralised planning and competition in a national multi-port system." Journal of Transport Economics and Policy, (31-42), Jan 1982.
- [46]. Van Es J. "Freight transport models as a tool for management" XXV Congress Inland & Maritime Waterways & Ports, Edinburgh, (586-592), 1981.
- [47]. Yoshimi Nagao and Michihiko Noritake, "Intercontinental transportation and the marine container system" World Conference on Transport Research - Transport decisions in an age of Uncertainty Rotterdam 1977.

- [48]. Hans Carl "Data processing: the ultimate tool" Containerization International, (78-81), December 1982.
- [49]. Ronen David "Cargo ships routing and scheduling: survey of models and problems" European Journal of Operational Research Vol 12, no2, (119-126), Feb 1983.
- [50]. Yagar Sam and Tobin Roger "Simple algorithms for minimizing the sum of linear shipment costs and convex port costs" Transp.Res B, vol 16b, no 6, (421-434), 1982.
- [51]. Krishan Rana and Vickson R.G., "Routing container ships using lagrangean relaxation and decomposition rana krishan" Transportation Science vol 25, no 3, (201-214), Aug 1991.
- [52]. Daughety F.A., "Freight transport demand revisited: a microeconomic view of multimodal, multicharacteristic service uncertainty and the demand for freight transport" Transn Res vol 13B, (281-288), Sept 1982.
- [53]. Jansson J. and Shneerson D. "The optimal ship size" Journal of Transport Economics and Policy, (217-238), 1979.
- [54]. Smith A. "The economics of supply" Progress in Cargo Handling Research Vol 4, (225-238), 1964.
- [55]. Bronzini S. Michael and Stammer E., "Mathematical model of inland waterway port operation" Transportation Research Record 880, (16-21), 1982.
- [56]. Prydz Axel Per, "Approach to the design of total transportation systems" ICHCA Nordic Conference, Oslo, 21-22 September, 1978.
- [57]. Armstrong Armour, "Estimating terminal cargo throughput" ICHCA-USA Intermodal Containerization and Marine Terminal Development Conference, (196-200), New York, October 1980.
- [58]. Goss R. "Studies in maritime economics" Cambridge University Press, 1967."
- [59]. Erichsen Stian, "Optimizing containerships and their terminals" The Society of naval architects and marine engineers proceedings, spring meeting, Williamsburg, Virginia, (479-491), May 1972.
- [60]. Wood W. Thomas, "The economics of mixed cargo and cruise ship traffic in a port" Journal of Transport Economics and Policy, (43-53), Jan 1982.
- [61]. Schonfeld P.and Frank S. "Optimizing the use of a containership berth" Transportation Research Record 984, (56-62), 1984.
- [62]. Chapman R. and Jackson R.R.P, "Operational research studies of port operation" Progress in Cargo Handling Research Vol 4, (143-166), 1964.
- [63]. Novaes A. and Frankel E, "A queuing model for unitized cargo generation" Journal of the Waterways Harbours and Coastal Engineering Division, (100-132), 1965.
- [64]. Plumlee Carl "Optimum size seaport" Journal of the Waterways Harbours and Coastal Engineering Division, WW3, (1-24), Aug 1966.

- [65]. Nicolaou Stavros "Berth planning by evaluation of congestion and cost" Journal of the Waterways Harbours and Coastal Engineering Division, WW4, (108-131) Nov 1976.
- [66]. Drew Donaid (et all) "Capacity - feedback relationship for port of Bangkok" Journal of the Waterways Harbours and Coastal Engineering Division, WW3, (393-415), Aug 1972.
- [67]. Wanhill Stephen "Further analysis of optimum size seaport" Journal of the Waterways Harbours and Coastal Engineering Division, (377-383), Nov 1974.
- [68]. Nilsen O. Kenneth and Abdus-Samad Usamah, "Simulation and queuing theory in port planning" PORTS 77, ASCE Symposium, (196-211), 1977.
- [69]. Edmond E. and Maggs R. "How Useful are Queue Models in Port Investment Decisions for Container Berths?", J.Opl.Res.Soc Vol.29, 8, (741-750), 1978.
- [70]. Miller Alan. "Queuing at single-berth shipping terminal" Journal of the waterways harbours and coastal engineering division, WW1, (43-62), Febr 1971.
- [71]. Daganzo F. Carlos, "The productivity of multipurpose seaport terminals" Transportation Science vol 42, no 3, (205-216), August 1990.
- [72]. Grundey K. and Jessop A., "Service scheduling and port investment" The Dock and Harbour Authority, (94-96), June 1982.
- [73]. Soros Paul and Zador T. Andrew, "Port planning by computer simulation" PORTS 77, ASCE Symposium, (530-549), 1977.
- [74]. Meeuse G. "Transport decisions in an age of uncertainty. Trends in port research" XXV Congress Inland & Maritime Waterways & Ports, Edinburgh, (65-77), 1981.
- [75]. Krupp Industrietechnik "Simulation, Umschlagterminal Krupp Industrietechnik - Systemtechnik", Krupp Industrietechnik GmbH/Sparte Systemtechnik, Duisburg.
- [76]. "Dosimis-3/ Version 4.5", SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH.
- [77]. Dornier "Simulation Dienstleistungen und interaktive Planungsinstrumente für komplexe Materialflub- und Fertigungssysteme", Dornier Deutsche Aerospace, Friedrichshafen.
- [78]. Serete productique, "WITNESS/ Le premier logiciel de simulation de systemes industriels reellement interactif et visuel", Serete productique Paris Cedex 13, 1991.
- [79]. Ryder S.C and Chappell D. "Optimal Speed and Ship Size for the Linear Trades", University of Liverpool, Marine Transport Centre, (4-14), 1979.
- [80]. Σταθόπουλος Α. "Εκτροπή της κινήσεως Ε/Κ σε μικρότερες τερματικές εγκαταστάσεις. Μέθοδοι διερευνήσεως του δυναμικού των μικρών λιμένων", Συμπόσιο Οργάνωσης Τερματικών Εγκαταστάσεων Μοναδοποιημένων Φορτίων, Αθήνα, 21-23 Μαΐου 1979.
- [81]. Soh. Tabernacle, "Computer Simulation Modelling of a Container Terminal" Maritime Transport Conference 1980, Cardif July 1980.

- [82]. Jalal Aspayeri and Ludo Gelders, "Simulating a terminal's crane requirements", Cargo Systems, (45-47), May 1984.
- [83]. Daganzo F. Carlos, "Crane productivity and ship delay in ports" Transportation Research Record 1251, (1-9), 1989.
- [84]. Αμπακούμκιν Κ, Σταθόπουλος Α, Ψαράκη Β, Στεργίου Β. "Προσπάθεια βελτιστοποίησης της λειτουργίας μιάς λιμενικής τερματικής εγκατάστασης Ε/Κ", Διεθνές Συμπόσιο Συνδυασμένων Μεταφορών, TEE-COPISEE, Αθήνα, 1978.
- [85]. Ernst Frankel and Chang Tang "Port capacity determination and planning" PORTS 80, 1980
- [86]. Vieira L. and Camino F. "Port operations: some new considerations for modelling and simulation" Modelling Simulation and Control C, AMSE Press, vol 1, no 2, (29-38), 1984.
- [87]. Frankel E. G. "Container systems selection", CS Publications Ltd, UK, 1980.
- [88]. Upward Systems/ Software engineers "MUST modeling and simulation tool" Boutenslaan 40, 2283 GT Rijswijk Zh, Holland
- [89]. "Maximizing berth utilization" National Development, June/July, (89-98), 1981.
- [90]. Williamson E. and Daunt M, "Improving port performance in developing countries -A case study", European Journal of Operational Research 15, (169-177), 1984.
- [91]. Arnold G, "System Analysis-2: Enhancement of the Physical/ computer Model", Containers-Their Handling and Transport, National Ports Council, London, (33-45), 1977.
- [92]. Maguire F, "Operational Behaviour and Performance", Containers- Their Handling and Transport, National Ports Council, London, (137-163), 1977.
- [93]. De Monie G. "The Transfer System", Manual on Port Management, Part three, United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD), 1976.
- [94]. Williamson E, "Berth throughput, berth occupancy and ship turn- round time". Manual on Port Management, Part three, United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD), 1976.
- [95]. Frankel E. and Liu D. "A method for the determination of container terminal size and facilities" Cargo Systems, November, (70-79), 1979.
- [96]. Baker H. "LASH - An all purpose intermodal Carrier" ICHCA-USA Intermodal Containerization and Marine Terminal Development Conference, New York, (144-149), October 1980.
- [97]. Hee K. and Wijbrands R. "Decision support system for container terminal planning", European Journal of Operations Research 34, (262-272), 1988.
- [98]. Technical Bulletin "Terminal Systems", Reference number J8/1", PACECO.

- [99]. Rijsenbri C and Ham Th, "Enter a new generation planning tool", Cargo Systems, (50-61), May 1983.
- [100]. Wong P.J and Grent A.R. and Curley R.G. "TANDEM: Marine and Rail Container Terminal Simulation Model", Transportation Research Record 907, (27-31), 1983.
- [101]. Port development International "Gothenburg into the '90", 1986.
- [102]. Dally H. "Container Berth System Study" The Dock and Harbour Authority, April, (486-490), 1978.
- [103]. Beemen O. and Vallicelli G. "Specifications for Container Facilities by simulation", Volume I Symposium on Modeling Techniques, (23-43), 1975.
- [104]. Mytton M. and Walker N. "Computer models in planning container terminals", The Dock and Harbour Authority, April, (483-485), 1978.
- [105]. Pendel, Palmer and Tritton Consulting and Designing Engineers, "The Computer Simulation of Container Operations", London.
- [106]. R.Th. van der Ham "Simulation of container terminals" Europe Container Terminus Confidential Report, January 1981.
- [107]. Europe Container Terminus, "Computer Simulation: A tool for Port Development", Rotterdam.
- [108]. Dally H, Shrimpton E, Marshall J and Maquire F. "Terminal Capacity", Containers - Their Handling and Transport, National Ports Council, London, 1978.
- [109]. Zammit T. "TOM A Computer Model of Vehicle Service at Common User Container Terminals". Freight Division Transport Operations Department Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, Berkshire, 1978.
- [110]. Beiley A. and Prudhoe J. "Vehicle Booking at Common user Deep sea Container Terminals" Transport and Road Laboratory Crowthorne, Berkshire, 1979
- [111]. Alex von Stempel. "Terminal wonder-land with SCUSY" Cargo Systems May 1991.
- [112]. "Simulation -you can take the real thing", Port Development Int'l., October, (20-25), 1988.
- [113]. Champion V, "Future that may be", Cargo Systems, February, (66-57), 1990.
- [114]. Osborne A. "On-screen layout", Port Development Int'l., April, (62-63) 1990.
- [115]. Marine Terminal Computer Systems "General Description NTCS and Their Computer System", 1985.
- [116]. David R. and Lalwani C. "Some applications of computer simulation modelling in a port system" Paper presented at University of Liverpool on 2 July 1979.
- [117]. Port Development Int'l. "Visual progress", Jan/Febr, (62-63), 1988.

- [118]. Champion V, "Controversial crane ideas", Cargo Systems, April, (63-65) 1987.
- [119]. "Honing the leading edge" Cargo Systems, June, (28-29), 1986.
- [120]. Kunzmann M. "Conveying a message for the future" Cargo Systems, September, (46-49), 1985.
- [121]. Zandor a. "Computer Simulation for Port Design" Bulk Solids Handling, Vol 4/1, March, (23-27), 1984.
- [122]. Calton A.(et all) "PISCES. A Planning and Information System for Coal Exports" Bulk Solids Handling, Vol 9/4, October, (387-390), 1989.
- [123]. Smith D. "Incorporation of Operational Decision Making in Intermodal Terminal Simulation Models" Transportation Research Record 907, (37-41), 1983.
- [124]. Golden D. and Wood C. "TOFC Terminal Simulation Model" Transportation Research Record 907, (42-45), 1983.
- [125]. Boese P. "Applications of Computer Model Techniques for Rail- road Intermodal Terminal Configuration, Equipment, and Operational Planning" Transportation Research Record 907, (45-52) ,1983.
- [126]. Rijsenbrij J. and Prins G. "Brave New World" Cargo Systems, October, (46-51), 1985.
- [127]. Frankel, E. G. "Port planning and development / Ch 6. Models and Analytical techniques for port development" Wiley-Interscience publications, U.S.A, 1986.
- [128]. Koumoutsos N and Konstas A. "The design of a terminal for dangerous goods", Trans. Plan. and Tech, vol 8, (53-60), 1983.
- [129]. Dube L. "Simulation of railway piggyback terminals" Transportation Research Record 907, (31-36), 1983.
- [130]. Hee K, Huitink B. and Leegwater D. "PORTPLAN, decision support system for port terminals" European Journal of Operational Research 34, (249-261), 1988.
- [131]. V. Champion, "Selection process", Cargo Systems, March, (35-37), 1991.
- [132]. Helmut Hemesath, "Container Handling mit Flurförderzeugen im Jahr 2000", HANSA - Schifffahrt - Schiffbau - Hafen - 128.Jahrgang, Nr 13/14, (772-776), 1991.
- [133]. Hadar Matmon, "On line Container Control System for Israeli Ports", Israel Port Authority, 1980.
- [134]. "Computer Analytical Study of Port Rosters", Brisbane, Australia, 9th September, 1980.
- [135]. Wormmeester G.J and Rijsenbrij J.C "The future for the Container Terminals", Terminal Operations Conference, Amsterdam, June 21/23, 1978.
- [136]. Banks J "You're the TOPS", Cargo Systems, (81-81), January 1991.

- [137]. Banks J "Hands off handling", Cargo Systems, (53-55), June 1991.
- [138]. Ανώνυμο "Total container terminal control" Port Development International October 1985
- [139]. Ανώνυμο "Ship-planning in the computer age" Cargo Systems, (27-29), March 1985.
- [140]. Hatritheodorou C. "Gate Requirements for Intermodal Facilities "Transportation Research 907, (52-57), 1983.
- [141]. Daganzo Carlos "The crane scheduling problem" Transp Res B, vol 23B, no3, (159-175), 1985.
- [142]. Noe P. and Veldhuyzen W. "The use of simulation techniques as a tool for vessel traffic management" WEMT 2-6 June 1980.
- [143]. Shields J. "Containership Stowage: A Computer-Aided Preplanning System" Marine Technology October, (370-383), 1984.
- [144]. Kleijnen, Burg and Ham "Generalization of simulation results" European Journal of Operational Research 3, (50-64), 1979.
- [145]. Rathi Ajay and Zoltan Nemeth "An application of variance reduction techniques in freeway simulation" Transpn Res 19B, no3, (209-216), 1985.
- [146]. Κεβόρκ Κ. "Στατιστική τόμος III, τεύχος Β", ΑΣΟΕΕ 1971.
- [147]. Freund J. and Williams F. "Elementary Business Statistics" Prentice Hall, second edition 1972.
- [148]. Στεργίου Β. "Χρήση στατιστικών μεθόδων στις Μεταφορές και την Κυκλοφοριακή Τεχνική", Ε.Μ.Πολυτεχνείο, Αθήνα 1987.
- [149]. Junichi Imakita "A technoeconomic analysis of the port system" Saxon House, 1978.
- [150]. Hamdy A.Taha "Operations Research. An Introduction", third edition, Macmillan publishing Co, Inc., New York, (695-717), 1982.
- [151]. Shannon, Robert E. System simulation :the art and science , Prentice-Hall Inc, Englewood Cliffs N.J, (183-186), 1975.
- [152]. Law A. M and Kelton W. D, "Simulation Modelling and Analysis", McGraw-Hill Book Company, 1982.
- [153]. Καρκαζής Ι. "Ανάλυση και Προσομοίωση Συστημάτων", Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Χίος 1987.
- [154]. Παπαδόπουλος Γ. "Προσομοίωση" Σημειώσεις Ε.Μ.Π Μαιος 82.
- [155]. Ξηρόκωστας Δ. "Εφαρμοσμένη θεωρία Αναμονής", Ε.Μ. Πολυτεχνείο, Αθήνα 1978 και 1990

- [156]. Hillier F. and Lieberman G. "Εισαγωγή στην επιχειρησιακή έρευνα, τόμος Α, τεύχος Γ, 1985.
- [157]. Wanhil C. "Queuing theory for port planners: A survey", Research paper Reg16, Economic Research Papers, University College of North Wales.
- [158]. Aserschou H. "Elements of port project analysis carried out with computer programs" The Dock and Harbour Authority, (291-293), April 1982
- [159]. CAD/CAM & Graphics "Γλωσσάρι/Graphics" Τεύχος 1, (110-114), Ιαν 1992.
- [160]. Forrester, J.W. "Industrial Dynamics" Massachusetts Institute of Technology Press, Cambridge, Mass, 1961.
- [161]. Ronald M. Baecker and Thomas R. Horsley "Computer-animated simulation models: A tool for transport planning", TRB Transportation Research Record 507, (33-44), 1975.
- [162]. Earl R Ruiter and Joseph M Sussman, "Interactive computer graphics in transportation" Transportation Research Record 455, (11-22), 1973.
- [163]. Abacoumkin C. and A Ballis "Simulation modeling of container terminals" Conference of the Association for the Advancement of Modelling and Simulation Techniques in Enterprises (AMSE), Athens, June 27-29, 1984.
- [164]. Doukas Y and Papoulias D "Visual Interactive Simulation (V.I.S) A decision making tool for traffic systems" Conference of the Association for the Advancement of Modelling and Simulation Techniques in Enterprises (AMSE), Athens, June 27-29, 1984.
- [165]. E. Hauer, R.M Baecker and P.O Bunt, "Computer animated simulation of taxi-dispatching strategies" Transportation Research Record 657, (14-19), 1977.
- [166]. Shih - Miao Chin, "Interactive - Graphics User Interface for Traffic Simulation Models", TRB Special Report 194, (103-111), 1982.
- [167]. Alan B. Pritsker and C.D. Pegden, "Introduction to Simulation and SLAM", Halsted Press, New York, (1-11), 1979.
- [168]. E.S. Joline, "Computer - Generated Films to Document and Demonstrate Transport Simulation Models" Transportation Research Record 619, (34-37), 1976.
- [169]. O'Keefe R and Roach J "Artificial Intelligence Approaches to Simulation" J. Opl. Soc. Vol 38, No 8, (713-722), 1987.
- [170]. Emshoff, J.R and R.L Sisson, Design and Use of Computer Simulation Models, The Mac Millan Company, New York,(1-9 and 57-59), 1970.
- [171]. Schneider J.B and D. Porter, Assessing the Utility of an Interactive Graphic Computing System: A Transportation Systems, Design Problem, Transportation Research Record 491, (69 -79), 1974.

- [172]. Sackman H. and Citrenbaum R.L "Online planning: Towards Creative Problem - Solving" Prentice - Hall, 1972.
- [172]. Landry M. J.L Malouin and M. Oral, Model Validation in Operations Research, European Journal of Operational Research 14, (207-220), 1983.
- [173]. Adougabal M. S, Y.A El - Hakim and A.M Hafer "DEISL A Novel Discrete Event Interactive Simulation Language" Department of Computer Sciences, University of Alexandria, Egypt 1983.
- [174]. G. Hogg, "Simulation Languages, " International AMSE Conference, Bermuda, Mar, (1-3), 1983.
- [175]. Churchman, C., "Managerial Acceptance of Scientific Recommendations." California Management Review, Vol. 7, No.1, Fall, (31-38), 1964.
- [176]. Huffman M and Walker J "Rapid transit system simulation with interactive graphics display" Transp. Plan. and Tech. Vol 1, (205-217), 1973.
- [177]. Spring G. "Validating expert system prototypes using the Turing test", Transp. Res Vol 1, No 4, (293-301), 1993.
- [178]. Cargo Systems "Pictures in Mosaic", (78-79), May 1991.
- [179]. Yedlin M and Goldblatt R. "3 Dimentional Animation of simulated traffic operations" Traffic Technology International, (112-114), 1994.
- [180]. Curtis J. "Supermodels" Port Development International, (44-46), October 1993.
- [181]. The Naval Architect "A manoeuvring simulator to aid new Lloyd's notation" , April, (137-139), 1986.
- [182]. Mikelis Nicos, "A procedure for the prediction of Ship Manoeuvring Response for Initial Design" Computer Applications in the Automation of Shipyard Operation and ship design V, Elsevier Science Publishers B.V North-Holland, 1985.
- [183]. Finlay P. and Wilson J. "Orders of Validation in Mathematical Modelling" Journal Operational Research Society vol 41, no 2, (103-109), 1990.
- [184]. Nathan Gartner "Optimization Versus Simulation" TRB Special Report 194, (76-78), 1982.
- [185]. Bell Petter "Visual interactive modelling in Operational Research: Successes and Opportunities" Journal Operational Research Society vol36, no 11, (975-982), 1985.
- [186]. Bell Peter "Stochastic Visual Interactive Simulation Models" Journal Operational Research Society vol40, no 7, (615-624), 1989.
- [187]. Mathewson S. "Simulation Program Generators: Code and Animation on a P.C." Journal Operational Research Society vol 36, no 7, (583-589), 1985.
- [188]. Jakobsen B, Miller E, and Daggett L. "Application of Ship- Handling Simulations in the Evaluation of Channels for Two-Way Traffic" TRR 1263, (50-62), 1990.

- [189]. Port Development International "Another view from the bridge", (65-66), June 1988.
- [190]. A. G. Blonk, "Speech for the opening of the Maritime Workshop for Waterborne Transport" Brussels, Borschette Centre, October 18, Commission of the European Communities DG VII-A/4, 1993.
- [191]. NEA Transport Research and Training, "European Combined Transport Terminals: Classification, numbers and developments" Final Report on Subtask 4.1, SIMET project documentation, October 1993.
- [192]. The Herri Kummerman Foundation, "Ships and Shipping of Tomorrow", Mac Gregor Publications Ltd, 1983.
- [193]. Port Development International, "A giant step for container handling", (22-25), March 1989.
- [194]. Thomas R. "Delta II: Up and running" Cargoware International, (45-47), March 1993.
- [195]. Champion V. "Fast and futuristic terminal" Cargo Systems International, (83-84), December 1986.
- [196]. Castilho B. and Dagango C. "Handling strategies for import containers at marine terminals", Transp. Res B, Vol 27B, No2, (151-166), 1993.
- [197]. Taleb-Imbrahimi M, Castilho B. and Dagantzo C. "Storage Vs handling work in container terminals" Tranp. Res Vol 27B, No 1, (13-32), 1993.
- [198]. Phillips F. "And still they come", Containerisation International, (37-41), January 1984.
- [199]. Cargoware International 1992 "World Container Census" Special Report, December 1992
- [200]. Woodbridge Clive "Strengthening the communications link", Cargo Systems October, (52-57), 1982.
- [201]. Kozan E. "Analysis of the economic effects of alternative investment decisions for seaport systems", Transportation Planning and Technology Vol 18, (239-248), 1994.
- [202]. "Computer-assisted container control system on trial at UCT, Terminal Operations" Cargo Systems, (71-73), April 1981.
- [203]. Osborn A. "How Hi-tech?" Port Development International, (27-28), December 1990.
- [204]. Mundy M. "Straddle carrier development gains momentum" Cargo Systems, (29-35), July 1980.
- [205]. Mahoney John, "Intermodal Freight Transportation" ENO Foundation for Transportation, INC. Connecticut, 1985.
- [206]. Smith A. "The evolution of the straddle carrier" Containerization International, (83-89), Dec 1982.
- [207]. Booth G. "The changing face of landside handling", Cargo Systems, (44-45), Aug 1983.

- [208]. Hicks Patrick "Ports' experience justifies straddle carrier investment" Cargo Systems, (17-19), March 1982.
- [209]. Containerization International "Straddle carrier still holds sway, but yard crane count is catching up", (6-15), Sep 1985.
- [210]. McFarland W. "Richond's unique crane system", American Seaport, (10-11), October 1980.
- [211]. Geisler R. and Trautnitz W. "Automation of a Container Terminal Using Process Computers", Siemens Review Vol XLIV-No8, (7-10), August 1977.
- [212]. Munford C. "MSS tests enter second phase", Cargo Systems, (33-35), May 1989.
- [213]. O'Byrne Leo "Rubber-tyred gantries return to favour", (53-57), Cargo Systems Dec 1980.
- [214]. Banks John "A long way to travel" Cargo Systems, (29-33), March 1991.
- [215]. Compton M. "Improvements all round in straddle carrier safety" Cargo Systems, (50-55), October 1986.
- [216]. Champion V. "Maintaining the straddle image" Cargo Systems, (28-31), Jan 1987.
- [217]. Van Stempel A. "Keeping straddles in the running" Cargo Systems, (63-64), Feb 1990.
- [218]. Brandy O. "Strads - 95 % availability soon" Port Development International, (56-57), Dec 1989 /Jan 1990.
- [219]. Champion V. "Mix and match?" Cargo Systems, (59-61), Feb 1990.
- [220]. O'Mahony H. "Probing plans and prices" Cargoware International, (38-43), April 1994.
- [221]. Foxcroft A. "Gantry vs Straddle Carrier: The big crane battle", Cargoware International, (42-49), December 1993.
- [222]. O'Mahony H. "FEL straddles the US" Cargoware International, (64-65), Dec 1993.
- [223]. Cargo Systems "Holding sway", (41-43), Oct 1985.
- [224]. Dawes B., "Limited User Container Terminals" Containers - Their Handling and Transport, National Ports Council, London, (263-282), 1977.
- [225]. Susumu Terayama, Toshiyuki Sakai and Nobuo Ariga "Automation and computer application in container terminals" PORTECH 82, Singapore, June 22-26, 1982.
- [226]. Gianoquinto P. "Trends in Containerization their effects on terminal design" ICHCA-USA Intermodal Containerization and Marine Terminal Development Conference, New York, (202-208), October 1980.
- [227]. Nabeshima, Kiryu and Arakaki "Hitachi Automated Container Terminal System", Hitachi Review vol 27, (295-300), 1978.

- [228]. Brown G. "Port Organisation & Operations - A Way Ahead", ICHCA Conference "Focus on Greece", Eugenides Foundation, Athens, 29-30 May 1980.
- [229]. Vissers Rob "ECT: In recordtempo van dwerg tot reus" Schip en Werf de Zee' 7-92, (300-304), 1992.
- [230]. Maher M. "Sole-user VS. Multi-user container terminals", ICHCA-USA Intermodal Containerization and Marine Terminal Development Conference, New York, (83-87), October 1980.
- [231]. Wasacz M. "Advances in Marine Container Terminal", ICHCA-USA Intermodal Containerization and Marine Terminal Development Conference, New York, (191,195), October 1980.
- [232]. Proctor D "Computers and plant maintenance" The Dock and Harbour Authority, (87-89), Aug/Sept 1983.
- [233]. Bleekrode R. "A new Vessel Traffic Management System for the Port of Rotterdam" Land and Water International 49, (3-14), 1983.
- [234]. "Vessel Traffic Management in the Port of Rotterdam" Publication Projectbureau Walradar Waterweg, Rotterdam.
- [235]. Dickinson R. "Applying computer technology to marine terminal operations", ICHCA-USA Intermodal Containerization and Marine Terminal Development Conference, New York, (37-42), October 1980.
- [236]. Griffiths D. "Transshipment battle rages", Port Development International, (18-19), Dec. 1991.
- [237]. Griffiths D. "Port productivity", Port Development International, (26-30), Dec. 1991.
- [238]. Σταθόπουλος Α. και Αντωνόπουλος Μ. "Ανάπτυξη και συνύπαρξη σταθμού εμπορευματοκιβωτίων και συμβατικού λιμανιού", (Διημερίδα: Η ανάπτυξη των Μεταφορών και το λιμάνι του Βόλου, Βόλος 13-14 Ιουνίου 1986), Τεχνικά Χρονικά, (19-27), 7-9/88.
- [239]. Auto-Lux, "Technical documentation, Apiarium plant", Corso Sempione 20145, Milano, Italy, 1978.
- [240]. Axmann, Geisler, Trautitz and Bisail "Automation of stacking cranes in container Terminals", Siemens Review XLIV no8, (343-355), Aug 1977.
- [241]. Mitsui "Automated Container Terminal System II", Mitsui Engineering and Shipbuilding Co.
- [242]. Duisburg-Ruhrorter Hafen AG "Rhein-Ruhr Hafen Duisburg" πληροφοριακά έντυπα για την τερματική εγκατάσταση διακίνησης Ε/Κ, 1992.
- [243]. Krupp Industrietechnik, "Krupp Schnellumschlaganlage" Krupp Industrietechnik GmbH/Sparte Systemtechnik, Duisburg 1992.

- [244]. Techicatome "TACIT/ Technicatome Chantier Intermodal de Transport" Gif/Yvette Cedex, France, 1992.
- [245]. Δείγματα γραφικών αποτελεσμάτων προτύπου προσομοίωσης. Δόθηκαν κατά την επίσκεψη του γράφοντος το 1993 στις εγκαταστάσεις Delta του Ρότερνταμ.
- [246]. Cargoware International "Focus on Italy/ One yard's story", (64-65), Dec 1993.
- [247]. Matthews S. "Stacking up and spanning out" Cargoware International, (50-55), Dec 1993
- [248]. Matthews S. "Efficient but underworked", Cargoware International, (31-37), Feb 1994.
- [249]. Eyre j. "The containerships of 1999" Marit. Pol. Mgmt, vol16, no2, (133-145), 1989.
- [250]. Wright C, Appa G. and Jarrett D. "Conflict-minimising traffic patterns: A Graph-Theoretic approach to efficient traffic circulation in urban areas" TRes A, vol 32A, no 2, 1989, 115-127.
- [251]. Edward Morlok "Introduction to Transportation Engineering and Planning" McGraw-Hill, 1978.
- [252]. McGean Thomas, "Urban Transportation Technology" Lexicon Books D.C Heath and Company Lexington, Massachusetts, (26-32), 1991.
- [253]. W.D.Glausz and D.J.Migletz, "Application of traffic conflict analysis at intersections", TRB 219, 1980.
- [254]. Φραντζεσκάκης Ι. και Γκόλιας Ι. "Οδική Ασφάλεια" Εκδ. Παπασωτηρίου, 1994.
- [255]. Mc Dowel M.R.C, Wennell J, Storr P.A and Darzentas J. "Gap acceptance and traffic simulation as a measure of risk" TRRL Supplementary Report 776, 1983
- [256]. Ezra Hauer and Per Garder "Research into the validity of the traffic conflicts technique" Accid. Anal & Prev, Vol. 18, No. 6, σελ 471-481, 1986.
- [257]. Στουρνάρας Κ. "Εφαρμογή της μεθόδου κυκλοφοριακών συγκρούσεων στον προσδιορισμό της επικινδυνότητας διασταυρώσεων" Διπλωματική εργασία, Ε.Μ.Π Σεπτ 1986.
- [258]. Γκούμας Α. "Η Συμπεριφορά των Οδηγών και οι Αλληλεπιδράσεις μεταξύ των Οχημάτων Μιας Λωρίδας Κυκλοφορίας", Τεχνικά Χρονικά Τ.Ε.Ε Οκτ-Δεκ 1991.
- [259]. Maze Th. "A Probabilistic Model of Gap Acceptance Behaviour" TRR 795, (8-13), 1981.
- [260]. Bertsimas D, Jaillet P and Odoni A. "A Priori Optimization" OR vol 38, no 6, (1019-1033), Nov/Dec 1990.
- [261]. Simchi-Levi D. and Berman O. "A heuristic algorithm for the traveling salesman location problem on networks" Operations Research Vol 36, No 3, May-June (478-483), 1987

- [262]. Ladany S. and Mehrez A. "Optimal Routing of a single vehicle with loading and unloading constraints" *Transportation Planning and Technology*, vol 8, (301-306), 1984.
- [263]. Soumis F, Sauve M. and Beau L. "The Simultaneous Origin- Destination Assignment and Vehicle Routing Problem" *Transportation Science* vol 25, no3, (188-200), Aug 1991.
- [264]. Altinkemer K. and Gavish B. "Parallel savings based heuristics for delivery problem", *Operations Research* Vol. 39, No. 3, (456-469), May/June 1991.
- [265]. Bertsimas D. "A vehicle routing problem with stochastic demand" *Operations Research* Vol. 40, No. 3, (574-585), May/June 1992.
- [266]. Bertsimas D. and Ryzin G. "Stochastic and dynamic vehicle routing in the Euclidean plane with multiple capacitated vehicles" *Operations Research* Vol. 41, No. 1, (60-75) Jan/Feb 1993.
- [267]. Krishnamurthy N, Batta R. and Karwan M. "Developing conflict-free routes for Automated Guided Vehicles" *Operations Research* Vol. 41, No. 6, (1077-1089) Nov-Dec. 1993.
- [268]. Hlupic V. and Paul R. "Simulation modelling of flexible manufacturing systems using Activity Cycle Diagrams" *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 45, No. 9, (1011-1023), 1994
- [269]. Wark P. and Holt J. "A repeated matching heuristic for the vehicle routing problem" *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 45, No. 10, (1056-1167), 1994
- [270]. Πληροφορίες της Europe Combined Terminals στα πλαίσια του προγράμματος SIMET, 1993.
- [271]. Grigg P and Hartley M, "Simulation of Traffic Flows in a Road Network", UMIST, 1974.
- [272]. Labruyere C. "Aspects of JIT in the nutshell" *ICHCA Quarterly Bulletin* 4, (7-8), 1993
- [273]. Stirling A, Duivivier P. "Increasing automation in UK ports" *The Dock and Harbour Authority*, (207-209), Dec 1989
- [274]. Renniw D. "Environmental management systems in ports and harbours" *The Dock and Harbour Authority*, Dec/Jan, (161-164), 1993
- [275]. The Dock and Harbour Authority "Port Equipment Survey" Dec/Jan, (167-172), 1993
- [276]. Derry Terence "Straddle Carriers vs Rubber-Tyred Gantry", *Cargo Handling*(by J Immer), Work Saving International, Washington, (287-294), 1984.
- [277]. Stig Sand and Ole Terslov "Simulation study of Singapore's Brani container terminal" *The Dock and Harbour Authority*, Nov, (206-212), 1991.
- [278]. Per Braun "Port engineering" Gulf Publishing Company, Houston, Texas, 1976.

- [279]. Ευμολπίδης Β. "Διακίνηση εμπορευμάτων εξωτερικού εμπορίου στα Ελληνικά λιμάνια και προοπτικές" Ετήσια σεμινάρια κυκλ.τεχνικής Α.Π.Θεσσαλονίκης Απρίλιος 1984.
- [280]. Συρμακέζης Κ και Μικρούδης Γ. "Εφαρμογή των Εμπείρων Συστημάτων σε προβλήματα κατασκευών", Τ.Ε.Ε Αθήνα 1991.
- [281]. Ignizio J. "An introduction to Expert Systems" McGraw-Hill, Inc 1991.
- [282]. Ιωάννης Δαρζέντας, "Ο Ρόλος της πληροφορικής σε χώρους των ποσοτικών μεθόδων", Πρακτικά 1ο Συμπόσιο ποσοτικών μεθόδων, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Χίος, (61-77), Μάιος 1987.
- [283]. Janarthanan N. and Schneider J. "Development of an Expert System To Assist in the Interactive Graphic Transit System Design Process" Transportation Research Record 1187, 1988.
- [284]. Anselmo Osvaldo Braun and Antonio Carlos Machado de sa, "Expert Systems Development for Contingency Transportation Planning", Transportation Research Record 1187, 1988.
- [285]. Ardeshir Faghri and Michael Demetsky, "Knowledge Representation and Software Selection for Expert Systems Design", Transportation Research Record 1187, 1988.
- [286]. Bischoff E. and Marriott M. "A comparative of heuristics for container loading", European Journal of Operational Research 44, (267-276), 1990.
- [287]. Woxenius J. and Lumsden K. "System and Functional requirements for Ro-Ro cassettes in multimodal transport" Ro-Ro 94 Conference, April 26-28, Gothenburg, Sweden, 1994.
- [288]. Coulson J. "A note on Swapbodies" ICHCA Quarterly Bulletin 4, (3-14), 1992.
- [289]. Port Development International "Enter the revolutionary Palletveyor" (9-11) March 1985.
- [290]. Van der Zanden P. "Binnenvaartschip met eigen overslagsysteem- Een Haalbare Oplossing" SWZ 11 (495-498), 1992.
- [291]. Hermann Janssen "Der Trans Sea Lifter - Ein Barge Carrier fur ein europaisches Short-Sea-Liniennetz" Internationales Verkehrswesen 46, (431-434), 1994.
- [292]. Κολλινιάτη Ι. "Ευστάθεια - Φόρτωση" Εκδόσεις Ιδρύματος Ευγενίδου, Αθήνα 1983.
- [293]. Asaf Ashar "On selectivity and accessibility" Cargo Systems International, (44-45), June 1991.

- [294]. Thomas R. "Danes study yard handling" *Cargoware International*, (55-58), April 1994
- [295]. Ferreira L. and Sigut J. "Measuring the performance of intermodal Freight terminals" *Transp. Planning and Technology*, (269-280), 1993.
- [296]. Fararoui F. and Blank J. "Priority berthing for congested ports: Rationale and a model" *Transportation Planning and Technology*, Vol 16, (305-316), 1992.
- [297]. Bendall H. and Stent A. "cargo handling productivity. Part 2. The findings" *Maritime Policy and Management* Vol 15, No 2, (97-106), 1988.
- [298]. Jordan M "Super Cranes" *Port Development International*, May, (15-17), 1994.
- [299]. Kondratowicz L. "Methodological solutions for increasing efficiency of modelling and simulation of seaports and inland freight terminals" *Maritime Policy and Management* Vol 19, No 2, (157-164), 1992.
- [300]. Roussos G "Piraeus port container terminal" *Diploma in management studies*, Plymouth Polytechnic, 1977.
- [301]. Placon LTD "Εκθεση Τεχνικής βοήθειας/ Μέρος 4 /Διαδικασίες επί εμπορευματοκιβωτίων" Ιούλιος 1980.
- [302]. "Πόρισμα επιτροπής μελέτης της έκθεσης Placon LTD για τον ΟΛΠ" Οργανισμός Λιμένα Πειραιώς, 1981.
- [303]. Πατρινού Θ. "Οικονομικές επιδράσεις Ε/Κ των δια εμπορευματοκιβωτίων μεταφορών" Αθήναι 1973.
- [304]. Μπατζέλης Ι. και Πλακιάς Ι. "Διαδικασίες διακίνησης Ε/Κ στον λιμενικό σταθμό του Πειραιά. Μετρήσεις και μαγνητοσκοπήσεις επί των κινήσεων των μέσων διακίνησης Ε/Κ" Διπλωματική εργασία Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής Ε.Μ.Π., 1986.
- [305]. Τσιλρινγκάνης Λ. "Μελέτη της τερματικής εγκατάστασης των Ε/Κ στο κεντρικό λιμάνι του Πειραιά", Διπλωματική εργασία, Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής Ε.Μ.Π., 1985 (Επιβλέπων Α. Μπαλλής, Επόπτης Κ. Αμπακούμκιν).
- [306]. "Προσομοίωση λειτουργιών τερματικής εγκατάστασης μοναδοποιημένων φορτίων", Τελική Έκθεση Ερευνητικού Προγράμματος, Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας και Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής Ε.Μ.Π, Δεκ. 1987.
- [307]. Ρογκάν Α. "Λιμενικά συστήματα" Αθήνα 1980, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- [308]. Eric Rath "Container System" Wiley-Interscience Publications, 1973.
- [309]. Τζαφέστας Σ "Εμπειρία Συστήματα" *Τεχνικά Χρονικά* Νοεμ/Δεκ, (29-59), 1991.
- [310]. Goss R. "Economic policies and seaports: Strategies for port authorities" *Marit. Pol. Mngmt*, Vol 17, No. 4, (273-287), 1990.

- [311]. Frankel E. "The economics of technological change in shipping" Marit. Pol. Mngmt, Vol 18, No. 1, (43-53), 1991.
- [312]. Port Development International "A question of Force", (25-30), May 1994.
- [313]. Port Development International "Private Pioneers", (81-83), May 1994.
- [314]. TRADEMCO "Μελέτη διαχείρισης - προώθησης των Ελληνικών προϊόντων στις αγορές της Δυτικής Ευρώπης και της Βόρειας Αμερικής" Τελική Έκθεση, ETBA, Αθήνα Οκτ 1991.
- [315]. Port of Piraeus Authority, "The Port of Pireaus", Press and public relations dpt, 1990.
- [316]. Stathopoulos A. "Transportation infrastructure in Greece" ICHCA Conference "Focus on Greece", (67-78), Eugenides Foundation, Athens 29-30 May 1980.
- [317]. Curtis J. "Laying down the Law" Port Development International (59-61), July/Aug 1994.
- [318]. Commission of the European Communities DG VII-A4 "Future Fast Transfer Technologies" Doc. EURET/410/94, September 1994.
- [319]. Port Development International "Second trolleys in and fancy ideas out" σελ 9-13, September 1985.
- [320]. Mahe J. "Automation of Container Terminals", (67-72), SIMET Event, Cadarache, France, June 1994.
- [321]. Chaitanya Nadkary and Harsha Lohit "Information Systems in Container Terminals" The World of Cargo Handling ICHCA Review, (66-68), 1993-94.
- [322]. Willmott K. "Computers" The Buyers' Guide to Manufacturers, (122-124), ICHCA, 1992
- [323]. Kiesling M. and Walton M. "Time-motion Analysis of Wharf Crane operations" (24-30) Transportation Research Record 1383, 1993
- [324]. Sheikh A, Paul J, Hardings A. and Balmer D. "A microcomputer - based Simulation study of a Port" Journal of the Operational Research Society Vol 38, No 8, (673-681), 1987

ΒΙΟΓΡΑΦΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ Θ. ΜΠΑΛΛΗ

ΤΟΠΟΣ ΚΑΙ ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΓΕΝΝΗΣΗΣ : • Θεσσαλονίκη, 8 Ιουνίου 1956.
ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ : Παντρεμένος, δύο παιδιά.
ΤΙΤΛΟΙ ΣΠΟΥΔΩΝ : Πτυχίο Πολιτικού Μηχανικού.
Ε.Μ.Πολυτεχνείου (Ιούνιος 1979).
ΑΔΕΙΑ ΑΣΚΗΣΕΩΣ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΟΣ: 19 Ιουλίου 1979.
ΓΛΩΣΣΕΣ: Ελληνική, Αγγλική.

ΠΡΟΥΠΗΡΕΣΙΑ-ΕΜΠΕΙΡΙΑ

1. ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΣΕ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ

- 1986 - 1987 Ε.Μ.Πολυτεχνείο. Συμμετοχή στο Ερευνητικό πρόγραμμα "Προσομοίωση λειτουργιών τερματικής εγκατάστασης μοναδοποιημένων φορτίων" (Χρηματοδότηση Υ.Β.Ε.Τ - Γ.Γ.Ε.Τ).
- 1991 - 1992 Ε.Μ.Πολυτεχνείο. Συμμετοχή στο ερευνητικό πρόγραμμα "Διερεύνηση χωρητικότητας και μεταφορικής ζήτησης στο τμήμα Τιθορέα-Δομοκός της σιδ. γραμμής Αθηνών Θεσ/νίκης".
- 1992 - 1994 Ε.Μ.Πολυτεχνείο. Συμμετοχή στο Ευρωπαϊκό Ερευνητικό πρόγραμμα "Εξυπνα συστήματα μεταφόρτωσης στις Συνδυασμένες Μεταφορές στην Ευρώπη" (Χρηματ. Ε.Ο.Κ.).

2. ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΕΜΠΕΙΡΙΑ

- 1984 - 1986 Παρακολούθηση, υπό την εποπτεία του καθ. Κ Αμπακούμκιν, τεσσάρων διπλωματικών εργασιών.
- 1986 - 1987 Αναπληρωτής καθηγητής στο 10ο Τ.Ε.Λύκειο Αθηνών. Υπεύθυνος εργαστηρίου Ηλεκτρονικών Υπολογιστών στο 2ο Σ.Ε.Κ Υμηττού.
- 1994 - 1995 Συμμετοχή στις ασκήσεις του μαθήματος Ειδικά κεφάλαια Μεταφορών. Παρακολούθηση, υπό την εποπτεία του αν. καθ. Α Σταθόπουλου διπλωματικής εργασίας (σε εξέλιξη).

3. ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΕΙΣ / ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ

Κ. Αμπακούμκιν, Α. Μπαλλής "Simulation modelling of container terminals", Conference of the Association for the Advancement of Modelling and Simulation Techniques in Enterprises, Αθήνα, Ιούνιος 1984.

Κ. Αμπακούμκιν και Α. Μπαλλής "Προσομοίωση τερματικών εγκαταστάσεων με φυσικό πρότυπο" Διημερίδα Θαλάσσιες Μεταφορές, Σ.Ε.Σ, 9-10 Απρ. 1987.

Γ. Γκόλιας και Α. Μπαλλής "Νέες μέθοδοι φορτοεκφόρτωσης Εμπορευματοκιβωτίων" Συνέδριο Transinter, 24-27 Ιαν. 1994.

Εργασίες σε διαδικασία δημοσίευσης

A. Ballis and C. Abacoumkin "A Container Simulation Model with Animation Capabilities". Περιοδικό: Journal of Advanced Transportation.

A. Ballis, J. Golias and C. Abacoumkin "A Comparison between Conventional and Advanced Handling Systems for small Container Maritime Terminals". Περιοδικό: Transportation Planning and Technology.

4. ΕΠΙΜΟΡΦΩΣΗ / ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΑ ΤΑΞΙΔΙΑ

1982 Πέμπτο Μεταπτυχιακό Σεμινάριο της τέως Εδρας Σιδηρ. και Μεταφορών.

1984 Επίσκεψη στις εγκαταστάσεις διακίνησης εμπορευματοκιβωτίων του Λιμένα της Τεργέστης στην Ιταλία.

1993 Σειρά επισκέψεων (στα πλαίσια του προγράμματος "Εξυπνα συστήματα μεταφόρτωσης στις Συνδυασμένες Μεταφορές στην Ευρώπη") στις εγκαταστάσεις διακίνησης εμπορευματοκιβωτίων του Rotterdam, του Duisburg και της Verona.

5. ΛΟΙΠΕΣ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

1982-1984 Θητεία στην Πολεμική Αεροπορία. Τοποθετήθηκε στην Διεύθυνση Εγκαταστάσεων / Εργων της Διοίκησης Αεροπορικής Υποστήριξης, όπου

απασχολήθηκε με την παρακολούθηση και τον έλεγχο μελετών έργων συντήρησης εγκαταστάσεων μονάδων της Πολεμικής Αεροπορίας και σύνταξη μελετών και επίβλεψη έργων της Μ.ΔΑΥ.

- 1987 - 1990 Γενικό Επιτελείο Αεροπορίας - Τμήμα έργων Υποδομής NATO. (Σύμβαση έργου). Σύνταξη μελετών και παρακολούθηση κατασκευής έργων. Ασχολήθηκε ιδιαίτερα με προστατευμένες και ημιπροστατευμένες κατασκευές (ειδικές κτιριακές εγκαταστάσεις, καταφύγια, αποθήκες πυρομαχικών/πυραύλων, κά), είτε ως αποκλειστικός μελετητής (ο συνολικός προϋπολογισμός των έργων αυτών ξεπερνά το ένα δισεκατομμύριο) είτε ως μέλος μελετητικής ομάδας (ο συνολικός προϋπολογισμός των έργων αυτών ξεπερνά τα οκτακόσια εκατομμύρια). Μέλος της Ομάδας Εργασίας Ad Hoc Working Group on Protective Construction Measures του NATO.
- 1979 - 1995 Τεχνική Εταιρεία Ευπαλίνος. Συμμετοχή σε ομάδες εργασίας συγκοινωνιακών μελετών. Συμμετοχή στην ομάδα τεχνικού συμβούλου για την αξιολόγηση των έργων "Ζεύξη Ακτιού Πρέβεζας" και "Ζεύξη Ρίου Αντιρίου".
- 1979 - 1995 Προσωπικό τεχνικό γραφείο. Εκπόνηση και επίβλεψη μελετών ιδιωτικών οικοδομικών έργων. Συγκοινωνιολόγος Μηχανικός στην ομάδα πολεοδομικής μελέτης των περιοχών των Δήμων Βιλίων, Μεγάρων και της Κοινότητας Ν.Περάμου (1984-1985).

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΣΤΑ ΑΓΓΛΙΚΑ

DEVELOPMENT OF A CONTAINER TERMINAL SIMULATION MODEL

The objective of this work is the development of a simulation model that can be used for the evaluation of different configurations (changes in yard layout, equipment number and productivity, service strategies and truck arrival pattern) in a container terminal equipped with straddle carriers, tractor/trailers and quay cranes. The movements of the equipment (and the external trucks) are simulated as realistically as possible to include time losses due to the mismatch in the sequence of equipment movements and traffic congestion. The model is based on time-slicing method. Simulation clock advances every second and the model observes the behaviour of the equipment operators by choosing the shortest path, accelerating up to maximum speed, braking to avoid collision, handling and transferring containers according to selected service strategy.

The model was developed having in mind the detailed representation of the container terminal of central port of Piraeus in Greece, which has a straddle carrier based service system. However the model can be used for other ports having different layouts but similar operating procedures to the port of Piraeus or can easily modified to simulate different equipment types and procedures.

Truck service procedures in the above container terminal are controlled by the authorized personnel in the Control Room. Observations in the above container terminal show that in cases where a truck is to be served in a remote storage area, it is ordered to move in the above remote storage area and to wait there, to be served. Most of these decisions are taken by the Control Room personnel but there are also cases where the Straddle Carrier driver ask from the Control Room to inform and send the truck/s to its stack area location. Interviews show that these (driver's and Control Room personnel's) decisions are based on their experience and taking into account the slot distance from the grid, the work pressure, the slot position in the container row and possible traffic problems caused by the truck parking out of the storage area. The allocation of work orders to the straddle carrier fleet is also a matter of experience.

The experience of operators is incorporated in the model in the form of a knowledge base, that is used to simulate the above process and determine the service discipline. In addition, five heuristics were developed not only to describe the actual service discipline, but also to investigate the system performance under alternative service disciplines.

The computer program for the model consists of the following four modules.

1. A data input module for yard layout description and equipment configuration. Also, the user defines the characteristics of each handling equipment (velocity pattern, handling time per activity etc), the equipment allocation into pools and the assignment of each pool into specific transport mode service.
2. A process that generates the container arrival scenaria for the yard-side and/or the sea-side of the simulated terminal. There are two ways for the model-user to form the scenaria, manually or by using a work order generator program. In both ways, the process' output is a scenario-file that contains the arrival time and all the relevant properties of each arrival. The use of common scenario-file as input for alternative designs provides a variance reduction technique.
3. A process that generates a batch procedure file which enables multiple program executions under different file-scenario and service discipline combinations.
4. The model execution module, that performs the container terminal simulation, using the scenario and the equipment configuration that have been specified by the other modules.

The model has an on screen graphics animation output. This output present (in the form of a top-view sequence) the terminal layout, the equipments and the modes served. Also, presents information (in text form) about equipment status and activities. The animation process is used as a substitute of a physical model of the real system that gives the user a "feel" of the simulated system.

The model validation process is based on data that have been collected at the container terminal of central port of Piraeus in Greece. Thirty scenarios of Piraeus container terminal were collected some of them by use of video recorder, while the others by use of manual recording. The results indicate that the hypothesis of no difference between the two sets of data tested, against the alternative that the difference was more than ten percent, can not be rejected at 0.05 significant level.

Finally, two model applications have been realised. The first application was the comparison of the above mentioned "observed" service strategy against the typical strategy for the straddle carrier based system that serve's trucks in a specific area, following a FCFS priority. The results indicate that "the observed" strategy lead to shorter truck service times but increase the traffic conflicts in the terminal's internal transport network. The second application concern the comparison of a conventional (straddle carrier based) service system against an alternative advanced (Automatic Stacking Crane / Automatic Guided Vehicle) equipment configuration. The results indicate that the total cost per container and the area requirements do not differ considerably between the two configurations although there exist differences in the investment capital and the personnel required.