

**Α.Τ.Ε.Ι ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ  
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΚΑΤΕΡΙΝΗΣ  
ΤΜΗΜΑ ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗΣ & ΔΙΑΚΙΝΗΣΗΣ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ  
(LOGISTICS)**

**ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΓΕΩΡΓΙΑΔΗΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΘΕΜΑ: Επίλυση προβλημάτων δρομολόγησης και εφαρμογή στην  
εταιρεία “ΕΒΡΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΗ”**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ  
ΕΠΑΜΕΙΝΩΝΔΑΣ ΔΙΑΜΑΝΤΟΠΟΥΛΟΣ**

**ΚΑΤΕΡΙΝΗ 2009**

## Περίληψη

Αντικείμενο αυτής της πτυχιακής εργασίας είναι η επίλυση προβλημάτων δρομολόγησης και η εφαρμογή των σχετικών μεθόδων στην περίπτωση της εταιρίας “ΕΒΡΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΗ” η οποία έχει ως αντικείμενο εργασίας τη διανομή των φαρμάκων στους νομούς Θεσσαλονίκης, Σερρών και Κιλκίς. Πιο συγκεκριμένα, οι ερευνητικοί στόχοι της εργασίας είναι οι εξής :

1. Ο εντοπισμός της διαδρομής ελάχιστου μήκους με την οποία εξυπηρετούνται όλοι οι σταθμοί ενός νομού με ένα δρομολόγιο από την αφετηρία η οποία βρίσκεται στην κεντρική αποθήκη στη Θεσσαλονίκη.

2. Ο εντοπισμός της βέλτιστης τοποθεσίας σε κάθε έναν από τους νομούς Σερρών και Κιλκίς όπου μπορεί να δημιουργηθεί μία αποθήκη μεταφόρτωσης.

3. Η πρόβλεψη της μελλοντικής ζήτησης των φαρμάκων στο σύνολο των τριών νομών.

4. Η πρόβλεψη της μελλοντικής επιστροφής φαρμάκων από τους τελικούς προορισμούς προς την κεντρική αποθήκη.

Για να πετύχουμε τους στόχους αυτούς μελετούμε τους παλαιότερους αλγόριθμους αλλά και τις σύγχρονες προσεγγίσεις. Πιο συγκεκριμένα, ο πρώτος στόχος αντιμετωπίζεται με τη μέθοδο των ελάχιστων επικαλύπτοντων δέντρων (Παράγραφοι 3.2, 3.3 και 3.4). Ο δεύτερος στόχος ισοδυναμεί με τον εντοπισμό του κέντρου των γραφημάτων των δύο νομών και υλοποιείται με τη μέθοδο της ελάχιστης εκκεντρικότητας (Παράγραφοι 3.5 και 3.6). Για την απάντηση στον τρίτο ερευνητικό στόχο χρησιμοποιούμε διπλή εκθετική παλινδρόμηση (Παράγραφος 3.7) ενώ για την πρόβλεψη των επιστροφών των φαρμάκων χρησιμοποιούμε τη μέθοδο του κινούμενου μέσου όρου (Παράγραφος 3.8).

### Λέξεις Κλειδιά

Αλγόριθμοι δρομολόγησης, μεταφορικό δίκτυο, ελάχιστα επικαλύπτοντα δέντρα, γραφήματα, εκκεντρικότητα γραφημάτων, πρόβλεψη της ζήτησης .

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Περίληψη.....	ii
Πίνακας περιεχομένων.....	iii
Πίνακας εικόνων.....	v
Πίνακας σχημάτων.....	v
Πίνακας πινάκων.....	vi

### 1. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

Εισαγωγή.....	1
1.1 Ορισμός δικτύου.....	3
1.2 Βασικά στοιχεία ενός δικτύου .....	3
1.3 Η δρομολόγηση στο οδικό δίκτυο.....	5
1.4 Γραφική απεικόνιση δικτύου.....	5
1.5 Η αρχή της βελτιστοποίησης.....	7
1.6 Μελέτη στα μεταφορικά δίκτυα.....	7
1.6.1 Το πρόβλημα δρομολόγησης σε μεταφορικά δίκτυα.....	8
1.6.2 Ευριστικές τεχνικές .....	8
1.6.3 Μοντελοποίηση δικτύου.....	9
1.6.4 Συνήθεις εφαρμογές διαδικασίες που συναντάμε σε δίκτυα.....	10
1.6.4.1 Διαδικασία Geocoding.....	10
1.6.4.2 Διαδικασία location-allocation.....	10
1.6.4.3 Business logistics.....	11
1.6.4.4 Χωρική αλληλεπίδραση και μοντελοποίηση βαρύτητας.....	11
1.6.4.5 Δυναμική τμηματοποίηση.....	11
1.6.5 Ενδιαφέρουσες κατηγορίες προβλημάτων δρομολόγησης σε μεταφορικά δίκτυα.....	12
1.6.5.1 Προβλήματα συντομότερων μονοπατιών πολλών κριτηρίων.....	12
1.7 Δυναμικά προβλήματα ελάχιστης διαδρομής .....	13
1.8 Ιδιαιτερότητες των μεταφορικών δικτύων. Η FIFO συμπεριφορά στα μεταφορικά δίκτυα.....	14
1.9 Ανάλυση δικτύων διανομής-Στρατηγική διοικητικών μεριμνών.....	15

1.10 Ορισμός ελάχιστων επικαλύπτων δένδρων.....	16
1.10.1 Μη βεβαρημένο γράφημα.....	19
1.10.2 Βεβαρημένο γράφημα.....	19
1.11 Γραφήματα.....	22
1.12 Μέθοδοι προβλέψεων.....	25
1.12.1 Ανάλυση χρονοσειρών.....	27
1.13 Διπλή εκθετική εξομάλυνση .....	27
1.14 Απλή εκθετική εξομάλυνση.....	27

## **2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ**

2.1 Παρουσίαση της εταιρείας .....	29
2.2 Περιγραφή του προβλήματος βέλτιστης διαδρομής .....	29
2.3 Εντοπισμός κεντρικού σημείου.....	30
2.4 Πρόβλεψη της ζήτησης .....	30
2.5 Ερευνητικό υλικό-διαδικασία.....	30

## **3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**

3.1 Στοιχεία από τα απαντημένα ερωτηματολόγια	31
3.2 Ψηφιοποίηση χαρτών.....	34
3.3 Εφαρμογή στο Ν. Θεσσαλονίκης .....	35
3.4 Εφαρμογή στο Ν. Σερρών.....	38
3.5 Εφαρμογή στο Ν. Κιλκίς .....	41
3.6 Εντοπισμός κεντρικού σημείου στον Ν. Κιλκίς .....	44
3.7 Εντοπισμός κεντρικού σημείου στον Ν. Σερρών.....	46
3.8 Πρόβλεψη μελλοντικής ζήτησης.....	48
3.9 Πρόβλεψη επιστροφών με την μέθοδο του κινούμενου μέσου όρου.....	50

<b>4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ</b>	<b>52</b>
Συμπεράσματα .....	53

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	54
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ Αγγλικών- Ελληνικών Όρων .....	56
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ .....	58

### ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

<b>Εικόνα 3.1.α</b> Φορτωτική από φάρμακα.....	33
<b>Εικόνα 3.3.β</b> Πιθανά μονοπάτια στο Ν. Θεσσαλονίκης.....	36
<b>Εικόνα 3.3.γ</b> Βέλτιστη διαδρομή στο Ν. Θεσσαλονίκης.....	37
<b>Εικόνα 3.4.β</b> Πιθανά μονοπάτια στο Ν. Σερρών.....	39
<b>Εικόνα 3.4.γ</b> Βέλτιστη διαδρομή στο Ν. Σερρών.....	40
<b>Εικόνα 3.5.β</b> Πιθανά μονοπάτια στο Ν. Κιλκίς.....	42
<b>Εικόνα 3.5.γ</b> Βέλτιστη διαδρομή στο Ν. Κιλκίς.....	43
<b>Εικόνα 3.6.γ</b> Κέντρο του γραφήματος στον Ν. Κιλκίς.....	45
<b>Εικόνα 3.7.γ</b> Κέντρο του γραφήματος στον Ν. Σερρών.....	47
<b>Εικόνα 3.8.β</b> Ζήτηση των φαρμάκων για τους τρεις Νομούς Θεσσαλονίκης – Σερρών- Κιλκίς.....	48
<b>Εικόνα 3.8.δ</b> Πρόβλεψη της ζήτησης των φαρμάκων για τους τρεις Νομούς Θεσσαλονίκης – Σερρών- Κιλκίς.....	49
<b>Εικόνα 3.9.β</b> Επιστροφές φαρμάκων από τους Νομούς Θεσσαλονίκης – Σερρών- Κιλκίς.....	50
<b>Εικόνα 3.9.δ</b> Πρόβλεψη επιστροφών φαρμάκων από τους Νομούς Θεσσαλονίκης – Σερρών- Κιλκίς.....	51

### ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

<b>Σχήμα 1.4.α</b> Αναπαράσταση ενός δικτύου.....	6
<b>Σχήμα 1.10.α</b> Συνεκτικό γράφημα.....	17
<b>Σχήμα 1.10.β</b> Επικαλύπτον δένδρο.....	17
<b>Σχήμα 1.10.γ</b> Επικαλύπτον δένδρο.....	18
<b>Σχήμα 1.10.δ</b> Επικαλύπτον δένδρο.....	18
<b>Σχήμα 1.10.2.α</b> Βεβαρημένο γράφημα.....	20
<b>Σχήμα 1.10.2.γ</b> Ελάχιστο επικαλύπτον δένδρο.....	26
<b>Σχήμα 1.11.α</b> Αποστάσεις και εκκεντρικότητες γραφήματος.....	28

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

<b>Πίνακας 1.10.2.β</b> Πινάκας ταξινόμησης σε αύξουσα σειράς βάρους.....	21
<b>Πίνακας 1.11.β</b> Πίνακας αποστάσεις και εκκεντρικότητες .....	25
<b>Πίνακας 3.3.α</b> Πίνακας μονοπατιών στον Ν. Θεσσαλονίκης.....	35
<b>Πίνακας 3.4.α</b> Πίνακας μονοπατιών στον Ν. Σερρών.....	38
<b>Πίνακας 3.5.α</b> Πίνακας μονοπατιών στον Ν. Κιλκίς.....	41
<b>Πίνακας 3.6.α</b> Σταθμοί Ν. Κιλκίς.....	44
<b>Πίνακας 3.6.β</b> Εφαρμογή κεντρικότητας στον Ν. Κιλκίς.....	44
<b>Πίνακας 3.7.α</b> Σταθμοί Ν. Σερρών.....	46
<b>Πίνακας 3.7.β</b> Εφαρμογή κεντρικότητας στον Ν. Σερρών.....	46
<b>Πίνακας 3.8.α</b> Πίνακας ζήτησης των φαρμάκων.....	48
<b>Πίνακας 3.8.γ</b> Πίνακας πρόβλεψης της ζήτησης των φαρμάκων.....	49
<b>Πίνακας 3.9.α</b> Επιστροφές φαρμάκων από τους Νομούς Θεσσαλονίκης – Σερρών-Κιλκίς.....	50
<b>Πίνακας 3.9.γ</b> Πίνακας πρόβλεψης επιστροφής φαρμάκων.....	51

## Εισαγωγή

Το πρόβλημα της δρομολόγησης είναι ένα από τα πλέον ενδιαφέροντα προβλήματα βελτιστοποίησης ροής και βρίσκει εφαρμογές σε πολλούς χώρους όπου εμπλέκονται δίκτυα μεταφορών. Οι διαφορετικές τεχνικές σχεδίασης αλγορίθμων έχουν οδηγήσει στην ανάπτυξη μίας ποικιλίας αλγορίθμων δρομολόγησης, των οποίων η ποιότητα έχει αποτιμηθεί τόσο θεωρητικά όσο και πειραματικά. Η αποτίμηση αυτή έχει οδηγήσει στο συμπέρασμα ότι η επίδοση των αλγορίθμων δρομολόγησης πρακτικά εξαρτάται άμεσα από τον βαθμό στον οποίο συμβαδίζουν με τις απαιτήσεις και τους περιορισμούς που υπαγορεύονται κατά την μετακίνηση μέσα στο δίκτυο κάποιας συγκεκριμένης κατηγορίας, αλλά και από το κατά πόσο λαμβάνουν υπ' όψιν τους και είναι σε θέση να αξιοποιήσουν εποικοδομητικά τη δομή του δικτύου.

Μερικά από τα δίκτυα στα οποία απαντώνται συχνά προβλήματα δρομολόγησης με ιδιαίτερο ενδιαφέρον, είναι τα δίκτυα υπολογιστών, τα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα, τα συγκοινωνιακά δίκτυα και τα δίκτυα βιομηχανικής παραγωγής. Στα δίκτυα υπολογιστών λ.χ. η δρομολόγηση αφορά την μετάδοση μηνυμάτων μεταξύ υπολογιστών που ανήκουν στο ίδιο δίκτυο ή σε διαφορετικά δίκτυα. Ο τομέας των δικτύων υπολογιστών είναι ένας ταχέως αναπτυσσόμενος τομέας. Ενδεικτικά αναφέρουμε ως ένα από τα πιο σύγχρονα προβλήματα δρομολόγησης σ' αυτόν τον χώρο τη δρομολόγηση πολυμέσων των οποίων οι υπηρεσίες χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο από διάφορες εφαρμογές media. Π.χ. το backbone πολυμέσων ( MBone ) του Internet χρησιμοποιείται για την μεταφορά πραγματικού χρόνου audio και video για ειδήσεις, ψυχαγωγία κ.ο.κ.

Στην εργασία αυτή επικεντρώνουμε το ενδιαφέρον μας στη δρομολόγηση των οχημάτων της εταιρείας ΕΒΡΟΣ για τη διανομή, την πρόβλεψη της ζήτησης των φαρμάκων και προτείνουμε τη βέλτιστη τοποθέτηση αποθηκών στους νομούς Σερρών και Κιλκίς. Ο αλγόριθμος δρομολόγησης που εφαρμόζουμε θα εξηγηθεί αναλυτικά, το ίδιο και η μοντελοποίηση του οδικού δικτύου των νομών. Μετά από μία σύντομη αξιολόγηση του αλγόριθμου, γίνεται εφαρμογή του βάσει των δεδομένων. Θα ακολουθήσει μοντελοποίηση στους χάρτες των νομών και παρουσίαση της πρόβλεψης των φαρμάκων και πρόταση τοποθέτησης της αποθήκης στους νομούς.

Η πτυχιακή εργασία διαρθρώνεται σε 4 μέρη. Στο πρώτο μέρος συγκροτείται η βιβλιογραφική επισκόπηση της εργασίας. Εδώ επιχειρείται η ανάλυση της έννοιας

του δικτύου με ιδιαίτερη έμφαση στα μεταφορικά δίκτυα. Το 2<sup>ο</sup> μέρος αποτελεί συνδυαστικό κρίκο ανάμεσα στο θεωρητικό τμήμα της εργασίας και την εφαρμογή. Σ' αυτό το μέρος της εργασίας περιγράφεται η εταιρεία ΕΒΡΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΗ, αναλύεται η μέθοδος των ελάχιστων επικαλύπτοντα, οι τρόποι εντοπισμού της εκκεντρικότητας ενός γραφήματος και η μέθοδος πρόβλεψης της ζήτησης με την διπλή εκθετική εξομάλυνση και απλή εκθετική εξομάλυνση

Στο 3<sup>ο</sup> μέρος της εργασίας αναπτύσσονται τα αποτελέσματα που έχουμε από την εφαρμογή της θεωρίας. Αρχικά παρακολουθούμε την βέλτιστη διαδρομή με την μέθοδο των ελάχιστων επικαλύπτοντων δένδρων στους Ν. Θεσσαλονίκης, Ν. Σερρών, Ν. Κιλκίς. Την κεντρικότητα των γραφημάτων των Ν. Σερρών και Ν. Κιλκίς και την πρόβλεψη της ζήτησης των φαρμάκων για τους νομούς Θεσσαλονίκης, Σερρών και Κιλκίς με διπλή εκθετική εξομάλυνση. Τέλος, με τη μέθοδο του κινούμενου μέσου όρου θα προβλέψουμε τις επιστροφές των φαρμάκων από τους τρεις νομούς στην κεντρική αποθήκη της εταιρείας.

Στο 4<sup>ο</sup> μέρος της εργασίας παρουσιάζεται η συζήτηση των αποτελεσμάτων στα οποία καταλήγει η εργασία μας και καταγράφονται ορισμένα συμπεράσματα.



# 1. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

## 1.1 Ορισμός δικτύου

**Γενικός Ορισμός :** Ένα δίκτυο είναι ένα σύστημα γραμμικών χαρακτηριστικών που συνδέονται σε διασταυρώσεις και κόμβους. Οι κόμβοι μέσα σε ένα δίκτυο συνδέονται μέσω του γραμμικού χαρακτηριστικού που ονομάζεται ακμή. Δηλαδή, κάθε ακμή αντιστοιχεί σε ένα ζεύγος κόμβων (i, j) και συνδέει τον κόμβο i με τον κόμβο j.

Τυπικά, ένα δίκτυο ορίζεται ως ένας κατευθυνόμενο γράφημα  $G = (N, E)$  που αποτελείται από ένα σύνολο κόμβων  $N = |n|$  και ένα σύνολο ακμών  $E = |m|$ , όπου  $n$  είναι ο αριθμός των ακμών και  $m$  ο αριθμός των κόμβων (Halary, F.1969).

**Δίκτυο μέσων μεταφοράς :** Σε ένα δίκτυο μέσων μεταφοράς, οι κόμβοι αντιστοιχούν σε στάσεις των γραμμών των μέσων μεταφοράς που απαρτίζουν το δίκτυο. Οι ακμές μεταξύ των κόμβων ενώνουν διαδοχικές στάσεις, δηλαδή είναι τμήματα της διαδρομής που ακολουθούν μία ή περισσότερες γραμμές που εξυπηρετούν τις στάσεις- κόμβους.

Ένα μεταφορικό δίκτυο απεικονίζεται συνήθως μέσα στο πλαίσιο ενός γεωγραφικού πληροφοριακού συστήματος (GIS), οπότε κάθε κόμβος αντιστοιχεί σε μία τοποθεσία με γεωγραφικές συντεταγμένες.

Τα μεταφορικά δίκτυα παρίστανται συνήθως από βεβαρημένα γραφήματα. Δηλαδή, δίπλα από κάθε ακμή υπάρχει μία αριθμητική τιμή γνωστή και ως βάρος. Η τιμή αυτή αποτελεί το κόστος για να διασχίσουμε την ακμή και μπορεί να αναφέρεται σε χρόνο, απόσταση μεταξύ των δύο κόμβων, σε άλλες παραμέτρους ή συνηθέστερα σε συνδυασμό των παραπάνω και άλλων παραμέτρων οπότε και αναφέρεται ως «γενικευμένο κόστος» (Halary, F. 1969).

## 1.2 Βασικά στοιχεία ενός δικτύου

Τα βασικά στοιχεία ενός δικτύου που συνήθως συναντάμε στα γεωγραφικά πληροφοριακά συστήματα (GIS) είναι τα μονοπάτια, οι κύκλοι, οι στάσεις, τα κέντρα και οι στροφές.

**Μονοπάτι :** Μονοπάτι σ' ένα γράφημα και επομένως σε ένα δίκτυο είναι μία πεπερασμένη ακολουθία από διαδοχικούς κόμβους και διαδοχικές ακμές που εναλλάσσονται και στην οποία κάθε ακμή εμφανίζεται μόνο μία φορά. Σε ένα δίκτυο

μεταφοράς, ένα μονοπάτι είναι μία ακολουθία διαδοχικών στάσεων (Κωνσταντόπουλος, Π. 2008).

**Συντομότερο Μονοπάτι :** Συντομότερο μονοπάτι (shortest path) που είναι και το ζητούμενο της εργασίας είναι το μονοπάτι με το ελάχιστο κόστος από έναν κόμβο-αφετηρία προς έναν κόμβο- προορισμό. Πρακτικά λοιπόν, το να βρούμε ένα συντομότερο μονοπάτι σημαίνει να βρούμε την ακολουθία εκείνη τοποθεσιών που μας οδηγεί από την αφετηρία στον προορισμό με το λιγότερο κόστος (Κωνσταντόπουλος, Π. 2008).

**Μονοπάτι- Κύκλος :** Ένας κύκλος είναι ένα κλειστό μονοπάτι, δηλαδή ένα μονοπάτι στο οποίο η αφετηρία και ο προορισμός συμπίπτουν (Κωνσταντόπουλος Π, 2008).

**Στάση :** Μία στάση είναι μία τοποθεσία που επισκεπτόμαστε σε ένα μονοπάτι ή κύκλο (Κωνσταντόπουλος, Π. 2008).

**Κέντρο :** Ένα κέντρο είναι μία τοποθεσία στην οποία παρέχονται κάποια αγαθά ή υπηρεσίες. Κάτι τέτοιο είναι πιθανό να ενδιαφέρει σ' ένα γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών ωστόσο δεν ενδιαφέρει άμεσα το δικό μας μεταφορικό δίκτυο. (Κωνσταντόπουλος, Π. 2008).

**Στροφή :** Στροφή σε ένα δίκτυο είναι η μετάβαση από μία ακμή του δικτύου σε μία άλλη (Κωνσταντόπουλος, Π. 2008).

Παράλληλα μας ενδιαφέρουν και άλλες βασικές έννοιες σε ένα δίκτυο οι οποίες είναι οι εξής (Κωνσταντόπουλος, Π. 2008) :

**Σύνδεσμοι :** Οι σύνδεσμοι ενός δικτύου, δηλαδή οι ακμές του, μας ενδιαφέρουν ιδιαίτερος διότι αυτές καθορίζουν ποιοι κόμβοι είναι προσβάσιμοι, από ποιους κόμβους είναι προσβάσιμοι καθώς και τα δυνατά μονοπάτια που οδηγούν από έναν κόμβο σε κάποιον άλλον. Ενδιαφέρει επίσης και η παράμετρος της κατεύθυνσης ενός συνδέσμου που καθορίζει ποιος κόμβος είναι η κεφαλή και ποιος η ουρά του συνδέσμου αφού σε πολλά δίκτυα οι σύνδεσμοι δεν είναι δικατευθυνόμενοι με αποτέλεσμα τα δίκτυα αυτά να αναπαρίστανται από γραφήματα κατευθυνόμενους, δηλαδή γραφήματα που δηλώνουν την κατεύθυνση των συνδέσμων τους.

**Συνδεσιμότητα (Connectivity) :** Με τον όρο συνδεσιμότητα αναφερόμαστε στο χαρακτηριστικό του δικτύου που μετρά την “προσπάθεια “, δηλαδή τον ελάχιστο αριθμό συνδέσμων που απαιτούνται για να φθάσουμε από όλους τους κόμβους σε όλους τους υπόλοιπους κόμβους.

**Προσβασιμότητα (Accessibility) :** Η προσβασιμότητα (accessibility) είναι το χαρακτηριστικό του δικτύου που αποτελεί μέτρο της “προσπάθειας” που απαιτείται

για να φθάσουμε σε όλους ή σε κάποιους κόμβους από έναν συγκεκριμένο κόμβο.

**Μονοπάτια- Fundamental circuits :** Τα μονοπάτια είναι από τις βασικότερες έννοιες που ενδιαφέρουν σε ένα δίκτυο. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει για κάποια δίκτυα η έννοια των fundamental circuits. Πρόκειται για κλειστά μονοπάτια που δεν περιέχουν άλλα κλειστά μονοπάτια.

### **1.3 Η δρομολόγηση στο οδικό δίκτυο.**

Η μελέτη της βιβλιογραφίας οδηγεί σε κάποιες παρατηρήσεις σχετικά με τη δρομολόγηση στα μεταφορικά δίκτυα.

Η φύση της εφαρμογής στα μεταφορικά δίκτυα είναι τέτοια που κάνει απαραίτητη τη χρήση διαδικασιών που να είναι ευέλικτες και επαρκείς, τόσο σε ότι αφορά τον χρόνο υπολογισμού όσο και σε ότι αφορά τις απαιτήσεις σε μνήμη. Επειδή δεν υπάρχει βέλτιστος αλγόριθμος για κάθε είδος προβλήματος μεταφορών, η έρευνα στοχεύει στον σχεδιασμό και την υλοποίηση διαδικασιών που είναι ικανές να συλλάβουν τις ιδιαιτερότητες των προβλημάτων προς επίλυση. Μία μεγάλη κατηγορία των διαδικασιών αυτών είναι κατάλληλη για εφαρμογή προς τις απαιτήσεις που έχουμε εμείς από την εφαρμογή και συνήθως επιλύει το πρόβλημα υπό κάποιους περιορισμούς και υποθέσεις που γίνονται για να φθάσουμε γρηγορότερα στη λύση. Οι διαδικασίες αυτές ανήκουν στην κατηγορία των πληροφορημένων αλγορίθμων και συνήθως χρησιμοποιούν κάποιο επαναληπτικό αλγόριθμο, ο οποίος ύστερα από πεπερασμένες επαναλήψεις συγκλίνει στην καλύτερη λύση. Μέσω αυτής αξιολογούν τις επόμενες πιθανές καταστάσεις και επιλέγουν την καλύτερη.

Οι κόμβοι σε τέτοια δίκτυα έχουν διαφορετικά επίπεδα σημασίας γεγονός που μπορούν να αξιοποιήσουν κάποιο επαναληπτικό αλγόριθμο. Υπάρχει εδώ μία αμφίδρομη σχέση αλληλεπίδρασης ανάμεσα στο δίκτυο και τον τρόπο που μοντελοποιείται και τους αλγόριθμους που επιλέγονται για την εφαρμογή και τυχόν επαναληπτικές συναρτήσεις που χρησιμοποιούν (Κωνσταντόπουλος, Π. 2008).

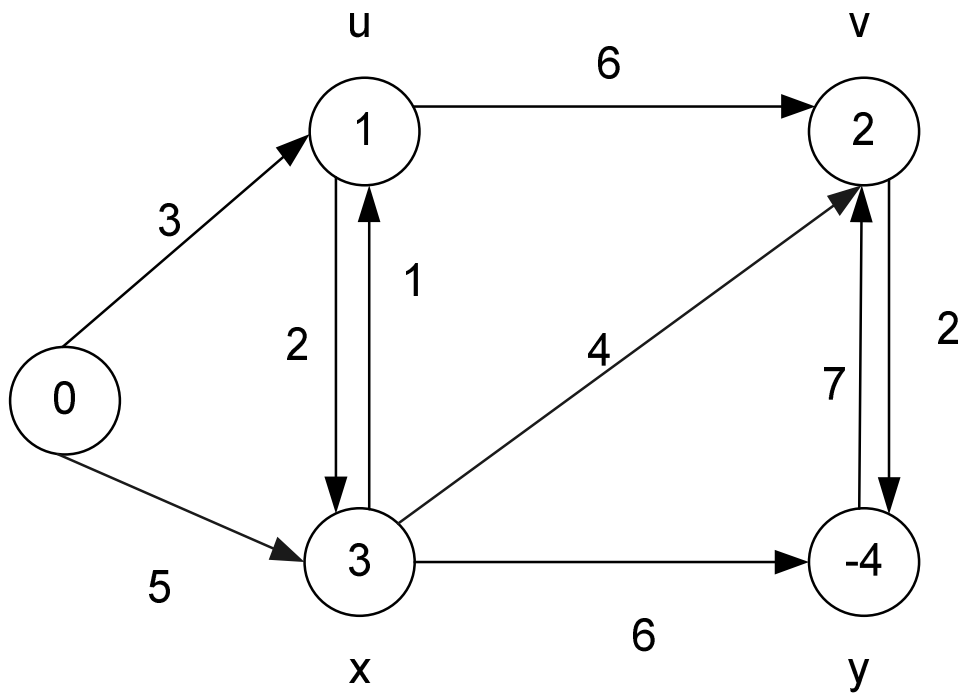
### **1.4 Γραφική απεικόνιση δικτύου**

Για να απεικονίσουμε γραφικά ένα δίκτυο κάνουμε συνήθως τα εξής:

Σε κάθε κόμβο αντιστοιχίζουμε έναν αριθμό που χρησιμεύει για να τον αναγνωρίζουμε από τους υπόλοιπους και ο οποίος τοποθετείται στο εσωτερικό του κύκλου που απεικονίζει τον κόμβο.

Κάθε ακμή απεικονίζεται ως ένα ευθύγραμμο τμήμα που ενώνει δύο κόμβους. Η κατεύθυνση του βέλους δηλώνει τη διάταξη των κόμβων στην ακμή. Επίσης, δίπλα από κάθε ακμή εμφανίζεται ένας αριθμός που είναι το κόστος για να διασχίσουμε τη συγκεκριμένη ακμή (Παναγιωτόπουλος, Α. 1989).

Το γράφημα  $G = (N, E)$  που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα είναι ένα κατευθυνόμενο δίκτυο και θα τον χρησιμοποιήσουμε για να δείξουμε τους τρόπους με τους οποίους μπορεί να αναπαρασταθεί ένα δίκτυο :



**Σχήμα 1.4.α** Αναπαράσταση ενός δικτύου

## 1.5 Η αρχή της βελτιστοποίησης

Πριν αναφερθούμε στον αλγόριθμο δρομολόγησης, μπορούμε να κάνουμε μία γενική παρατήρηση σε ότι αφορά τις βέλτιστες διαδρομές η οποία αναφέρεται ως αρχή της βελτιστοποίησης και ισχύει ανεξάρτητα από την τοπολογία ή την κίνηση του δικτύου (Chris, I., & Gordon, R. 2001).

### Πρόταση

Έστω γράφημα  $G = (N, A)$ . Αν η κορυφή  $k$  βρίσκεται πάνω στη βέλτιστη διαδρομή από την κορυφή  $i$  προς την κορυφή  $j$ , τότε η βέλτιστη διαδρομή από την  $k$  προς την  $j$  είναι τμήμα της ίδιας διαδρομής.

### Απόδειξη

Πράγματι, έστω  $a$  το τμήμα της βέλτιστης διαδρομής από την  $i$  προς την  $k$  και  $b$  το τμήμα της βέλτιστης διαδρομής από την κορυφή  $k$  προς την  $j$ . Αν υπήρχε καλύτερη της  $b$  διαδρομή από την  $k$  προς την  $j$ , θα μπορούσε να αντικαταστήσει την  $b$  βελτιώνοντας έτσι την διαδρομή από την  $i$  προς την  $j$ . Αυτό όμως είναι άτοπο, αφού έχουμε υποθέσει ότι η διαδρομή  $a$ - $b$  από την  $i$  προς την  $j$  είναι βέλτιστη.

Μία βασική ιδιότητα που απορρέει από την αρχή της βελτιστοποίησης είναι ότι όλες οι βέλτιστες διαδρομές από μία πηγή προς οποιονδήποτε προορισμό σχηματίζουν δένδρο με ρίζα την πηγή. Το δένδρο αυτό είναι γνωστό ως δένδρο συντομότερων μονοπατιών και δεν είναι απαραίτητως μοναδικό.

Σκοπός των περισσότερων αλγορίθμων δρομολόγησης είναι να κατασκευάσουν ένα τέτοιο δένδρο. Τότε, το συντομότερο μονοπάτι από την αφετηρία προς κάποιον προορισμό είναι γνωστό μέσω του δένδρου και αφού ένα δένδρο δεν περιέχει βρόχους είναι πεπερασμένο.

## 1.6 Μελέτη στα μεταφορικά δίκτυα

Μέχρι εδώ περιγράψαμε για τους τρόπους με τους οποίους μπορεί να αναπαρασταθεί γραφικά ένα δίκτυο και είδαμε τις βασικότερες έννοιες καθώς και τα μεγέθη που συνήθως χρησιμοποιούνται ως «μέτρα» ενός δικτύου.

Στην παράγραφο αυτή, θα επικεντρώσουμε στα μεταφορικά δίκτυα. Πιο συγκεκριμένα, θα αναφέρουμε συνοπτικά κάποιες παρατηρήσεις για το πρόβλημα της δρομολόγησης σε μεταφορικά δίκτυα. Επίσης, θα επιχειρήσουμε να συνοψίσουμε τις παραμέτρους που εμφανίζονται συχνά όταν μελετάμε τη δρομολόγηση σε ένα μεταφορικό δίκτυο και επίσης θα αναφερθούμε στις βασικότερες κατευθύνσεις προς

τις οποίες έχει στραφεί η έρευνα στον τομέα των δικτύων μεταφοράς τα τελευταία χρόνια (Κωνσταντόπουλος, Π. 2008).

### **1.6.1 Το πρόβλημα δρομολόγησης σε μεταφορικά δίκτυα**

Η φύση της εφαρμογής στα μεταφορικά δίκτυα είναι τέτοια που κάνει απαραίτητη τη χρήση διαδικασιών που να είναι ευέλικτες και επαρκείς σε ότι αφορά τον χρόνο τρεξίματος των αλγορίθμων που χρησιμοποιούνται για τη δρομολόγηση, αλλά και σε ότι αφορά τις απαιτήσεις σε μνήμη του υπολογιστικού συστήματος που χρησιμοποιούμε.

Είναι κοινά αποδεκτό ότι δεν υπάρχει βέλτιστος αλγόριθμος για τη δρομολόγηση σε κάθε μεταφορικό δίκτυο. Στη γενική περίπτωση, προσπαθούμε να κάνουμε δρομολόγηση χρησιμοποιώντας τους αλγόριθμους που μας παρέχει η θεωρία, βασισμένοι μόνο στον ορισμό του προβλήματος και χωρίς εξωτερικές παρεμβάσεις και παραδοχές.

Ωστόσο, πολλές φορές το μέγεθος του δικτύου αλλά και οι ιδιαιτερότητες των δικτύων είναι τέτοιες που η αποκλειστική και πιστή εφαρμογή των αλγορίθμων ουσιαστικά να καθιστούν το πρόβλημα ανεπίλυτο. Πολλές φορές για πρακτικούς λόγους θέλουμε να καθοδηγήσουμε την αναζήτηση για να φθάσουμε γρηγορότερα στη λύση του προβλήματος.

Για τους παραπάνω λόγους, η έρευνα στον τομέα των μεταφορικών δικτύων στοχεύει στον σχεδιασμό και την υλοποίηση “ ad- hoc “ διαδικασιών, δηλαδή διαδικασιών που είναι ικανές να συλλάβουν τις ιδιαιτερότητες του προβλήματος όπως αυτές διαμορφώνονται στο δίκτυο που επιχειρούμε να κάνουμε δρομολόγηση.

Το ζητούμενο είναι οι διαδικασίες αυτές να συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις που έχουμε εμείς από την εφαρμογή και να επιλύουν το πρόβλημα υπό κάποιους περιορισμούς και υποθέσεις που κάνουμε για να φθάσουμε γρηγορότερα στη λύση. Οι διαδικασίες αυτές ανήκουν στην κατηγορία των πληροφορημένων αλγορίθμων αναζήτησης και συνήθως χρησιμοποιούν «ευριστικές» τεχνικές (Κωνσταντόπουλος, Π. 2008).

### **1.6.2 Ευριστικές τεχνικές**

Με τον όρο «ευριστικές» τεχνικές εννοούμε ακριβώς τις τεχνικές εκείνες που χρησιμοποιούμε για να καθοδηγήσουμε «έξυπνα» την αναζήτηση προς την κατεύθυνση εκείνη που θεωρούμε ότι θα οδηγήσει γρηγορότερα σε λύση. Οι τεχνικές

αυτές είτε ταξινομούν την σειρά με την οποία εξετάζονται οι πιθανές λύσεις με κάποιο κριτήριο- χωρίς να μειώνουν την ικανότητα του αλγορίθμου να βρει λύση- είτε περιορίζουν τον χώρο αναζήτησης – αναζητώντας τη λύση μέσα στον νέο, πολύ μικρότερο χώρο.

Ο τρόπος με τον οποίο γίνεται αυτή η καθοδήγηση είναι μέσω κάποιας συνάρτησης που αναφέρεται ως «ευριστική» και εκτιμά την «αξία» της κάθε πιθανής κατάστασης. Μετά από αυτήν την αξιολόγηση των επόμενων πιθανών καταστάσεων επιλέγεται η καλύτερη (Κωνσταντόπουλος, Π. 2008).

### **1.6.3 Μοντελοποίηση δικτύου**

Ιδιαίτερα σημαντικός είναι ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η μοντελοποίηση του δικτύου. Με τον όρο αυτό εννοούμε τον τρόπο με τον οποίο οργανώνουμε τους κόμβους στο δίκτυο, τα χαρακτηριστικά τους που επιλέγουμε να αναπαραστήσουμε αλλά και τις κατηγορίες στις οποίες διακρίνονται αυτοί οι κόμβοι με βάση κάποια κριτήρια. Σ' αυτό το τελευταίο θα σταθούμε σ' αυτήν την παράγραφο.

Ο στόχος είναι να υπάρχει μία «καλή» σχέση ανάμεσα στη μοντελοποίηση και στα heuristics, δηλαδή τις «ευριστικές» τεχνικές που χρησιμοποιούν οι αλγόριθμοι που θα «τρέξουν» στο δίκτυο.

Οι κόμβοι στα μεταφορικά δίκτυα έχουν συνήθως διαφορετικά επίπεδα σημασίας. Δηλαδή, υπάρχουν κόμβοι που είναι πιο κεντρικοί, που ενώνουν γραμμές ή αποτελούν σημεία ιδιαίτερου ενδιαφέροντος για λόγους που ποικίλλουν ανάλογα με το μεταφορικό δίκτυο και για τον λόγο αυτό είναι περισσότερο «σημαντικοί» από τους υπόλοιπους κόμβους στο δίκτυο. Με λίγα λόγια, οι κόμβοι στα μεταφορικά δίκτυα μπορούν να διακριθούν σε διαφορετικά επίπεδα ανάλογα με τη σημασία τους και στόχος μας είναι οι «ευριστικοί» αλγόριθμοι που θα χρησιμοποιήσουν να αξιοποιήσουν αυτό το γεγονός.

Εδώ λοιπόν, εντοπίζεται μία σχέση αλληλεπίδρασης ανάμεσα στο δίκτυο και τον τρόπο που μοντελοποιείται και τους αλγόριθμους που επιλέγονται προς εφαρμογή και τις «ευριστικές» τεχνικές που αυτοί χρησιμοποιούν.

Δηλαδή, ο τρόπος που επιλέγουμε να μοντελοποιήσουμε το δίκτυο ( λ.χ. τα ιεραρχικά επίπεδα στα οποία το οργανώνουμε ) μπορούν να καθοδηγήσουν την επιλογή των heuristics που θα εφαρμόσουμε στους αλγορίθμους και αντίστροφα, αν έχουμε κατά νου ποια heuristics θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε στην εφαρμογή,

μπορούμε να μοντελοποιήσουμε το δίκτυο έτσι ώστε να επωφελείται από την εφαρμογή τους στο μέγιστο (Κωνσταντόπουλος, Π. 2008).

#### **1.6.4 Συνήθεις εφαρμογές- διαδικασίες που συναντάμε σε δίκτυα**

Στις παραγράφους που ακολουθούν περιγράφουμε μερικές από τις πιο συνηθισμένες εφαρμογές που συναντάμε σε μεταφορικά δίκτυα. Οι περισσότερες από αυτές αφορούν σε οδικά δίκτυα. Αυτό γιατί πρόκειται για δίκτυα στα οποία εκτελείται δρομολόγηση και τα οποία περιέχουν γεωγραφική πληροφορία που η δρομολόγηση λαμβάνει υπ' όψιν της. Ας δούμε ποιες είναι αυτές οι διαδικασίες (Bang, J., & Gustin, G. 2008) :

##### **1.6.4.1 Διαδικασία Geocoding**

Η διαδικασία αυτή δημιουργεί μία σχέση ανάμεσα σε χωρικά (locational) δεδομένα σε μία βάση δεδομένων και σε δεδομένα διευθύνσεων δρόμου τα οποία συνήθως εμφανίζονται υπό τη μορφή πίνακα.

Σε πολλές εφαρμογές, υπάρχουν δεδομένα διευθύνσεων που διατίθενται μόνο υπό την μορφή πίνακα. Το geocoding λοιπόν παρέχει έναν πολύ βολικό μηχανισμό για την εγκαθίδρυση μίας σχέσης βάσης δεδομένων μεταξύ γεωγραφικών τοποθεσιών και διευθύνσεων.

Υπάρχουν πολλά παραδείγματα geocoding. Για παράδειγμα, οι διευθύνσεις πελατών μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να δημιουργηθούν χάρτες που ομαδοποιούν τους πελάτες ανάλογα με την αγοραστική τους συμπεριφορά. Ή στον τομέα της εγκληματολογίας μετά από διαδικασίες ανάλυσης, οι διευθύνσεις στις οποίες γίνονται εγκλήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να δημιουργήσουν χάρτες με «επικίνδυνα» σημεία.

##### **1.6.4.2 Διαδικασία location- allocation**

Η διαδικασία αυτή είναι μία διαδικασία καθορισμού των βέλτιστων τοποθεσιών για έναν αριθμό από facilities που βασίζεται σε κάποια κριτήρια και ταυτόχρονα πραγματοποιεί ανάθεση του πληθυσμού σ' αυτές τις facilities.

Η ανάλυση location- allocation συνήθως χρησιμοποιείται τόσο στον δημόσιο όσο και στον ιδιωτικό τομέα. Ο καθορισμός τοποθεσιών για καταστήματα, εστιατόρια, τράπεζες, εργοστάσια και αποθήκες ανήκει στον ιδιωτικό τομέα. Αντίστοιχα στον δημόσιο τομέα, η επιλογή τοποθεσιών για βιβλιοθήκες, νοσοκομεία,



ταχυδρομεία και σχολεία μπορεί να υποστηριχθεί από τα αποτελέσματα ανάλυσης που προκύπτουν από location- allocation μοντέλα.

#### **1.6.4.3 Business logistics**

Για πολλές επαγγελματικές εφαρμογές, η βελτιστοποίηση της δρομολόγησης οχημάτων και δημιουργίας προγραμμάτων προς παράδοση, είναι ζωτικής σημασίας. Τα business logistics ασχολούνται με τη βελτιστοποίηση αυτού του είδους. Για το λόγο αυτό, τα γεωγραφικά πληροφοριακά συστήματα ( GIS ) συνιστούν ιδανικό περιβάλλον για αναλύσεις που σχετίζονται με τα business logistics.

#### **1.6.4.4 Χωρική αλληλεπίδραση και μοντελοποίηση βαρύτητας (Spatial interaction and gravity modeling )**

Η αλληλεπίδραση μεταξύ διαφορετικών τοποθεσιών στον γεωγραφικό χώρο και η μαθηματική μοντελοποίηση αυτής της αλληλεπίδρασης είναι σημαντικές για τομείς εφαρμογών όπως είναι η ανάλυση των μεταφορών. Τα μοντέλα βαρύτητας είναι μοντέλα που χρησιμοποιούνται συχνά για να υποστηρίξουν αυτές τις αναλύσεις. Η μοντελοποίηση βαρύτητας μπορεί να υποστηριχθεί μέσω ανάλυσης δικτύου σε GIS περιβάλλον.

#### **1.6.4.5 Δυναμική τμηματοποίηση**

Η δυναμική τμηματοποίηση είναι ένα συγκεκριμένο μοντέλο δικτύου που χρησιμοποιείται για να αναπαραστήσει, να αναλύσει, να αναζητήσει και να παρουσιάσει γραμμικά χαρακτηριστικά. Η βασική διαφορά ανάμεσα στη δυναμική τμηματοποίηση και την αναπαράσταση δικτύου όπως κλασικά τη γνωρίζουμε είναι ότι η δυναμική τμηματοποίηση έχει την ευελιξία να συνδέσει ένα χαρακτηριστικό με ένα τμήμα ακμής ή περισσότερων ακμών (λ.χ. μέσω του καθορισμού ενός δρομολογίου ).

Η δυναμική τμηματοποίηση χρησιμοποιείται συχνά για την μοντελοποίηση γραμμικών χαρακτηριστικών όπως είναι οι λεωφόροι, οι ενεργειακές γραμμές, οι δρόμοι πόλεων και οι τηλεφωνικές γραμμές.

### **1.6.5 Ενδιαφέρουσες κατηγορίες προβλημάτων δρομολόγησης σε μεταφορικά δίκτυα**

Στην παράγραφο αυτή, θα αναφερθούμε στις πιο σημαντικές κατηγορίες προβλημάτων δρομολόγησης που μπορεί να συναντήσει κανείς στα μεταφορικά δίκτυα. Οι κατηγορίες αυτές υποδεικνύουν την κατεύθυνση προς την οποία έχει στραφεί η έρευνα τα τελευταία χρόνια στον τομέα των μεταφορών :

#### **1.6.5.1 Προβλήματα συντομότερων μονοπατιών πολλών κριτηρίων (multicriteria shortest- paths problems )**

Στα περισσότερα προβλήματα δρομολόγησης στον τομέα των μεταφορικών δικτύων, οι σύνδεσμοι διακρίνονται από δύο ή και περισσότερα χαρακτηριστικά όπως μήκος, κόστος, χρόνος κ.λ.π. Σε κάποια από τα προβλήματα αυτά είναι δυνατόν και θέλουμε να ενοποιήσουμε τα χαρακτηριστικά αυτά σε ένα και μοναδικό χαρακτηριστικό το οποίο αναφέρεται ως «γενικευμένο κόστος» και προκύπτει από συνδυασμό των παραπάνω επιμέρους χαρακτηριστικών. Στην περίπτωση αυτή αναζητούμε μονοπάτια με ελάχιστο «γενικευμένο κόστος».

Ωστόσο, σε κάποιες περιπτώσεις, ο συγκερασμός των χαρακτηριστικών είτε δεν είναι εφικτός είτε δεν εξυπηρετεί οπότε και πρέπει να αντιμετωπίσουμε τα χαρακτηριστικά ως διακεκριμένα για να βρούμε βέλτιστες λύσεις.

Ας φανταστούμε για παράδειγμα ότι βρισκόμαστε σε ένα δίκτυο με πολλαπλά μέσα μαζικής μεταφοράς στο οποίο σύνολα ακμών που αντιπροσωπεύουν υπομονοπάτια του προς εύρεση μονοπατιού από την αφετηρία προς τον προορισμό συνοδεύονται από τα εξής μεγέθη : χρονικό κόστος και οικονομικό κόστος.

Σε ένα τέτοιο δίκτυο μπορεί να αναζητούμε το μονοπάτι με το μικρότερο χρονικό κόστος, δηλαδή το συντομότερο «χρονικά» μονοπάτι του οποίου επιπλέον το οικονομικό κόστος να μην ξεπερνά κάποιο καθορισμένο ποσό.

Στο πρόβλημα αυτό είναι φανερό ότι δεν επιτρέπεται ο συγκερασμός των χαρακτηριστικών διότι ενώ θέλουμε μονοπάτι με το ελάχιστο χρονικό κόστος δεν μας ενδιαφέρει το οικονομικό κόστος να είναι ελάχιστο παρά μόνο μικρότερο από κάποια ορισμένη τιμή. Είναι φανερό ότι το χρονικό και το οικονομικό κόστος εδώ πρέπει να αντιμετωπιστούν ως δύο ξεχωριστά χαρακτηριστικά.

Τα προβλήματα αυτού του είδους είναι γνωστά ως multicriteria shortest-paths προβλήματα. Το απλούστερο από αυτά είναι το πρόβλημα των δύο κριτηρίων που διατυπώνεται ως εξής (Chris, I., & Gordon, R. 2001):

Δοθέντος ενός γραφήματος  $G = (N, A)$  υποθέτουμε ότι δύο μέτρα  $c_{ij}$  και  $w_{ij}$  συνδέονται με κάθε ακμή  $(i, j) \in A$ , τα οποία ονομάζονται κόστος και βάρος της ακμής  $(i, j)$  αντίστοιχα. Έστω  $P$  το σύνολο ακμών σ' ένα μονοπάτι από μία δεδομένη αφετηρία προς έναν δεδομένο προορισμό και έστω  $C(P)$  και  $W(P)$ , δηλαδή το κόστος και το βάρος του  $P$  δύο συναρτήσεις του κόστους και του βάρους, αντιστοίχως, των ακμών του  $P$  :

$$C(P) = f(\{c_{ij} : (i,j) \in P\}), W(P) = g(\{w_{ij} : (i,j) \in P\}).$$

Έστω  $\Pi$  η οικογένεια όλων των εφικτών υποσυνόλων των ακμών, δηλαδή οι ακμές στα μονοπάτια από τη δεδομένη αφετηρία προς τον δεδομένο προορισμό. Το  $P \in \Pi$  είναι ένα dominated path αν υπάρχει μονοπάτι  $P' \in \Pi$  τέτοιο ώστε  $C(P) \geq C(P')$ ,  $W(P) \geq W(P')$  και τουλάχιστον μία αυστηρή ανισότητα ισχύει. Διαφορετικά, το  $P$  λέγεται ότι είναι non dominated ή efficient. Το πρόβλημα των δύο κριτηρίων είναι να βρεθεί η υπο-οικογένεια που αποτελείται από όλα τα efficient μονοπάτια από την δεδομένη αφετηρία προς τον δεδομένο προορισμό.

### 1.7 Δυναμικά προβλήματα ελάχιστης διαδρομής

Ένα από τα πιο βασικά χαρακτηριστικά που ενδιαφέρουν σχεδόν πάντα σε προβλήματα δρομολόγησης σε μεταφορικά δίκτυα είναι ο χρόνος. Η κατηγορία προβλημάτων που λαμβάνουν υπ' όψιν τους τον χρόνο είναι γνωστή ως κατηγορία των dynamic shortest-path προβλημάτων.

Στα προβλήματα αυτά, το κυριότερο μέγεθος είναι ο χρόνος μεταφοράς ή καθυστέρηση  $d_{ij}(t)$  το οποίο συνδέεται με την ακμή  $(i, j)$  με τον εξής τρόπο :

Αν  $t$  είναι ο χρόνος αναχώρησης από την κορυφή  $i$ , τότε  $t + d_{ij}(t)$  είναι ο χρόνος άφιξης στην κορυφή  $j$ . Η καθυστέρηση λαμβάνεται υπ' όψιν ανεξάρτητα από τυχόν άλλα μέτρα που επιβαρύνουν την ακμή, π.χ. το κόστος  $c_{ij}$  και το βάρος  $w_{ij}$  για το πρόβλημα των δύο κριτηρίων.

Ωστόσο, ο χρόνος μπορεί να υπεισέρχεται στα προβλήματα αυτού του είδους και με διαφορετικούς τρόπους : μπορεί να υπάρχει η δυνατότητα αναμονής στις κορυφές. Στην περίπτωση αυτή, θεωρούμε το κόστος αναμονής  $w_i(t)$ , που αντιπροσωπεύει το κόστος αναμονής στην κορυφή  $i$ , τη χρονική στιγμή  $t$ .

Έχουν ορισθεί και αναλυθεί διάφορα μοντέλα για τα dynamic shortest path προβλήματα που ποικίλλουν ανάλογα με τις ιδιότητες των συναρτήσεων καθυστέρησης, τη δυνατότητα αναμονής στις κορυφές και την επιλογή του χρόνου αναχώρησης από την κορυφή- αφετηρία.

Έτσι, οι συναρτήσεις καθυστέρησης μπορούν να είναι διακριτές ή συνεχείς. Η αναμονή μπορεί να μην επιτρέπεται ή μπορεί να επιτρέπεται : σε οποιαδήποτε κορυφή ή μόνο στην κορυφή- αφετηρία.

Τέλος, υπάρχουν μοντέλα που απευθύνονται σε dynamic shortest path προβλήματα για καθορισμένο χρόνο αναχώρησης και μοντέλα για προβλήματα που εξετάζουν όλους τους δυνατούς χρόνους αναχώρησης.

Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην παραδοχή ότι το πρωτότερο αγορασμένο εμπόρευμα, πουλιέται πρώτο. Έτσι η ποσότητα και η αξία των αποθεμάτων προέρχεται από τις τελευταίες αγορές, ενώ η ποσότητα και η αξία των πωληθέντων εμπορευμάτων προέρχεται από τα αρχικά αποθέματα και τις πρώτες αγορές μέχρι να συμπληρωθεί η ποσότητα των προϊόντων (Bang, J., & Gustin, G. 2008).

### **1.8 Ιδιαιτερότητες των μεταφορικών δικτύων. Η FIFO συμπεριφορά στα μεταφορικά δίκτυα**

Καθοριστικός παράγοντας για την πολιτική επιλογής της διανομής των φαρμάκων σε ένα μεταφορικό οδικό δίκτυο είναι το αν οι ακμές τους εμφανίζουν FIFO συμπεριφορά. Ας δούμε όμως τι είναι η FIFO first-in first out συμπεριφορά : Λέμε ότι η ακμή (i, j) ενός δικτύου εμφανίζει FIFO συμπεριφορά όταν το να φύγει κανείς από την κορυφή i κάποια χρονική στιγμή  $t_h$  εγγυάται ότι θα φθάσει νωρίτερα στην κορυφή j κινούμενος κατά μήκος της ακμής (i, j) από κάποιον που θα φύγει από την κορυφή i τη χρονική στιγμή  $t_k$  που έπεται της  $t_h$ . Μαθηματικά διατυπωμένο το παραπάνω έχει ως εξής :

$$t_h + d_{ij}(t_h) \leq t_k + d_{ij}(t_k), \text{ για κάθε } t_h < t_k$$

Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην παραδοχή ότι το πρωτότερο αγορασμένο εμπόρευμα, πουλιέται πρώτο, στην προκειμένη περίπτωση αυτό το δέμα φαρμάκων οπού εισέρχεται πρώτο παραδίδετε και πρώτο. Έτσι η ποσότητα και η αξία των αποθεμάτων προέρχεται από τις τελευταίες αγορές, ενώ η ποσότητα και η αξία των πωληθέντων εμπορευμάτων προέρχεται από τα αρχικά αποθέματα και τις πρώτες αγορές μέχρι να συμπληρωθεί η ποσότητα των προϊόντων (Bang, J., & Gustin, G. 2008).

## 1.9 Ανάλυση δικτύων διανομής -Στρατηγική διοικητικών μεριμών

Η στρατηγική αυτή διαμορφώνει και αναπτύσσει τις βέλτιστες λύσεις σε περιφερειακά, εθνικά ή παγκόσμια δίκτυα διανομής μειώνει τις δαπάνες και τους όγκους διανομής προτύπων δικτύων. Επιτρέπει σημαντικές βελτιώσεις στην εξυπηρέτηση πελατών, βελτιώσεις στις εγκαταστάσεις, στα σχέδια αποθηκών των εμπορευμάτων και βελτιώσεις στην κατασκευή. Δίνει ευκαιρίες στον ανασχεδιασμό του εξοπλισμού, υποστηρίζει τις μεταφορές, επιτρέπει την επιλογή των προμηθευτών αλλά και διαχείριση της διαδικασίας αυτής. Επίσης επιτρέπει συμφωνίες και συμβάσεις.

Οι αποθήκες διανομής, οι εγκαταστάσεις αποθηκών εμπορευμάτων ή κατασκευής πρέπει να τοποθετούνται στη σωστή θέσεων της αγοράς, αλλιώς το αποτέλεσμα θα μπορούσε να είναι δυσαρεστημένοι οι πελάτες και πολλές περιττές δαπάνες. Οι επιχειρήσεις με την αυξανόμενη πίεση πρέπει να βελτιώσουν τα επίπεδα εξυπηρέτησης πελατών, συγχρόνως μειώνοντας τις δαπάνες των διαδικασιών των διοικητικών μεριμών τους.

Η αντιμετώπιση της διπλής πρόκλησης της βελτίωσης εξυπηρετήσεων πελατών και της μείωσης δαπανών τοποθετείται τώρα στο κεντρικό στάδιο σχεδίου δικτύων διανομής ως βασική επιχειρησιακή προτεραιότητα. Διαμορφώνεται δηλαδή κάθε πτυχή του δικτύου διανομής της επιχείρησης, που περιλαμβάνει : ροή προϊόντων, θέσεις πελατών, προβλέψεις πωλήσεων και σχεδιαγράμματα κινδύνου.

Χρησιμοποιώντας την προκύπτουσα εικόνα στοιχείων για να αναπτυχθούν πιθανές εναλλακτικές στρατηγικές διανομής που απεικονίζουν και τα τρέχοντα και βέλτιστα σχέδια δικτύων. Αυτό επιτρέπει να αναπτυχθούν σχετικά σύντομα επιλογές στρατηγικής για να διευκολυνθεί η αποτελεσματική λήψη αποφάσεων με την βοήθεια του εσωτερικού ελέγχου (Audit).

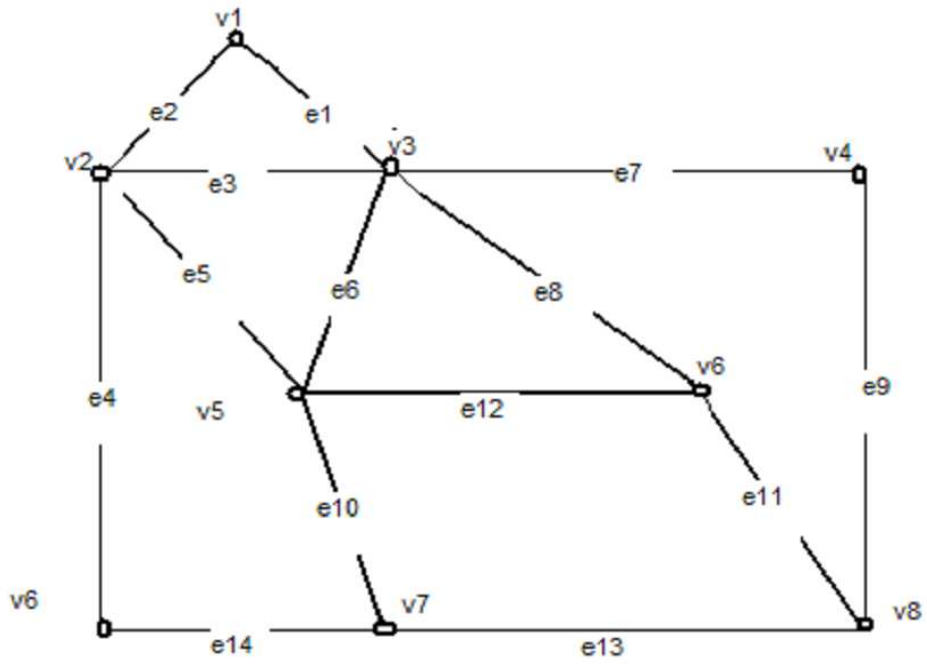
### 1.10 Ορισμός ελάχιστων επικαλύπτων δέντρων

Ονομάζουμε επικαλύπτων δένδρο ενός συνεκτικού γραφήματος κάθε επικαλύπτων υπογράφημα του που είναι δένδρο (Bang, J., & Gustin, G. 2008).

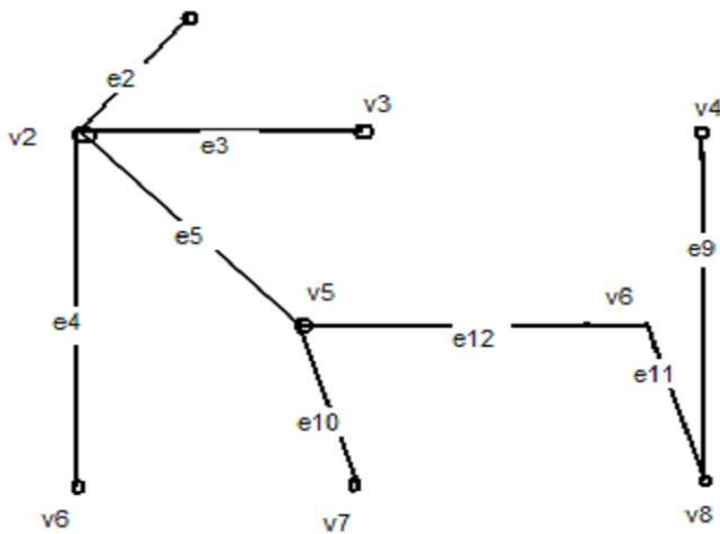
Έστω ότι έχουμε ένα επικαλύπτων δέντρο  $T$  του γραφήματος  $G$ . Ένα κλαδί του δέντρου είναι μια γραμμή του γραφήματος που ανήκει στο δένδρο. Μια χορδή του δέντρου είναι μια γραμμή του γραφήματος που δεν ανήκει στο δένδρο. Το σύνολο των χορδών του δέντρου αναφέρεται ως συμπλήρωμα του δέντρου.

Ας υποθέσουμε ότι έχουμε ένα συνεκτικό γράφημα  $G$ . Αν το γράφημα δεν περιέχει κανένα κύκλο, τότε το  $G$  θα είναι δένδρο. Αν το γράφημα περιέχει ένα ή περισσότερους κύκλους τότε μπορούμε να αφαιρέσουμε μία γραμμή από ένα από τους κύκλους και να έχουμε πάλι ένα συνεκτικό υπογράφημα. Αν το νέο γράφημα δεν περιέχει κύκλους τότε θα έχουμε ένα επικαλύπτων δένδρο του γραφήματος. Αν το νέο γράφημα έχει κύκλους, τότε μπορούμε να συνεχίσουμε την αφαίρεση γραμμών από κύκλους μέχρι να έχουμε ένα επικαλύπτων δένδρο. Άρα για κάθε συνεκτικό γράφημα μπορούμε να βρούμε ένα επικαλύπτων δένδρο του.

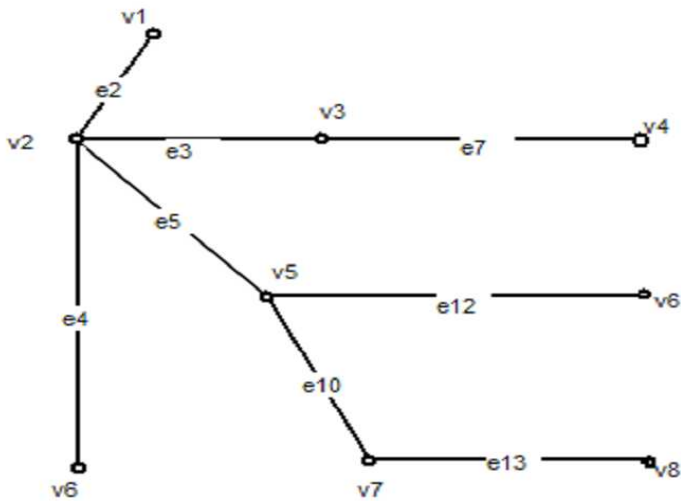
Τα επικαλύπτοντα δένδρα έχουν σημαντική εφαρμογή σε πρακτικά προβλήματα στα οποία απαιτείται η διατήρηση ενός ελάχιστου δικτύου επικοινωνίας ανάμεσα στα σημεία ενός γραφήματος. Για παράδειγμα αν θεωρήσουμε στο γράφημα του σχήματος 1.10.α τα σημεία αναπαριστούν τα χωριά μιας δυσπρόσιτης περιοχής και οι γραμμές αναπαριστούν τους δρόμους που ενώνουν τα χωριά μεταξύ τους. Είναι σημαντικό να προσδιορίσουμε ένα υποσύνολο από δρόμους οι οποίοι θα πρέπει να παραμένουν ανοιχτοί συνέχεια, έτσι ώστε να μπορούμε μέσα από αυτούς να πηγαίνουμε από το ένα χωριό στο άλλο ακόμη και σε περίπτωση σφοδρής κακοκαιρίας. Στο παράδειγμα αυτό, αν διατηρήσουμε ανοιχτούς τους δρόμους που αντιστοιχούν στις γραμμές ενός επικαλύπτοντος δέντρου, είμαστε σίγουροι ότι για δύο οποιαδήποτε χωριά θα υπάρχουν ανοιχτοί δρόμοι που θα εξασφαλίζουν τη μεταξύ τους επικοινωνία. Επιπλέον, αυτό θα είναι ένα ελάχιστο σύνολο από δρόμους που πρέπει να παραμένουν ανοιχτοί.



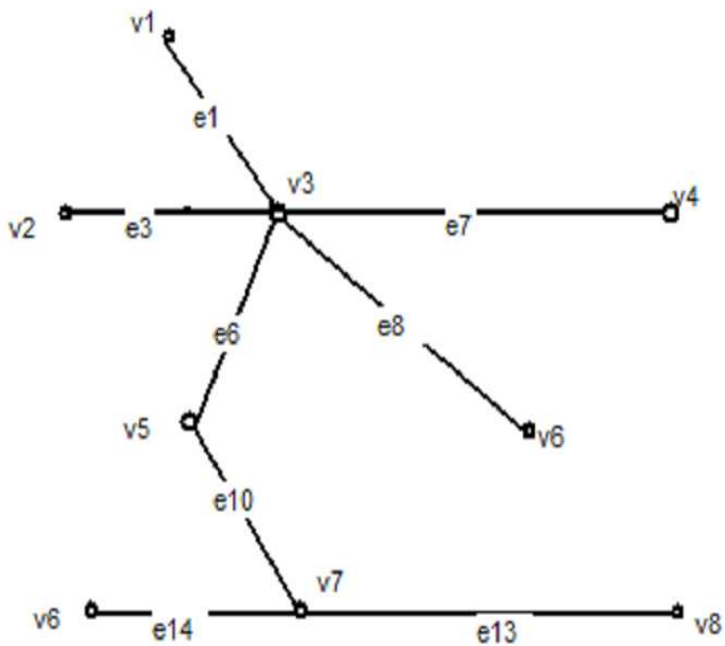
Σχήμα 1.10.α Συνεκτικό γράφημα



Σχήμα 1.10.β Επικαλύπτον δένδρο



Σχήμα 1.10.γ Επικαλύπτον δένδρο



Σχήμα 1.10.δ Επικαλύπτον δένδρο

Τα γραφήματα στα σχήματα 1.10 β-γ-δ είναι όλα επικαλύπτοντα δένδρα του γραφήματος 1.10.α. Γίνεται φανερό λοιπόν ότι ένα συνεκτικό γράφημα μπορεί να έχει περισσότερα από ένα επικαλύπτοντα δένδρα.

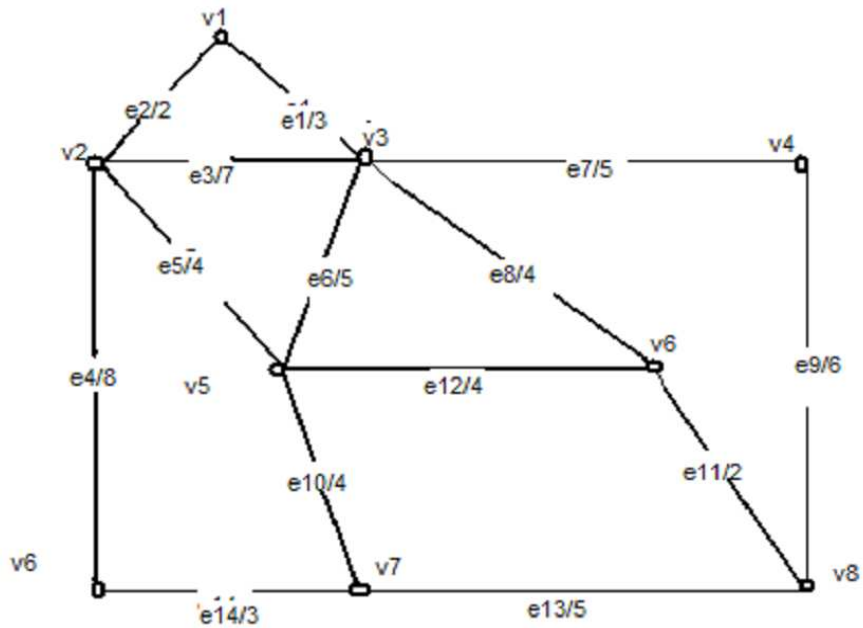


### **1.10.1 Μη βεβαρημένο γράφημα**

Ξεκινούμε με την τυχαία επιλογή μίας γραμμής και των σημείων τα οποία αυτή συνδέει. Έτσι έχουμε ένα δένδρο με δύο σημεία και μία γραμμή. Σε κάθε επανάληψη προσθέτουμε στο δένδρο μία οποιαδήποτε επιπλέον γραμμή του αρχικού γραφήματος ( και τα αντίστοιχα σημεία της ) υπό τη μόνη προϋπόθεση ότι η νέα γραμμή που προσθέτουμε μαζί με τις γραμμές που ήδη υπάρχουν στο δένδρο να μην σχηματίζουν κύκλο, δηλαδή ας υποθέσουμε πως έχουμε τέσσερα σημεία αυτά τα τέσσερα σημεία δεν θα πρέπει να ενώνονται μεταξύ τους με μονοπάτια. Η διαδικασία ολοκληρώνεται όταν προσθέσουμε στο υπογράφημα όλα τα σημεία του αρχικού γραφήματος.

### **1.10.2 Βεβαρημένο γράφημα**

Τις περισσότερες φορές όμως στην πράξη έχουμε να κάνουμε με ένα βεβαρημένο γράφημα. Για παράδειγμα στο σχήμα 1.10.2.α δίπλα στο όνομα κάθε γραμμής έχουμε και την πληροφορία της χιλιομετρικής απόστασης ανάμεσα στα δύο χωρία που ενώνονται από την γραμμή αυτή. Στις περιπτώσεις αυτές μας ενδιαφέρει να βρούμε το επικαλύπτον δένδρο με το ελάχιστο βάρος δηλαδή από όλα τα επικαλύπτοντα δένδρα να επιλέξουμε αυτό που το άθροισμα των βαρών των γραμμών του είναι ελάχιστο. Τα δένδρα αυτά λέγονται **ελάχιστα επικαλύπτοντα δένδρα**.



**Σχήμα 1.10.2.α** Βεβαρημένο γράφημα

Ο αλγόριθμος που ακολουθούμε για να βρούμε το ελάχιστο επικαλύπτον δένδρο ενός γραφήματος με  $|V|$  σημεία οφείλεται στον **Kruskal** (ο αλγόριθμος αναπτύσσεται στο βιβλίο των Bang, J., & Gustin, G. 2008) και έχει ως εξής :

1) Αρχικά ξεκινούμε με ένα κενό δένδρο  $T$  και ταξινομούμε όλες τις γραμμές του γραφήματος σε αύξουσα σειρά βάρους.

2) Εισάγεται στο  $T$  η γραμμή με το μικρότερο βάρος που δεν ανήκει στο δένδρο και δεν δημιουργεί κύκλο με τις υπόλοιπες γραμμές του δένδρου.

3) επαναλαμβάνουμε το βήμα 2 μέχρι να εισαχθούν  $|V| - 1$  γραμμές στο δένδρο.

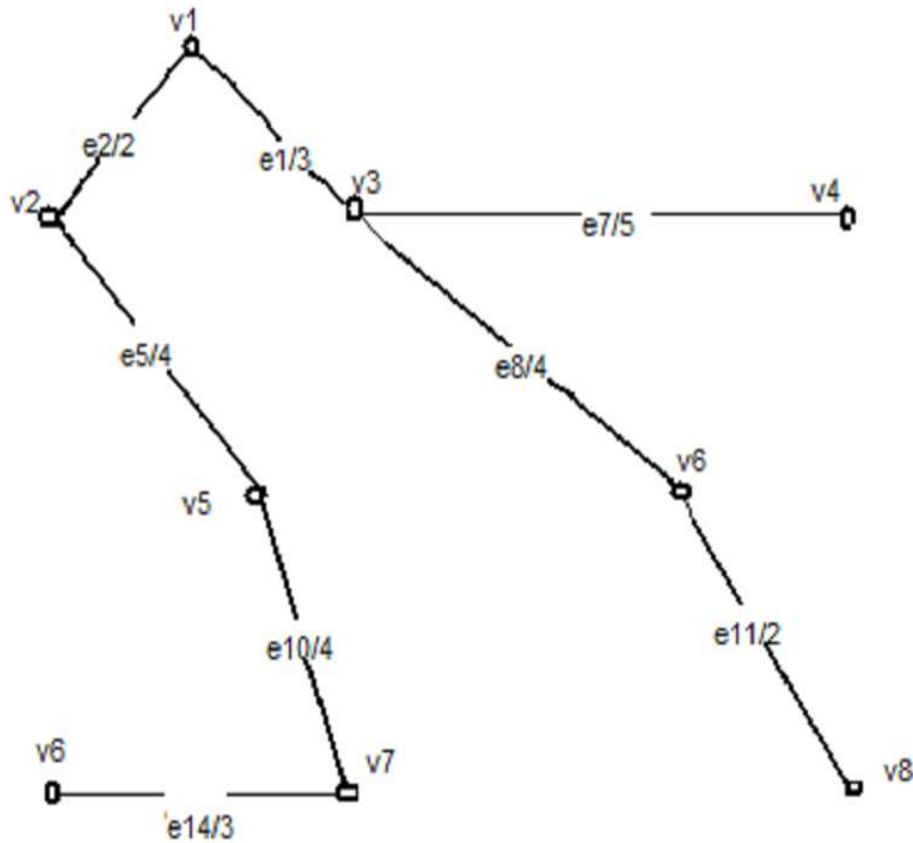
Εφαρμόζουμε τον παραπάνω αλγόριθμο στο γράφημα του σχήματος 1.10.2.α. Αρχικά ταξινομούμε τις γραμμές σε αύξουσα σειρά βάρους :

Γραμμή	Βάρος
e 2	2
e 11	2
e 1	3
e 14	3

e 5	4
e 8	4
e 10	4
e 12	4
e 6	5
e 13	5
e 9	6
e 3	7
e 7	7
e 4	8

**Πίνακας 1.10.2.β** Πινάκας ταξινόμησης σε αύξουσα σειράς βάρους.

Στη συνέχεια προσθέτουμε στο αρχικά κενό δένδρο  $T$  τις γραμμές με το μικρότερο βάρος που δεν ανήκουν στο δένδρο και δεν δημιουργούν κύκλο με τις υπόλοιπες γραμμές του δένδρου. Οι γραμμές  $e_2, e_{11}, e_1, e_{14}, e_5, e_8,$  και  $e_{10}$  εισέρχονται στο δένδρο στις πρώτες επαναλήψεις του αλγόριθμου. Οι γραμμές  $e_{12}, e_6, e_{13}, e_9, e_3$  τις οποίες συναντάμε στις επόμενες επαναλήψεις του αλγόριθμου δεν εισέρχονται στο δένδρο γιατί κάθε μία από αυτές μαζί με τις γραμμές που ήδη υπάρχουν στο δένδρο θα σχημάτιζαν κύκλο. Η γραμμή  $e_7$  είναι η τελευταία γραμμή που εισέρχεται στο δένδρο γιατί μαζί με αυτήν έχουμε συνολικά επτά γραμμές στο δένδρο και επειδή το γράφημα έχει οκτώ σημεία, έχουμε ολοκληρώσει την κατασκευή του ελάχιστου επικαλύπτοντος δένδρου. Το δένδρο αυτό παρουσιάζεται στο σχήμα 1.10.2.γ.



Σχήμα 1.10.2.γ Ελάχιστο επικαλύπτον δένδρο

### 1.11 Γραφήματα

Πολλές καταστάσεις της καθημερινής ζωής μπορούν να περιγραφούν με τη βοήθεια ενός διαγράμματος αποτελούμενου από ένα σύνολο σημείων και ένα σύνολο γραμμών που να ενώνουν συγκεκριμένα ζεύγη σημείων.

Δύο γραμμές θα λέγονται γειτονικές αν συνδέουν ένα κοινό σημείο. Σε ένα μη κατευθυνόμενο γράφημα περίπατος θα λέγεται μια ακολουθία από γειτονικές γραμμές. Σε έναν περίπατο είναι δυνατό μια γραμμή ή ένα σημείο να εμφανίζεται περισσότερο από μία φορά. Αν κάθε γραμμή του περιπάτου εμφανίζεται μια φορά, τότε ο περίπατος ονομάζεται διαδρομή. Τέλος, αν σε μία διαδρομή κάθε σημείο εμφανίζεται μόνο μία φορά, τότε διαδρομή ονομάζεται μονοπάτι.

Στο σχήμα 1.11.α το  $(e_1, e_2, e_3, e_5)$  είναι ένα μονοπάτι, το  $(e_1, e_2, e_4, e_7, e_6, e_5, e_9)$  είναι μία διαδρομή αλλά δεν είναι μονοπάτι γιατί περάσαμε δύο φορές από το σημείο  $v_5$ . Τέλος το  $(e_1, e_2, e_4, e_5, e_3, e_2, e_8)$  είναι ένας περίπατος αλλά δεν είναι

διαδρομή γιατί η γραμμή  $e_2$  χρησιμοποιήθηκε δύο φορές. Γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι κάθε μονοπάτι είναι και διαδρομή αλλά το αντίστροφο δεν ισχύει.

Αν τα δύο τερματικά σημεία ενός περιπάτου ταυτίζονται, τότε ο περίπατος ονομάζεται κλειστός. Αν μία διαδρομή είναι κλειστή τότε ονομάζεται κύκλωμα. Αν ένα μονοπάτι είναι κλειστό τότε ονομάζεται κύκλος. Προφανώς, κάθε κύκλος είναι κύκλωμα, αλλά το αντίστροφο δεν ισχύει. Στο σχήμα 1.11.α το  $(e_1, e_2, e_3, e_5, e_9, e_8, e_1)$  είναι ένας κλειστός περίπατος, το  $(e_1, e_2, e_4, e_7, e_6, e_5, e_9, e_7)$  είναι ένα κύκλωμα αλλά δεν είναι κύκλος και το  $(e_1, e_2, e_3, e_5, e_9, e_7)$  είναι ένας κύκλος.

Σε πολλές περιπτώσεις θα αναπαριστούμε επίσης ένα μονοπάτι ή ένα κύκλο με την ακολουθία των σημείων τα οποία συναντάμε όταν διασχίζουμε το μονοπάτι ή τον κύκλο. Για παράδειγμα, το μονοπάτι  $(e_1, e_2, e_2, e_5)$  στο παραπάνω γράφημα μπορεί επίσης να αναπαρασταθεί ως  $(v_1, v_2, v_3, v_4, v_5)$ .

Ένα μη κατευθυνόμενο γράφημα ονομάζεται συνεκτικό αν υπάρχει τουλάχιστον ένα μονοπάτι μεταξύ κάθε δύο σημείων, αλλιώς ονομάζεται μη συνεκτικό. Ένα κατευθυνόμενο γράφημα ονομάζεται συνεκτικό αν το μη κατευθυνόμενο γράφημα που προκύπτει από αυτό όταν δεν ληφθούν υπόψη οι κατευθύνσεις των γραμμών είναι συνεκτικό, αλλιώς ονομάζεται μη συνεκτικό. Προκύπτει ότι ένα μη συνεκτικό γράφημα αποτελείται από δύο ή περισσότερα τμήματα, καθένα από τα οποία είναι ένα συνεκτικό γράφημα. Ένα κατευθυνόμενο γράφημα ονομάζεται ισχυρά συνεκτικό αν για κάθε δύο σημεία  $a$  και  $b$  στο γράφημα υπάρχει ένα μονοπάτι από το  $a$  στο  $b$  καθώς και ένα μονοπάτι από το  $b$  στο  $a$ .

Συχνά τίθενται πολλά πρακτικά προβλήματα αποφάσεων με κριτήριο τις διανυόμενες αποστάσεις ή τον απαιτούμενο χρόνο για να διανυθούν κάποιες αποστάσεις. Για παράδειγμα, ας υποθέσουμε ότι στο γράφημα του σχήματος 1.11.α τα σημεία αντιστοιχούν στις υποψήφιες τοποθεσίες για την εγκατάσταση ενός νέου νοσοκομείου σε μία πόλη, και ότι οι γραμμές αντιστοιχούν στις κεντρικές οδικές αρτηρίες που ενώνουν αυτές τις τοποθεσίες. Ακόμη ας υποθέσουμε ότι ο χρόνος διάσχισης είναι ίδιος για όλες τις κεντρικές οδικές αρτηρίες. Τίθεται το ερώτημα που πρέπει να εγκατασταθεί το νοσοκομείο έτσι ώστε να εξυπηρετεί την πόλη όσο το δυνατόν ταχύτερα σε περίπτωση ανάγκης.

Για να μπορέσουμε να απαντήσουμε σε ερωτήματα όπως το παραπάνω πρέπει πρώτα να αναφερθούμε στην έννοια της απόστασης στα γραφήματα.

1) Μήκος είναι ο αριθμός των γραμμών που περιέχονται σε ένα περίπατο, διαδρομή ή μονοπάτι ενός γραφήματος.

2) Η απόσταση μεταξύ δύο σημείων ισούται με το μήκος του συντομότερου μονοπατιού μεταξύ τους.

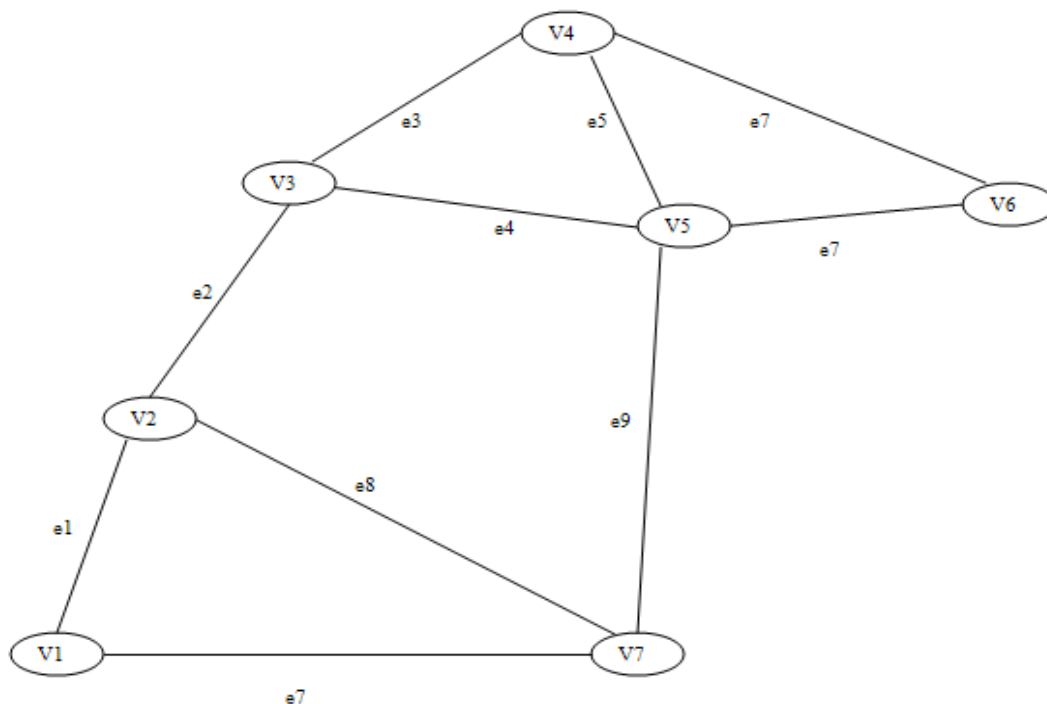
3) Διάμετρος είναι η μέγιστη απόσταση μεταξύ δύο οποιωνδήποτε σημείων του γραφήματος.

4) Εκκεντρικότητα ενός σημείου ονομάζεται η απόσταση από το σημείο αυτό προς το πλέον απομακρυσμένο από αυτό σημείο.

5) Κέντρο ενός γραφήματος ονομάζεται το υποσύνολο των σημείων του γραφήματος με την ελάχιστη εκκεντρικότητα.

6) Η εκκεντρικότητα των σημείων του κέντρου ονομάζεται ακτίνα του γραφήματος.

Μετά τους παραπάνω ορισμούς γίνεται προφανές ότι η τοποθέτηση του νοσοκομείου θα πρέπει να τοποθετηθεί σε ένα από τα σημεία που ανήκουν στο κέντρο του γραφήματος. Έτσι για το γράφημα του σχήματος 1.11.α έχουμε τις παρακάτω αποστάσεις και εκκεντρικότητες (Κωνσταντόπουλος, Π. 2008).



**Σχήμα 1.11.α** Αποστάσεις και εκκεντρικότητες γραφήματος

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	E
V1	0	1	2	3	2	3	1	3
V2	1	0	1	2	2	3	1	3
V3	2	1	0	1	1	2	2	<u>2</u>
V4	3	2	1	0	1	1	2	3
V5	2	2	1	1	0	1	1	<u>2</u>
V6	3	3	2	1	1	0	2	3
V7	1	1	2	2	1	2	0	<u>2</u>

**Πίνακας 1.11.β** Πίνακας αποστάσεις και εκκεντρικότητες

Άρα στο κέντρο του γραφήματος ανήκουν τα σημεία V3, V5 και V7 και η ακτίνα του γραφήματος είναι ίση με 2. Συνεπώς το νοσοκομείο πρέπει να εγκατασταθεί σε μια από τις τρεις τοποθεσίες που αντιστοιχούν σε αυτά τα σημεία και θα χρειάζεται να περάσουμε από το πολύ δύο κεντρικές αρτηρίες για να φτάσουμε σε αυτό από οποιοδήποτε σημείο της πόλης.

### 1.12 Μέθοδοι προβλέψεων

Οι μέθοδοι πρόβλεψης μπορούν να χωριστούν σε τρεις γενικές κατηγορίες (Κώστα Π, Πάππη, 1995).

A) Μέθοδοι προεκβολής ή μέθοδοι χρονοσειρών. Στις μεθόδους αυτές χρησιμοποιούνται στοιχεία από το παρελθόν για να γίνει πρόβλεψη για το μέλλον. Στόχος είναι να αναγνωριστεί ο τρόπος, με τον οποίο οι τιμές μιας μεταβλητής διαρθρώθηκαν στο παρελθόν, και να προβληθεί αυτός στο μέλλον. Εφόσον ο χρονικός ορίζοντας της πρόβλεψης είναι μικρός αυτές οι μέθοδοι δίνουν συχνά αρκετά αξιόπιστα αποτελέσματα.

B) Αιτιακές μέθοδοι. Εδώ οι προβλέψεις βασίζονται στην υπόθεση ότι η προς πρόβλεψη μεταβλητή είναι συνάρτηση ενός ή περισσότερων ανεξάρτητων παραγόντων (τιμή, προϊόντα, διαφήμιση, κλπ). Επιδιώκεται να προσδιοριστεί η σχέση ανάμεσα στην εξαρτημένη μεταβλητή και στους ανεξάρτητους παράγοντες. Βάσει αυτής της σχέσης οι μελλοντικές τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής μπορούν να προβλεφθούν, αν υπάρχουν προβλέψεις για τις μελλοντικές τιμές των ανεξάρτητων παραγόντων.

Γ) Ποιοτικές μέθοδοι ή μέθοδοι κρίσης. Βασίζονται στις υποκειμενικές εκτιμήσεις ατόμων, συνήθως ειδικών, και στο συνδυασμό ποιοτικών και ποσοτικών στοιχείων. Εφαρμόζονται για προβλέψεις μελλοντικών εξελίξεων στην τεχνολογία, τις αγορές αγαθών.

Στον προγραμματισμό και τον έλεγχο της παραγωγής οι αποφάσεις που παίρνονται μπορούν να αφορούν διαφορετικούς χρονικούς ορίζοντες, οπότε χρησιμοποιούνται συνήθως διαφορετικές μέθοδοι προβλέψεων. Γενικά, οι αποφάσεις που λαμβάνονται μπορούν να καταταχθούν σε τρεις κατηγορίες, ανάλογα με το χρονικό ορίζοντα που αυτές αναφέρονται και τις επιπτώσεις που μπορούν να έχουν στο σύστημα (Κώστα Π, Πάππη. 1995).

- 1 Βραχυπρόθεσμες, για ενέργειες που επηρεάζουν το παρόν και το άμεσο μέλλον. Οι σχετικές αποφάσεις αφορούν τρέχουσες λειτουργίες της παραγωγής και μεταφράζονται σε αντίστοιχες απαιτήσεις σε προσωπικό, υλικά, μηχανήματα, που απαιτούνται για να εκτελεστεί το πρόγραμμα παραγωγής. Για τέτοιου είδους προβλέψεις χρησιμοποιούνται μέθοδοι προεκβολής, που είναι σχετικά εύκολες στην εγκατάσταση και λειτουργία τους και μπορούν να προσαρμόζονται σε καταστάσεις που απαιτούν μεγάλο αριθμό παραμέτρων προς πρόβλεψη. Τα δεδομένα εισόδου και οι απαιτήσεις για την αποθήκευσή τους θα πρέπει να είναι οι μικρότερες δυνατές. Η χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών είναι συνηθισμένη σε τέτοιες περιπτώσεις.
- 2 Μεσοπρόθεσμες, για ζητήματα όπως ο συγκεντρωτικός προγραμματισμός, που περιλαμβάνει τον προγραμματισμό του μηνιαίου ύψους της παραγωγής, του προσωπικού, των πρώτων υλών, των αποθεμάτων και του εξοπλισμού που θα χρησιμοποιηθούν μεσοπρόθεσμα. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι μέθοδοι προεκβολής ή οι αιτιακές μέθοδοι.
- 3 Μακροπρόθεσμες για ζητήματα που έχουν να κάνουν με τη συνολική δυναμικότητα ενός συστήματος, τη θέση εγκατάστασης, την τεχνολογία που θα χρησιμοποιηθεί στην παραγωγή, το μίγμα των προϊόντων ή των υπηρεσιών που θα παραχθούν. Ο χρονικός ορίζοντας εκτείνεται στα επόμενα χρόνια. Οι προβλέψεις εδώ χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη αβεβαιότητα και μικρότερη ακρίβεια σε σχέση με τις προηγούμενες περιπτώσεις. Γίνεται χρήση των αιτιακών και των ποιοτικών μεθόδων ή συνδυασμών τους.



### 1.12.1 Ανάλυση χρονοσειρών

Βασικό εργαλείο κατά τη διενέργεια πρόβλεψης με βάση την ανάλυση χρονοσειράς είναι μία μαθηματική έκφραση η οποία θεωρείται ότι περιγράφει με ικανοποιητικό τρόπο τη συμπεριφορά της ζήτησης. Οι βασικές κατηγορίες τέτοιων μαθηματικών προτύπων είναι

- Πρότυπα για σταθερή ζήτηση
- Πρότυπα για γραμμικά μεταβαλλόμενη ζήτηση
- Πρότυπα για εποχιακά μεταβαλλόμενη ζήτηση
- Σύνθετα πρότυπα

### 1.13 Διπλή εκθετική εξομάλυνση

Ενώ στην περίπτωση της στατικής ζήτησης ενδιαφέρει μόνο η εκτίμηση του επιπέδου της ζήτησης  $S$ , όταν η ζήτηση παρουσιάζει και μία γραμμική μεταβολή είναι απαραίτητο να εκτιμηθεί επιπλέον του επιπέδου  $S$  και η τάση  $T$ . Τελικά, η πρόβλεψη της ζήτησης της επόμενης περιόδου είναι το άθροισμα των εκτιμήσεων του επιπέδου της ζήτησης και της τάσης (Κώστα Π, Πάππη. 1995).

$$F_{t+1} = S_{t+1} + T_{t+1}$$

Όπως και στην εκθετική εξομάλυνση, κάθε φορά που γίνεται γνωστή μια καινούρια τιμή της ζήτησης τα  $S$  και  $T$  υπολογίζονται εκ νέου μέσω εκθετικής εξομάλυνσης με παραμέτρους  $a$  και  $b$ , αντίστοιχα.

$$S_{t+1} = aD_t + (1-a)F_t$$

$$T_{t+1} = b(S_{t+1} - S_t) + (1-b)T_t$$

Γενικά, η παράμετρος  $a$  παίρνει τιμές 0,02-0,5 ενώ η παράμετρος  $b$  παίρνει τιμές μεταξύ 0,005-0,17. Μεγάλες τιμές των  $a$  και  $b$  δίνουν μεγαλύτερη ευαισθησία σε αλλαγές των  $S$  και  $T$ .

### 1.14 Απλή εκθετική εξομάλυνση

Σε αυτήν την περίπτωση η πρόβλεψη γίνεται λαμβάνοντας και πάλι υπόψη τις τιμές προηγούμενων περιόδων, δίνοντας όμως μεγαλύτερη βαρύτητα στις πιο πρόσφατες από αυτές. Η διαφορετική βαρύτητα στις τιμές της ζήτησης αποδίδεται μέσω της σταθεράς εξομάλυνσης  $a$  ( $0 < a < 1$ ). Το γενικό μαθηματικό πρότυπο που χρησιμοποιείται έχει τη μορφή (Κώστα Π, Πάππη. 1995) :

$$F_{t+1} = aD + a(1-a)D_{t-1} + a(1-a)^2 D_{t-2} + \dots$$

Για τη διενέργεια της απλής εκθετικής εξομάλυνσης απαιτείται μια αρχική εκτίμηση της ζήτησης, η οποία συνήθως είναι ο απλός μέσος όρος των ζητήσεων παλαιότερων περιόδων. Η παράμετρος  $a$  συνήθως παίρνει τιμές μεταξύ 0,01 και 0,30. Αντίθετα με την παράμετρο  $N$  του κινούμενου μέσου όρου, μεγάλες τιμές του  $a$  δίνουν μεγαλύτερη βαρύτητα σε πρόσφατες τιμές και κατά συνέπεια οδηγούν σε μεγαλύτερη ευαισθησία σε μεταβολές της ζήτησης.

Τιμές της παραμέτρου  $a$  περίπου ίσες με  $2 / (N-2)$  οδηγούν σε “μέση ηλικία δεδομένων” της απλής εκθετικής εξομάλυνσης περίπου ίδια με αυτή των δεδομένων του κινούμενου μέσου όρου  $N$  περιόδων.

## **2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ**

### **2.1 Παρουσίαση της εταιρείας**

Η ΕΒΡΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΗ μετά από 30 χρόνια ανοδικής πορείας στη μεταφορά από Αθήνα για όλη την Ανατολική Μακεδονία και Θράκη. Δραστηριοποιείται και στη μεταφορά από Θεσσαλονίκη για Καβάλα, Ξάνθη, Κομοτηνή, Αλεξανδρούπολη, Φέρρες, Σουφλί, Διδυμότειχο και Ορεστιάδα. Η εταιρία διαθέτει αποθηκευτικούς χώρους 1000 τ.μ. στο Καλοχώρι Θεσσαλονίκης για την ασφαλή αποθήκευση των εμπορευμάτων σας, καθώς και 1500 τ.μ. για υποδοχή εμπορευμάτων και αυτοκινήτων στην Αλεξανδρούπολη.

Επίσης, διαθέτει αντιπροσώπους σε όλες τις πόλεις που δραστηριοποιείται, επιτυγχάνοντας την ταχύτερη μεταφορά των εμπορευμάτων σας και την άμεση παράδοσή τους στον παραλήπτη.

Η εταιρία είναι αυτοδύναμη όσον αφορά το μεταφορικό έργο το οποίο αναλαμβάνει , διαθέτοντας 15 αυτοκίνητα συρόμενα και επικαθήμενα ιδιόκτητα και άλλα 10 συνεργαζόμενα όπως επίσης κλαρκ και παλετοφόρα για τις ανάγκες φορτοεκφόρτωσης.

### **2.2 Περιγραφή του προβλήματος βέλτιστης διαδρομής**

Το πρόβλημα πού θα αντιμετωπίσουμε είναι η εύρεση του ελάχιστου δυνατού μήκους διαδρομής στις περιοχές στις οποίες προωθούνται τα προϊόντα της εταιρείας Pharma logistics από την εταιρεία Έβρος. Για την επίλυση του προβλήματος εφαρμόζουμε την μέθοδο των ελάχιστων επικαλυπτόμενων δένδρων (παράγραφο 1.10) . Για την εύρεση του ελάχιστου δυνατού μήκους διαδρομής των Ν. Θεσσαλονίκης , Ν. Σερρών , Ν. Κιλκίς θα αναπτύξουμε την μέθοδο του kruskal.

### **2.3 Εντοπισμός κεντρικού σημείου**

Για την καλύτερη εξυπηρέτηση των πελατών και των παραληπτών στους Ν. Σερρών και Ν. Κιλκίς θα μελετήσουμε την βέλτιστη τοποθεσία σε μία πιθανή ίδρυση ενός νέου κέντρου διανομής. Για την τοποθεσία του νέου κέντρου διανομής θα πρέπει να βρούμε το σημείο των γραφημάτων με την μικρότερη εκκεντρικότητα ( παράγραφος 1.11).

### **2.4 Πρόβλεψη της ζήτησης**

Παράλληλα θα παρακολουθήσουμε την πρόβλεψη της ζήτησης των φαρμάκων στους τρεις νομούς. Με την διπλή εκθετική εξομάλυνση θα μελετήσουμε τις αποστολές των φαρμάκων στους τρεις νομούς . Για να υπολογιστεί η διπλή εκθετική εξομάλυνση ακολουθείτε ο τύπος της σύμφωνα με την βιβλιογραφία και την παράγραφο 1.13. Και με την μέθοδο του μέσου κινούμενου όρου θα μελετήσουμε το επίπεδο των επιστροφών των φαρμάκων από τους νομούς.

### **2.5 Ερευνητικό υλικό-διαδικασία**

Στην έρευνα όπου έγινε για την πτυχιακή εργασία ο αριθμός των συμμετεχόντων για την άντληση των πληροφοριών είναι τέσσερα άτομα από τον ιδιοκτήτη της εταιρίας, τον υπεύθυνο της αποθήκης, την υπεύθυνη των οικονομικών και την υπεύθυνη της μηχανογράφησης .

Η συλλογή των δεδομένων έγινε με την μέθοδο του ερωτηματολογίου. Έχουμε δύο ερωτηματολόγια (βλ. παράρτημα) το πρώτο κατασκευάστηκε για τις ανάγκες της έρευνας και το δεύτερο αντλήθηκε από την ιστοσελίδα του υπουργείου μεταφορών

Το περιεχόμενο των ερωτηματολογίων μας παρουσιάζει θέματα για την σύμβαση μεταφοράς, για την μηχανογράφηση των δελτίων αποστολής και την έκδοση των φορτωτικών, για της ευθύνες που προκύπτουν από την σύμβαση μεταφοράς των εμπορευμάτων, για την διανομή των εμπορευμάτων και για τις αποθηκευτικές εγκαταστάσεις .

Η ερευνητική διαδικασία έγινε στην Θεσσαλονίκη κατά την διάρκεια της πρακτικής εργασία και σε μετέπειτα συναντήσεις με τους υπεύθυνους.

### **3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**

#### **3.1 Στοιχεία από τα απαντημένα ερωτηματολόγια**

Η εταιρεία EBPOΣ έχει αναλάβει την διανομή των φαρμάκων της εταιρείας Pharma Logistics η οποία αποτελείται από τις εξής θυγατρικές εταιρείες : 1) Glaxo Smith Kline 2) Sanofi-Aventis 3) Gabriel 4) Novartis.

Όταν οι πωλητές συγκεντρώσουν τις παραγγελίες της ημέρας τις καταχωρούν στο σύστημα για να γίνει η τιμολόγηση και να κοπούν τα δελτία παραγγελίας. Όταν τελειώσει αυτή η διαδικασία ο μεταφορέας με τον αποθηκάριο της Pharma Logistics ελέγχουν τον αριθμό των δεμάτων του κάθε δελτίου και τα χωρίζουν ανάλογα με την εταιρεία και τον τόπο προορισμού.

Εφόσον η διαδικασία της διαλογής ολοκληρωθεί παλετοποιούνται τα φάρμακα και είναι έτοιμα για την μεταφορά. Χωρίζοντας τα έτσι ο μεταφορέας έχει την πλήρη εικόνα από την ποσότητα των δεμάτων και μπορεί να τα μεταφέρει με ασφάλεια.

Επειδή όμως δεν υπάρχει η δυνατότητα προώθησης των φαρμάκων σε όλους τους προορισμούς, ο μεταφορέας της εταιρείας EBPOΣ έχει την υποχρέωση να διανέμει τα δέματα στις άλλες μεταφορικές και αργότερα να φέρει τα δικά μας φάρμακα για διανομή.

Όταν τα δέματα φτάσουν στην αποθήκη της εταιρείας EBPOΣ γίνεται ξανά έλεγχος για την σωστή ποσότητα των δεμάτων και τα δέματα τοποθετούνται στους ανάλογους χώρους αποθήκευσης μέχρι να έρθει η στιγμή να μεταφερθούν προορισμό τους. Οι προορισμοί που εξυπηρετεί η εταιρεία είναι οι Νομοί Καβάλα – Ξάνθη – Κομοτηνή – Αλεξανδρούπολη – Έβρος και στις περιοχές των νομών Θεσσαλονίκης – Σερρών – Κιλκίς .

Τα δελτία αποστολής και τα τιμολόγια κοστολογούνται από τον υπεύθυνο φορτώσεων και στέλνονται στο λογιστήριο ώστε να κοπούν οι φορτωτικές που είναι το απαραίτητο εισιτήριο για το “ταξίδι” των δεμάτων.

Το κριτήριο όπου επιλέχθηκε η τοποθεσία της αποθήκης οφείλετε στις γεωγραφικές και τοπικές δυνατότητες γιατί το Καλοχώρι βρίσκεται πιο κοντά στην πόλη της Θεσσαλονίκης και στο ΒΙ.ΠΕ Σίνδου. Σημαντικός παράγοντας για την επιλογή του χώρου εγκατάστασης της αποθήκης είναι το μέγεθος της αγοράς που εξυπηρετεί, την φύση των προϊόντων αποθήκευσης, τα διαθέσιμα μηχανήματα και το εκμεταλλεύσιμο ύψος του αποθηκευτικού χώρου. Τα κέντρα διανομής που

χρησιμοποιεί η εταιρεία είναι πλησίον των πελατών. Στόχος και προτεραιότητα της εταιρείας είναι η καλύτερη εξυπηρέτηση των πελατών, η διασφάλιση των προϊόντων και το μικρότερο κόστος. Η διανομή των προϊόντων γίνεται μέσω μικρότερων αποθηκών που ελέγχονται από την επιχείρηση και μέσω συνεργατών.

Η σύμβαση μεταφοράς καταρτίζεται από τον μεταφορέα και τον αποστολέα. Δεν υπάρχει κάποιος συγκεκριμένος τύπος σύμβασης μεταφοράς. Αυτή συνήθως καταρτίζεται εγγράφως ή προφορικά. Στις οδικές μεταφορές ο μεταφορέας εκδίδει φορτωτικές κάθε είδος και αξία μεταφοράς και ο αποστολέας εκδίδει το τιμολόγιο-δελτίο αποστολής. Ο αποστολέας και ο παραλήπτης έχουν την υποχρέωση να καταβάλουν τα κόμιστρα αναλόγως με την συμφωνία όπου έχουν κάνει μεταξύ τους. Ο μεταφορέας κατά την παραλαβή του φορτίου πρέπει να παραλάβει τα συνοδευτικά έγγραφα μεταφοράς, να βεβαιωθεί για την καλή κατάσταση του φορτίου και να πάρει γραπτή βεβαίωση από τον αποστολέα και από τον παραλήπτη για την καλή κατάσταση του φορτίου.

Η ευθύνη όπου έχει η εταιρεία ΕΒΡΟΣ ως προς τους αποστολείς και προς την Pharma logistics της οποίας μεταφέρουμε τα φάρμακα είναι η απώλεια των εμπορευμάτων (ολική ή μερική), η μη έγκαιρη παράδοση, κακή κατάσταση κατά την παράδοση και καταστροφή του φορτίου. Η εταιρεία έχει την ευθύνη των εμπορευμάτων από την στιγμή που θα παραλάβει τα εμπορεύματα και αφού ο υπεύθυνος της αποθήκης θα βεβαιωθεί ότι δεν έχουν παραληφθεί με ελαττώματα. Σε περίπτωση απώλειας ή καταστροφής των εμπορευμάτων η εταιρεία αποζημιώνει την ζημία που έγινε, η αποζημίωση γίνεται χρωματικά ή διακανονισμός μέσω άλλων μεταφορών όπου θα πραγματοποιηθούν με χαμηλότερο κόστος αποστολής των εμπορευμάτων.

Η εταιρεία έχει την υποχρέωση να εκδώσει φορτωτικές κατά την έναρξη της μεταφοράς και πριν από την εκκίνηση του φορτηγού αυτοκινήτου ή φορτοταξί για τον τόπο προορισμού του. Η φορτωτική έχει τουλάχιστον τέσσερα αντίγραφα. Σε περίπτωση όπου έχει γίνει κάποιο λάθος η σε περίπτωση επιστροφής ποσού κομίστρων τότε εκδίδουμε διορθωτικό σημείωμα μεταφοράς.

**"ΕΒΡΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΗ"**  
**ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΜΥΤΙΑΝΗΣ & ΣΙΑ Ε.Ε.**  
 ΔΡΑ: 3ο χλμ. Ε.Ο. Αλεξανδρούπολης - Σινώρων, Τ.Θ. 1098, Τ.Κ. 68100 Αλεξανδρούπολη  
 Τηλ: 25510 89190 (10 γραμμές), fax: 25510 89195, e-mail: evros@otenet.gr  
 ΥΠΟΚ/ΜΑ ΘΕΣ/ΝΙΚΗ: Βιομηχανικό Πάρκο Καλοχωρίου, οδός Αρκαδίου, Τ.Κ. 570 09 Θεσσαλονίκη  
 Τηλ: 2310 752462 & 2310 778737, fax: 2310 752082, e-mail: evrosiog@otenet.gr  
 ΓΡΑΦΕΙΟ ΑΘΗΝΩΝ: Ορφείας 199, Αιγάλεω, Τ.Κ. 122 41 Αθήνα  
 τηλ.: 210 3472414, 3475077 Fax: 210 3472415  
 Α.Φ.Μ. 999388710 - Δ.Δ.Υ. ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ

ΑΘΗΝΑ > 210 3472414  
 ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗ > 25510 89198  
 ΚΑΒΑΛΑ > 2510 316602  
 ΞΑΝΘΗ > 25410 23748  
 ΚΟΜΟΤΗΝΗ > 25310 82700  
 ΦΕΡΕΣ > 25550 23159  
 ΣΟΥΦΛΙ > 25540 23778  
 ΔΙΔΥΜΟΤΕΙΧΟ > 25530 22124  
 ΟΡΕΣΤΙΑΔΑ > 25520 22310

ΤΥΠΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ	ΤΥΠΟΣ ΕΡΕΥΡΗΣ	ΕΙΔΟΣ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΩΝ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΩΝ	ΣΕΡΑ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ
ΒΕΛΤΩΝΗ		ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΙΤΙΚΗ ΑΡΧΕΤ.10 ΚΒΣ	20104	Α	31/05/07

ΑΠΟΣΤΟΛΕΑΣ			ΠΑΡΑΛΗΠΤΗΣ		
ΕΠΩΝΥΜΙΑ:	ΡΗΑΡΜΑ LOGISTICS		ΕΠΩΝΥΜΙΑ:	ΠΑΝ.Ι.Β. ΑΛΞΕ/ΠΟΛΗΣ	
ΕΠΑΓΓΕΛΜΑ:	ΑΠΟΘΗΚΗ ΦΑΡΜΑΚ.		ΕΠΑΓΓΕΛΜΑ:	ΚΡΑΤΙΚΟ ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ	
ΔΕΥΤΕΡΩΝΗ:	ΧΑΛΚΗΣ 25 & ΛΑΕΡΤΟΥ ΘΕΣ/Ν		ΔΕΥΤΕΡΩΝΗ:	ΑΛΞΕ/ΠΟΛΗ ΕΒΡΟΣ	
ΤΗΛΕΦΩΝΟ:	2310 805616		ΤΗΛΕΦΩΝΟ:	2551025272	
Α.Φ.Μ.:	094109619	ΦΑΕΕ ΑΘΗΝΩΝ	Α.Φ.Μ.:	999387835	ΑΛΞΕ/ΠΟΛΗΣ
		Δ.Δ.Υ.:			Δ.Δ.Υ.:

ΕΝΤΟΛΕΑΣ			Α.Φ.Μ. ΚΑΤΑΣΤ. ΚΟΜΕΤΡΑ	
ΕΠΩΝΥΜΙΑ:	Ε. ΜΥΤΙΑΝΗΣ-Ε. ΚΑΛΑΥΤΙΤΣΩΝΗΣ ΟΕ		Α.Φ.Μ.:	999749899
ΕΠΑΓΓΕΛΜΑ:	ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ		Δ.Δ.Υ.:	ΑΛΞΕ/ΠΟΛΗΣ
ΔΕΥΤΕΡΩΝΗ:	ΠΟΝΤΟΥ 52 Β ΚΤΕΔ ΘΕΣ/ΝΙΚΗΣ		Τ.Κ.:	2310778737

ΑΡΙΘΜΟΣ ΤΙΜΟΛΟΓΙΟΥ ΚΑΤΑΣΤ. ΑΠΟΣΤΟΛΗΣ	ΚΑΤΑΣΤ. ΕΡΜΑΤΩΝ Κ.Τ.Α.	ΕΙΔΟΣ ΕΥΣ/ΩΣ	ΕΙΔΟΣ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΟΣ ΜΕ ΔΙΑΣΤΗ ΤΟΥ ΑΠΟΣΤΟΛΕΑ	ΜΕΤΟ ΒΑΡΟΣ ΕΙΣ ΚΩΔ.	ΜΑΥΑ ΑΠΟΣΤΟΛΗΣ	ΜΑΥΑ ΠΑΡΑΛΗΠΤΗ	ΜΑΥΑ ΕΠΙΣΤΟΛΗΣ
9918	2	00M	ΦΑΡΜΑΚΑ SANDOZ				1.1
							0.1
							0.2
							0.1
							1.6
							0.3
ΣΥΝΟΛΟ							
ΑΝΤΙΚΑΤΑΒΑΛΗ:							
ΠΑΡΑΚΗΡΗΣΙΕΣ							

ΚΟΜΕΤΡΑ	ΤΡΙΤΩΝ
ΚΟΜΕΤΡΑ	
ΤΡΙΤΩΝ	
ΟΡΘΟΣΕΝΤΑ	
ΟΒΕΣΑΜΕΝΑ	2.0

ΔΙΑΣΤΗ ΠΑΡΑΛΗΠΤΗ  
 Παραλήπτης το εμπόρευμα επισημαίνεται με τη σειρά και τον αριθμό της διαστής, όπως και επιβεβαιώνει το κόστος της μεταφοράς.  
 Ο ΕΚΔΟΤΗΣ Ο ΠΑΡΑΛΗΠΤΗΣ

045928F78171CE2A76EEA884F60FD9804262675A 0083 00078404 0705311412 EPT03001177

82273

Εικόνα 3.1.α Φορτωτική από φάρμακα.

### **3.2 Ψηφιοποίηση χαρτών**

Σε αυτό το μέρος της εργασίας θα παρακολουθήσουμε την διαδικασία της ψηφιοποίησης πάνω στους χάρτες σύμφωνα με τα δεδομένα των πινάκων όπου έχουμε συλλέξει και ακολουθώντας την μέθοδο ελάχιστα επικαλύπτοντα δένδρα για την εύρεση του ελάχιστου δυνατού μήκους .

Αρχικά παρακολουθούμε στους πρώτους χάρτες και των τριών νομών τα πιθανά μονοπάτια όπου μπορεί να ακολουθήσει ο μεταφορέας μας κατά την διαδικασία της διανομής των φαρμάκων της PHARMA LOGISTICS.

Στους δεύτερους ψηφιοποιημένους χάρτες των νομών παρακολουθούμε το αποτέλεσμα της εφαρμογής της μεθόδου ελάχιστα επικαλύπτοντα δένδρα και την τελική μορφή όπου παίρνουν οι χάρτες σύμφωνα με τα χιλιόμετρα και τα σημεία όπου έχουμε ορίσει.

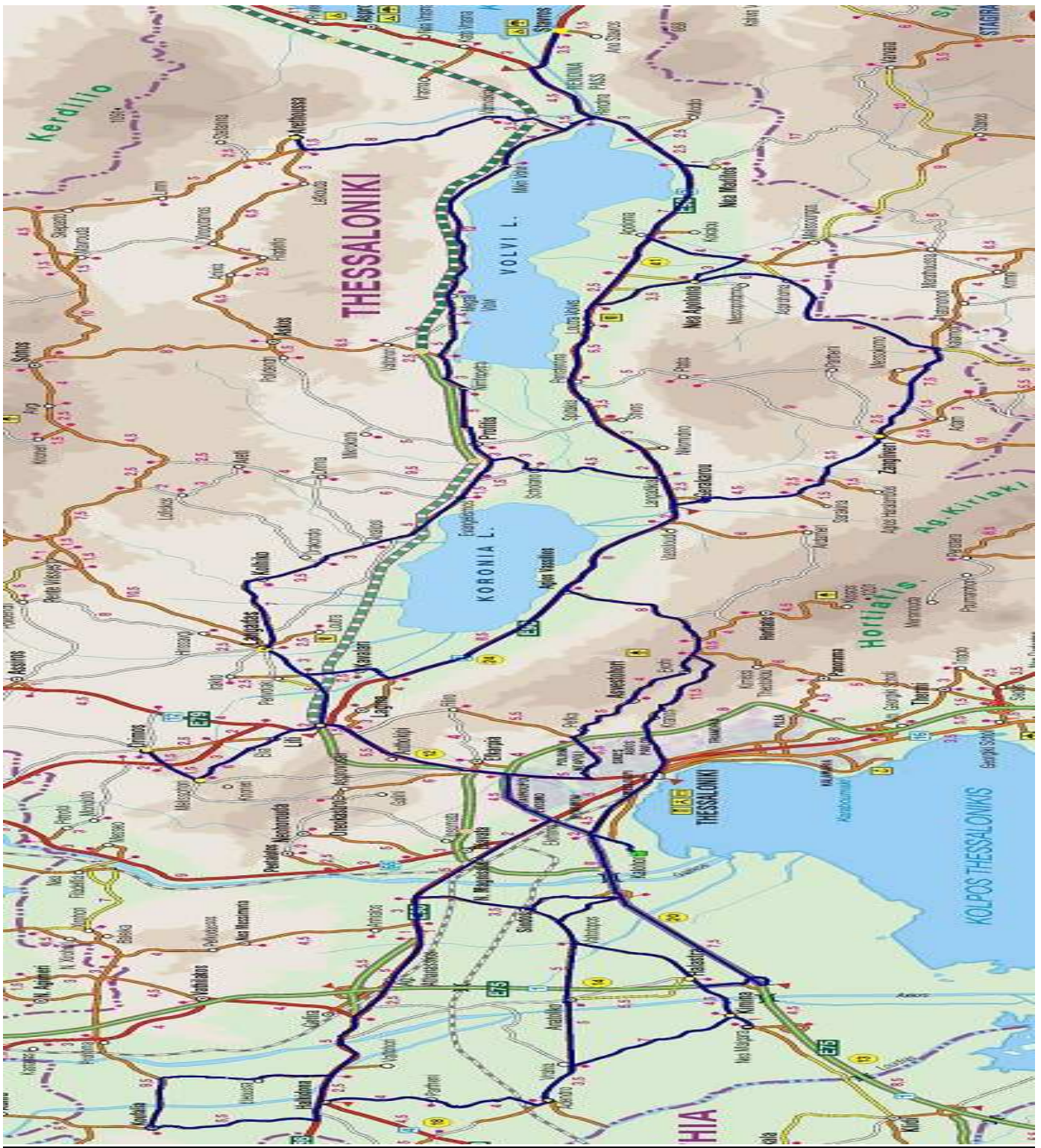


### 3.3 Εφαρμογή στο Ν. Θεσσαλονίκης

Τα δεδομένα που υπάρχουν στον πίνακα 3.3.α είναι τα δεδομένα που χρησιμοποιήσαμε για να καταλήξουμε στην εύρεση του ελάχιστου δυνατού μήκους. Στην στήλη Α βλέπουμε τα σημεία του γραφήματος του νομού Θεσσαλονίκης. Στη στήλη Β καταγράφουμε τα χιλιόμετρα μεταξύ των σημείων όπου υπάρχουν στην στήλη Α, στη στήλη Γ ονομάζουμε τα σημεία με το αρχικό γράμμα του νομού και έναν αριθμό, στην στήλη Ε βάζουμε τα χιλιόμετρα από το μικρότερο προς το μεγαλύτερο νούμερο χιλιομέτρων και στην στήλη Δ τοποθετούμε ξανά τα ονόματα που έχουμε δώσει στη στήλη Γ αλλά αυτή την φορά σύμφωνα με την αντιστοιχία των χιλιομέτρων στην στήλη Ε.

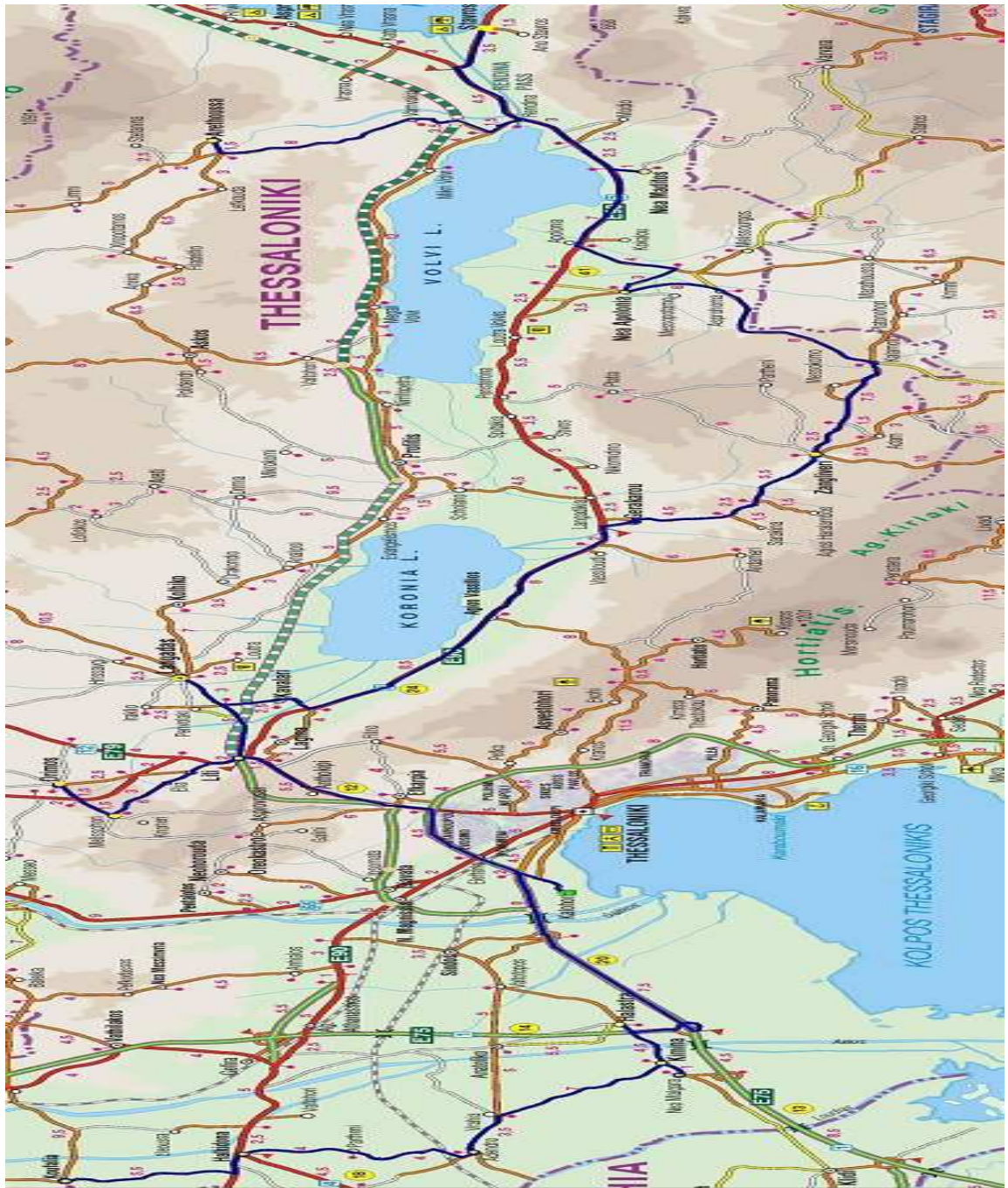
A	B	Γ	Δ	Ε
ΚΑΛΟΧΩΡΙ- ΧΑΛΑΣΤΡΑ	18ΧΙΛ	Θ1	Θ3	1ΧΙΛ
ΧΑΛΑΣΤΡΑ-ΚΥΜΙΝΑ	4ΧΙΛ	Θ2	Θ9	3ΧΙΛ
ΚΥΜΙΝΑ-ΜΑΛΓΑΡΑ	1ΧΙΛ	Θ3	Θ2	4ΧΙΛ
ΚΥΜΙΝΑ- ΑΔΕΝΔΡΟ	10,5ΧΙΛ	Θ4	Θ8	4ΧΙΛ
ΑΔΕΝΔΡΟ-ΧΑΛΚΙΔΟΝΑ	8ΧΙΛ	Θ5	Θ6	6ΧΙΛ
ΧΑΛΚΙΔΟΝΑ-ΚΟΥΦΑΛΙΑ	6ΧΙΛ	Θ6	Θ5	8ΧΙΛ
ΚΑΛΟΧΩΡΙ-ΛΗΤΗ	16ΧΙΛ	Θ7	Θ15	8ΧΙΛ
ΛΗΤΗ- ΜΕΛΙΣΣΟΧΩΡΙ	4ΧΙΛ	Θ8	Θ10	10ΧΙΛ
ΜΕΛΙΣΣΟΧΩΡΙ-ΔΡΙΜΟΣ	2ΧΙΛ	Θ9	Θ4	10,5ΧΙΛ
ΛΗΤΗ- ΛΑΝΓΚΑΔΑΣ	10ΧΙΛ	Θ10	Θ13	15ΧΙΛ
ΛΗΤΗ- ΖΑΓΚΛΙΒΕΡΙ	35ΧΙΛ	Θ11	Θ7	16ΧΙΛ
ΖΑΓΚΛΙΒΕΡΙ- Ν.ΑΠΟΛΛΩΝΙΑ	24ΧΙΛ	Θ12	Θ1	18ΧΙΛ
Ν.ΑΠΟΛΛΩΝΙΑ-Ν.ΜΑΔΙΤΟΣ	15ΧΙΛ	Θ13	Θ14	18ΧΙΛ
Ν.ΜΑΔΙΤΟΣ-ΑΡΕΘΟΥΣΑ	18ΧΙΛ	Θ14	Θ12	24ΧΙΛ
ΡΕΝΤΙΝΑ-ΣΤΑΥΡΟΣ	8ΧΙΛ	Θ15	Θ11	35ΧΙΛ

**Πίνακας 3.3.α** Πίνακας μονοπατιών στον Ν. Θεσσαλονίκης.



Εικόνα 3.3.β Πιθανά μονοπάτια στο Ν. Θεσσαλονίκης





Εικόνα 3.3.γ Βέλτιστη διαδρομή στο Ν. Θεσσαλονίκης

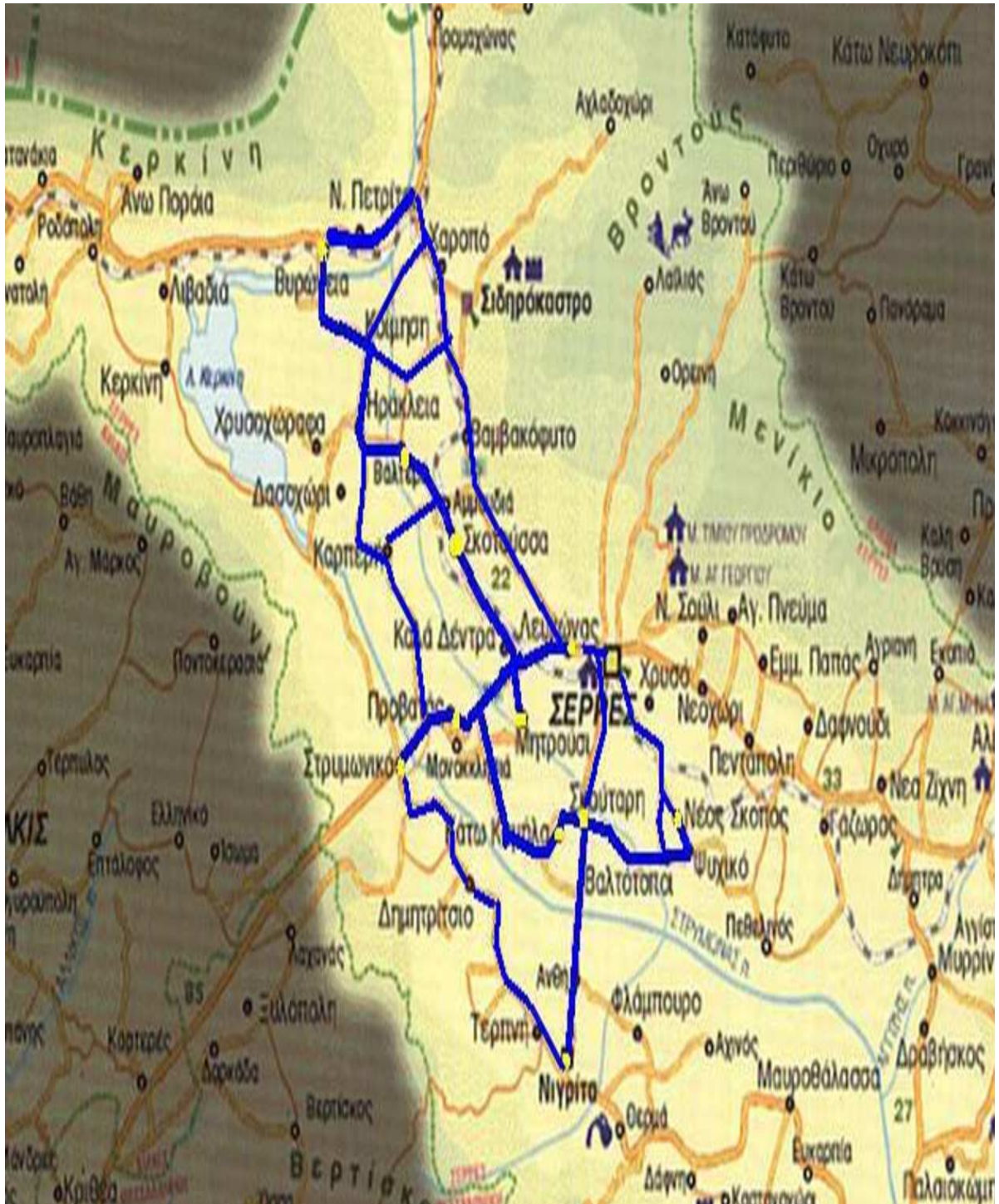
### 3.4 Εφαρμογή στο Ν. Σερρών

Τα δεδομένα που υπάρχουν στον πίνακα 3.4.α είναι τα δεδομένα που χρήσιμο ποιήσαμε για να καταλήξουμε στην εύρεση του ελάχιστου δυνατού μήκους. Στην στήλη Α βλέπουμε τα σημεία του γραφήματος του νομού Σερρών. Στη στήλη Β καταγράφουμε τα χιλιόμετρα μεταξύ των σημείων όπου υπάρχουν στην στήλη Α, στη στήλη Γ ονομάζουμε τα σημεία με το αρχικό γράμμα του νομού και έναν αριθμό, στην στήλη Ε βάζουμε τα χιλιόμετρα από το μικρότερο προς το μεγαλύτερο νούμερο χιλιομέτρων και στην στήλη Δ τοποθετούμε ξανά τα ονόματα που έχουμε δώσει στη στήλη Γ αλλά αυτή την φορά σύμφωνα με την αντιστοιχία των χιλιομέτρων στην στήλη Ε.

<b>A</b>	<b>B</b>	<b>Γ</b>	<b>Δ</b>	<b>Ε</b>
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ-ΣΤΡΙΜΩΝΙΚΟ	60ΧΙΛ	Σ 0	Σ8	4ΧΙΛ
ΣΤΡΥΜΩΝΙΚΟ-ΠΡΟΒΑΤΑ	8ΧΙΛ	Σ1	Σ4	5ΧΙΛ
ΠΡΟΒΑΤΑ-ΣΚΟΤΟΥΣΑ	12ΧΙΛ	Σ2	Σ7	6ΧΙΛ
ΣΚΟΤΟΥΣΑ-ΗΡΑΚΛΕΙΑ	14ΧΙΛ	Σ3	Σ1	8ΧΙΛ
ΗΡΑΚΛΕΙΑ-ΚΟΙΜΗΣΗ	5ΧΙΛ	Σ4	Σ5	8ΧΙΛ
ΚΟΙΜΗΣΗ-ΒΥΡΩΝΕΙΑ	8ΧΙΛ	Σ5	Σ9	8ΧΙΛ
ΠΡΟΒΑΤΑΣ-ΛΕΥΚΟΝ	15ΧΙΛ	Σ6	Σ11	10ΧΙΛ
ΛΕΥΚΟΝ-ΜΗΤΡΟΥΣΗ	6ΧΙΛ	Σ7	Σ2	12ΧΙΛ
ΜΗΤΡΟΥΣΗ-Α.ΚΑΜΗΛΑ	4ΧΙΛ	Σ8	Σ10	13ΧΙΛ
ΜΗΤΡΟΥΣΗ-ΣΚΟΥΤΑΡΙ	8ΧΙΛ	Σ9	Σ3	14ΧΙΛ
ΣΚΟΥΤΑΡΙ-ΝΙΓΡΙΤΑ	13ΧΙΛ	Σ10	Σ6	15ΧΙΛ
ΣΚΟΥΤΑΡΙ-Ν.ΣΚΟΠΟΣ	10ΧΙΛ	Σ11	Σ 0	60ΧΙΛ

**Πίνακας 3.4.α** Πίνακας μονοπατιών στον Ν. Σερρών .





Εικόνα 3.4.β Πιθανά μονοπάτια στο Ν. Σερρών



Εικόνα 3.4.γ Βέλτιστη διαδρομή στο Ν. Σερρών

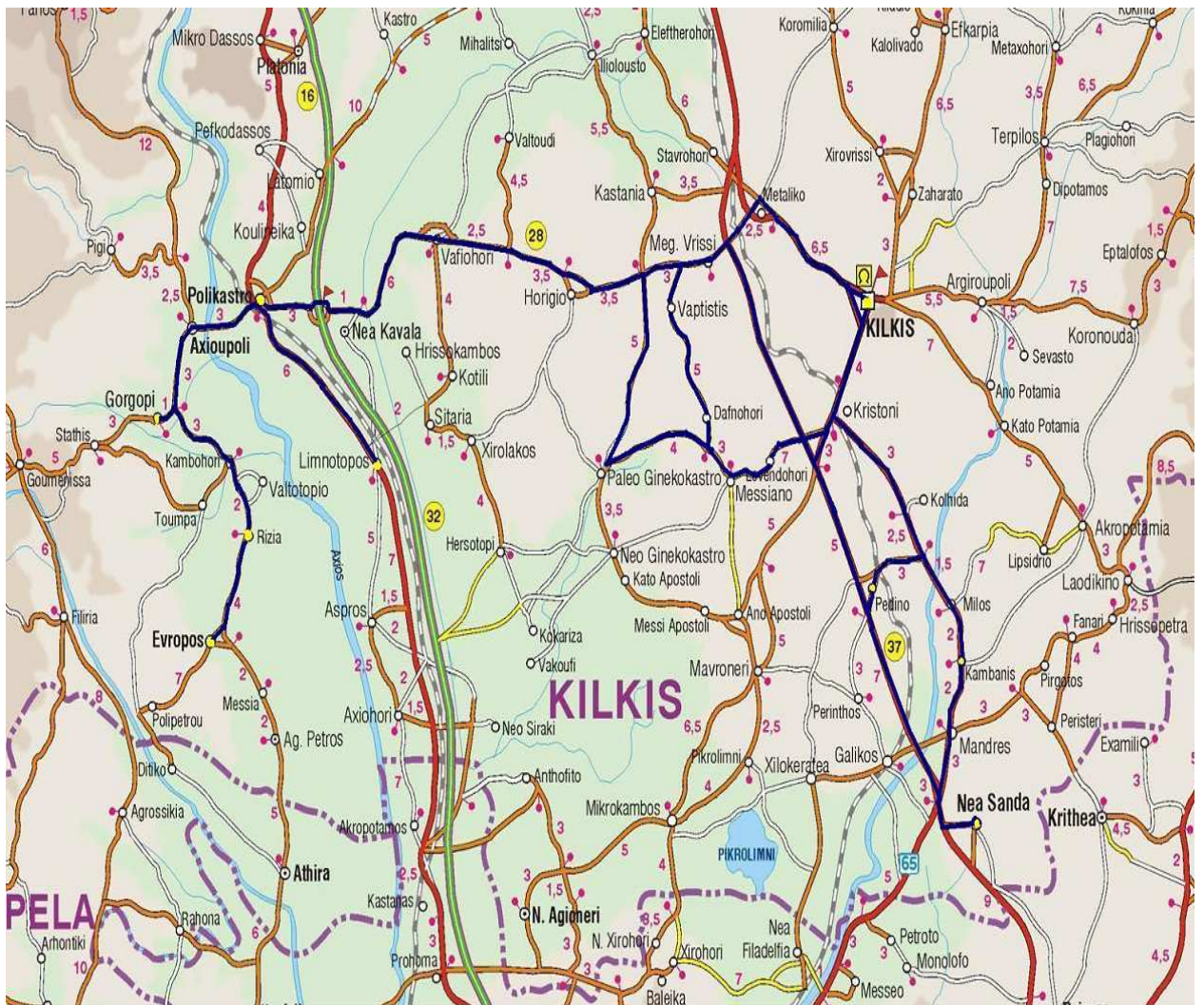


### 3.5 Εφαρμογή στο Ν. Κιλκίς

Τα δεδομένα που υπάρχουν στον πίνακα 3.5.α είναι τα δεδομένα που χρησιμοποιήσαμε για να καταλήξουμε στην εύρεση του ελάχιστου δυνατού μήκους. Στην στήλη Α βλέπουμε τα σημεία του γραφήματος του νομού Κιλκίς. Στη στήλη Β καταγράφουμε τα χιλιόμετρα μεταξύ των σημείων όπου υπάρχουν στην στήλη Α, στη στήλη Γ ονομάζουμε τα σημεία με το αρχικό γράμμα του νομού και έναν αριθμό, στην στήλη Ε βάζουμε τα χιλιόμετρα από το μικρότερο προς το μεγαλύτερο νούμερο χιλιομέτρων και στην στήλη Δ τοποθετούμε ξανά τα ονόματα που έχουμε δώσει στη στήλη Γ αλλά αυτή την φορά σύμφωνα με την αντιστοιχία των χιλιομέτρων στην στήλη Ε.

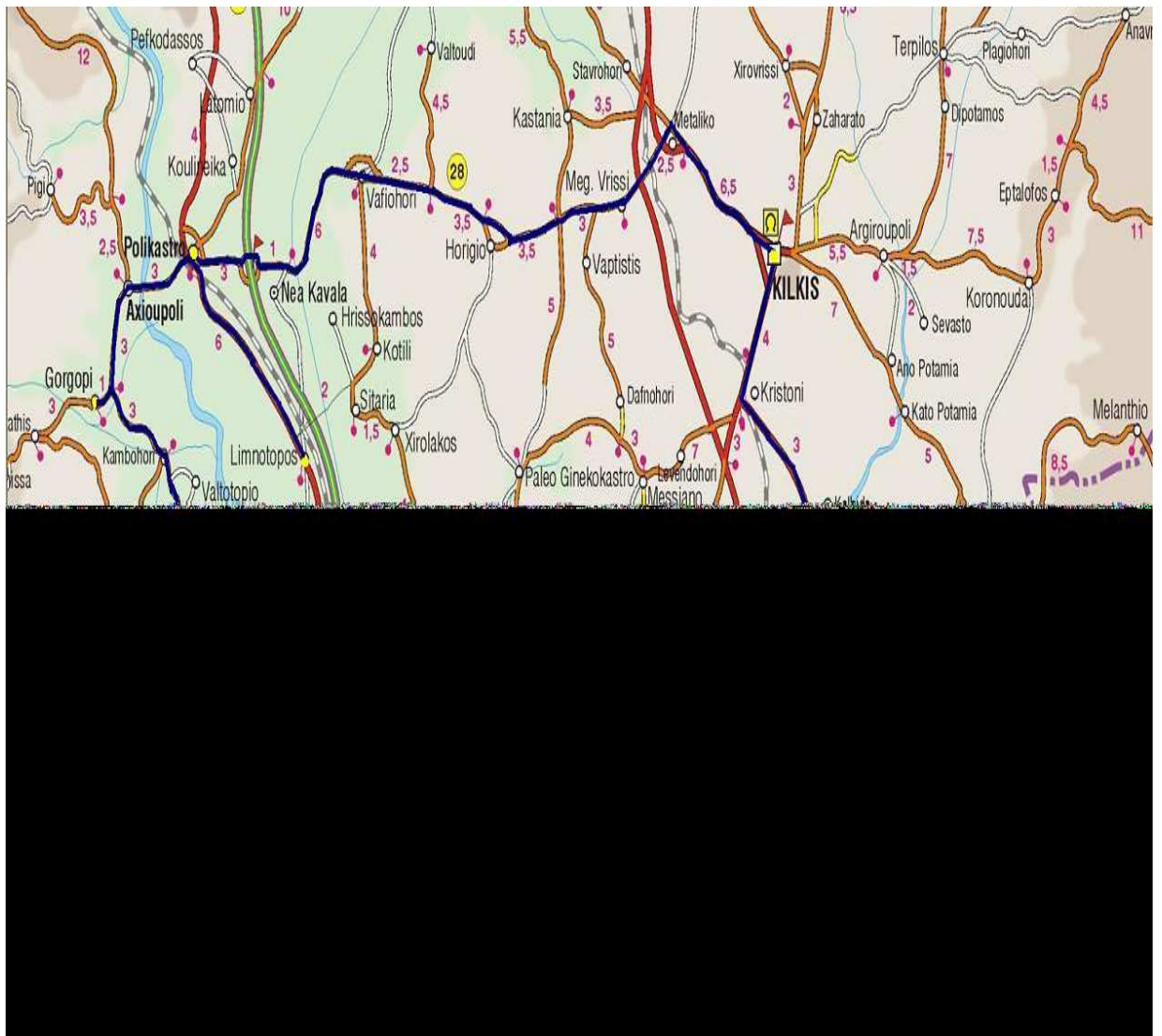
A	B	Γ	Δ	Ε
ΕΥΡΩΠΟΣ-ΡΥΖΙΑ	Κ1	4ΧΙΛ	Κ6	3ΧΙΛ
ΡΥΖΙΑ- ΓΟΡΓΟΠΗ	Κ2	7ΧΙΛ	Κ1	4ΧΙΛ
ΓΟΡΓΟΠΗ-ΠΟΛΥΚΑΣΤΡΟ	Κ3	8ΧΙΛ	Κ9	6ΧΙΛ
ΠΟΛΥΚΑΣΤΡΟ-Μ.ΒΡΥΣΗ	Κ4	25ΧΙΛ	Κ2	7ΧΙΛ
Μ.ΒΡΥΣΗ-ΚΙΛΚΙΣ	Κ5	9ΧΙΛ	Κ3	8ΧΙΛ
(ΚΙΛΚΙΣ-ΚΑΜΠΑΝΗ)- ΠΕΔΙΝΟ	Κ6	3ΧΙΛ	Κ8	8ΧΙΛ
ΚΙΛΚΙΣ-ΚΑΜΠΑΝΗ	Κ7	15ΧΙΛ	Κ5	9ΧΙΛ
ΚΑΜΠΑΝΗ-ΣΑΝΤΑ	Κ8	8ΧΙΛ	Κ7	15ΧΙΛ
ΠΟΛΥΚΑΣΤΡΟ-ΛΙΜΝΟΤΟΠΟΣ	Κ9	6ΧΙΛ	Κ4	25ΧΙΛ

**Πίνακας 3.5.α** Πίνακας μονοπατιών στον Ν. Κιλκίς.



**Εικόνα 3.5.β** Πιθανά μονοπάτια στο Ν. Κιλκίς





Εικόνα 3.5.γ Βέλτιστη διαδρομή στο Ν. Κιλκίς .

### 3.6 Εντοπισμός κεντρικού σημείου στο Ν. Κιλκίς

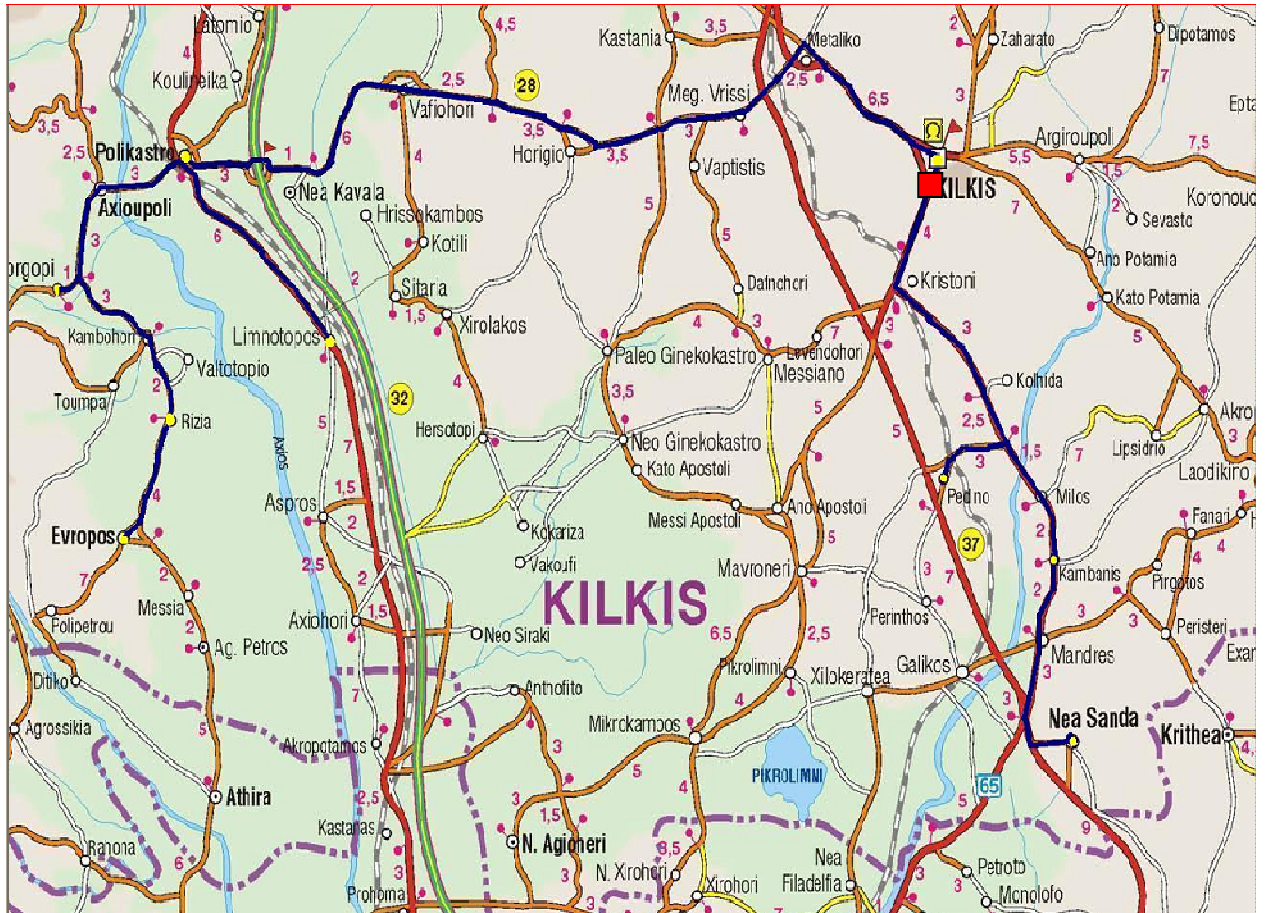
Τα δεδομένα που υπάρχουν στους παρακάτω πίνακες τα χρησιμοποιούμε για να εντοπίσουμε το κέντρο του γραφήματος του Νομού Κιλκίς. Το κέντρο είναι το σημείο του γραφήματος με τη μικρότερη εκκεντρικότητα. Στον πίνακα 3.6.α αναπαριστούμε τους εννέα σταθμούς του Νομού Κιλκίς με σύμβολα V1, V2, V3, V4, V5, V6, V7, V8, V9. Έπειτα, στον πίνακα 3.6.β αντιστοιχούμε τον κάθε έναν σταθμό με τον άλλον σε χιλιομετρική απόσταση μεταξύ τους. Στον πίνακα 3.6.β στην στήλη Ε τοποθετούμε την μεγαλύτερη χιλιομετρική απόσταση της γραμμής που έχει καταγραφεί μεταξύ των σταθμών του Νομού. Από αυτήν την στήλη διαλέγουμε την μικρότερη χιλιομετρική απόσταση. Στον Νομό Κιλκίς το κέντρο είναι το σύμβολο V5 όπου αντιστοιχεί στο ΚΙΛΚΙΣ και έχει την μικρότερη εκκεντρικότητα ίση με 42.

V1	ΕΥΡΩΠΙΟΣ
V2	ΡΥΖΙΑ
V3	ΓΟΡΓΟΠΗ
V4	ΠΟΛΥΚΑΣΤΡΟ
V5	ΚΙΛΚΙΣ
V6	ΠΕΔΙΝΟ
V7	ΚΑΜΠΙΑΝΗ
V8	ΣΑΝΤΑ
V9	ΛΙΜΝΟΤΟΠΙΟΣ

**Πίνακας 3.6.α** Σταθμοί Ν. Κιλκίς

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	<b>E</b>
V1	0	4	11	17	42	49	58	40	21	58
V2	4	0	7	16	41	50	48	46	13	50
V3	11	7	0	8	33	37	40	49	9	49
V4	17	16	8	0	25	34	43	52	6	52
V5	42	41	33	25	0	9	28	35	26	<b>42</b>
V6	49	50	37	34	9	0	15	25	36	50
V7	58	48	40	43	28	15	0	8	42	58
V8	40	46	49	52	35	25	25	0	48	52
V9	21	13	9	7	26	36	42	48	0	48

**Πίνακας 3.6.β** Εφαρμογή κεντρικότητας στον Ν. Κιλκίς



**Εικόνα 3.6.γ** Κέντρο του γραφήματος στο Ν. Κιλκίς

### 3.7 Εντοπισμός κεντρικού σημείου στο Ν. Σερρών

Τα δεδομένα που υπάρχουν στους παρακάτω πίνακες τα χρησιμοποιούμε για να εντοπίσουμε το κέντρο του γραφήματος του Νομού Σερρών. Το κέντρο είναι το σημείο του γραφήματος με τη μικρότερη εκκεντρικότητα. Στον πίνακα 3.7.α αναπαριστούμε τους έντεκα σταθμούς του Νομού Σερρών με σύμβολα V1, V2, V3, V4, V5, V6, V7, V8, V9, V10, V11. Έπειτα, στον πίνακα 3.7.β αντιστοιχούμε τον κάθε έναν σταθμό με τον άλλον σε χιλιομετρική απόσταση μεταξύ τους. Στον πίνακα 3.7.β στην στήλη Ε τοποθετούμε την μεγαλύτερη χιλιομετρική απόσταση της γραμμής που έχει καταγραφεί μεταξύ των σταθμών του Νομού. Από αυτήν την στήλη διαλέγουμε την μικρότερη χιλιομετρική απόσταση. Στον Νομό Σερρών το κέντρο είναι το σύμβολο V2 όπου αντιστοιχεί στον ΠΡΟΒΑΤΑ και έχει την μικρότερη εκκεντρικότητα ίση με 35.

V1	ΣΤΡΙΜΩΝΙΚΟ
V2	ΠΡΟΒΑΤΑ
V3	ΣΚΟΤΟΥΣΑ
V4	ΗΡΑΚΛΕΙΑ
V5	ΚΟΙΜΗΣΗ
V6	ΒΥΡΩΝΕΙΑ
V7	ΠΡΟΒΑΤΑΣ
V8	ΛΕΥΚΟΝ
V9	ΜΗΤΡΟΥΣΗ
V10	Α.ΚΑΜΗΛΑ
V11	ΣΚΟΥΤΑΡΙ

**Πίνακας 3.7.α** Σταθμοί Ν. Σερρών

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	<b>E</b>
V1	0	8	22	30	35	42	14	20	24	28	30	42
V2	8	0	12	30	35	16	6	12	14	33	25	<b>35</b>
V3	22	12	0	14	28	19	20	30	35	50	40	50
V4	30	30	14	0	5	8	24	35	55	60	68	68
V5	35	35	28	5	0	8	30	35	30	40	45	45
V6	42	16	19	8	8	0	38	42	33	43	48	48
V7	14	6	20	24	30	38	0	10	12	12	18	38
V8	20	12	30	35	35	42	10	0	8	17	10	42
V9	24	14	35	55	30	33	12	8	0	15	20	55
V10	28	33	50	60	40	43	12	17	15	0	10	60
V11	30	25	40	68	45	48	18	10	20	10	0	68

**Πίνακας 3.7.β** Εφαρμογή κεντρικότητας στον Ν. Σερρών.





Εικόνα 3.7.γ Κέντρο του γραφήματος στο Ν. Σερρών

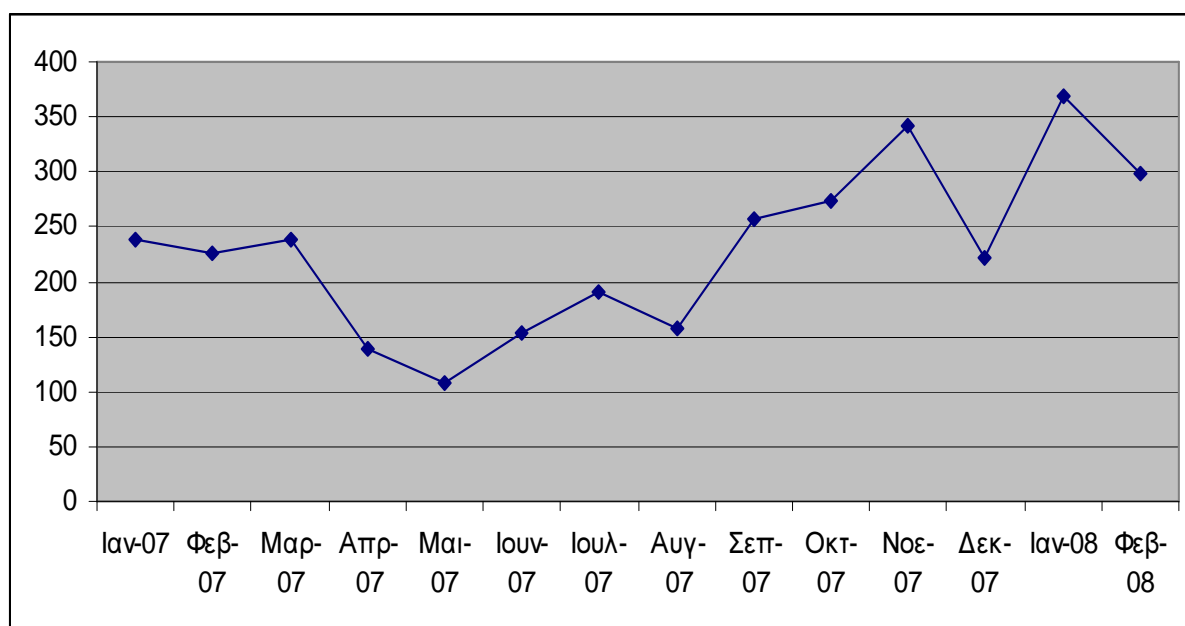
### 3.8 Πρόβλεψη μελλοντικής ζήτησης

Έγινε η συλλογή στοιχείων για δεκατέσσερις μήνες, της ζήτησης των φαρμάκων της εταιρείας, από τον Ιανουάριο του 2007 έως τον Φεβρουάριο του 2008.

αα	Μήνας	Πλήθος	αα	Μήνας	Πλήθος
1	Ιανουάριος 2007	238 Δεμ.	8	Αύγουστος 2007	157 Δεμ.
2	Φεβρουάριος 2007	225 Δεμ.	9	Σεπτέμβριος 2007	257 Δεμ.
3	Μάρτιος 2007	239 Δεμ.	10	Οκτώβριος 2007	274 Δεμ.
4	Απρίλιος 2007	139 Δεμ.	11	Νοέμβριος 2007	343 Δεμ.
5	Μάιος 2007	108 Δεμ.	12	Δεκέμβριος 2007	222 Δεμ.
6	Ιούνιος 2007	154 Δεμ.	13	Ιανουάριος 2008	369 Δεμ.
7	Ιούλιος 2007	191 Δεμ.	14	Φεβρουάριος 2008	299 Δεμ.

**Πίνακας 3.8.α** Πίνακας ζήτησης των φαρμάκων

Στο παρακάτω γράφημα παρουσιάζονται οι τιμές του πίνακα 3.8.α



**Εικόνα 3.8.β** Ζήτηση των φαρμάκων για τους τρεις Νομούς Θεσσαλονίκης – Σερρών- Κιλκίς

Λόγω ότι υπήρχε η δυνατότητα συλλογής περισσότερων στοιχείων για τις αποστολές των φαρμάκων για τους προορισμούς των νομών Θεσσαλονίκης, Κιλκίς

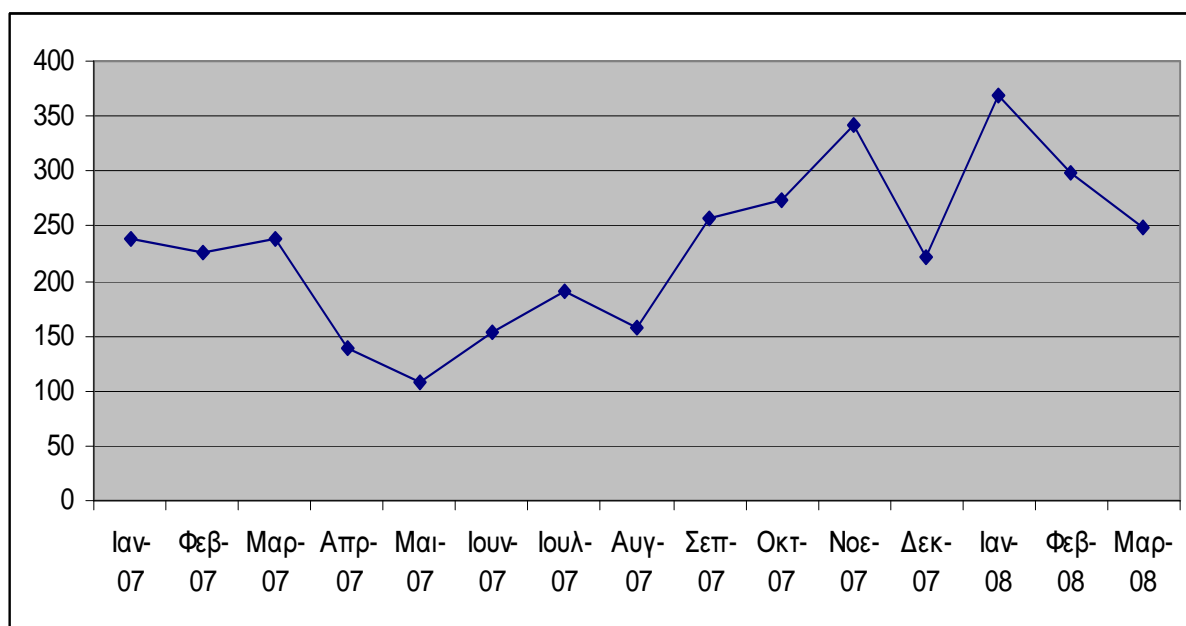
και Σερρών. Επιλέξαμε πως καλύτερη μέθοδος πρόβλεψης της ζήτησης είναι η διπλή εκθετική εξομάλυνση. Επιλέξαμε  $a=0,1$  και  $b=0,2$ .

ΜΗΝΕΣ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$D_t$	238	225	239	139	108	154	191	157	257
$S_t$	368,2	371,1	369,7	366,9	351,9	331,1	312,46	296,2	276,1
$T_t$	17,8	14,7	11,5	8,6	3,9	-1,3	-4,5	-6,8	-9,5
$F_t$	385,9	385,8	381,2	375,7	355,9	330,1	307,9	289,3	266,5

ΜΗΝΕΣ	10	11	12	13	14	15
$D_t$	274	343	222	369	299	248
$S_t$	265,5	257,7	257,8	247,4	252,4	252,2
$T_t$	-9,7	-9,3	-7,5	-8,1	-5,4	-4,4
$F_t$	255,8	248,3	250,3	239,4	246,9	248

**Πίνακας 3.8.γ** Πίνακας πρόβλεψης της ζήτησης φαρμάκων

Με την διαδικασία της διπλής εκθετικής εξομάλυνση καταλήγουμε στην εύρεση της ζήτησης των φαρμάκων όπου για τον δέκατοπέμπτο μήνα, Μάρτιο του 2008, είναι 248 δέματα προς τους νομούς Θεσσαλονίκης, Σερρών, Κιλκίς .



**Εικόνα 3.8.δ** Πρόβλεψη ζήτησης των φαρμάκων για τους τρεις Νομούς Θεσσαλονίκης – Σερρών- Κιλκίς

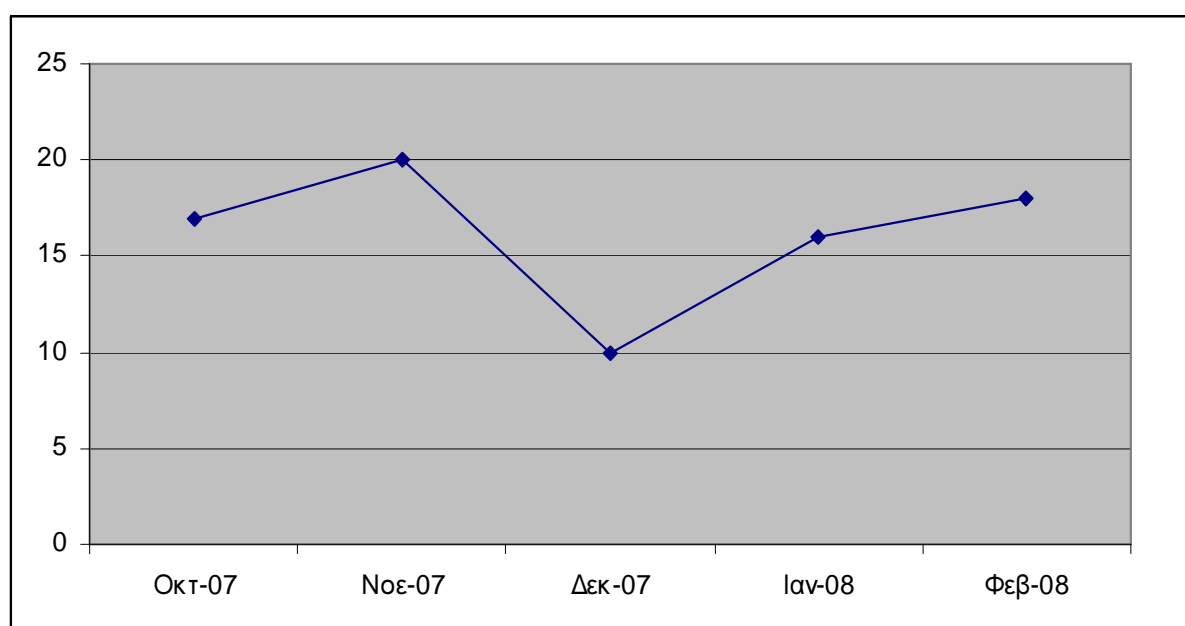
### 3.9 Πρόβλεψη επιστροφών με τη μέθοδο του κινούμενου μέσου όρου

Έγινε η συλλογή στοιχείων από τους πέντε μήνες Οκτώβριο 2007 έως Φεβρουάριο 2008 των επιστροφών από τα φάρμακα της εταιρίας.

ΜΗΝΕΣ	Οκτ 07	Νοε 07	Δεκ 07	Ιαν 08	Φεβ 08
$D_t$	17	20	10	16	18

**Πίνακας 3.9.α** Επιστροφές φαρμάκων από τους Νομούς Θεσσαλονίκης – Σερρών-Κιλκίς

Στο παρακάτω γράφημα παρουσιάζονται οι τιμές του πίνακα 3.9.α



**Εικόνα 3.9.β** Επιστροφές φαρμάκων από τους Νομούς Θεσσαλονίκης – Σερρών-Κιλκίς

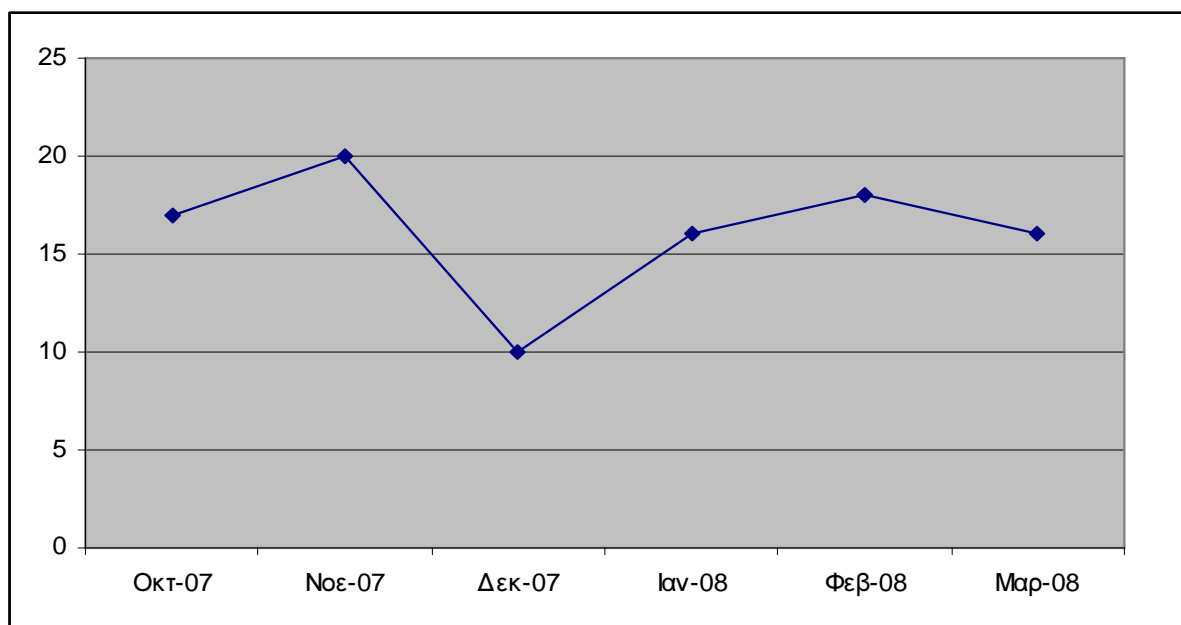
Λόγω ότι δεν υπήρχε η δυνατότητα περισσότερων στοιχείων και ότι το πλήθος των στοιχείων ήταν μικρό στις επιστροφές των φαρμάκων επιλέξαμε πως πιο καλύτερη μέθοδος πρόβλεψης της ζήτησης είναι ο μέσος κινούμενος όρος . Επιλέξαμε  $a=0,1$ .

ΜΗΝΕΣ	Οκτ 07	Νοε 07	Δεκ 07	Ιαν 08	Φεβ 08	Μαρ 08
$D_t$	17	20	10	16	18	16
$F_t$	16,2	16,5	16,6	15,9	15,9	16,1

**Πίνακας 3.9.γ** Πίνακας πρόβλεψης επιστροφής φαρμάκων



Με την διαδικασία της πρόβλεψης καταλήγουμε στην εύρεση της ζήτησης των επιστροφών των φαρμάκων όπου για τον έκτο μήνα, Μάρτιο του 2008 είναι 16 δέματα επιστροφών από τους νομούς Θεσσαλονίκης, Σερρών, Κιλκίς .



**Εικόνα 3.9.δ** Πρόβλεψη επιστροφών φαρμάκων από τους Νομούς Θεσσαλονίκης – Σερρών- Κιλκίς

#### 4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Στην πτυχιακή εργασία εφαρμόσαμε τον αλγόριθμο των ελάχιστων επικαλύπτοντων δέντρων στους Ν. Θεσσαλονίκης, Ν. Σερρών, Ν. Κιλκίς, με βάση τις μελέτες και της πειραματικές αποτιμήσεις του αλγόριθμου των ελάχιστων επικαλύπτοντων δέντρων όπως αναπτύσσετε στη βιβλιογραφία καταλήξαμε σε αυτόν τον αλγόριθμο για την εύρεση της ελάχιστης διαδρομής στους τρεις νομούς.

Παράλληλα εφαρμόσαμε την μέθοδο της διπλής εκθετικής εξομάλυνσης όπως αναπτύσσετε στην βιβλιογραφική επισκόπηση, επιλέξαμε την διπλή εκθετική εξομάλυνση καθώς είχαμε πιο πολλά δεδομένα προς τις αποστολές των φαρμάκων και επιθυμούσαμε την πιο βέλτιστη πρόβλεψη της ζήτησης των φαρμάκων προς τους τρεις νομούς και με την μέθοδο του κοινού μέσου όρου προβλέψαμε τις επιστροφές των φαρμάκων από τους τρεις νομούς επιλέξαμε αυτήν την μέθοδο γιατί διαθέταμε στοιχεία για πέντε μήνες.

Επίσης θεωρήσαμε σκόπιμο να βρούμε το κέντρο των γραφημάτων των Ν. Σερρών, Ν. Κιλκίς για την πιθανή ίδρυση μιας νέας αποθήκης στους νομούς. Το κέντρο των γραφημάτων είναι το σημείο όπου έχει την μικρότερη εκκεντρικότητα.

Για την άντληση των δεδομένων πραγματοποιήθηκαν συνεντεύξεις με τον ιδιοκτήτη και τους υπεύθυνους της εταιρείας (οικονομικών, αποθήκης, μηχανογράφησης) όπου απαντήθηκαν τα ερωτηματολόγια. Στην εργασία αρχικά περιγράφουμε το θεωρητικό υπόβαθρο για τα γραφήματα. Μετά γίνεται η ανάπτυξη των ελάχιστων επικαλύπτοντων δέντρων και η εφαρμογή τους στους Ν. Θεσσαλονίκης, Ν. Σερρών, Ν. Κιλκίς. Τέλος εντοπίσαμε το κέντρο των γραφημάτων των Ν. Σερρών, Ν. Κιλκίς και την πρόβλεψη της ζήτησης για τις αποστολές και τις επιστροφές των φαρμάκων.

Σε πρακτικό επίπεδο με την εφαρμογή της μεθόδου των ελάχιστων επικαλύπτοντων δέντρων βρίσκουμε την ελάχιστη διαδρομή για να ταξιδέψει κάποιος από την αφετηρία προς τους τελικούς προορισμούς καλύπτοντας και όλες τις ενδιάμεσες στάσεις. Με την πρόβλεψη της ζήτησης βρίσκουμε το μέγεθος της ζήτησης των φαρμάκων στους νομούς και με την κεντρικότητα των γραφημάτων βρίσκουμε την βέλτιστη θέση μιας αποθήκης.

## **Συμπεράσματα**

1. Η θεωρία γραφημάτων είναι δυνατόν να εφαρμοστεί και σε μικρές – μεσαίες εταιρείες logistics για τη βελτίωση της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών. Επισημαίνουμε πως οι μεθοδολογίες της εργασίας αυτής είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν από τις εταιρείες που δραστηριοποιούνται στον κλάδο των logistics σε όλους τους νομούς της Ελλάδας.

2. Ιδιαίτερα, στις εταιρείες μεταφοράς και διανομής φαρμάκων, όπου η έγκαιρη παράδοση και μεταφορά των προϊόντων είναι κρίσιμος παράγοντας στην καλή λειτουργία της εταιρείας, η εφαρμογή των μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία αυτή κρίνεται σημαντική.

3. Ανάλογα, οι διαδικασίες που παρουσιάζονται στην εργασία αυτή μπορούν να εφαρμοστούν και σε άλλες εταιρείες διακίνησης ευπαθών προϊόντων όπως νοπιά προϊόντα, ανθοκομικά κ.α.

4. Αποδείχθηκε πως η βέλτιστη θέση μίας αποθήκης στο Νομό Σερρών είναι η κοινότητα Προβατά ενώ στο Νομό Κιλκίς είναι η πόλη του Κιλκίς. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η εφαρμογή της μεθόδου και στους άλλους νομούς της χώρας.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bang, J., & Gustin, G. (2008). Digraph: θεωρία, αλγόριθμοι και εφαρμογές, Springer-Verlag, Λονδίνο.
- Chris, I., & Gordon, R. (2001). Αλγεβρική θεωρία γραφημάτων, Springer-Verlag Λονδίνο.
- Halary, F. (1969). Θεωρία γραφημάτων, M.A:Addision-Wesley.
- Κωνσταντόπουλος, Π. (2008). Γραφήματα. Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα.
- Κώστα Π, Πάππη. (1995). Προγραμματισμός Παραγωγής. Εκδόσεις Σταμούλη, Πειραιάς – Αθήνα (σελ.23- 34).
- Παναγιωτόπουλος, Α. (1989). Εισαγωγή στα γραφήματα. Εκδόσεις Σταμούλη, Πειραιάς – Αθήνα (σελ 50-55, 74-78).
- Παπαδημητρίου, Στ., & Σχινάς, Ορ. (2004). Εισαγωγή στα Logistics. Εκδόσεις Σταμούλη, Πειραιάς – Αθήνα (σελ.97-99, 134-142,237-238).
- Προσωπική συνέντευξη: ο κ. Μυτιληνός Ευάγγελος ιδιοκτήτη της εταιρείας και Σίγα Ελένη διευθύντρια των οικονομικών των καταστημάτων στην Θεσσαλονίκη από τον υπεύθυνο της αποθήκης Επαμεινώδα Βλάχο και από την υπεύθυνη της μηχανογράφησης Σμαραγδά Παναγιώτα.
- Συλλογικό έργο (1998). Αρχικά βήματα στις εικόνες στα κείμενα στα γραφήματα. Εκδόσεις Γκιούρδα.
- Philip, G. Graph theory .from [http://en.wikipedia.org/wiki/category:Graph\\_theory](http://en.wikipedia.org/wiki/category:Graph_theory)20/5/2008
- Άντληση χάρτη νομού Σερρών. <http://www.e-view.gr/images/maps/serresnomosmap.jpg> 15/12/2007

- Υπουργείο πολιτισμού και τουρισμού – Ελληνικός οργανισμός τουρισμού. Άντληση χάρτη νομών Θεσσαλονίκης - Κιλκίς .  
From.<http://www.visitgreece.gr/pages.php?pageID=805&langID=1>  
. 15/12/2007
- Υπουργείο μεταφορών – τμήμα οδικών εμπορευματικών μεταφορών. From.  
<http://www.yme.gr/?getwhat=1&oid=1888&id=&tid=188>  
25/04/2008
- Υπουργείο μεταφορών – Ερωτηματολόγιο οδικές εμπορευματικές μεταφορές. From.  
[http://www.yme.gr/imagebank/categories/ctg108\\_9\\_1116567621.p](http://www.yme.gr/imagebank/categories/ctg108_9_1116567621.pdf)  
df 3/05/2009

## Ευρετήριο Αγγλικών Όρων

### A

Accessibility, 4

Allocation, 10

### C

Connectivity, 4

### F

First in first out, 14

Fundamental circuits, 5

### G

Geocoding, 10

### H

Heuristics, 9

### L

Location, 10

## Ευρετήριο Ελληνικών Όρων

### A

Αλγόριθμος δρομολόγησης, 7

Απλή εκθετική εξομάλυνση, 27

### Γ

Γράφημα, 26

### Δ

Διπλή εκθετική εξομάλυνση, 27

### Ε

Εκκεντρικότητα, 24

Ελάχιστα επικαλύπτοντα δένδρα, 16

### Κ

Κέντρο, 4

### Μ

Μέθοδοι προβλέψεων, 25

Μήκος, 23

Μονοπάτι, 4

### Π

Προσβασιμότητα, 4

### Σ

Στάση, 4

Στροφή, 4

Συνδεσιμότητα, 4

Σύνδεσμοι, 4

Συντομότερο μονοπάτι, 4

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

### 1 Ερωτηματολόγιο

#### ΤΙΤΛΟΣ

#### Αποθήκευση και Διανομή της Έβρος μεταφορικής

1. Με βάση ποιο κριτήριο επιλέξατε την συγκεκριμένη τοποθεσία για τις αποθηκευτικές σας εγκαταστάσεις;

- α. Επεκτασιμότητα οικοπέδου .....  
β. Γεωγραφικές και Τοπικές Δυνατότητες .....  
γ. Απόσταση από Προμηθευτές- Παραγωγικές Μονάδες .....  
δ. Άλλο: (παρακαλώ συμπληρώστε) .....

.....

2. Αξιολογήστε με κλίμακα 1-5 την σημαντικότητα των παρακάτω παραγόντων για την επιλογή του χώρου εγκατάστασης αποθήκης

- α. Η φύση των προς αποθήκευση αντικειμένων .....  
β. Η διάρκεια ζωής τους .....  
γ. Η ζήτηση και η παρτίδες διανομής τους .....  
δ. Τα διαθέσιμα ανυψωτικά μηχανήματα .....  
ε. Το εκμεταλλεύσιμο ύψος του αποθηκευτικού χώρου .....  
στ. Το μέγεθος της αγοράς που εξυπηρετείται .....

-----

3. Τα Κέντρα Διανομής που χρησιμοποιεί η εταιρία σας βρίσκονται πλησίον των πελατών σας ή του Τμήματος Παραγωγής;

Πελάτες .....

Τμήμα Παραγωγής .....

- 
4. Παρακάτω αναγράφονται οι 3 κυριότεροι στόχοι ενός καλά δομημένου δικτύου διανομής. Κατατάξτε τους σε σειρά 1-3 ανάλογα με την προτεραιότητα που έχουν για την εταιρία σας.

- α. μικρότερο κόστος διαχείρισης του κυκλώματος της διανομής .....  
β. μέγιστο δυνατό επίπεδο εξυπηρέτησης πελατών .....  
γ. διασφάλιση υψηλής ποιότητας των προϊόντων .....

- 
5. Ο τρόπος Διανομής των προϊόντων σας γίνεται με:

- α. Απευθείας Διανομή (από το εργοστάσιο στους καταναλωτές) .....  
β. Διανομή μέσω μικρότερων αποθηκών που ελέγχονται πλήρως από την επιχείρηση .....  
γ. Διανομή μέσω συνεργατών (αποκλειστικοί αντιπρόσωποι) .....  
δ. Διανομή μέσω τρίτων (Third Part Logistics) .....
-

## 2 Ερωτηματολόγιο ΤΙΤΛΟΣ

### Αποστολής και παραλήπτες, τρόπος σύμβασης και μεταφοράς.

- Ε1. Η σύμβαση μεταφοράς καταρτίζεται:
- Α. Από το μεταφορέα και τον οδηγό του οχήματος**
  - Β. Από τον αποστολέα και τον παραλήπτη**
  - Γ. Από τον ταξιδιωτικό πράκτορα και τον ξενοδόχο**
  - Δ. Από τον μεταφορέα και τον αποστολέα**
- Ε2. Για την κατάρτιση σύμβασης οδικής μεταφοράς εμπορευμάτων απαιτείται η συμφωνία:
- Α. Του αποστολέα και του συμβολαιογράφου**
  - Β. Του αποστολέα και του μεταφορέα**
  - Γ. Του μεταφορέα και του οδηγού του οχήματος**
  - Δ. Όλων των παραπάνω**
- Ε3. "Ποιος είναι ο τύπος της σύμβασης μεταφοράς;"
- Α. Είναι ιδιωτικό συμφωνητικό που υπογράφεται μόνο από το μεταφορέα**
  - Β. Είναι συμβολαιογραφικό έγγραφο**
  - Γ. Δεν υπάρχει συγκεκριμένος τύπος. Καταρτίζεται εγγράφως ή προφορικώς**
  - Δ. Εκτός από τη γραπτή συμφωνία απαιτείται και έγκριση του Υπουργείου Μεταφορών**
- Ε4. Στην σύμβαση οδικής εμπορευματικής μεταφοράς ο μεταφορέας εκδίδει φορτωτική:
- Α. Μόνο σε περιπτώσεις μεγάλης αξίας του εμπορεύματος**
  - Β. Σε κάθε είδους και αξίας μεταφορά**
  - Γ. Στη μεταφορά ευπαθών προϊόντων**
  - Δ. Δεν εκδίδει φορτωτική σε καμία περίπτωση**
- Ε5. Ποιος εκδίδει το τιμολόγιο - δελτίο αποστολής
- Α. Ο μεταφορέας**
  - Β. Ο αποστολέας**
  - Γ. Ο οδηγός**
  - Δ. Ο παραλήπτης**
- Ε6. "Ποιες υποχρεώσεις έχει ο αποστολέας προς το μεταφορέα;"
- Α. Να καταβάλει το κόμιστρο και να παραδώσει τα έγγραφα μεταφοράς**
  - Β. Να καταβάλει την αμοιβή του οδηγού και τα ένσημά του**
  - Γ. Να πληρώσει τα καύσιμα της διαδρομής**
  - Δ. Να καλύψει κάθε ζημιά του αυτοκινήτου που έγινε κατά τη διαδρομή**
- Ε7. "Ποιες ενέργειες πρέπει να κάνει ο μεταφορέας κατά την παραλαβή του φορτίου;"
- Α. Να παραλάβει τα συνοδευτικά έγγραφα μεταφοράς**
  - Β. Να βεβαιωθεί για την καλή κατάσταση του φορτίου**
  - Γ. Να πάρει γραπτή βεβαίωση του αποστολέα για την καλή κατάσταση του φορτίου**
  - Δ. Όλα τα παραπάνω**
- Ε8. "Ποιες ευθύνες προκύπτουν από τη σύμβαση μεταφοράς εμπορευμάτων για τον μεταφορέα;"
- Α. Για απώλεια αλλά όχι για τυχόν αβαρίες**
  - Β. Για απώλεια (ολική ή μερική), μη έγκαιρη παράδοση, κακή κατάσταση**



- κατά την παράδοση, καταστροφή φορτίου**
- Γ. Μόνο ολική καταστροφή**
  - Δ. Μόνο για αλλοίωση του εμπορεύματος εξαιτίας δυσμενών καιρικών συνθηκών**

E9. "Από ποια χρονική στιγμή αρχίζει η ευθύνη του μεταφορέα για τα εμπορεύματα;"

- A. Από τη στιγμή που καταρτίζεται η σύμβαση μεταφοράς**
- B. Από τη στιγμή που παραλαμβάνει ο μεταφορέας το εμπόρευμα για μεταφορά**
- Γ. Από την έναρξη του ταξιδιού**
- Δ. Δεν υπάρχει ευθύνη του μεταφορέα σε όλη τη διάρκεια της διαδικασίας μεταφοράς**

E10. Οι λόγοι απαλλαγής του μεταφορέα από την ευθύνη είναι:

- A. Ανωτέρα βία, βλάβη που οφείλεται σε ελάττωμα του εμπορεύματος, παραλαβή εμπορεύματος και πληρωμή κομίστρου, παραγραφή.**
- B. Κλοπή, φωτιά στο φορτίο, τροχαίο ατύχημα, ανατροπή οχήματος από διολίσθηση τροχών**
- Γ. Παραλαβή του εμπορεύματος από τον παραλήπτη με επιφύλαξη για τυχόν ελαττώματα του φορτίου**
- Δ. Ασθένεια οδηγού**

E11. "Η καθυστερημένη παράδοση του φορτίου οφείλεται σε παράλειψη το οδηγού. Ποιος ευθύνεται έναντι του αποστολέα ή του παραλήπτη;"

- A. Ο οδηγός**
- B. Ο μεταφορέας**
- Γ. Ο φορτωτής**
- Δ. Όλοι οι παραπάνω**

E12. Η αποζημίωση που θα καταβάλλει ο μεταφορέας σε περίπτωση απώλειας ή καταστροφής (μερικής ή ολικής) του φορτίου καλύπτει:

- A. Τη ζημιά που έγινε και 25% επιπλέον**
- B. Ολόκληρο το ποσό που θα απαιτήσει ο αποστολέας**
- Γ. Τη ζημιά και μόνο που έγινε**
- Δ. Το ποσό που θα απαιτήσουν συνολικά ο αποστολέας και ο παραλήπτης**

E13. Η συνήθης αποζημίωση που καταβάλλει ο μεταφορέας σε περίπτωση απώλειας ή καταστροφής (μερικής ή ολικής) του φορτίου ορίζεται:

- A. Σε χρήμα**
- B. Σε είδος**
- Γ. Σε επαναφορά του φορτίου στην προηγούμενη κατάσταση επί μερικής καταστροφής**
- Δ. Σε αντικατάσταση του φορτίου με ένα ίδιο φορτίο**

E14. "Ποιο αντίτυπο της φορτωτικής αποτελεί αποδεικτικό δαπάνης και παραδίδεται σ αυτόν που καταβάλει τα κόμιστρα;"

- A. Το τρίτο αντίτυπο**
- B. Το πρώτο αντίτυπο**
- Γ. Το δεύτερο αντίτυπο**
- Δ. Το τέταρτο αντίτυπο**

E15. "Πότε εκδίδεται η φορτωτική;"

- A. Με την λήξη της μεταφοράς**
- B. Στο ήμισυ της διάρκειας της μεταφοράς**
- Γ. Κατά την έναρξη της μεταφοράς και πριν την εκκίνηση του φορτηγού**

- αυτοκινήτου**
- Δ. Όταν ο μεταφορέας λαμβάνει εντολή να εκτελέσει μεταφορά σε επόμενη χρονική περίοδο**

Ε16. "Σε πόσα τουλάχιστον αντίγραφα εκδίδεται η φορτωτική;"

- Α. Τρία**  
**Β. Τέσσερα**  
**Γ. Πέντε**  
**Δ. Έξι**

Ε17. "Σε περίπτωση επιστροφής ποσού κομίστρων τι παραστατικό (στοιχείο) εκδίδει ο μεταφορέας;"

- Α. Φορτωτική**  
**Β. Ένταλμα είσπραξης**  
**Γ. Πιστωτικό τιμολόγιο**  
**Δ. Διορθωτικό σημείωμα μεταφοράς**