



**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**

Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης

## **Διπλωματική εργασία**

**Αλγόριθμος επαναληπτικής επέκτασης τοπικής  
αναζήτησης για την επίλυση προβλήματος  
δρομολόγησης οχημάτων**

**Εφαρμογή στην εταιρία Globus για τη διανομή  
ιατρικού περιοδικού στα φαρμακεία της  
Αττικής**

Επιμέλεια εργασίας : Χλουβεράκης Αντώνης  
Υπεύθυνος καθηγητής : Αθανάσιος Μυγδαλάς

## Ευχαριστίες

Για την ολοκλήρωση της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή κ. Μυγδαλά για την βοήθεια που μου προσέφερε καθ'ολη τη διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας αυτής. Από την ομάδα του εργαστηρίου των Συστημάτων Υποστήριξης Αποφάσεων ευχαριστώ θερμά τον Γιάννη Μαρινάκη για την συνεχή βοήθεια που μου προσέφερε σε όλες τις πτυχές της εργασίας καθώς και τον αδερφό μου Κώστα, την Ανδριάνα, τον Παναγιώτη, τον Χρήστο και όλους τους φίλους μου για την ηθική τους συμπαράσταση.

# Περιεχόμενα

## Κεφάλαιο 1

### *Εισαγωγή στα προβλήματα εφοδιαστικής αλυσίδας*

|   |    |
|---|----|
| 1.1 Εισαγωγή.....   | 3  |
| 1.2 Συνδυαστική βελτιστοποίηση και εφοδιαστική αλυσίδα..... | 3  |
| 1.3 Γενικά – Το πρόβλημα του περιπλανώμενου πωλητή.....     | 5  |
| 1.4 Γενικά – Το πρόβλημα V.R.P.....                         | 8  |
| 1.5 Τι είναι το πρόβλημα V.R.P.....                         | 9  |
| 1.6 Τυπικά χαρακτηριστικά του προβλήματος V.R.P.....        | 11 |
| 1.6.1 Οδικό δίκτυο.....                                     | 11 |
| 1.6.2 Πελάτες.....  | 11 |
| 1.6.3 Οχήματα – Αποθήκες.....                               | 12 |
| 1.6.4 Οδηγοί.....   | 13 |
| 1.7 Στόχοι προς επίτευξη.....                               | 13 |
| 1.7.1 Μεταβλητές.....                                       | 13 |
| 1.7.2 Στόχοι.....   | 13 |

## Κεφάλαιο 2

### *Ευρετικοί και μεθευρετικοί αλγόριθμοι*

|  |    |
|--|----|
| 2.1 Γενικά.....  | 15 |
| 2.2 Ευρετικοί αλγόριθμοι.....                                    | 15 |
| 2.3 Μεθευρετικοί αλγόριθμοι.....                                 | 17 |
| 2.3.1 Γενετικοί αλγόριθμοι.....                                  | 18 |
| 2.3.2 Νευρωνικά δίκτυα.....                                      | 20 |
| 2.3.3 Συστήματα μυρμηγκιών.....                                  | 24 |
| 2.3.4 Προσομοιωμένη ανόπτηση.....                                | 28 |
| 2.3.5 Αιτιοκρατική ανόπτηση.....                                 | 31 |
| 2.3.6 Περιορισμένη αναζήτηση – Tabu Search.....                  | 32 |
| 2.3.7 Η μέθοδος διασκορπισμένης αναζήτησης – Scatter Search..... | 34 |

## Κεφάλαιο 3

### *Το πρόβλημα και η επίλυσή του*

|                      |    |
|----------------------|----|
| 3.1 Το πρόβλημα..... | 38 |
|----------------------|----|





## **Κεφάλαιο 1**

### ***Εισαγωγή στα προβλήματα εφοδιαστικής αλυσίδας***

#### **1.1 Εισαγωγή**

Ο τομέας της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας, ο οποίος άρχισε να εξελίσσεται από τις αρχές της δεκαετίας του 1990, θεωρείται σήμερα ιδιαίτερα σημαντικός για τις επιχειρήσεις και τους διάφορους οργανισμούς ιδιαίτερα σήμερα σε μία εποχή όπου ο παγκόσμιος ανταγωνισμός είναι έντονος. Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία θα ασχοληθεί με την επίλυση ενός προβλήματος διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας και συγκεκριμένα με ένα πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων (Vehicle Routing Problem).

Το πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων που καλούμαστε να επιλύσουμε έχει να κάνει με τη διανομή ενός περιοδικού ιατρικού περιεχομένου σε όλα σχεδόν τα φαρμακεία της Αττικής. Η εταιρία Globus εκδίδει και διανέμει το περιοδικό «30 μέρες υγεία» σε περισσότερα από 1400 φαρμακεία σε ολόκληρη την Αττική. Για τη διανομή του περιοδικού σε όλους τους πελάτες (φαρμακεία) έχει στη κατοχή της στόλο ο οποίος απαρτίζεται από 3 οχήματα. Στόχος της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας είναι η ελαχιστοποίηση των δρομολογίων και κατά συνέπεια και του χρόνου διανομής του περιοδικού, με χρήση μεθευρετικού αλγόριθμου, για την εξυπηρέτηση όλων των πελατών.

#### **1.2 Συνδυαστική βελτιστοποίηση και εφοδιαστική αλυσίδα**

Η συνδυαστική βελτιστοποίηση χρησιμοποιείται σήμερα ευρύτατα για την επίλυση προβλημάτων σε όλες σχεδόν τις πτυχές των επιστημών. Έτσι και στον τομέα της εφοδιαστικής αλυσίδας η συνδυαστική βελτιστοποίηση έχει να επιδείξει έναν πολύ μεγάλο αριθμό ‘εργαλείων’ για την επίλυση θεωρητικών αλλά και πρακτικών προβλημάτων. Υπάρχουν πολλοί αλγόριθμοι που μπορούν να επιλύσουν ιδιαίτερα πολύπλοκα προβλήματα εφοδιαστικής αλυσίδας, οι οποίοι περιγράφονται αναλυτικά στο Κεφάλαιο 2 της συγκεκριμένης εργασίας. Για την επίλυση προβλημάτων η συνδυαστική βελτιστοποίηση χρησιμοποιεί στοιχεία από τον τομέα των μαθηματικών, της επιστήμης των υπολογιστών και της επιχειρησιακής έρευνας. Τις τελευταίες δύο δεκαετίες έχουν γίνει πολύ σημαντικά βήματα στον τομέα της

συνδυαστικής βελτιστοποίησης. Οι εξελίξεις στον τομέα του γραμμικού προγραμματισμού και των πολυεδρικών τεχνικών (polyhedral techniques) έχουν βελτιώσει σημαντικά τις διάφορες μεθόδους βελτιστοποίησης.

Η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας αποτελεί σήμερα ίσως το σημαντικότερο παράγοντα πάνω στον οποίο θα στηριχθεί η επιτυχία και η άνθηση μιας επιχείρησης. Τι είναι όμως η εφοδιαστική αλυσίδα; Ένας ορισμός που μπορεί να δοθεί για την εφοδιαστική αλυσίδα είναι ο ακόλουθος:

*“Η εφοδιαστική αλυσίδα αποτελεί ένα σύνολο προσεγγίσεων που μπορούν να αξιοποιηθούν για την ενοποίηση προμηθευτών και πελατών (καταστήματα, έμπορους λιανικής, χονδρέμπορους, αποθήκες και κατασκευαστές) έτσι ώστε το εμπόρευμα να παράγεται και να διανέμεται στις σωστές ποσότητες, στους σωστούς προορισμούς και στο σωστό χρόνο με σκοπό να επιτευχθεί ελαχιστοποίηση των διαφόρων κόστων, ικανοποιώντας παράλληλα όλες τις απαιτήσεις που εμπλέκονται στο πρόβλημα.”*

Η εφοδιαστική αλυσίδα αποτελεί ένα πολύ βασικό συντελεστή για την εφαρμογή του management. Ασχολείται με το σχεδιασμό και την υλοποίηση των αποφάσεων και της στρατηγικής ενός οργανισμού, λαμβάνοντας υπόψη μοντέλα και τεχνικές λήψης αποφάσεων, τη σύγχρονη τεχνολογία της πληροφορικής και των επικοινωνιών και το επιχειρησιακό περιβάλλον. Προϋποθέτει λοιπόν μια σφαιρική αντιμετώπιση όπου προκειμένου να ληφθεί και να υλοποιηθεί με επιτυχία μια περίπλοκη απόφαση, λαμβάνονται υπόψη και καλλιεργούνται οι απαιτούμενες προϋποθέσεις, όπως το οργανωσιακό κλίμα, οι ανθρώπινες / διοικητικές ικανότητες, η ύπαρξη και οργάνωση του πληροφοριακού συστήματος και των δεδομένων κλπ. Για την αποτελεσματική διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας πρέπει να ληφθεί υπ’ όψη ο συντονισμός όλων τα στοιχείων που συνθέτουν την αλυσίδα αυτή χωρίς σε καμία περίπτωση να θυσιάζονται η ποιότητα του προϊόντος και η ικανοποίηση του πελάτη και όλα αυτά να επιτυγχάνονται με το μικρότερο δυνατό κόστος.

Με τον όρο Logistics αναφερόμαστε στο σύνολο των δραστηριοτήτων που σχετίζονται με τη διοίκηση κάθε μορφής υλικού ή προϊόντος, από την αρχική τους πηγή (point of origin) μέχρι τον τελικό καταναλωτή.[1] Τα Logistics βρίσκουν εφαρμογή σε 2 κυρίως πεδία. Το πρώτο πεδίο είναι η επιχείρηση, η οποία πρέπει να οργανώσει την εισροή, την εσωτερική διακίνηση και την εκροή υλικών κατά τέτοιο τρόπο, έτσι ώστε να εξασφαλίζει τη μέγιστη ικανοποίηση των πελατών της. Το

δεύτερο πεδίο είναι η εφοδιαστική αλυσίδα, η οποία αποτελείται από όλες εκείνες τις επιχειρήσεις και οργανισμούς που είναι απαραίτητοι έτσι ώστε ένα προϊόν, από πρώτες ύλες να καταλήξει στον τελικό πελάτη.

Σημαντικές εξελίξεις στον τομέα της εφοδιαστικής αλυσίδας άρχισαν να γίνονται μετά τον 2<sup>ο</sup> Παγκόσμιο πόλεμο και συνεχίζονται ακόμα και σήμερα. Δεκάδες πακέτα λογισμικού σήμερα είναι σε θέση να επιλύσουν πολύπλοκα προβλήματα στον τομέα διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας, προσφέροντας μαθηματική μοντελοποίηση των λύσεων των προβλημάτων αυτών. Η αποτελεσματική οργάνωση και διοίκηση της ροής των προϊόντων και πληροφοριών σε αυτή την αλυσίδα αποτελεί επιτακτική ανάγκη σε μια παγκοσμιοποιημένη και ψηφιακή οικονομία, όπου ο ανταγωνισμός από ατομικός (επιχείρηση εναντίον επιχείρησης) γίνεται συλλογικός (εφοδιαστική αλυσίδα εναντίον εφοδιαστικής αλυσίδας). Οδηγούμενοι από την παγκοσμιοποίηση και τις διαρκώς εκτεινόμενες απαιτήσεις των πελατών, η εφοδιαστική αλυσίδα παίζει καθοριστικό ρόλο στη δημιουργία συγκριτικού πλεονεκτήματος για όλες τις ελληνικές επιχειρήσεις. Η ανάπτυξη μιας πλήρους και ανταποκρινόμενης εφοδιαστικής αλυσίδας που να καλύπτει τις απαιτήσεις των πελατών και να εξασφαλίζει αύξηση τόσο των μεριδίων της αγοράς όσο και της κερδοφορίας είναι κρίσιμη.

### **1.3 Γενικά – Το πρόβλημα του περιπλανώμενου πωλητή (T.S.P - Traveling Salesman Problem)**

Ίσως ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα συνδυαστικής βελτιστοποίησης αποτελεί το πρόβλημα του περιπλανώμενου πωλητή (Traveling Salesman Problem). Η διατύπωση του προβλήματος του περιπλανώμενου πωλητή είναι ιδιαίτερα απλή και κατανοητή και δεν απαιτείται το παραμικρό μαθηματικό υπόβαθρο για να καταλάβει κανείς το πρόβλημα. Η διατύπωση του προβλήματος είναι η ακόλουθη:

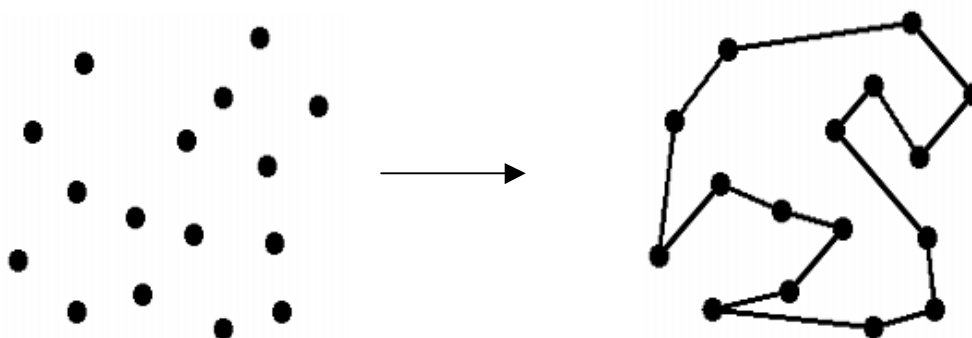
*“Για ένα πεπερασμένο αριθμό πόλεων με δεδομένες τις αποστάσεις μεταξύ τους, βρείτε τη συντομότερη διαδρομή έτσι ώστε να μπορεί ο πωλητής να επισκεφτεί όλες τις πόλεις από μια φορά και να επιστρέψει στην αρχική πόλη από την οποία ξεκίνησε.” [2]*



Η μελέτη του συγκεκριμένου προβλήματος έχει απασχολήσει ερευνητές από διάφορα πεδία επιστημών όπως τα μαθηματικά, η επιχειρησιακή έρευνα, η φυσική, η βιολογία και η τεχνητή νοημοσύνη. Κάτι τέτοιο συμβαίνει διότι, αν και το πρόβλημα μπορεί εύκολα να διατυπωθεί, το ίδιο έχει να επιδείξει πάρα πολλές εφαρμογές συνδυαστικής βελτιστοποίησης ενώ παράλληλα αποτελεί τη βάση για την ανάπτυξη και εξέλιξη πολύπλοκων αλγορίθμων όπως ο αλγόριθμος περιορισμένης αναζήτησης (Tabu search), η προσομοιωμένη απόπτηση, τα νευρωνικά δίκτυα κλπ.

Από την άλλη μεριά το πρόβλημα του πλανόδιου πωλητή δεν έχει ενδιαφέρον μόνο από θεωρητική άποψη. Πολλές πρακτικές εφαρμογές μπορούν να μοντελοποιηθούν ως πρόβλημα T.S.P ή ως μια διαφοροποιημένη εκδοχή του. Για την επίλυση αυτών των πρακτικών προβλημάτων δημιουργείται ολοένα και περισσότερο η ανάγκη για αλγορίθμους οι οποίοι θα μπορούν να επιλύουν το συγκεκριμένο πρόβλημα γρήγορα και με ικανοποιητικά αποτελέσματα. Ο αριθμός των πόλεων σε τέτοια πρακτικά προβλήματα μπορεί να κυμαίνεται από μερικές δεκάδες μέχρι και εκατομμύρια. Τις τελευταίες δύο δεκαετίες έχουν γίνει πολύ μεγάλα βήματα όσον αφορά την επίλυση του προβλήματος του περιπλανώμενου πωλητή για την επίτευξη της βέλτιστης λύσης. Σημαντική συμβολή στην πρόοδο αυτή έχει η ραγδαία αύξηση της ταχύτητας των επεξεργαστών των υπολογιστών και γενικότερα της υπολογιστικής τους ισχύος.

Ας δούμε όμως στην πράξη τι είναι το TSP. Αν υποθέσουμε ότι με τελείες αναπαριστούμε τις πόλεις τις οποίες επισκέπτεται ο πωλητής και με γραμμές το δρομολόγιο για την επίσκεψη των πόλεων αυτών τότε το πρόβλημα αναπαρίσταται γραφικά στο Σχήμα 1.1.

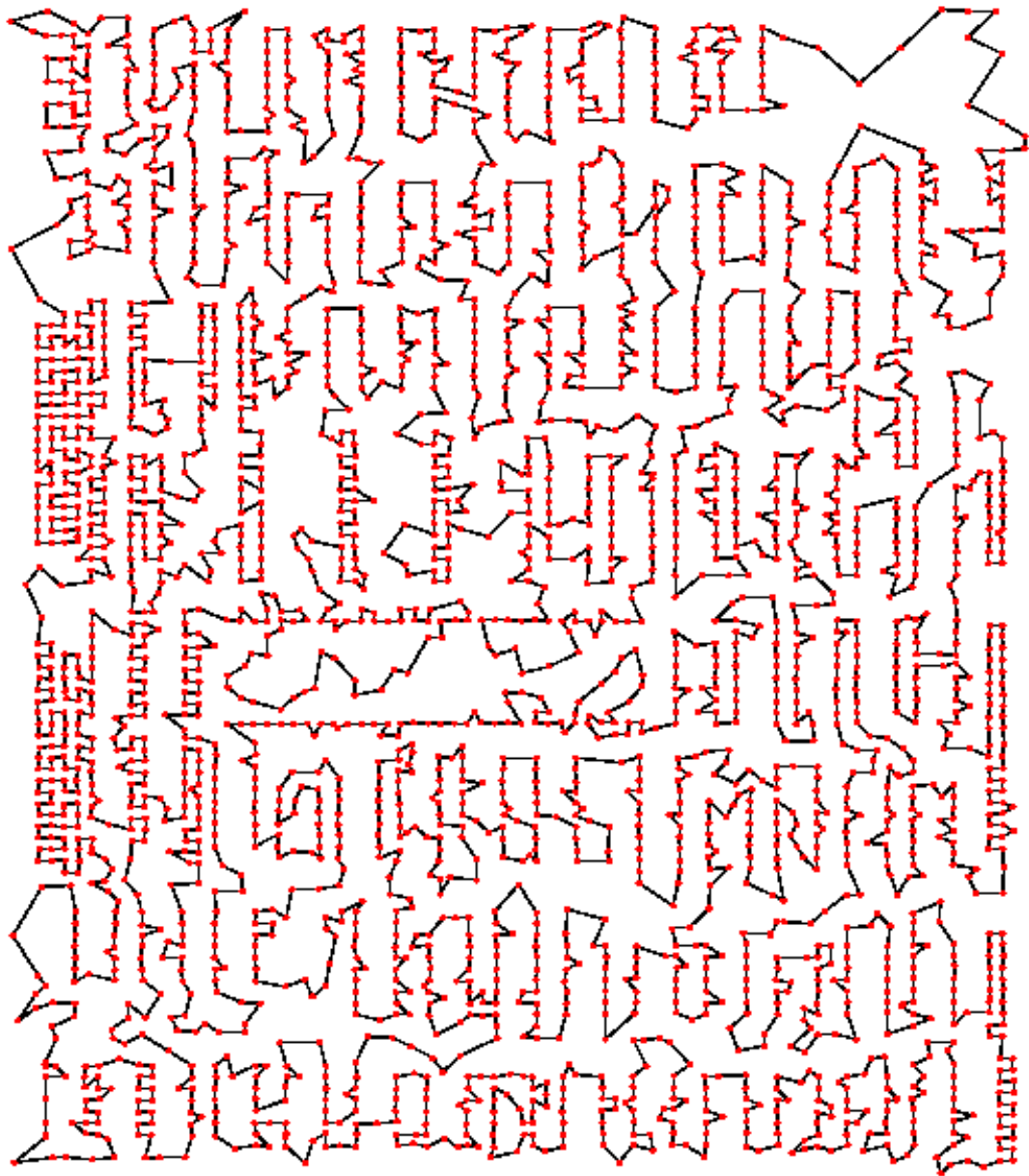


Σχήμα 1.1 : Αναπαράσταση και επίλυση του προβλήματος TSP

Μπορεί κανείς παρατηρώντας το Σχήμα 1.1 να υποθέσει ότι η επίλυση του προβλήματος του πλανόδιου πωλητή είναι ιδιαίτερα απλή και εύκολη. Στην πραγματικότητα όμως τα πράγματα δεν είναι έτσι κάτι το οποίο μπορούμε να συμπεράνουμε παρατηρώντας μια άλλη πιο περίπλοκη εκδοχή του προβλήματος και την επίλυσή του που φαίνονται στα σχήματα 1.2 και 1.3 αντίστοιχα.



Σχήμα 1.2: Περίπλοκη εκδοχή του προβλήματος του περιπλανώμενου πωλητή που περιλαμβάνει 3038 πόλεις



Σχήμα 1.3: Επίλυση του προβλήματος TSP του σχήματος 1.2

Μπορούμε εύκολα λοιπόν να συμπεράνουμε ότι ο υπολογισμός της βέλτιστης λύσης του προβλήματος του πλανόδιου πωλητή μπορεί να αποδειχθεί ιδιαίτερα δύσκολος. Για να προσεγγίσουμε καλύτερα προβλήματα τα οποία υπάρχουν στην πράξη θα πρέπει να περιγράψουμε διάφορες εκδοχές του προβλήματος του πλανόδιου πωλητή και μία από αυτές αποτελεί το πρόβλημα V.R.P (Vehicle Routing Problem).

## 1.4 Γενικά - Το πρόβλημα V.R.P (Vehicle Routing Problem)

Το V.R.P (Vehicle Routing Problem) αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα και ενδιαφέροντα προβλήματα στον τομέα της βελτιστοποίησης. Το πρόβλημα ορίστηκε πριν από περίπου 40 χρόνια από τους Danzig και Ramser οι οποίοι την εποχή εκείνη περιέγραψαν έναν τρόπο για την βέλτιστη μεταφορά γκαζολίνης σε έναν αριθμό σταθμών τροφοδοσίας. Λίγα χρόνια αργότερα και συγκεκριμένα το 1964 οι Wright και Clarke πρότειναν έναν ευρετικό αλγόριθμο απληστίας ο οποίος ήταν σημαντικά βελτιωμένος σε σχέση με αυτόν των Danzig-Ramser.

Τις τελευταίες δεκαετίες υπάρχει μία έντονη ανάπτυξη των πακέτων βελτιστοποίησης βασισμένα στην Επιχειρησιακή Έρευνα καθώς και σε μεθόδους μαθηματικού προγραμματισμού, για την αποτελεσματική αντιμετώπιση προβλημάτων που σχετίζονται με την εφοδιαστική αλυσίδα. Ο πολύ μεγάλος αριθμός εφαρμογών σε Βόρεια Αμερική και Ευρώπη καταδεικνύουν ότι η χρήση εφαρμογών σε ηλεκτρονικό υπολογιστή για την αντιμετώπιση προβλημάτων εφοδιαστικής αλυσίδας μπορεί να επιφέρει μείωση του κόστους μεταφοράς σε ποσοστό από 5% έως και 20%. Το συγκεκριμένο επίτευγμα είναι ιδιαίτερα σημαντικό αν αναλογισθούμε ότι η διαδικασία μεταφοράς των προϊόντων αντιπροσωπεύει το 10-20% του τελικού κόστους του προϊόντος.

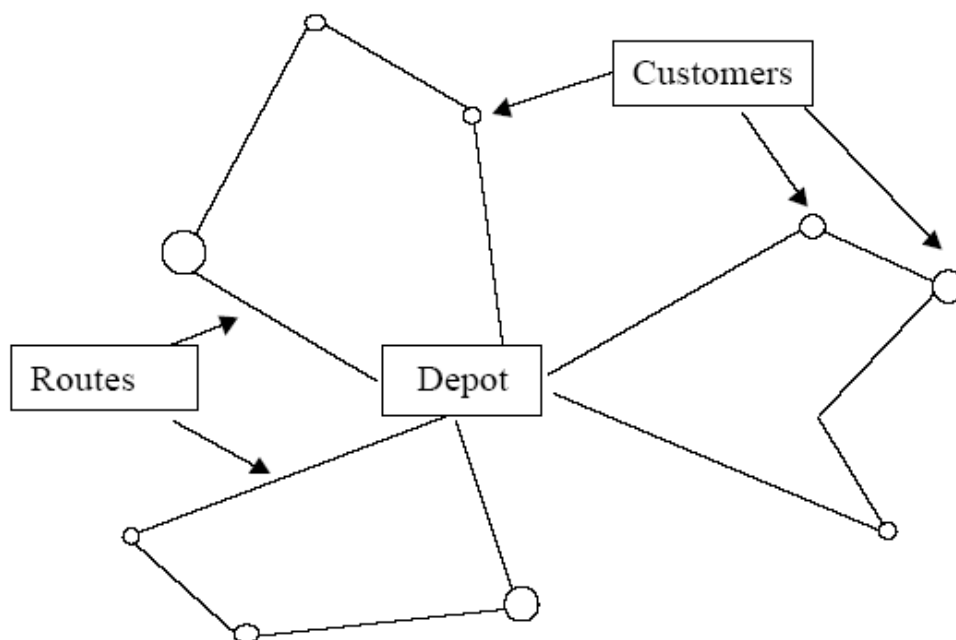
## 1.5 Τι είναι το πρόβλημα V.R.P;

Το Vehicle Routing Problem (V.R.P) αποτελεί έναν ορισμό που συμπεριλαμβάνει έναν μεγάλο αριθμό προβλημάτων που σχετίζονται με τις διαδρομές που πρέπει να ακολουθήσει ένας στόλος οχημάτων από μία ή περισσότερες αποθήκες προς έναν αριθμό πελατών. Ο στόχος που επιτυγχάνεται με την επίλυση του V.R.P είναι η ελαχιστοποίηση του κόστους μεταφοράς προϊόντων προς ικανοποίηση των πελατών με γνωστές απαιτήσεις, βελτιστοποιώντας τις διαδρομές ενός στόλου οχημάτων που ξεκινούν και καταλήγουν σε μία αποθήκη. Στη συνέχεια ακολουθεί ένα διάγραμμα το οποίο περιγράφει τη φύση του προβλήματος V.R.P καθώς και μία πιθανή λύση του προβλήματος.

Στο Σχήμα 1.4 παρατηρούμε ένα οδικό δίκτυο, στο οποίο παρατηρούμε τα εξής χαρακτηριστικά:

- Με γραμμές αναπαρίστανται οι δρόμοι που θα χρησιμοποιήσουν τα οχήματα προκειμένου να εξυπηρετήσουν τους πελάτες
- Με τελείες αναπαρίστανται οι πελάτες. Το μέγεθος των τελείων αναπαριστούν την ποσότητα των προϊόντων με την οποία πρέπει να προμηθευτεί ο κάθε πελάτης. Όσο μεγαλύτερη είναι η τελεία τόσο μεγαλύτερη ποσότητα προϊόντων χρειάζεται ο πελάτης.
- Στο κέντρο του διαγράμματος υπάρχει η αποθήκη (Depot) από την οποία ξεκινούν τα οχήματα για να ικανοποιήσουν στη συνέχεια τους πελάτες

Στο διάγραμμα που ακολουθεί μπορούμε να διαπιστώσουμε μία πιθανή επίλυση του προβλήματος V.R.P.



Σχήμα 1.4: Αναπαράσταση προβλήματος V.R.P

## 1.6 Τυπικά χαρακτηριστικά του προβλήματος

Σε αυτό το σημείο είναι απαραίτητο να γίνει περιγραφή των τυπικών χαρακτηριστικών του δικτύου και των προβλημάτων χρονοδιαγράμματος παίρνοντας υπόψη τα κύρια χαρακτηριστικά τους (οδικό δίκτυο, πελάτες, αποθήκες, οχήματα και οδηγοί), τις διαφορετικές μεταβλητές που μπορούν να εισαχθούν στο πρόβλημα καθώς και τους πιθανούς στόχους που θέλουμε να επιτύχουμε κατά τη βελτιστοποίηση του προβλήματος το οποίο αντιμετωπίζουμε.

### 1.6.1. Οδικό Δίκτυο



Το οδικό δίκτυο, το οποίο χρησιμοποιείται για τη μεταφορά των προϊόντων, περιγράφεται γενικά από ένα γράφημα, του οποίου τα τόξα αναπαριστούν τους δρόμους και των οποίων οι κορυφές αναπαριστούν τις διασταυρώσεις όπως άλλωστε είδαμε και στο *Διάγραμμα 1*. Τα τόξα μπορεί να έχουν κάποια κατεύθυνση μπορεί όμως και όχι. Το γεγονός αυτό εξαρτάται από το αν ο δρόμος τον οποίο αναπαριστούν είναι μονόδρομος ή δρόμος διπλής κυκλοφορίας. Κάθε τόξο σχετίζεται άμεσα με ένα κόστος, το οποίο αναπαριστά το μήκος του και με το χρόνο του δρομολογίου ο οποίος σχετίζεται συνήθως με τον τύπο του οχήματος ή με την περίοδο κατά την οποία το όχημα το διασχίζει.

### 1.6.2 Πελάτες



Τα κύρια χαρακτηριστικά των πελατών είναι :

- Οι κορυφές των τόξων οι οποίες αναπαριστούν τις τοποθεσίες των πελατών
- Η ποσότητα των προϊόντων που απαιτεί κάθε πελάτης - Ζήτηση (το είδος των προϊόντων μπορεί να είναι περισσότερα από ένα).
- Οι περίοδοι της ημέρας κατά την οποία ο πελάτης μπορεί να εξυπηρετηθεί (ωράριο καταστημάτων, κυκλοφοριακή συμφόρηση κλπ).
- Ο χρόνος ο οποίος απαιτείται για την προμήθεια ή συλλογή των προϊόντων (φόρτωση-εκφόρτωση προϊόντων), μεταβλητή η οποία εξαρτάται από τον τύπο του οχήματος.
- Το είδος των οχημάτων που χρησιμοποιούνται για την εξυπηρέτηση του πελάτη (εξαιτίας πιθανών απαγορεύσεων στο οδικό δίκτυο ή απαιτήσεις κατά την φόρτωση και εκφόρτωση των προϊόντων) [3]

Πολλές φορές δεν είναι δυνατόν να ικανοποιηθούν πλήρως όλες οι απαιτήσεις του κάθε πελάτη. Σε τέτοιες περιπτώσεις οι ποσότητες των προϊόντων που συλλέγονται από τους πελάτες ή προμηθεύουν τους πελάτες μπορεί να χρειασθεί να μειωθούν, ή κάποιοι πελάτες να μην εξυπηρετηθούν καθόλου. Για να γίνει αντιμετώπιση τέτοιων καταστάσεων, διαφορετικές προτεραιότητες ή κυρώσεις που σχετίζονται με την μερική ή και ολική έλλειψη εξυπηρέτησης, μπορούν να τεθούν προς τους πελάτες.

Οι διαδρομές που ακολουθούνται από τον στόλο των οχημάτων για την εξυπηρέτηση των πελατών ξεκινούν από μία ή και περισσότερες αποθήκες και τελειώνουν είτε στην αποθήκη από την οποία ξεκίνησαν είτε σε κάποια άλλη. Κάθε αποθήκη χαρακτηρίζεται από τον αριθμό και το είδος των οχημάτων που αντιστοιχούν σε αυτή καθώς και με τη συνολική ποσότητα των προϊόντων που μπορούν να φιλοξενήσουν. Υπάρχουν περιπτώσεις κατά τις οποίες τα οχήματα μετά την εξυπηρέτηση κάθε πελάτη πρέπει να γυρίσουν στην αποθήκη. Σε τέτοιες περιπτώσεις το πρόβλημα V.R.P “σπάει” σε πολλά ανεξάρτητα προβλήματα, ένα για κάθε αποθήκη.

### 1.6.3 Οχήματα – Αποθήκες



Η μεταφορά των προϊόντων πραγματοποιείται από ένα στόλο οχημάτων του οποίου το μέγεθος ρυθμίζεται ανάλογα με τις απαιτήσεις των πελατών. Τυπικά χαρακτηριστικά των οχημάτων είναι:

- Η αποθήκη από την οποία εκκινεί το όχημα καθώς και η πιθανότητα το όχημα τελειώνοντας την εξυπηρέτηση των πελατών να καταλήξει σε μία αποθήκη διαφορετική από αυτήν από την οποία εκίνησε.
- Η χωρητικότητα του οχήματος, η οποία μπορεί να εκφραστεί ως μέγιστο βάρος ή όγκος, αριθμός παλετών που χωράει κλπ.
- Ο πιθανός διαχωρισμός του οχήματος σε μέρη. Το καθένα από τα οποία χαρακτηρίζεται από τη χωρητικότητά του και από τον τύπο των προϊόντων που φιλοξενεί.
- Οι συσκευές που χρησιμοποιούνται πιθανότατα για τη φόρτωση-εκφόρτωση των προϊόντων
- Οι δρόμοι τους οποίους μπορεί να διασχίσει ένα όχημα

- Τα κόστη από τη χρήση του κάθε οχήματος (με βάση τις αποστάσεις που διανύει, το χρονικό διάστημα κατά το οποίο χρησιμοποιείται κλπ.) [4]

#### 1.6.4 Οδηγοί



Οι οδηγοί των οχημάτων είναι απαραίτητο να ικανοποιούν διάφορους περιορισμούς που έχουν να κάνουν με συμβόλαια εργατικών ενώσεων καθώς και κανονισμούς της εταιρείας για την οποία εργάζονται. Ο χρόνος εργασίας κατά τη διάρκεια της ημέρας, ο αριθμός και η διάρκεια των διαλειμμάτων και οι υπερωρίες αποτελούν ορισμένους μόνο από τους “κανόνες” τους οποίους πρέπει να τηρούν οι οδηγοί των οχημάτων.

### 1.7 Στόχοι προς επίτευξη

#### 1.7.1 Μεταβλητές

Η εκτίμηση του συνολικού κόστους των δρομολογίων απαιτεί τη γνώση του κόστους μετακίνησης καθώς και του κόστους που απορρέει από το χρόνο που διαρκούν τα δρομολόγια μεταξύ των πελατών καθώς και μεταξύ πελάτη και αποθήκης. Έτσι λοιπόν είναι ιδιαίτερα σημαντικό να γίνει ένα σωστά δομημένο γράφημα του οποίου οι κορυφές θα αναπαριστούν τους πελάτες και τις αποθήκες. Για κάθε ζεύγος κορυφών  $i$  και  $j$ , ένα τόξο  $(i, j)$  ορίζεται το κόστος το οποίο συμβολίζεται με  $c_{ij}$  και το οποίο είναι το κόστος της συντομότερης διαδρομής ξεκινώντας από την κορυφή  $i$  και καταλήγοντας στην κορυφή  $j$  του γραφήματος. Ο χρόνος του δρομολογίου  $t_{ij}$  σχετίζεται άμεσα με το τόξο  $(i, j)$  και προκύπτει από το άθροισμα των χρόνων δρομολογίων των τόξων που ανήκουν στη συντομότερη διαδρομή από την κορυφή  $i$  στην κορυφή  $j$ .

#### 1.7.2 Στόχοι

Για το V.R.P μπορούν να τεθούν διάφοροι στόχοι μερικοί εκ των οποίων είναι οι ακόλουθοι:

- Ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους μεταφοράς, το οποίο σχετίζεται με την ολική απόσταση των δρομολογίων (ή το χρόνο δρομολογίων) και τα κόστη χρήσης των οχημάτων



- Ελαχιστοποίηση των οχημάτων που απαρτίζουν το στόλο της εταιρείας για την εξυπηρέτηση όλων των πελατών
- Ελαχιστοποίηση των κυρώσεων που σχετίζονται με τη μερική εξυπηρέτηση των πελατών
- Διατήρηση της ισορροπίας των δρομολογίων, χρόνος δρομολογίων και ποσότητα φόρτου οχήματος

ή μπορούν να προκύψουν ακόμη και συνδυασμοί των παραπάνω.

Σκοπός της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας αποτελεί η ελαχιστοποίηση της ολικής απόστασης των δρομολογίων και κατά συνέπεια πιθανότατα και η ελαχιστοποίηση του χρόνου διεκπεραίωσης της διανομής του περιοδικού στα φαρμακεία της Αττικής. Ο λόγος για τον οποίο δεν έχουμε κάποιο συνδυασμό των στόχων που περιγράφονται παραπάνω είναι ότι ο στόλος της εταιρίας είναι σταθερός και δεν υπάρχει πρόθεση από τη μεριά της εταιρίας προς ελαχιστοποίησή του καθώς μια τέτοια ενέργεια θα καθιστούσε ιδιαίτερα χρονοβόρα τη διανομή του περιοδικού σε παραπάνω από 1400 προορισμούς διασκορπισμένους σε ολόκληρη την Αττική. Επιπλέον δεν τίθεται θέμα κυρώσεων όσον αφορά την περίπτωση μερικής εξυπηρέτησης των πελατών, αφού η ίδια η εταιρία αποφασίζει ποιους πελάτες θα εξυπηρετήσει και πόσο εμπόρευμα θα διανείμει στους πελάτες της.

## Κεφάλαιο 2

### *Ευρετικοί και μεθευρετικοί αλγόριθμοι*

#### 2.1 Γενικά

Ένα μεγάλο πλήθος αλγορίθμων έχουν προταθεί για την επίλυση του προβλήματος V.R.P. Οι αλγόριθμοι αυτοί μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες:

- Ευρετικοί αλγόριθμοι (heuristics)
- Μεθευρετικοί αλγόριθμοι (metaheuristics)

Οι ευρετικοί αλγόριθμοι αναπτύχθηκαν κατά την περίοδο 1960-1990, ενώ οι μεθευρετικοί αναπτύσσονται την τελευταία δεκαετία και αποτελούν εργαλεία για αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση του προβλήματος V.R.P. Οι μεθευρετικοί αλγόριθμοι συνδυάζουν αλγορίθμους τοπικής αναζήτησης (neighborhood search rules), δομές μνήμης καθώς και ανασυνδιασμούς λύσεων.

#### 2.2 Ευρετικοί αλγόριθμοι

Η πολυκλοκότητα επίλυσης ενός προβλήματος V.R.P έχει ως αποτέλεσμα τη δυσκολία ύπαρξης αλγορίθμου που να μπορεί να εγγυηθεί με σιγουριά την εύρεση βέλτιστης λύσης όταν ο αριθμός των πόλεων που συνθέτουν το πρόβλημα είναι μεγάλος. Έτσι λοιπόν υπάρχει το ακόλουθο δίλημμα. Μπορούμε να έχουμε έναν αλγόριθμο ο οποίος βρίσκει αποτελέσματα γρήγορα ή έναν αλγόριθμο ο οποίος βρίσκει τη βέλτιστη λύση. Σε καμιά περίπτωση δεν είναι δυνατόν να επιτύχουμε και τα δύο σημεία που αναφέρθηκαν παραπάνω συγχρόνως. Έχοντας λοιπόν το παραπάνω δίλημμα πάρα πολλοί ερευνητές στρέφονται προς τη ‘γρήγορη’ λύση, δηλαδή προς τους ευρετικούς αλγορίθμους. Οι ερευνητές αυτοί σχεδιάζουν λοιπόν αποτελεσματικούς ευρετικούς αλγορίθμους οι οποίοι ‘τρέχουν’ πολύ γρήγορα, ενώ παράλληλα βρίσκουν λύσεις οι οποίες είναι πολύ κοντά στη βέλτιστη. Για να γίνει πιο κατανοητός ο χρόνος που απαιτείται για να βρούμε τη βέλτιστη λύση σε ένα πρόβλημα TSP παρατίθεται το ακόλουθο παράδειγμα. Το 1995 έγινε επίλυση του προβλήματος TSP για 7397 πόλεις και για να γίνει εύρεση της βέλτιστης λύσης

χρειάστηκαν περίπου 4 χρόνια. Η υπολογιστική ισχύς του μηχανήματος που έτρεχε το συγκεκριμένο πρόβλημα ήταν τεράστια καθώς την επίλυση του προβλήματος είχε αναλάβει ένα μεγάλο δίκτυο υπολογιστών. [10]

Οι ευρετικοί αλγόριθμοι μπορούν λοιπόν να δώσουν καλά αποτελέσματα σε σύντομο χρονικό διάστημα. Οι ευρετικοί αλγόριθμοι οι οποίοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επίλυση προβλημάτων TSP-VRP μπορούν να χωριστούν σε 2 κατηγορίες:

- Αλγόριθμοι διαδοχικής επαύξησης (Successive augmentation heuristics)
- Αλγόριθμοι τοπικής αναζήτησης (Local search heuristics)

Οι ευρετικοί αλγόριθμοι που ανήκουν στην πρώτη κατηγορία χτίζουν μια λύση από την αρχή χρησιμοποιώντας μια διαδικασία ανάπτυξης η οποία επιτυγχάνεται με αλγόριθμο απληστίας και τερματίζονται όταν καταλήξουν σε μια πιθανή λύση. Στην περίπτωση που τέτοιοι αλγόριθμοι χρησιμοποιούνται για την επίλυση προβλημάτων VRP τους ονομάζουμε αλγορίθμους κατασκευής δρομολογίων (Tour construction heuristics). Οι αλγόριθμοι αυτοί ενώ παράγουν μέτρια αποτελέσματα όσον αφορά την επίλυση των περισσότερων προβλημάτων συνδυαστικής βελτιστοποίησης, στην περίπτωση του προβλήματος V.R.P τα πηγαίνουν αρκετά καλά. Στην καλύτερη περίπτωση μπορούν να δώσουν αποτελέσματα με μια απόκλιση που κυμαίνεται σε ποσοστό 10-15% από τη βέλτιστη λύση.

Οι ευρετικοί αλγόριθμοι που ανήκουν στη δεύτερη κατηγορία, δηλαδή οι αλγόριθμοι τοπικής αναζήτησης δεν φτιάχνουν από την αρχή τη λύση αλλά βελτιώνουν σταδιακά μια ήδη υπάρχουσα. Οι αλγόριθμοι που ανήκουν στην κατηγορία αυτή έχουν να επιδείξουν πολύ καλύτερα αποτελέσματα. Για παράδειγμα ο αλγόριθμος τοπικής αναζήτησης 3-opt τον οποίο θα χρησιμοποιήσουμε και στη συγκεκριμένη εργασία δίνει αποτελέσματα που αποκλίνουν μόλις 3-4% από τη βέλτιστη λύση, ενώ ο αλγόριθμος 'variable-opt' των Lin & Kernighan δίνει αποτελέσματα με απόκλιση 1-2%.

## 2.3 Μεθευρετικοί αλγόριθμοι

Τα τελευταία χρόνια οι μεθευρητικοί αλγόριθμοι χρησιμοποιούνται ευρύτατα για την επίλυση πολύπλοκων προβλημάτων βελτιστοποίησης. Λόγω της πολυκλοκότητας που διέπει τους αλγορίθμους αυτούς ακόμη και σήμερα δεν έχει δοθεί επίσημα ένας ορισμός τους. Ένας πιθανός ορισμός που θα μπορούσε να δοθεί για τους μεθευρητικούς αλγορίθμους σύμφωνα με το project “Metaheuristics Network” το οποίο επιχορηγείται από το πρόγραμμα “Improving Human Potential” της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι ο ακόλουθος:

*“ Ένας μεθευρητικός αλγόριθμος μπορεί να περιγραφεί ως ένα γενικό πλαίσιο εργασίας αλγορίθμων (algorithmic framework) το οποίο μπορεί να εφαρμοσθεί σε διαφορετικά προβλήματα βελτιστοποίησης και με μικρές τροποποιήσεις να υιοθετηθεί για την επίλυση συγκεκριμένων προβλημάτων.” [5]*

Αν και οι μεθευρητικοί αλγόριθμοι χρησιμοποιούνται ευρύτατα, το πώς και γιατί είναι αποτελεσματικοί στην αντιμετώπιση συγκεκριμένων προβλημάτων ενώ σε άλλα προβλήματα όχι, δεν έχει εξακριβωθεί ακόμα απόλυτα. Για την επίλυση του προβλήματος V.R.P μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφοροι μεθευρητικοί αλγόριθμοι όπως :

- Προσομοιωμένη Ανόπτηση - Simulating Annealing (SA)
- Αιτιοκρατική Ανόπτηση - Deterministic Annealing (DA)
- Περιορισμένη Αναζήτηση - Tabu Search (TS)
- Γενετικοί Αλγόριθμοι - Genetic Algorithms (GA)
- Συστήματα μυρμηγκιών - Ant Systems (AS)
- Νευρωνικά Δίκτυα - Neural Networks (NN)
- Διασκορπισμένη Αναζήτηση – Scatter Search

Υπάρχουν πολλοί άλλοι μεθευρετικοί αλγόριθμοι οι οποίοι όμως δεν είναι δυνατόν να αναφερθούν όλοι στο σύνολο τους. Στις παραγράφους που ακολουθούν θα γίνει μια συνοπτική περιγραφή των παραπάνω αλγορίθμων για να γίνει περισσότερο κατανοητή η λειτουργία των μεθευρετικών αλγορίθμων και η αποτελεσματικότητά τους στην επίλυση διαφόρων προβλημάτων.

### 2.3.1 Γενετικοί αλγόριθμοι

Οι γενετικοί αλγόριθμοι αποτελούν κομμάτι του ‘εξελικτικού’ προγραμματισμού ο οποίος αποτελεί έναν κλάδο που υπάγεται στον τομέα της τεχνητής νοημοσύνης και εξελίσσεται ιδιαίτερα έντονα τα τελευταία χρόνια. Οι γενετικοί αλγόριθμοι έχουν ως πηγή έμπνευσης τη θεωρία του Darwin. Έτσι λοιπόν το πρόβλημα το οποίο θέλουμε να επιλύσουμε επιλύεται από μία εξελικτική διαδικασία και δίνει μία δυνατή λύση η οποία συνεχώς μεταβάλλεται ώσπου να οδηγήσει στη βέλτιστη λύση.

Οι γενετικοί αλγόριθμοι έκαναν την εμφάνισή τους στην Αμερική το 1970 από τον John Holland στο πανεπιστήμιο του Michigan. Οι συνεχείς βελτιώσεις των υπολογιστικών συστημάτων τους έκαναν ιδιαίτερα ελκυστικούς για ορισμένα είδη βελτιστοποίησης. Συγκεκριμένα οι γενετικοί αλγόριθμοι δίνουν πολύ καλά αποτελέσματα σε συνδυαστικά προβλήματα (συνεχή και διακριτά). Μεγάλο πλεονέκτημα τους αποτελεί το γεγονός ότι δεν είναι επιρρεπή στο να ‘κολλήσουν’ σε κάποια τοπική βέλτιστη λύση από την άλλη μεριά όμως έχουν ως μειονέκτημα το ότι απαιτούν μεγάλη υπολογιστική ισχύ.

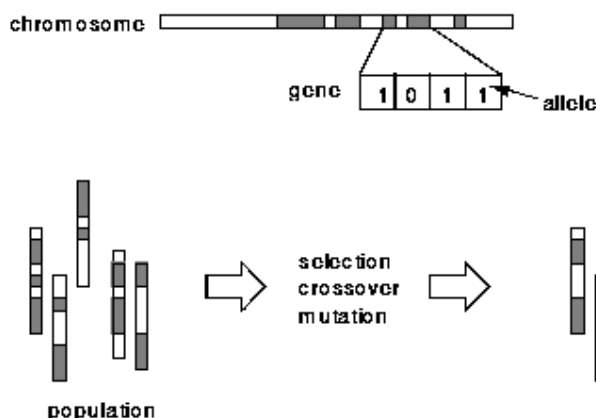
Για να χρησιμοποιήσει κανείς έναν γενετικό αλγόριθμο πρέπει να παρουσιάσει αρχικά μία πιθανή λύση ως γονίδιο. Στη συνέχεια ο γενετικός αλγόριθμος δημιουργεί έναν πληθυσμό από λύσεις και στη συνέχεια εφαρμόζει τους λεγόμενους γενετικούς χειριστές (genetic operators) όπως οι μετάλλαξης και ανάθεσης (mutation και crossover) έτσι ώστε να εξελίξει τις λύσεις αυτές και τελικά να καταλήξει στη βέλτιστη. Τα 3 σημαντικότερα χαρακτηριστικά για την χρήση των γενετικών αλγορίθμων είναι τα ακόλουθα:

- Ορισμός της αντικειμενικής συνάρτησης
- Ορισμός και εφαρμογή της γενετικής αναπαράστασης
- Ορισμός και εφαρμογή των γενετικών τελεστών (genetic operator)

Από τη στιγμή που τα 3 αυτά βήματα ορισθούν σωστά ο γενετικός αλγόριθμος μπορεί πλέον να δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Οι γενετικοί αλγόριθμοι ανήκουν στην κατηγορία των στοχαστικών μεθόδων αναζήτησης όπως είναι άλλωστε και ο αλγόριθμος προσομοιωμένης απόπτησης για τον οποίο θα μιλήσουμε αναλυτικότερα στη συνέχεια της συγκεκριμένης εργασίας.

## The GA lingo



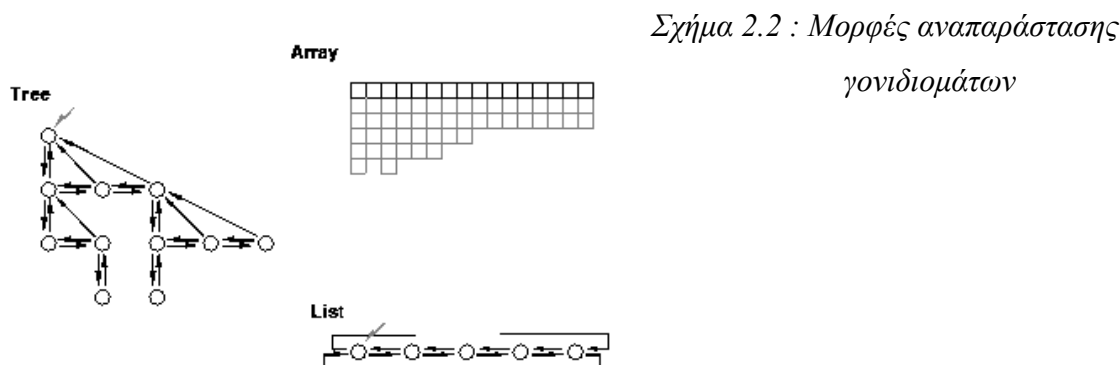
Σχήμα 2.1 : Αναπαράσταση πληθυσμού λύσεων με τους γενετικούς διαχειριστές

Ενώ οι περισσότερες μέθοδοι στοχαστικής αναζήτησης δουλεύουν πάνω σε μία λύση, οι γενετικοί αλγόριθμοι δουλεύουν πάνω σε έναν πληθυσμό λύσεων.

Για να χρησιμοποιήσει κανείς έναν γενετικό αλγόριθμο θα πρέπει να κωδικοποιήσει τις λύσεις σε τέτοια μορφή ώστε στη συνέχεια να μπορεί να τις αποθηκεύσει στον υπολογιστή. Το αντικείμενο που μας ενδιαφέρει είναι όπως προαναφέραμε ένα γονίδιο. Ο γενετικός αλγόριθμος δημιουργεί έναν πληθυσμό από γονίδια στη συνέχεια εφαρμόζει τους γενετικούς διαχειριστές *mutation* και *crossover* σε καθένα από τα γονίδια και έτσι δημιουργεί έναν νέο πληθυσμό. Στη συνέχεια χρησιμοποιεί διάφορα κριτήρια για την επιλογή των καλύτερων γονιδίων από τον πληθυσμό αυτό. Η αντικειμενική συνάρτηση που έχουμε επιλέξει προσδιορίζει πόσο καλό είναι το κάθε γονίδιο του πληθυσμού.

Για τη δημιουργία της αναπαράστασης του γονιδιώματος μπορεί κανείς να χρησιμοποιήσει ότι αυτός επιθυμεί. Ο Holland για παράδειγμα χρησιμοποίησε αρχικά *strings* από *bits*, όμως μπορεί κανείς να χρησιμοποιήσει πίνακες, δένδρα, λίστες όπως φαίνεται και στο Σχήμα 2.2 ή οτιδήποτε άλλο επιθυμεί αρκεί όμως να χρησιμοποιήσει τους κατάλληλους γενετικούς διαχειριστές (έναρξης, μετάλλαξης, διασταύρωσης, σύγκρισης).

## Other representations

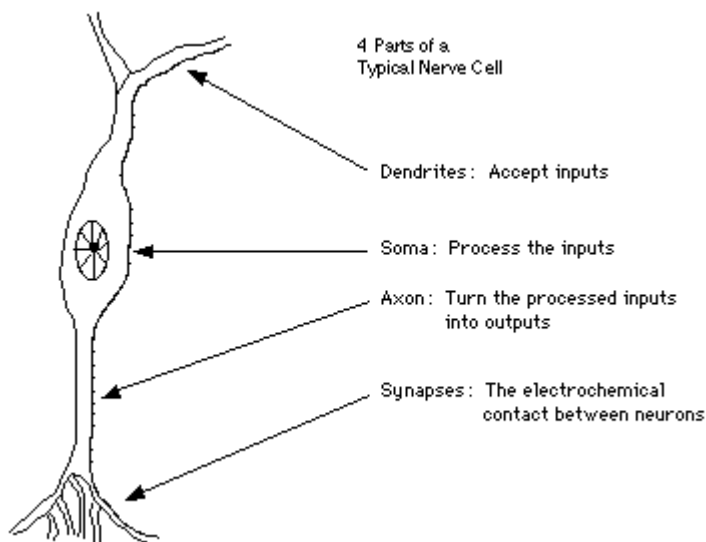


### 2.3.2 Νευρωνικά δίκτυα

Τα νευρωνικά δίκτυα αποτελούν ένα σύστημα το οποίο βασίζεται στον ανθρώπινο εγκέφαλο. Με τα νευρωνικά δίκτυα γίνεται μία απόπειρα να προσομοιώσουμε μέσω εξειδικευμένου λογισμικού και hardware τα πολλαπλά στρώματα που αποτελούνται από απλά στοιχεία επεξεργασίας τους λεγόμενους νευρώνες. Κάθε νευρώνας συνδέεται με κάποιους από τους γειτονικούς του νευρώνες με διάφορους συντελεστές (βάρη) οι οποίοι αναπαριστούν την ισχύ των δεσμών αυτών. Η εκμάθηση του νευρωνικού δικτύου ολοκληρώνεται ρυθμίζοντας τα βάρη αυτά έτσι ώστε το νευρωνικό δίκτυο να βγάλει σωστά αποτελέσματα.

Ας περιγράψουμε όμως αναλυτικότερα τη λειτουργία των νευρωνικών δικτύων προσδιορίζοντας αρχικά την αναλογία μεταξύ των φυσικών και τεχνητών νευρώνων. Τα βασικά χαρακτηριστικά των νευρωνικών δικτύων βασίζονται στον ανθρώπινο εγκέφαλο. Το βασικότερο στοιχείο του ανθρώπινου εγκεφάλου αποτελεί ένα είδος κυττάρου, το οποίο δίνει στον άνθρωπο τη δυνατότητα να θυμάται, να σκέφτεται καθώς και να χρησιμοποιεί τις εμπειρίες που αποκομίζει από το παρελθόν για όφελός του στο παρόν. Τα κύτταρα αυτά ονομάζονται νευρώνες, καθένας εκ των οποίων μπορεί να συνδεθεί μέχρι και με άλλους 200000 νευρώνες. Η δύναμη του εγκεφάλου πηγάζει από τον αριθμό των νευρώνων καθώς και από τους πολλαπλούς δεσμούς που υπάρχουν μεταξύ τους. Όλοι οι φυσικοί νευρώνες αποτελούνται από 4 βασικά συστατικά τα οποία είναι ο δενδρίτης (dendrites), το σώμα (soma), η αξονική αποφυάδα (axon) και η σύναψη (synapses). Ένας φυσικός νευρώνας λαμβάνει

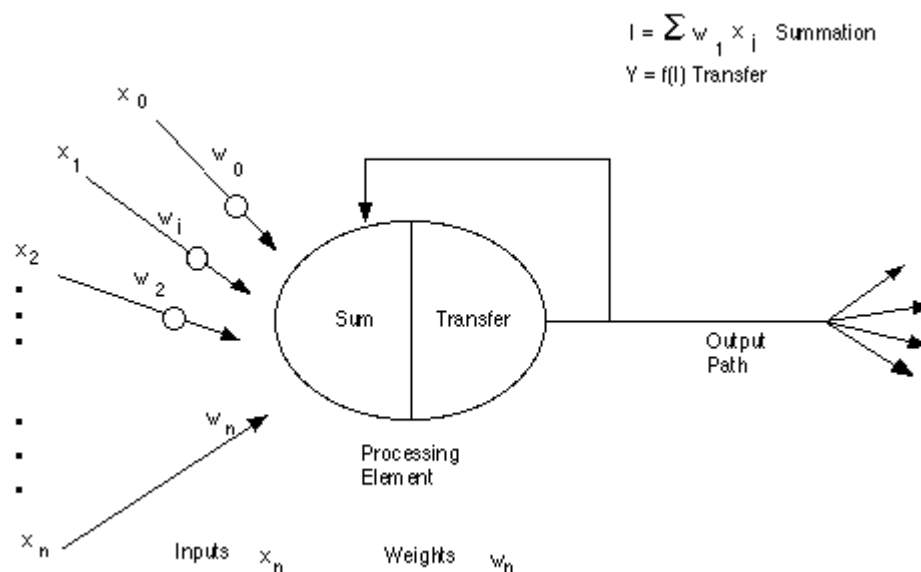
δεδομένα από διάφορες πηγές, τα συνδυάζει με κάποιο τρόπο, διενεργεί μια μη γραμμική διαδικασία στο αποτέλεσμα και τελικά εξάγει το τελικό αποτέλεσμα. Στο Σχήμα 2.3 που ακολουθεί αναπαριστάται ο φυσικός νευρώνας.



Σχήμα 2.3 : Αναπαράσταση φυσικού νευρώνα

Τα βασικά στοιχεία των νευρωνικών δικτύων, δηλαδή οι νευρώνες, προσομοιώνουν τις 4 βασικές λειτουργίες των φυσικών νευρώνων. Οι τεχνητοί νευρώνες έχουν πολύ απλούστερη δομή από αυτή των φυσικών. Η δομή τους φαίνεται αναλυτικά στο Σχήμα 2.4 στην επόμενη σελίδα. Όπως παρατηρούμε στο σχήμα, τα διάφορα δεδομένα εισόδου συμβολίζονται με  $x(n)$ . Καθένα από τα δεδομένα αυτά πολλαπλασιάζεται με το βάρος με το οποίο συνδέεται. Τα βάρη συμβολίζονται με  $w(n)$ . Στην απλούστερη των περιπτώσεων τα δεδομένα που προκύπτουν στη συνέχεια αθροίζονται και τέλος περνούν από μία συνάρτηση μεταφοράς δίνοντας έτσι το τελικό αποτέλεσμα το οποίο εξάγεται.





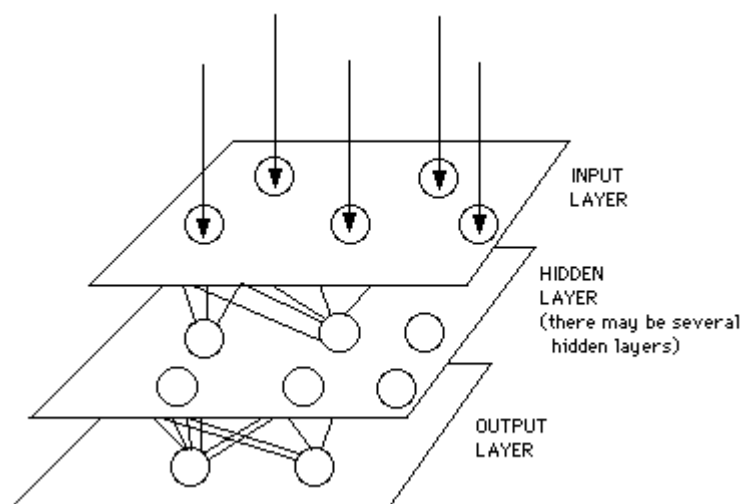
Σχήμα 2.4 : Αναπαράσταση τεχνητού νευρώνα

Για να φτιάξει κανείς ένα νευρωνικό δίκτυο το οποίο θα δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα θα πρέπει να ακολουθήσει την τακτική ‘δοκιμής και σφάλματος’ (trial and error), δηλαδή να κάνει μεγάλο αριθμό δοκιμών μέχρι το νευρωνικό δίκτυο να εξάγει σωστά αποτελέσματα. Η σύνθεση ενός νευρωνικού δικτύου είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη και απαιτεί την εφαρμογή των παρακάτω σταδίων:

- Τοποθέτηση των νευρώνων σε διάφορα στρώματα (layers)
- Επιλογή της σύνδεσης μεταξύ των νευρώνων ανάμεσα στα διάφορα στρώματα καθώς και ανάμεσα στους στο ίδιο στρώμα
- Επιλογή του τρόπου με τον οποίο ένας νευρώνας δέχεται δεδομένα καθώς και του τρόπου με τον οποίο εξάγει δεδομένα
- Καθορισμός της ισχύος της σύνδεσης μέσα στο δίκτυο επιτρέποντας στο δίκτυο να μάθει-διδασχθεί τις τιμές των βαρών χρησιμοποιώντας μία διαδικασία εκμάθησης

Τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα σχηματίζονται χρησιμοποιώντας στρώματα τα οποία συνδέονται μεταξύ τους. Ο τρόπος με τον οποίο συνδέονται τα στρώματα αυτά μεταξύ τους διαφέρει από περίπτωση σε περίπτωση. Σε γενικές γραμμές όλα τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα ακολουθούν τον ίδιο τύπο κατασκευής. Κάποιοι από τους

νευρώνες επικοινωνούν ουσιαστικά με το περιβάλλον για να λάβουν τα δεδομένα εισόδου, ενώ άλλοι νευρώνες εξάγουν στο περιβάλλον τα αποτελέσματα. Οι υπόλοιποι νευρώνες παραμένουν κρυφοί και επεξεργάζονται τα δεδομένα προκειμένου στη συνέχεια να πάρουμε ικανοποιητικά αποτελέσματα. Μία απλή κατασκευή τεχνητού νευρωνικού δικτύου φαίνεται στο Σχήμα 2.5.



Σχήμα 2.5 : Αναπαράσταση τεχνητού νευρωνικού δικτύου

Όπως δείχνει το παραπάνω σχήμα οι νευρώνες υπάρχουν στα διάφορα στρώματα του δικτύου. Το στρώμα εισαγωγής (input layer) αποτελείται από νευρώνες οι οποίοι δέχονται τα δεδομένα εισόδου από το εξωτερικό περιβάλλον. Το εξωτερικό στρώμα αποτελείται από νευρώνες οι οποίοι επικοινωνούν με το χρήστη-εξωτερικό περιβάλλον για να δώσει τα αποτελέσματα. Μεταξύ των 2 αυτών στρωμάτων υπάρχουν πολλά ‘κρυφά’ στρώματα.

Ο εγκέφαλος μαθαίνει από εμπειρίες του παρελθόντος. Τα νευρωνικά δίκτυα ονομάζονται από πολλούς και μηχανές εκμάθησης αλγορίθμων (machine learning algorithms), λόγω του ότι αλλάζοντας τα βάρη σύνδεσης προκαλούμε την εκμάθηση του δικτύου ώστε να δώσει σωστά αποτελέσματα. Το σύστημα αποκτά νέες γνώσεις κάθε φορά που αλλάζουμε τα βάρη αυτά. Η ικανότητα εκμάθησης ενός νευρωνικού δικτύου εξαρτάται από την αρχιτεκτονική του καθώς και από τον αλγόριθμο που χρησιμοποιείται για την εκμάθησή του. Η μέθοδος εκπαίδευσης ενός νευρωνικού δικτύου στηρίζεται σε 3 στάδια:

### **Εκμάθηση χωρίς επιτήρηση (Unsupervised learning)**

Οι ‘κρυφοί’ νευρώνες πρέπει από μόνοι τους να βρουν τρόπο να οργανωθούν μεταξύ τους χωρίς τη βοήθεια από το εξωτερικό τους περιβάλλον. Στη συγκεκριμένη μέθοδο δεν δίνονται στο δίκτυο δείγματα αποτελεσμάτων ώστε να γίνει εξακρίβωση της ικανότητας πρόβλεψης του δικτύου.

### **Εκμάθηση με ενίσχυση (Reinforcement learning)**

Η μέθοδος αυτή δουλεύει με βοήθεια από το εξωτερικό περιβάλλον. Οι συνδέσεις μεταξύ των νευρώνων που βρίσκονται στα κρυφά στρώματα γίνονται τυχαία και στη συνέχεια αλλάζουν ανάλογα με το πόσο κοντά είναι το νευρωνικό δίκτυο στην επίλυση του προβλήματος. Η συγκεκριμένη μέθοδος είναι αργή και απαιτεί μεγάλη υπολογιστική ισχύ.

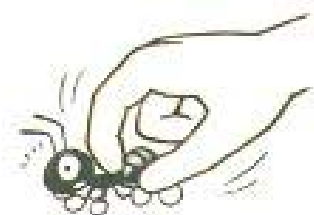
### **Προς τα πίσω ανάδραση (Back propagation)**

Η μέθοδος αυτή είναι ιδιαίτερα επιτυχημένη σε περιπτώσεις που αφορούν νευρωνικά δίκτυα με πολλά στρώματα. Λειτουργεί όπως και με τη μέθοδο Reinforcement learning με τη διαφορά όμως ότι το δίκτυο επεξεργάζεται και πληροφορίες που αφορούν σφάλματα και τελικά γίνεται φιλτράρισμα των πληροφοριών αυτών αλλάζοντας έτσι τις συνδέσεις μεταξύ των στρωμάτων του δικτύου και παράγοντας έτσι σωστά αποτελέσματα.

## **2.3.3 Συστήματα μυρμηγκιών**

Τα συστήματα μυρμηγκιών, γνωστά και ως αλγόριθμοι μυρμηγκιών, αποτελούν συστήματα τα οποία είναι εμπνευσμένα από τη συμπεριφορά πραγματικών μυρμηγκιών και συγκεκριμένα του είδους *Linepithema humile*. [6] Όταν μία αποικία μυρμηγκιών έχει τη δυνατότητα να προσεγγίσει μία πηγή τροφής με περισσότερα από ένα δρομολόγια, τα περισσότερα μυρμήγκια και μάλιστα με συντριπτική πλειοψηφία επιλέγουν τη συντομότερη διαδρομή. Ορισμένα είδη μυρμηγκιών έχουν μία ουσία ονομαζόμενη φερομόνη (pheromone) την οποία αποβάλλουν στο έδαφος κατά τη μετακίνησή τους από τη φωλιά προς την πηγή τροφής τους. Μελέτες έχουν δείξει ότι υπάρχουν πολύ μεγαλύτερες ποσότητες φερομόνης στο κοντινό δρομολόγιο παρά στα άλλα. Έτσι τα επόμενα μυρμήγκια που προσεγγίζουν την περιοχή έχουν ως οδηγό

τους τη φερομόνη για να ακολουθήσουν και αυτά με τη σειρά τους τη συντομότερη διαδρομή για να φτάσουν στην τροφή.



Σχήμα 2.6 : Ο άνθρωπος έχει εμπνευσθεί τα συστήματα μυρμηγκιών από τα πραγματικά μυρμήγκια

Τα συστήματα μυρμηγκιών πρωτοπαρουσιάστηκαν από τους Colormi, Dorigo και Maniezzo και μπορούν να επιλύσουν με επιτυχία πολλά προβλήματα βελτιστοποίησης συμπεριλαμβανομένου και του Vehicle Routing Problem. Ένας μεθευρητικός αλγόριθμος βασισμένος στα συστήματα μυρμηγκιών μπορεί να περιγραφεί από ένα σύνολο διαδικασιών οι οποίες συνεργάζονται μέσα από μία κοινή μνήμη (common memory). Η πρώτη ομάδα των διαδικασιών χτίζει λύσεις με βάση τη θεωρία των πιθανοτήτων, με τις πιθανότητες να παίρνουν τιμές που εξαρτώνται από τις πληροφορίες που είναι αποθηκευμένες στη μνήμη. Όλες οι διαδικασίες των μυρμηγκιών ενεργοποιούνται και συντονίζονται από μία βασίλισσα η οποία ακόμη διαχειρίζεται την κοινή μνήμη. Με πολύ συνοπτικό τρόπο ένα σύστημα μυρμηγκιών μπορεί να προσδιορισθεί με βάση τις ακόλουθες δύο διαδικασίες :

- Διαδικασία μυρμηγκιού
  1. Λήψη των δεδομένων εισόδου, της κατάστασης μνήμης καθώς και άλλες παραμέτρους που μπορούν να ληφθούν από τη διαδικασία που ακολουθεί η βασίλισσα
  2. Με τη βοήθεια της μνήμης, χτίζεται μια νέα λύση με βάση τη θεωρία των πιθανοτήτων
  3. Στέλνεται η νέα λύση στη διαδικασία της βασίλισσας
- Διαδικασία βασίλισσας
  1. Αρχικοποίηση της μνήμης
  2. Επανάληψη, μέχρι να ικανοποιηθεί μια συνθήκη τερματισμού :

- (α) Επιλογή παραμέτρων για τη διαδικασία μυρμηγκιού και ενεργοποίηση της διαδικασίας μυρμηγκιού
  - (β) Παραλαβή μιας λύσης από τη διαδικασία μυρμηγκιού και αναβάθμιση της μνήμης
3. Εξαγωγή της καλύτερης λύσης που παράγεται από το σύστημα [7]

Τα πρώτα συστήματα μυρμηγκιών που αναπτύχθηκαν δεν περιελάμβαναν τη διαδικασία της βασίλισσας κι έτσι η μνήμη αποτελούταν από «ίχνη» (για παράδειγμα ποσότητες οι οποίες συνδέονταν με στοιχεία που συνέθεταν μια λύση. Τα στοιχεία αυτά θα μπορούσαν κάλλιστα να είναι ακμές σε προβλήματα στα οποία μια διαδρομή ερευνάται όσον αφορά τη καταλληλότητά της για τη δημιουργία ενός σύντομου δρομολογίου.) Επίσης στα πρώτα συστήματα μυρμηγκιών που δημιουργήθηκαν υπήρχε ένας δεδομένος αριθμός διαδικασιών μυρμηγκιών οι οποίοι ενεργοποιούνταν συγχρόνως. Οι διαδικασίες αυτές ενεργοποιούνταν παράλληλα και αμέσως αναβάθμιζαν τις τιμές των ιχνών. Δυστυχώς τα συστήματα αυτά ήταν αρκετά απλοποιημένα έτσι ώστε να μπορούν να επιλύσουν με επιτυχία προβλήματα βελτιστοποίησης και ο λόγος ήταν ότι τα μυρμήγκια δεν γνώριζαν τις κινήσεις άλλων μυρμηγκιών κάτι το οποίο δεν συμβαδίζει με ρεαλιστικά προβλήματα αφού τα οχήματα ενός στόλου γνωρίζουν τις κινήσεις που πραγματοποιεί το καθένα. Πρόσφατες βελτιώσεις που έγιναν τα τελευταία χρόνια έχουν εισαγάγει στα συστήματα αυτά ένα είδος συγχρονισμού κατά το οποίο το σύστημα περιμένει να ολοκληρωθούν όλα τα δρομολόγια και στη συνέχεια να αναβαθμίσει τις πληροφορίες στο σύστημα. Οι αναβαθμίσεις με αυτόν τον τρόπο γίνονται με καλύτερο τρόπο ακολουθώντας στρατηγικές αναζήτησης.

Σε αυτό το σημείο κρίνεται απαραίτητο να δώσουμε την αναλογία των μεγεθών στα συστήματα μυρμηγκιών με ρεαλιστικά προβλήματα :

- Μυρμήγκια = Οχήματα
- Ποιότητα και ποσότητα φαγητού = Μεγέθη που βελτιστοποιούνται
- Φερομόνη = Προσαρμόσιμη μνήμη

## Τα συστήματα μυρμηγκιών στο Vehicle Routing Problem

Η βασική ιδέα της χρήσης των συστημάτων μυρμηγκιών για την επίλυση του Vehicle Routing Problem στηρίζεται στη χρήση ενός θετικού μηχανισμού ανάδρασης που έχει σαν στόχο να ενισχύσει τα στοιχεία που συμβάλουν στην ύπαρξη μιας ικανοποιητικής λύσης, ενώ παράλληλα αποδυναμώνει τα στοιχεία που μπορούν να οδηγήσουν σε λανθασμένα αποτελέσματα. Ο τρόπος για να επιτευχθεί κάτι τέτοιο είναι η τροποποίηση του περιβάλλοντος, δηλαδή η τροποποίηση των τεχνητών φερομόνων. Από τη στιγμή που έχουμε το διάγραμμα του οδικού δικτύου τοποθετούνται φερομόνες σε καθέναν από τους δρόμους. Κάθε τεχνητό μυρμήγκι θα χρησιμοποιήσει αυτές τις πληροφορίες συνδέοντας τις με τα βάρη της αντικειμενικής συνάρτησης την οποία χρησιμοποιούμε για την επίλυση του συγκεκριμένου προβλήματος. Οι τιμές των φερομόνων μεταβάλλονται σταδιακά προς την εύρεση καλύτερης λύσης. Από τη στιγμή λοιπόν που τα τεχνητά μυρμήγκια ακολουθούν τους δρόμους οι οποίοι εμφανίζουν μεγαλύτερες ποσότητες φερομόνης, η αναζήτηση για βέλτιστη λύση θα περιορισθεί τελικά σε μια γειτονιά η οποία συγκεντρώνει καλές λύσεις λόγω των μεγάλων ποσοτήτων φερομόνης που υπάρχουν.

Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα χρήσης των συστημάτων μυρμηγκιών σε σύγκριση με άλλες μεθόδους για την επίλυση του προβλήματος πλανόδιου πωλητή (Traveling Salesman Problem) το οποίο παρουσιάζει πολλές ομοιότητες με το V.R.P. Όπως παρατηρούμε τα συστήματα μυρμηγκιών δίνουν πολύ καλά αποτελέσματα.

- Elastic Net (EN)
- Simulated Annealing (SA)
- Self Organizing Map (SOM)
- Farthest Insertion (FI)

**50-cities problems**

| City set | EN   | SA          | SOM  | FI   | FI + 2-opt | FI + 3-opt | Ant-Q       |
|----------|------|-------------|------|------|------------|------------|-------------|
| 1        | 5.98 | 5.88        | 6.06 | 6.03 | 5.99       | 5.90       | <b>5.87</b> |
| 2        | 6.03 | <b>6.01</b> | 6.25 | 6.28 | 6.20       | 6.07       | 6.06        |
| 3        | 5.70 | 5.65        | 5.83 | 5.85 | 5.80       | 5.63       | <b>5.57</b> |
| 4        | 5.86 | 5.81        | 5.87 | 5.96 | 5.96       | 5.81       | <b>5.76</b> |
| 5        | 6.49 | 6.33        | 6.70 | 6.71 | 6.61       | 6.48       | <b>6.18</b> |

Σχήμα 2.7 : Σύγκριση αποτελεσμάτων διαφόρων μεθόδων για το πρόβλημα του πλανόδιου πωλητή

### 2.3.4 Προσομοιωμένη ανόπτηση

Η προσομοιωμένη ανόπτηση είναι μια γενίκευση της μεθόδου Monte Carlo για τις εξισώσεις της κατάστασης και των παγωμένων καταστάσεων των συστημάτων n-σωμάτων [Metropolis et al 1953]. Η έννοια είναι βασισμένη στον τρόπο με τον οποίο τα υγρά παγώνουν ή τα μέταλλα επανακρυσταλλώνονται στο στάδιο της ανόπτησης. Σε μια διαδικασία ανόπτησης ένα λειωμένο μέταλλο, αρχικά στην υψηλή θερμοκρασία και δίχως τάξη (αταξία συστήματος), δροσίζεται αργά έτσι ώστε το σύστημα να είναι οποιαδήποτε στιγμή περίπου στη θερμοδυναμική ισορροπία. Καθώς η ψύξη προχωράει, το σύστημα μπαίνει περισσότερο σε τάξη και πλησιάζει μια "παγωμένη" θεμελιώδης κατάσταση όπου  $T=0$ . Ως εκ τούτου η διαδικασία μπορεί να θεωρηθεί ως αδιαβατική προσέγγιση στη χαμηλότερη ενεργειακή κατάσταση. Εάν η αρχική θερμοκρασία του συστήματος είναι πάρα πολύ χαμηλή ή η ψύξη γίνεται ανεπαρκώς αργά, το σύστημα μπορεί να γίνει αποσβεσμένο διαμορφώνοντας τις ατέλειες ή παγώνοντας σε ασταθείς καταστάσεις (δηλ. παγιδεύεται σε μία τοπικά ελάχιστη ενεργειακή κατάσταση).

Το αρχικό σχέδιο Metropolis ήταν ότι μια αρχική κατάσταση ενός θερμοδυναμικού συστήματος επιλέχτηκε στην ενέργεια  $E$  και τη θερμοκρασία  $T$ , όπου κρατώντας τη σταθερά  $T$  η αρχική διαμόρφωση είναι διαταραγμένη και η αλλαγή στην ενέργεια  $dE$  υπολογίζεται. Εάν η αλλαγή στην ενέργεια είναι αρνητική η νέα διαμόρφωση γίνεται αποδεκτή. Εάν η αλλαγή στην ενέργεια είναι θετική γίνεται αποδεκτή με μια πιθανότητα που δίνεται από τον παράγοντα Boltzmann  $\exp(-dE/T)$ . Αυτές οι διαδικασίες είναι έπειτα επαναλαμβανόμενες αρκετές φορές για να δώσουν καλές στατιστικές δειγματοληψίας για την τρέχουσα θερμοκρασία, και έπειτα η θερμοκρασία μειώνεται και ολόκληρη η διαδικασία επαναλαμβάνεται έως ότου επιτυγχάνεται μία παγωμένη κατάσταση  $T=0$ .

Αναλογικά η γενίκευση αυτής της προσέγγισης Monte Carlo στα συνδυαστικά προβλήματα είναι απλή. Η τρέχουσα κατάσταση του θερμοδυναμικού συστήματος είναι ανάλογη με την τρέχουσα λύση με το συνδυαστικό πρόβλημα, η ενεργειακή εξίσωση για το θερμοδυναμικό σύστημα είναι ανάλογη με την αντικειμενική λειτουργία, και θεμελιώδης κατάσταση είναι ανάλογη με το ολικό ελάχιστο. Η σημαντικότερη δυσκολία (τέχνη) στην εφαρμογή του αλγορίθμου είναι ότι δεν υπάρχει καμία προφανής αναλογία για τη θερμοκρασία  $T$  όσον αφορά μια ελεύθερη παράμετρο στο συνδυαστικό πρόβλημα. Επιπλέον, η αποφυγή της παράσυρσης στα

τοπικά ελάχιστα (απόσβεση) εξαρτάται από το "πρόγραμμα ανόπτησης", την επιλογή της αρχικής θερμοκρασίας, πόσες επαναλήψεις εκτελούνται σε κάθε θερμοκρασία, και πόσο η θερμοκρασία μειώνεται σε κάθε βήμα καθώς η ψύξη προχωρά. Η προσομοιωμένη ανόπτηση έχει χρησιμοποιηθεί στα διάφορα συνδυαστικά προβλήματα βελτιστοποίησης και είναι ιδιαίτερα επιτυχής στα προβλήματα σχεδίου κυκλωμάτων.

Όπως το όνομά της υπονοεί, η προσομοιωμένη ανόπτηση [simulated annealing (SA)] εκμεταλλεύεται μια αναλογία μεταξύ του τρόπου με τον οποίο ένα μέταλλο δροσίζεται και παγώνει σε μια ελάχιστη ενεργειακή κρυστάλλινη δομή (διαδικασία ανόπτησης) και την αναζήτηση ενός ελάχιστου σε ένα γενικότερο σύστημα.

Ο αλγόριθμος είναι βασισμένος σε αυτόν του Metropolis, που προτάθηκε αρχικά ως μέσο εύρεσης της διαμόρφωσης ισορροπίας μιας συλλογής των ατόμων σε μια δεδομένη θερμοκρασία. Η σύνδεση μεταξύ αυτού του αλγορίθμου και της μαθηματικής ελαχιστοποίησης σημειώθηκε αρχικά από τον Pincus, αλλά ήταν ο Kirkpatrick που πρότεινε να αποτελεί τη βάση μιας τεχνικής βελτιστοποίησης για τα συνδυαστικά (και άλλα) προβλήματα.

Σημαντικό πλεονέκτημα της προσομοιωμένης ανόπτησης από τις άλλες μεθόδους είναι η δυνατότητα να αποφεύγει να "παγιδεύεται" στα τοπικά ελάχιστα. Ο αλγόριθμος υιοθετεί μια τυχαία αναζήτηση που όχι μόνο δέχεται τις αλλαγές που μειώνουν την αντικειμενική συνάρτηση  $f$ , αλλά και μερικές αλλαγές που την αυξάνουν. Τα τελευταία γίνονται αποδεκτά με μια πιθανότητα

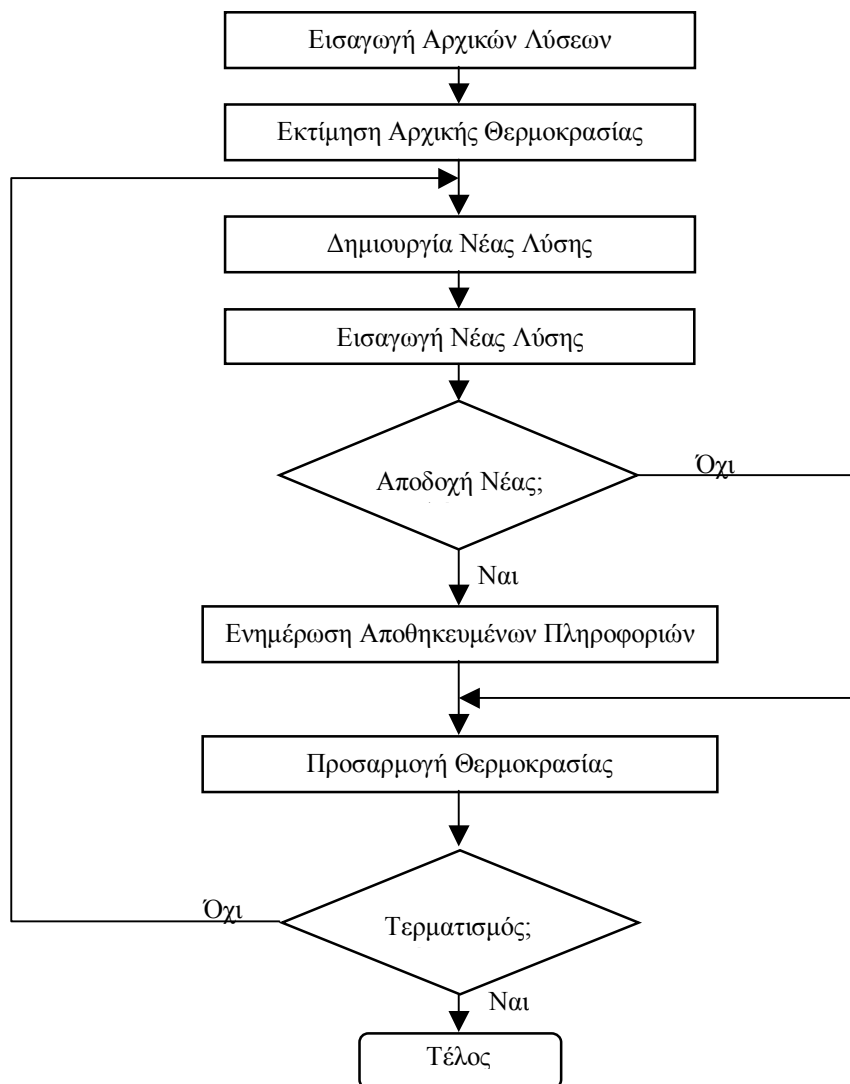
$$p = \exp\left(-\frac{\delta f}{T}\right)$$

όπου  $\delta f$  είναι η αύξηση στο  $f$  και το  $T$  είναι μια παράμετρος ελέγχου, η οποία αναλογικά με την αρχική εφαρμογή είναι γνωστή ως θερμοκρασία συστημάτων ανεξάρτητα από την "συμμετοχή" της αντικειμενικής συνάρτησης.

Η εφαρμογή του αλγορίθμου προσομοιωμένης ανόπτησης είναι εντυπωσιακά εύκολη. Στο σχήμα 2.8 παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής του. Τα ακόλουθα στοιχεία πρέπει να παρασχεθούν:



- μια αντιπροσώπευση των πιθανών λύσεων,
- μια γεννήτρια τυχαίων αλλαγών στις λύσεις,
- μέσο υπολογισμού των προβληματικών λειτουργιών και
- ένα πρόγραμμα ανόπτησης - μια αρχική θερμοκρασία και τους κανόνες για την μείωσή της καθώς η αναζήτηση συνεχίζεται.



Σχήμα 2.8. Η δομή του αλγορίθμου προσομοιωμένης ανόπτησης

Ο αλγόριθμος προσομοιωμένης ανόπτησης δεν απαιτεί ή δεν συνάγει τις παράγωγες πληροφορίες, πρέπει μόνο να του παρασχεθεί μια αντικειμενική λειτουργία για κάθε δοκιμαστική λύση που παράγει. Κατά συνέπεια, η αξιολόγηση των προβλημάτων λειτουργιών είναι ουσιαστικά λειτουργία “μαύρου κουτιού” όσον

αφορά στον αλγόριθμο βελτιστοποίησης. Προφανώς, προς όφελος της γενικής υπολογιστικής αποδοτικότητας, είναι σημαντικό ότι οι αξιολογήσεις των προβλημάτων λειτουργίας πρέπει να εκτελεστούν αποτελεσματικά, ειδικά όπως σε πολλές εφαρμογές όπου αυτές οι αξιολογήσεις λειτουργίας συντρίβουν την πιο εντατική, υπολογιστικά, δραστηριότητα. Ανάλογα με τη φύση του συστήματος εξισώσεων οι συμβουλές για την επιτάχυνση αυτών των υπολογισμών μπορούν να βρεθούν σε άλλα κεφάλαια μέσα σε αυτό το πρόγραμμα.

Κάποια σκέψη πρέπει να δοθεί στο χειρισμό των περιορισμών κατά τη χρησιμοποίηση του αλγορίθμου προσομοιωμένης ανόπτησης. Σε πολλές περιπτώσεις η ρουτίνα μπορεί απλά να προγραμματιστεί για να απορρίψει οποιεσδήποτε προτεινόμενες αλλαγές που οδηγούν στην παραβίαση περιορισμού, έτσι ώστε μια αναζήτηση του εφικτού διαστήματος να εκτελείται μόνο. Εντούτοις, υπάρχουν δύο σημαντικές περιπτώσεις στις οποίες αυτή η προσέγγιση δεν μπορεί να ακολουθηθεί:

- εάν υπάρχουν οποιοιδήποτε περιορισμοί ισότητας που καθορίζονται στο σύστημα,
- ή εάν το εφικτό διάστημα που καθορίζεται από τους περιορισμούς είναι (πιθανολογείται να είναι) χωριστό, έτσι ώστε να μην είναι δυνατό να κινηθεί μεταξύ όλων των εφικτών λύσεων χωρίς διάβαση μέσω του απραγματοποίητου διαστήματος.

### 2.3.5 Αιτιοκρατική ανόπτηση

Η αιτιοκρατική ανόπτηση λειτουργεί με παρόμοιο τρόπο με την προσομοιωμένη ανόπτηση, με τη διαφορά όμως ότι εδώ χρησιμοποιείται ένας ντετερμινιστικός κανόνας που ελέγχει την καταλληλότητα μιας κίνησης. Δύο υλοποιήσεις της συγκεκριμένης τεχνικής έχουν κατώφλι αποδοχής Στην επανάληψη  $t$  ενός αλγορίθμου με κατώφλι αποδοχής, η λύση  $x_{t+1}$  γίνεται αποδεκτή αν ισχύει  $f(x_{t+1}) < f(x_t) + \theta_1$ , όπου  $\theta_1$  είναι μία παράμετρος που ελέγχεται από τον χρήστη. Στην περίπτωση που έχουμε *record to record* δρομολόγια έχουμε μία βέλτιστη λύση  $x^*$ . Στην επανάληψη  $t$  η λύση  $x_{t+1}$  γίνεται αποδεκτή αν ισχύει  $f(x_{t+1}) < \theta_2 f(x_t)$ , όπου το  $\theta_2$  είναι μία παράμετρος που ελέγχεται από τον χρήστη και γενικά είναι λίγο μεγαλύτερη από 1.

### 2.3.6 Περιορισμένη Αναζήτηση - Tabu search

#### *Γενικά*

Κλασσικές μέθοδοι βελτιστοποίησης αντιμετωπίζουν πολύ συχνά προβλήματα όσον αφορά την επίλυση δύσκολων και πολύπλοκων προβλημάτων που συμβαίνουν στον πραγματικό κόσμο και όχι μόνο σε θεωρητικό επίπεδο. Πολύ σημαντικές εφαρμογές στους κλάδους του management, της οικονομίας καθώς και των επιστημών δεν μπορούν να επιλυθούν αποτελεσματικά και μέσα σε σύντομα χρονικά διαστήματα από μεθόδους οι οποίες κυριάρχησαν τις τελευταίες τρεις δεκαετίες κυρίως στην ακαδημαϊκή έρευνα.

Η μέθοδος αναζήτησης Tabu (TS) ξεπερνά κατά πολύ την αρχιτεκτονική των κλασσικών μεθόδων αναζήτησης με σκοπό να δώσει μία μέθοδο η οποία αλλάζει δραματικά τον τρόπο με τον οποίο επιλύουμε πρακτικά προβλήματα. Σημερινές εφαρμογές της μεθόδου αναζήτησης Tabu λύνουν κυριολεκτικά τα χέρια μας όσον αφορά την επίλυση προβλημάτων στους τομείς των τηλεπικοινωνιών, της εφοδιαστικής αλυσίδας, της διανομής ενέργειας, της βιοφαρμακευτικής ανάλυσης και πολλών άλλων. Τα τελευταία χρόνια έχει δημοσιευτεί πληθώρα άρθρων τα οποία περιλαμβάνουν στοιχεία που καταδεικνύουν τις επιτυχίες της συγκεκριμένης μεθόδου στην αντιμετώπιση διαφόρων προβλημάτων καθώς και την ανωτερότητά της σε σχέση με άλλες μεθόδους που έχουν χρησιμοποιηθεί κατά το παρελθόν.

Το σημαντικότερο ίσως χαρακτηριστικό που κάνει τη μέθοδο αναζήτησης Tabu να ξεχωρίζει από τις υπόλοιπες είναι η χρήση προσαρμόσιμων μορφών μνήμης, με την οποία διεισδύει σε πολυπλοκότητες οι οποίες δυσκολεύουν τις άλλες μεθόδους. Οι μεγάλες προοπτικές της προσαρμόσιμης μνήμης αρχίζουν να φαίνονται μόλις τα τελευταία χρόνια και είναι σχεδόν σίγουρο ότι θα θέσουν νέα δεδομένα στον τομέα της βελτιστοποίησης πρακτικών προβλημάτων.

Η λέξη Tabu(Taboo) προέρχεται από τη γλώσσα Tongan, μια γλώσσα της Πολυνησίας, και χρησιμοποιούταν από τους κατοίκους του νησιού Tongan όταν ήθελαν να μιλήσουν για αντικείμενα τα οποία δεν επιτρεπόταν κανείς να αγγίξει λόγω του ότι ήταν ιερά. Σύγχρονα λεξικά αναφέρουν για τη συγκεκριμένη λέξη ως ορισμό την απαγόρευση που τίθεται από κοινωνικά έθιμα σαν μέτρο προστασίας. Ο ορισμός αυτός συμφωνεί με το θέμα της μεθόδου κι αυτό διότι στη μέθοδο Tabu Search οι απαγορεύσεις αναιρούνται όταν το απαιτούν οι περιστάσεις και τα Taboo της

μεθόδου που θέτει η ίδια η μέθοδος μπορούν να αναιρεθούν όταν υπάρχουν στοιχεία για μια καλύτερη εναλλακτική λύση. Τα taboo με τον καιρό και ανάλογα με τις περιστάσεις που υπάρχουν σε μια κοινωνία μεταβάλλονται. Έτσι και στη συγκεκριμένη μέθοδο τα taboo που θέτει η μέθοδος αλλάζουν με βάση τις συνθήκες που υπάρχουν κατά την επίλυση του προβλήματος και δεν μένουν σταθερά.

Η μέθοδος Περιορισμένης αναζήτησης (Tabu Search) βασίζεται στην προϋπόθεση ότι για την επίλυση ενός προβλήματος πρέπει να υπάρξει συνεργασία μεταξύ προσαρμοστικής μνήμης και ανταποκρινόμενης εξερεύνησης. Η ιδέα της ανταποκρινόμενης έρευνας (responsive exploration), είτε υλοποιείται ντετερμινιστικά είτε με βάση τη θεωρία των πιθανοτήτων, προέρχεται από τη λογική ότι μια λανθασμένη στρατηγική επιλογή μπορεί να μας δώσει περισσότερα στοιχεία από μια τυχαία καλή επιλογή. Σε ένα σύστημα το οποίο χρησιμοποιεί μνήμη, μια κακή επιλογή μπορεί να μας δώσει χρήσιμα συμπεράσματα για το πως μπορεί να αλλάξει μια στρατηγική προς το καλύτερο. [8]

Οι υπολογιστές σήμερα χρησιμοποιούνται με δύο τρόπους για την επίλυση ποσοτικών προβλημάτων. Ο πρώτος τρόπος βασίζεται στον προγραμματισμό μιας φόρμουλας η οποία επεξεργάζεται τα δεδομένα εισόδου. Μετά αφού δοθούν τα δεδομένα που χαρακτηρίζουν ένα μέρος του προβλήματος, ο υπολογιστής χρησιμοποιεί την φόρμουλα αυτή και παράγει τη λύση. Η όλη αυτή διαδικασία επεξεργασίας δεδομένων γίνεται σε ένα και μοναδικό στάδιο. Η δεύτερη μέθοδος βασίζεται στην ιδέα του ότι δίνεται στον υπολογιστή μια μικρή δουλειά να διεκπεραιώσει και ο υπολογιστής αλλάζει κάποια από τα δεδομένα που του έχουν δοθεί και επαναλαμβάνει την ίδια διαδικασία μέχρι να δώσει την τελική απάντηση η οποία θα προκύψει με την ικανοποίηση ενός κριτηρίου τερματισμού. Στην πλειονότητα των περιπτώσεων η δεύτερη μέθοδος δίνει πολύ καλύτερα αποτελέσματα από την άλλη μεριά όμως υπάρχει το πρόβλημα του υπολογιστικού φόρτου. Πολλοί πιστεύουν ότι με τους πανίσχυρους υπολογιστές που έχουν εξελιχθεί τα τελευταία χρόνια ο υπολογιστικός φόρτος δεν αποτελεί σημαντικό κριτήριο για την επιλογή μιας μεθόδου επίλυσης προβλήματος. Κάτι τέτοιο δυστυχώς όμως δεν ισχύει. Για να βάλουμε 20 εργάτες σε 20 θέσεις εργασίας και να κάνουμε όλους τους πιθανούς συνδυασμούς θα χρειασθεί από έναν γρήγορο υπολογιστή περισσότερο χρόνο από τη ηλικία του σύμπαντος! Πρόσφατες μετατροπές των επαναληπτικών μεθόδων για να αντιμετωπίσουν το πρόβλημα του υπολογιστικού φόρτου έχουν δημιουργήσει διαδικασίες αναζήτησης οι οποίες αναζητούν την βέλτιστη ή σχεδόν

την βέλτιστη λύση εξερευνώντας μόνο ένα μικρό μέρος των πιθανών εναλλακτικών του προβλήματος και στη συνέχεια γίνεται γενίκευση για όλο το πρόβλημα. Στην πραγματικότητα όμως το «μικρό» αυτό μέρος μπορεί να αποδειχθεί αστρονομικά μεγάλο κυρίως όσον αφορά πρακτικά προβλήματα.

### **Η μέθοδος Tabu Search για το πρόβλημα V.R.P**

Η μέθοδος Περιορισμένης Αναζήτησης (Tabu Search) επιτρέπει τον εκφυλισμό της λύσης του προβλήματος σε συνδυασμό με την ιδέα της μνήμης για να αποφύγει τις άσκοπες επαναλήψεις. Ακολουθώντας τη διαδικασία αυτή υπάρχει η πιθανότητα ο αλγόριθμος να ξεφύγει από μία τοπική βέλτιστη λύση. Έτσι λοιπόν αν υποθέσουμε ότι έχουμε μία λύση η οποία συμβολίζεται με το γράμμα  $s$ , η επόμενη λύση  $s'$  που βρίσκεται στη γειτονιά του  $s$  επιλέγεται δίχως να ληφθεί υπόψη η λύση  $s$ . Αν το  $s$  ήταν τοπικό βέλτιστο είναι πολύ πιθανό μετά το  $s'$  ο αλγόριθμος να επιστρέψει ξανά στη λύση  $s$ . Έτσι λοιπόν υπάρχει η πιθανότητα να γίνεται μία συνεχής επανάληψη μεταξύ των δύο αυτών λύσεων.

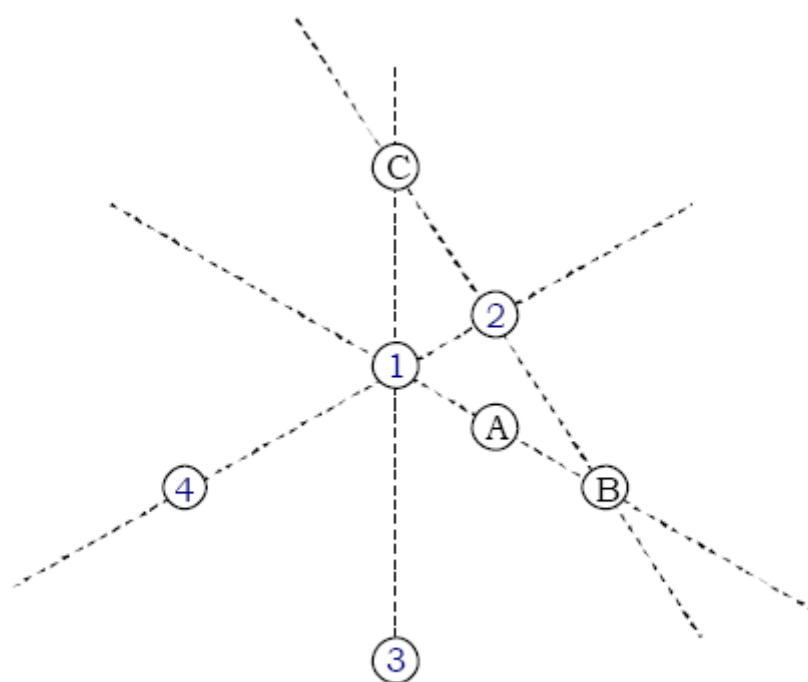
Για να αποφύγουμε τέτοιου είδους επαναλήψεις, ο μετασχηματισμός που οδηγεί στη λύση κρατιέται στη μνήμη. Ο αντίστροφος μετασχηματισμός απαγορεύεται για ένα συγκεκριμένο αριθμό επαναλήψεων. Από τη στιγμή λοιπόν που ο αντίστροφος 'δρόμος' από τη μία λύση στην άλλη είναι **tabu** μπορούμε να αποφύγουμε τις άσκοπες επαναλήψεις μέχρι ένα ικανοποιητικό σημείο.

Ένα σημαντικό μειονέκτημα των ευρετικών αλγορίθμων όσον αφορά την επίλυση του προβλήματος V.R.P είναι το ότι δεν δίνουν καθόλου αξιόπιστα αποτελέσματα σε προβλήματα κατά τα οποία ο στόλος των οχημάτων που κάνουν τις μεταφορές των προϊόντων είναι μικρός.

### **2.3.7 Η μέθοδος Διασκορπισμένης αναζήτησης - Scatter Search**

Η μέθοδος Διασκορπισμένης αναζήτησης μπορεί να θεωρηθεί ως ένας επαναστατικός αλγόριθμος ο οποίος δημιουργεί λύσεις συνδυάζοντας άλλες. Ο σκοπός της συγκεκριμένης μεθοδολογίας είναι να καθαστίσει δυνατή την υλοποίηση των διαδικασιών για την εύρεση λύσεων συνδυάζοντας διάφορα στοιχεία. Πρόσφατες έρευνες καταδεικνύουν τα σημαντικά πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η συγκεκριμένη μέθοδος για την επίλυση προβλημάτων βελτιστοποίησης θεωρητικής και πρακτικής φύσης.

Η μέθοδος Διασκορπισμένης Αναζήτησης λειτουργεί σε ένα σύνολο λύσεων, το σύνολο αναφοράς, και συνδυάζοντας τις λύσεις αυτές δημιουργεί νέες βελτιωμένες. Όταν ο κύριος μηχανισμός για το συνδυασμό των λύσεων είναι τέτοιος ώστε η νέα λύση να είναι αποτέλεσμα ενός γραμμικού συνδυασμού 2 λύσεων τότε το σεντ αναφοράς μπορεί να εξελιχθεί όπως αυτό που απεικονίζεται στο Σχήμα 2.9. Το συγκεκριμένο σχήμα περιγράφει το αρχικό σεντ αναφοράς το οποίο αποτελείται από τους κύκλους A, B και C οι οποίοι αναπαριστούν μία λύση ο καθένας. Μετά το συνδυασμό των λύσεων A και B προκύπτει όπως βλέπουμε στο σχήμα η λύση με την ονομασία 1. Με ανάλογη διαδικασία δημιουργούνται στη συνέχεια και οι λύσεις 2, 3, και 4.



**Fig. 1.** Two-dimensional reference set.

Σχήμα 2.9 : Εμφάνιση λειτουργίας Scatter Search σε 2 διαστάσεις

Σε αντίθεση με τους γενετικούς αλγορίθμους οι οποίοι δημιουργούν ένα πλήθος λύσεων, η μέθοδος Διασκορπισμένης Αναζήτησης δημιουργεί ένα σύνολο αναφοράς λύσεων το οποίο είναι σχετικά μικρό. Έτσι λοιπόν η μέθοδος επιλέγει δύο ή περισσότερα στοιχεία του σεντ αναφοράς με έναν συστηματικό τρόπο, με σκοπό να δημιουργήσει τις νέες λύσεις στρατηγικά. Τυπικά το σεντ αναφοράς στη συγκεκριμένη μέθοδο αποτελείται από περίπου 20 λύσεις. Σε ένα λογικό πρόβλημα, αν το σεντ

αναφοράς λύσεων αποτελείται από  $b$  λύσεις, τότε ο αλγόριθμος εξετάζει περίπου  $(3b-7)b/2$  συνδυασμούς. Παρακάτω ακολουθούν τα βήματα του αλγορίθμου που πρέπει να εφαρμόσει κανείς για την υλοποίηση της μεθόδου:

1. Παράγεται ένα αρχικό σύνολο διανυσμάτων λύσης για να εγγυηθεί ένα κρίσιμο επίπεδο ποικιλομορφίας και να εφαρμοσθούν οι ευρετικές διαδικασίες που σχεδιάζονται για το πρόβλημα ως προσπάθεια για τη βελτίωση αυτών των λύσεων. Γίνεται υπόδειξη ενός υποσυνόλου των καλύτερων διανυσμάτων που θα είναι και οι λύσεις αναφοράς. Η έννοια "καλύτερου" σε αυτό το βήμα δεν περιορίζεται σε ένα μέτρο που δίνεται αποκλειστικά από την αξιολόγηση της αντικειμενικής λειτουργίας. Ειδικότερα, μια λύση μπορεί να προστεθεί στην αναφορά καθορισμένη, εάν η ποικιλομορφία του συνόλου βελτιώνεται ακόμα και όταν η αντικειμενική αξία της λύσης είναι κατώτερη από άλλες λύσεις που ανταγωνίζονται για την αποδοχή στο σύνολο αναφοράς.

2. Δημιουργία των νέων λύσεων που αποτελούνται από τους δομημένους συνδυασμούς υποσυνόλων των τρεχουσών λύσεων αναφοράς. Οι δομημένοι συνδυασμοί είναι:

α) επιλεγμένος να παραγάγει τα σημεία και μέσα και έξω από τις κυρτές περιοχές που εκτείνονται από τις λύσεις αναφοράς.

β) τροποποιημένος για να παραγάγει τις αποδεκτές λύσεις. (Παραδείγματος χάριν, αν μια λύση λαμβάνεται από έναν γραμμικό συνδυασμό δύο ή περισσότερων λύσεων, μια γενικευμένη διαδικασία στρογγυλοποίησης που παράγει τις τιμές ακέραιων αριθμών για τα σε αριθμό περιορισμένα διανυσματικά συστατικά μπορεί να εφαρμοστεί.

3. Εφαρμογή των ευρετικών διαδικασιών που χρησιμοποιούνται στο βήμα 1 για τη βελτίωση των λύσεων που δημιουργούνται στο βήμα 2. Αυτές οι ευρετικές διαδικασίες πρέπει να είναι σε θέση να λειτουργήσουν στις απραγματοποίητες λύσεις και μπορούν ή και όχι να παραγάγουν τις εφικτές λύσεις.

4. Εξαγωγή μιας συλλογής των "καλύτερων" αποδεδειγμένων λύσεων από το βήμα 3 και πρόσθεσή τους στο σύνολο αναφοράς. Η έννοια "καλύτερου" είναι άλλη μια φορά ευρεία, κάνοντας το στόχο γίνεται εκτίμηση ενός μεταξύ διάφορων

κριτηρίων για την αξιολόγηση της αξίας των πρόσφατα δημιουργημένων σημείων. Ακολουθεί επανάληψη των βημάτων 2, 3 και 4 μέχρι το σύνολο αναφοράς να μην αλλάζει πια. Διαφοροποιούμε στη συνέχεια το σύνολο αναφοράς, με το καινούριο ξεκινώντας από το βήμα 1. Ο τερματισμός γίνεται κατά την επίτευξη ενός διευκρινισμένου ορίου επανάληψης.



## Κεφάλαιο 3

### *Το πρόβλημα και η επίλυσή του*

#### 3.1 Το πρόβλημα

Το πρόβλημα που καλούμαστε να επιλύσουμε στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία αποτελεί ένα πρόβλημα δρομολόγησης (Vehicle Routing Problem). Η εταιρία Globus επιθυμεί την όσο το δυνατόν πιο γρήγορη διανομή του περιοδικού «30 ημέρες υγεία» στα φαρμακεία της Αττικής. Για την επίτευξη του στόχου αυτού εφύβραμε τον μεθευρετικό αλγόριθμο “Iterated Expanding Neighborhood Search”, τον οποίο θα περιγράψουμε αναλυτικά σε επόμενη παράγραφο της εργασίας αυτής. Για τη διανομή του περιοδικού η εταιρία διαθέτει στόλο οχημάτων, ο οποίος απαρτίζεται από 3 οχήματα. Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο γίνεται περιγραφή του προβλήματος το οποίο πρέπει να επιλύσουμε με αποτελεσματικότητα, αναλύοντας όλες τις πτυχές του (οδικό δίκτυο, πελάτες, οχήματα, οδηγοί).

#### 3.2 Το οδικό δίκτυο – ‘Δακτύλιος’ Αθήνας

Το πρόβλημα V.R.P που επιλύσαμε για την εταιρία *Globus* περιελάμβανε μία ιδιαιτερότητα η οποία μπορεί να συναντηθεί μόνο στην Αθήνα και αυτή η ιδιαιτερότητα είναι ο ‘δακτύλιος’. Ο ‘Δακτύλιος’ της Αθήνας αποτελεί μία περιοχή αυστηρά οριοθετημένη, στην οποία δεν μπορούν να κυκλοφορούν όλα τα Ι.Χ. Στην περιοχή λοιπόν αυτή μπορούν να κυκλοφορούν τα Ι.Χ με μονό αριθμό κυκλοφορίας όταν η μέρα του μήνα είναι μονή, αλλιώς κυκλοφορούν τα Ι.Χ με ζυγό αριθμό κυκλοφορίας και αντίστροφα. Η εταιρεία για να αντιμετωπίσει το συγκεκριμένο πρόβλημα έχει στην κατοχή της 2 φορτηγά με μονό και 1 με ζυγό αριθμό κυκλοφορίας

Έτσι λοιπόν έπρεπε να βρεθεί τρόπος ώστε να γίνεται εναλλαγή των οχημάτων ανά ημέρα για τα φαρμακεία που ανήκουν στο δακτύλιο της Αθήνας μέχρι να εξυπηρετηθούν όλα και μετά να συνεχίσουν τα οχήματα τα δρομολόγιά τους κανονικά. Σύμφωνα με τα στοιχεία που δόθηκαν από την εταιρία τα φαρμακεία που ανήκουν στο δακτύλιο και πρέπει να εξυπηρετηθούν είναι 106, ενώ έμφαση πρέπει να δοθεί στο γεγονός ότι όλα τα φαρμακεία που ανήκουν στο κέντρο της Αθήνας και

συνεπώς και αυτά που ανήκουν στον δακτύλιο χρίζουν πρώτης προτεραιότητας στο να εξυπηρετηθούν.

### 3.3 Πελάτες

Για το πρόβλημα που αντιμετωπίζουμε θεωρούμε ως πελάτες τα φαρμακεία. Η εταιρία Globus μοιράζει μηνιαίως στους φαρμακοποιούς 100.000 τεύχη, ενώ εκτός από αυτά διανέμονται επιπλέον 300 ταχυδρομικώς με τα ΕΛΤΑ. Το σύνολο των φαρμακείων που απαρτίζουν το πρόβλημα V.R.P ξεπερνά τα 1400 και συγκεκριμένα αγγίζει τον αριθμό των 1408 φαρμακείων σε ολόκληρη την Αττική. Τα περιοδικά συσκευάζονται σε κούτες των 20 ή 25 τεμαχίων η καθεμιά και η διανομή τους γίνεται σε κούτες και όχι σε ξεχωριστά τεμάχια. Στην πραγματικότητα υπάρχουν στην Αττική περισσότερα φαρμακεία από 1408 αλλά η εταιρία έχει απορρίψει από πελάτες της κάποια φαρμακεία καθώς οι συγκεκριμένοι φαρμακοποιοί δεν προωθούσαν το προϊόν της σωστά.

Ένα ακόμη στοιχείο στο οποίο πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή είναι το ωράριο κατά το οποίο γίνεται η διανομή του περιοδικού. Η διαδικασία που ακολουθεί η εταιρία και που ακολουθήθηκε και στην συγκεκριμένη εργασία είναι η ακόλουθη. Το ωράριο των φαρμακείων είναι 8.00-14.00, ενώ δεν εξυπηρετούνται τα εφημερεύοντα φαρμακεία που λειτουργούν εκτός του συγκεκριμένου ωραρίου. Το κάθε όχημα της εταιρίας λοιπόν στις 8.00 το πρωί έχει ήδη αρχίσει με το πρώτο φαρμακείο και συνεχίζει μέχρι να τελειώσει με το τελευταίο φαρμακείο της ημέρας στις 14.00 το μεσημέρι ακριβώς. Έτσι λοιπόν τα οχήματα ξεκινούν από τα γραφεία της εταιρίας στην Αγία Παρασκευή πριν τις 8.00 το πρωί καθώς πρέπει στις 8.00 να βρίσκονται έξω από το πρώτο προς εξυπηρέτηση φαρμακείο. Αφού στις 14.00 τελειώσουν οι διανομές τα οχήματα κατευθύνονται στην αποθήκη που βρίσκεται στην περιοχή του Πανοράματος Παλλήνης ώστε να γεμίσουν με απόθεμα και να ξεκινήσουν γεμάτα ξανά από τα γραφεία στην Αγία Παρασκευή την επόμενη μέρα. Φυσικά η διαδικασία της διανομής του περιοδικού πραγματοποιείται μόνο τις καθημερινές ημέρες και όχι τα Σαββατοκύριακα.

### 3.4 Πολιτική διανομής του περιοδικού

Ο χρόνος εκφόρτωσης-διανομής του εμπορεύματος στον κάθε πελάτη διαρκεί κατά μέσο όρο 4 λεπτά. Η διάρκεια της διανομής του περιοδικού σε κάθε φαρμακείο θα μπορούσε να ήταν πολύ μικρότερη, καθώς λόγω της φύσης του εμπορεύματος που διανέμεται δεν υπάρχει κάποια δυσκολία στην εκφόρτωση-μεταφορά του εμπορεύματος στο κατάστημα, από την άλλη μεριά όμως η διαδικασία της διανομής είναι κάπως πιο περίπλοκη στην πραγματικότητα. Ο υπάλληλος που μεταφέρει τις κούτες από το όχημα στο φαρμακείο περιμένει καταρχήν να ικανοποιηθούν οι πελάτες που υπάρχουν στο φαρμακείο από τον φαρμακοποιό. Όταν γίνει αυτό, ο υπάλληλος ανοίγει μια κούτα και επιδεικνύει στον φαρμακοποιό το περιοδικό. Παρατηρούμε λοιπόν ότι η όλη διαδικασία της διανομής του περιοδικού δεν αποτελεί αποκλειστικά και μόνο διανομή αλλά και προώθηση του προϊόντος, καθώς η εταιρία πιστεύει στην ποιότητα του προϊόντος της. Αυτός ήταν και ο βασικός λόγος για τον οποίο ανέλαβε η ίδια η εταιρία να αναλάβει τη διανομή του περιοδικού της. Πριν αναλάβει η ίδια την διανομή, η Globus είχε αναθέσει τη διανομή του περιοδικού σε εταιρία Logistics η οποία όμως δεν ήταν σε θέση να διανέμει και να προωθεί συγχρόνως το προϊόν με αποτέλεσμα να διακοπεί η συνεργασία μεταξύ των δύο εταιριών.

Η ζήτηση των φαρμακείων για κάθε μήνα είναι σταθερή και διαφέρει από φαρμακείο σε φαρμακείο. Συγκεκριμένα η ζήτηση σε κούτες ξεκινά από 1 κούτα το μήνα και σε ορισμένα φαρμακεία φθάνει τις 30.

### 3.5 Οχήματα

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο σημείο στην εργασία, η εταιρία διαθέτει στο στόλο της 3 φορτηγά. Τα 2 από αυτά είναι μοντέλα Ford Transit χωρητικότητας 300 κουτών το καθένα και 1 Fiat Scudo χωρητικότητας 150 κουτών. Από το σύστημα G.P.S (Global Positioning System) που έχει εγκατεστημένο η εταιρία στα γραφεία της και σε κάθε όχημα που πραγματοποιεί τη διανομή του περιοδικού μπορεί ανά πάσα στιγμή και σε πραγματικό χρόνο (real time) να λαμβάνει χρήσιμα δεδομένα. Ένα από αυτά αποτελεί η μέση ταχύτητα των οχημάτων κατά τη διανομή του περιοδικού η οποία υπολογίσθηκε σε 24Km/h για την περιοχή της Αττικής. Σε κάθε όχημα επιβαίνουν 3 άτομα. Η μείωση των ημερών για τη διανομή

του περιοδικού στα φαρμακεία της Αττικής μπορεί να συμβάλει στην ελαχιστοποίηση των ακόλουθων κοστών:

- Κόστος καυσίμων
- Κόστος συντήρησης οχημάτων
- Κόστος από τα μεροκάματα του πληρώματος των οχημάτων

### 3.6 Τα διαθέσιμα στοιχεία

Στο σημείο αυτό καλό θα ήταν να συνοψίσουμε τα στοιχεία που διαθέτουμε για το πρόβλημα :

- Σύνολο πρέπει να εξυπηρετηθούν 1408 φαρμακεία. Γνωρίζουμε τις ακριβείς συντεταγμένες του καθενός
- Τα φαρμακεία είναι διασκορπισμένα σε όλη την Αττική
- Έχουμε τον δακτύλιο στον οποίο υπάρχει και προτεραιότητα, αλλά και περιορισμός των οχημάτων που μπορούν να κινηθούν μέσα σε αυτόν
- Υπάρχουν 3 οχήματα. Τα δύο έχουν χωρητικότητα 300 κούτες και το ένα 150.
- Το ωράριο που γίνεται η διανομή είναι 8.00-14.00 και μόνο τις καθημερινές μέρες
- Η μέση τιμή της ταχύτητας του κάθε οχήματος στην Αττική είναι 24km/h
- Ο μέσος χρόνος διανομής του εμπορεύματος στο κάθε φαρμακείο είναι 4 λεπτά

### 3.7 Μοντέλο του προβλήματος

Το μαθηματικό μοντέλο του προβλήματος είναι το ακόλουθο:

- $X_{ij} \in \{0,1\}$

$$X_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{αν ο πωλητής μεταβαίνει από την πόλη } i \text{ στην πόλη } j \\ 0, & \text{σε αντίθετη περίπτωση} \end{cases}$$

- Ο πωλητής φεύγει από την πόλη  $i$  μόνο μια φορά επομένως έχουμε:

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = 1 \quad , \text{ με } i=1,2,\dots,n$$

- Ο πωλητής φθάνει στην πόλη  $j$  μια φορά μόνο επομένως έχουμε:

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} = 1 \quad , \text{ με } j=1,2,\dots,n$$

- Ο αριθμός των οχημάτων που θα ξεκινήσουν και θα επιστρέψουν στην αποθήκη είναι  $K$ , δηλαδή έχουμε:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n X_{i0} = K & , \text{αριθμός οχημάτων που εκκινούν από την αποθήκη} \\ \sum_{i=1}^n X_{0i} = K & , \text{αριθμός οχημάτων που καταλήγουν στην αποθήκη} \end{cases}$$

(Έχουμε δηλαδή μία μόνο αποθήκη στο πρόβλημα μας)

- Το κάθε φορτηγό θα πρέπει να είναι σε θέση να έχει απόθεμα για να ικανοποιήσει τους πελάτες, επομένως ισχύει:

$$\sum_{i=1}^n d_i \cdot X_{ij} \leq Q_t, \text{ όπου } \begin{cases} d_i \text{ η ζήτηση του κάθε φαρμακείου } i \\ Q_t \text{ η χωρητικότητα του φορτηγού } t, \text{ με } t=1,2,3 \end{cases}$$

- Το άθροισμα των διαδρομών πρέπει να είναι μεγαλύτερο από τον ελάχιστο αριθμό των οχημάτων που χρησιμοποιούνται

$$\sum_{i \in S} \sum_{j \in S} X_{ij} \geq r(S), \quad \forall S \subseteq \{0\}, S \neq \emptyset$$

- **Αντικειμενική συνάρτηση:**

Γενικά σε ένα πρόβλημα V.R.P έχουμε τις ακόλουθες αντικειμενικές συναρτήσεις:

$$\min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} \cdot X_{ij} \longrightarrow \text{Ελαχιστοποίηση των αποστάσεων}$$

$$\min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{c_{ij} \cdot X_{ij}}{V} \longrightarrow \text{Ελαχιστοποίηση εργασιμων ωρών,}$$

όπου V η μέση ταχύτητα του οχήματος

**Το πρόβλημά μας όμως έχει την ιδιαιτερότητα του δακτυλίου και επομένως έχουμε:**

Έστω S το σύνολο των φαρμακείων που πρέπει να εξυπηρετηθούν και

$S_1 = \{1, 2, \dots, k\}$  : Το σύνολο των φαρμακείων που υπάρχουν στον δακτύλιο

$S_2 = \{k+1, k+2, \dots, n\}$  : Το σύνολο των φαρμακείων εκτός δακτυλίου

Τότε ισχύει :  $S = S_1 \cup S_2$

Εισάγεται στη συνέχεια η μεταβλητή  $u$  η οποία προσδιορίζει το αν η ημέρα που πραγματοποιείται το δρομολόγιο είναι μονή ή ζυγή. Επομένως ισχύει:

$$u \in T = \{1,2\}$$

$$u = \begin{cases} 1 & , \text{αν η μέρα είναι μονή} \\ 2 & , \text{αν η μέρα είναι ζυγή} \end{cases}$$

Η εταιρία διαθέτει στο στόλο της δύο είδη οχημάτων  $W_1$  και  $W_2$ , με μονό και με ζυγό αριθμό κυκλοφορίας αντίστοιχα.

$$W_{1,u} = \begin{cases} 1 & , \text{αν } u=1 \\ 0 & , \text{αλλιώς} \end{cases}$$

$$W_{2,u} = \begin{cases} 1 & , \text{αν } u=2 \\ 0 & , \text{αλλιώς} \end{cases}$$

**Για καθεμιά ημέρα έχουμε:**

όσον αφορά την ελαχιστοποίηση των ωρών :

$$\min \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k \frac{X_{ij} \cdot c_{ij} \cdot (W_{1,u} + W_{2,u})}{V}, \forall X \in S_1 \quad , \text{ με } u \in T \text{ ανάλογα με το αν έχουμε μονή ή ζυγή μέρα}$$

Για τα υπόλοιπα φαρμακεία τα οποία δεν ανήκουν στον δακτύλιο έχουμε:

$$\bullet \quad \min \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k \frac{X_{ij} \cdot c_{ij} \cdot (W_{1,u} + W_{2,u})}{V}, \forall X \in S_2, \text{ με } u \in T$$

### 3.8 Επίλυση του προβλήματος από την εταιρία

Η εταιρία Globus επίλυσε το συγκεκριμένο πρόβλημα V.R.P με εμπειρικό τρόπο. Έχοντας ως δεδομένα τις διευθύνσεις των φαρμακείων σχεδίασε σε ένα χάρτη της Αττικής τα δρομολόγια που έπρεπε να ακολουθηθούν για τη διανομή του περιοδικού σε κάθε ένα από αυτά. Στα πρώτα στάδια της μελέτης που έκανε η εταιρία έγιναν αρκετές δοκιμαστικές διαδρομές με σκοπό να βρουν τη βέλτιστη λύση και να διανείμουν το περιοδικό όσο πιο γρήγορα γίνεται. Έτσι κατάφερε η εταιρία με τον τρόπο αυτό, κάθε όχημα να καταφέρνει να εξυπηρετεί περίπου 45 φαρμακεία ανά ημέρα. Τα φαρμακεία που ανήκουν στο κέντρο της Αθήνας και αριθμούνται σε περίπου 380 καταφέρνει η εταιρία να τα εξυπηρετεί σε περίπου 4 ημέρες, ενώ συνολικά για την εξυπηρέτηση όλων των φαρμακείων απαιτούνται συνολικά 13-14 ημέρες. Λαμβάνοντας υπ'όψη το γεγονός ότι η εταιρία σχεδίασε όλα τα δρομολόγια των οχημάτων με εμπειρικό τρόπο και χωρίς να χρησιμοποιήσει αλγορίθμους, τα αποτελέσματα που πέτυχε για ένα τόσο μεγάλο οδικό δίκτυο όσο είναι της Αττικής και για ένα τόσο μεγάλο αριθμό πελατών ο οποίος ξεπερνά τους 1400, φαίνεται ότι έκανε εξαιρετική δουλειά στο συγκεκριμένο τομέα.

### 3.9 Επίλυση του προβλήματος με συνδυαστική βελτιστοποίηση

Στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία επιλέχθηκε ο μεθευρετικός αλγόριθμος Iterated Expanding Neighborhood Search τον οποίο συνθέτουν 3 ευρετικοί αλγόριθμοι. Οι ευρετικοί αυτοί αλγόριθμοι είναι οι ακόλουθοι :

- Nearest Neighbor (NN)
- 2-opt
- 3-opt



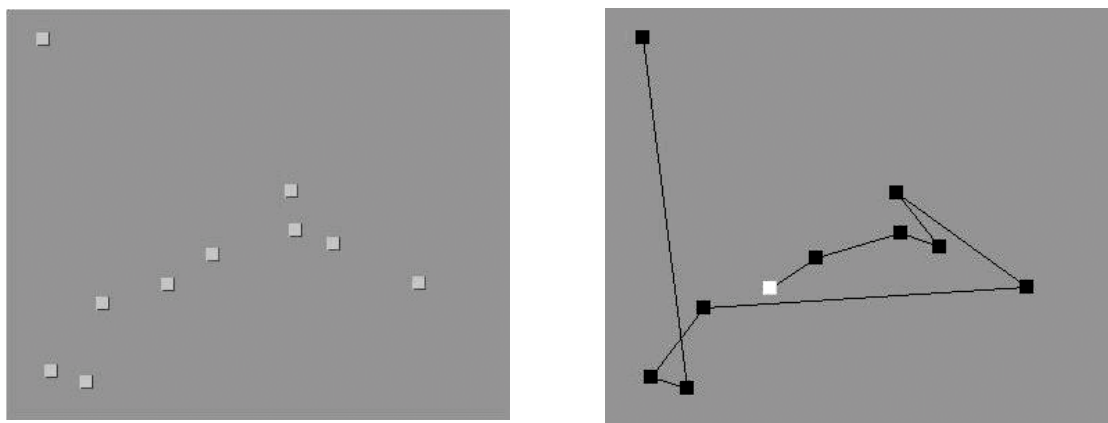
### 3.9.1 Ο αλγόριθμος Nearest Neighbor (NN)

Ο συγκεκριμένος ευρετικός αλγόριθμος αποτέλεσε την αφετηρία για τη συγκεκριμένη εργασία καθώς πάνω στα αποτελέσματα που προέκυψαν με τη χρήση του, καταφέραμε να επιτύχουμε σημαντικές βελτιώσεις χρησιμοποιώντας τους αλγορίθμους 2-opt και 3-opt.

Ο Nearest Neighbor είναι ένας ιδιαίτερα απλός αλγόριθμος. Για την επίλυση ενός προβλήματος TSP ο πωλητής ξεκινά από μια τυχαία πόλη και στη συνέχεια επισκέπτεται την πιο κοντινή σε αυτόν πόλη. Από εκεί επισκέπτεται στη συνέχεια την πιο κοντινή πόλη που δεν έχει επισκεφθεί και ούτω καθ'εξής μέχρι να επισκεφθεί όλες τις πόλεις από μια φορά και στη συνέχεια να επιστρέψει στην αφετηρία του. Σε μορφή ψευδοκώδικα ο αλγόριθμος έχει την ακόλουθη μορφή:

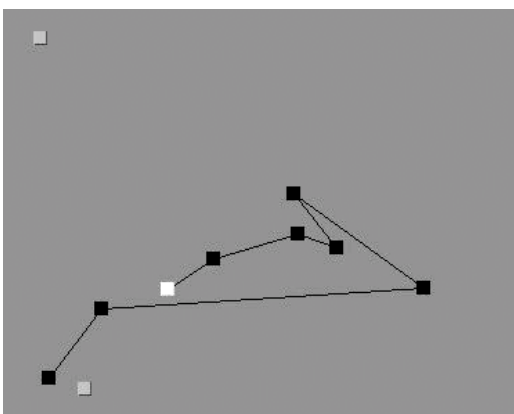
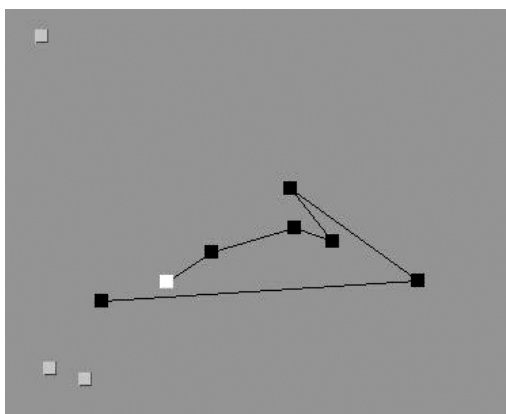
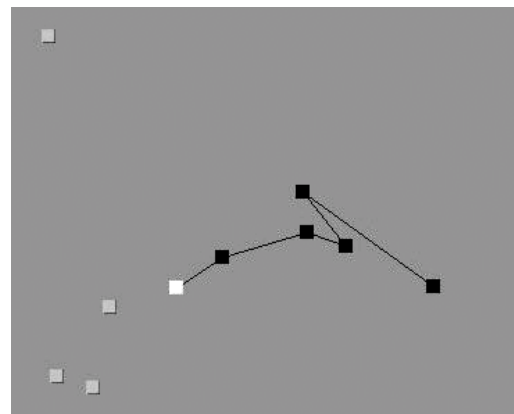
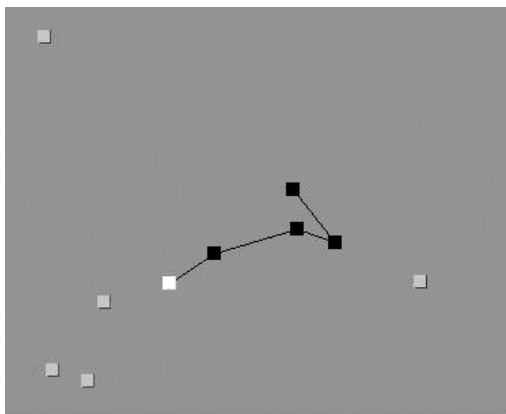
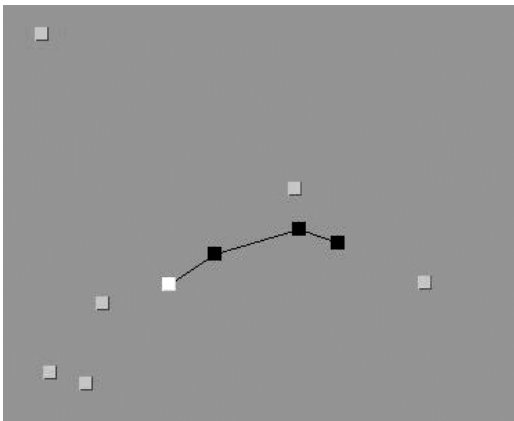
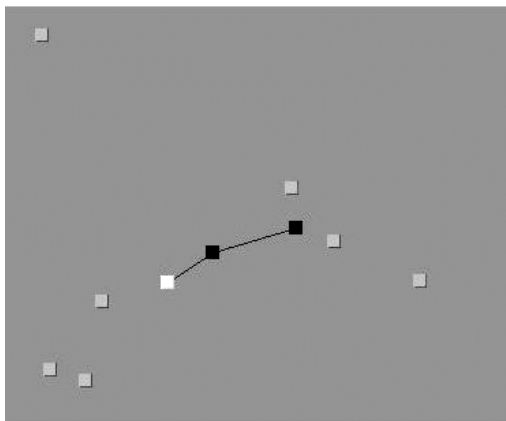
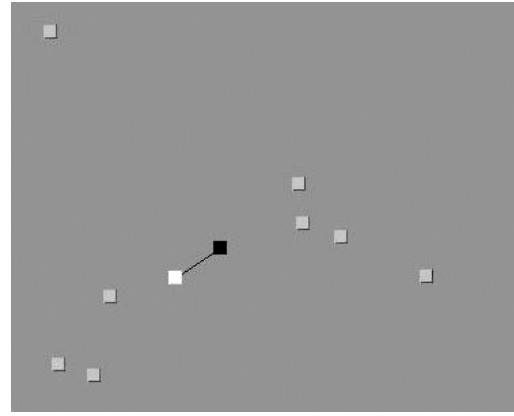
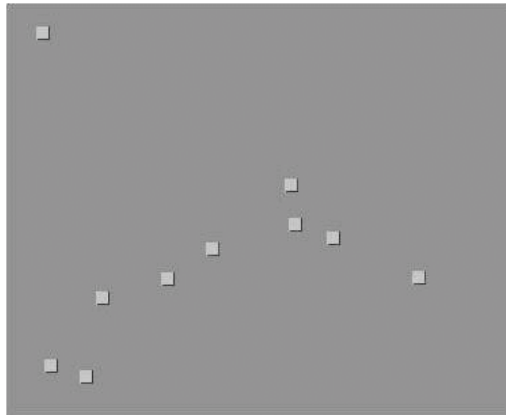
- (1) Αυθαίρετη επιλογή ενός κόμβου έναρξης  $j$ , με  $i=j$  και  $T = \{1,2,\dots,n\} \setminus \{j\}$
- (2) Έως  $T \neq \emptyset$  πηγαινε στο επόμενο βήμα
  - (2.1) Για  $j \in T$  έτσι ώστε  $C_{ij} = \min\{C_{ij} \mid i \in T\}$
  - (2.2) Σύνδεσε το  $i$  με το  $j$  και κάνε  $T = T \setminus \{j\}$  και  $i=j$
- (3) Σύνδεσε το  $i$  με τον πρώτο κόμβο ο οποίος επιλέχθηκε στο Βήμα 1 [9]

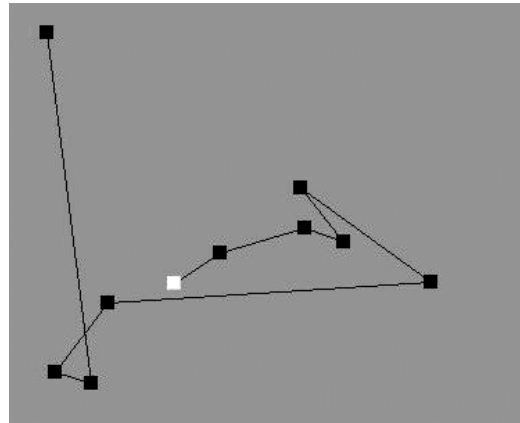
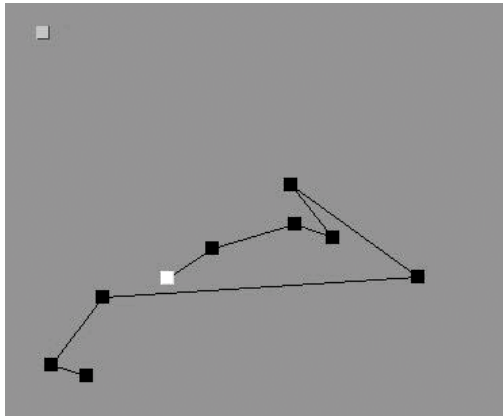
Στο ακόλουθο σχήμα φαίνεται η λειτουργία του αλγορίθμου Nearest Neighbor.



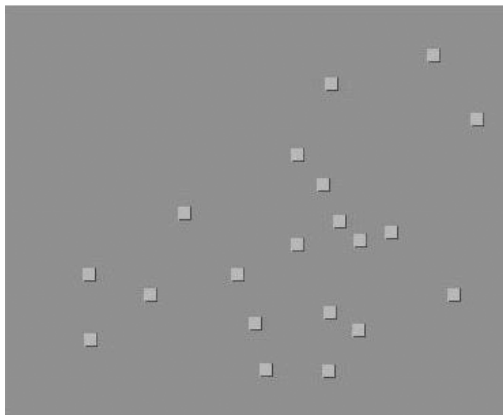
Σχήμα 3.1 : Η λειτουργία του αλγορίθμου Nearest Neighbor

Ας δούμε όμως τη λειτουργία του αλγορίθμου Nearest Neighbor βήμα προς βήμα για το παραπάνω πρόβλημα των 10 πόλεων μέχρι να καταλήξουμε στην τελική λύση.

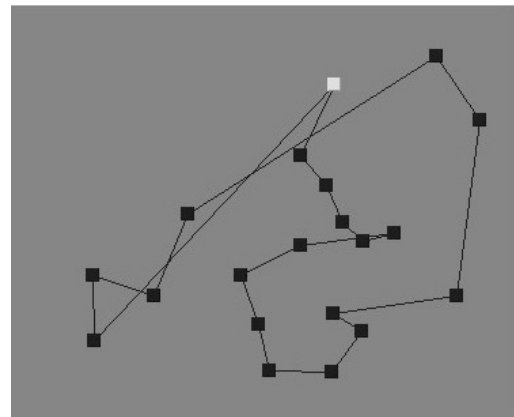




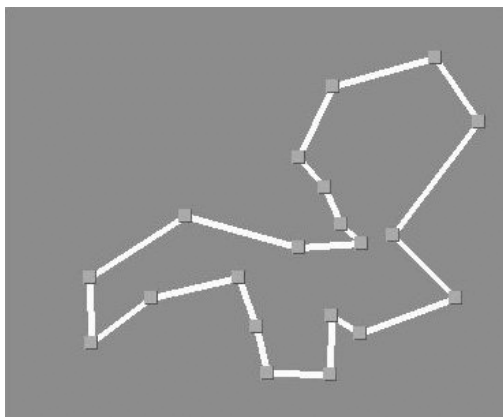
Ο συγκεκριμένος αλγόριθμος δεν δίνει καλά αποτελέσματα, ιδιαίτερα σε προβλήματα με μεγάλο αριθμό πόλεων. Το γεγονός αυτό φαίνεται ξεκάθαρα στο Σχήμα 3.5 όπου για 20 μόνο πόλεις το πρόβλημα απέχει πολύ από την βέλτιστη λύση η οποία απεικονίζεται με γκρι γραμμές. Παρ'όλα αυτά χρησιμοποιήθηκε στη συγκεκριμένη εργασία καθώς η λύση που προέκυψε με τη χρήση του συγκεκριμένου αλγορίθμου αποτέλεσε τη βάση για τη χρήση ευρετικών αλγορίθμων που πέτυχαν σημαντική μείωση του κόστους των δρομολογίων.



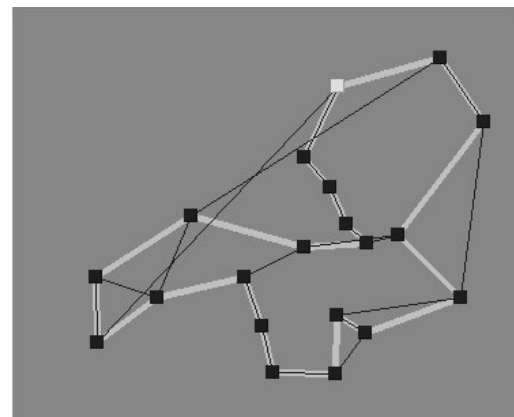
Σχήμα 3.2: Οι κόμβοι



Σχήμα 3.3: Ο αλγόριθμος NN



Σχήμα 3.4: Η βέλτιστη λύση



Σχήμα 3.5: Η απόκλιση του NN από τη βέλτιστη λύση

### 3.9.2 Οι αλγόριθμοι 2-opt και 3-opt γενικά

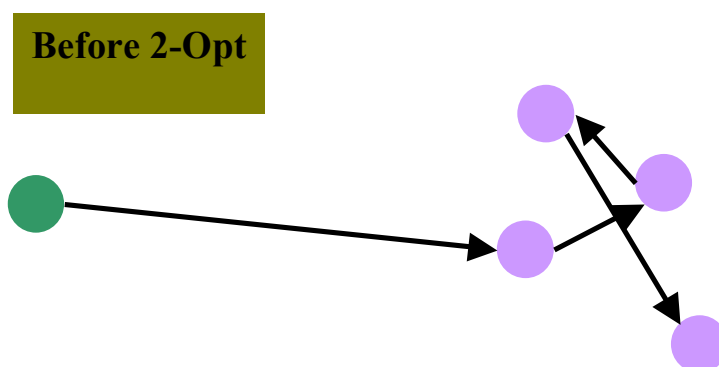
Οι αλγόριθμοι που θα χρησιμοποιηθούν στη συγκεκριμένη εργασία είναι οι ευρετικοί αλγόριθμοι τοπικής αναζήτησης 2-opt και 3-opt. Οι αλγόριθμοι 2-opt και 3-opt ως αλγόριθμοι τοπικής αναζήτησης λειτουργούν πάνω σε μία ήδη υπάρχουσα λύση, δηλαδή πάνω σε ένα ήδη υπάρχον δρομολόγιο και λειτουργούν σταδιακά βελτιώνοντας τη λύση. Έτσι μειώνουν το μήκος του δρομολογίου μέχρι να μην υπάρχουν πλέον αλλαγές που να οδηγούν σε περαιτέρω βελτίωση. Οι αλγόριθμοι 2-opt και 3-opt είναι οι πιο διαδεδομένοι αλγόριθμοι τοπικής αναζήτησης.

### 3.9.3 Ο αλγόριθμος 2-opt αναλυτικά

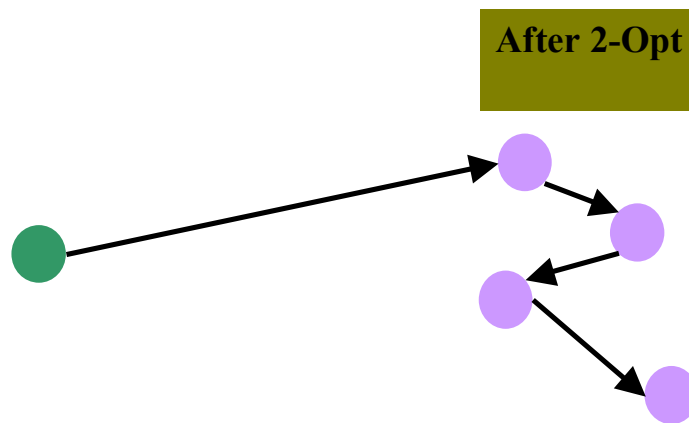
Ο αλγόριθμος 2-opt περιγράφηκε για πρώτη φορά από τον Croes το 1958 αν και η αρχική κίνηση είχε γίνει από τον Flood το 1956. Ο αλγόριθμος 2-opt επιτυγχάνει την ακόλουθη κίνηση:

*“Διαγράφει 2 ακμές σπάζοντας το δρομολόγιο σε 2 κομμάτια και στη συνέχεια ενώνει τα 2 κομμάτια αυτά με διαφορετικό τρόπο, ώστε να έχουμε μείωση του συνολικού κόστους.”*

Η παραπάνω αλλαγή γίνεται μόνο όταν έχουμε μείωση του κόστους, αλλιώς σε αντίθετη περίπτωση δεν υφίσταται. Στο παρακάτω σχήμα παρατηρούμε πως είναι το δρομολόγιο πριν τη χρήση του 2-opt. Όπως φαίνεται το συγκεκριμένο δρομολόγιο έχει δημιουργηθεί με βάση τις κοντινότερες αποστάσεις μεταξύ των πόλεων.



Σχήμα 3.6: Δρομολόγιο πριν τη χρήση του αλγορίθμου 2-opt

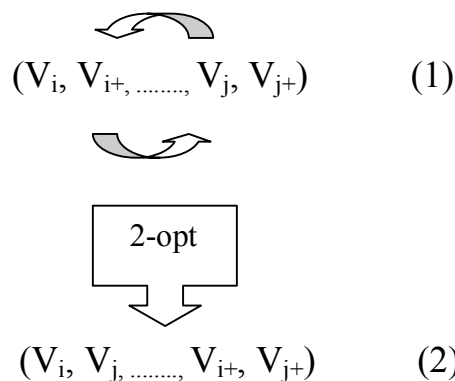


Σχήμα 3.7: Δρομολόγιο που επιτυγχάνεται μετά την χρήση του αλγορίθμου 2-opt

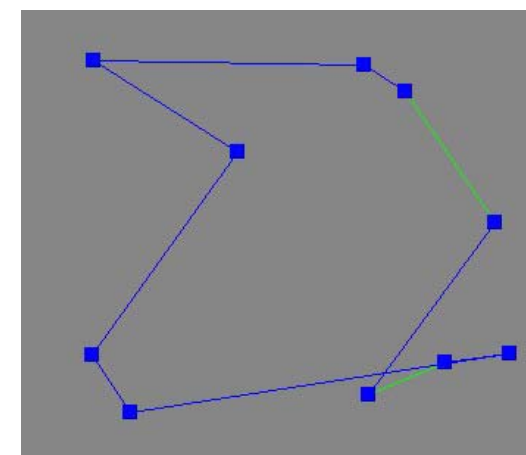
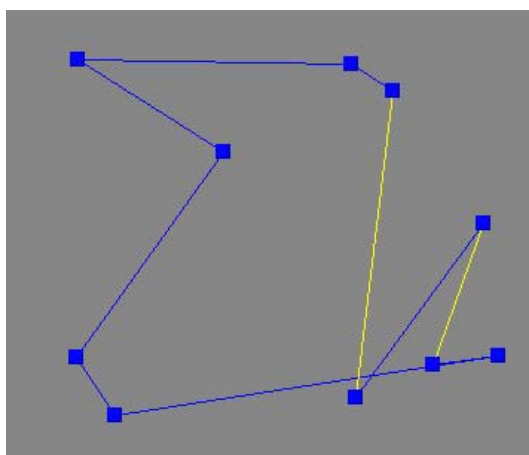
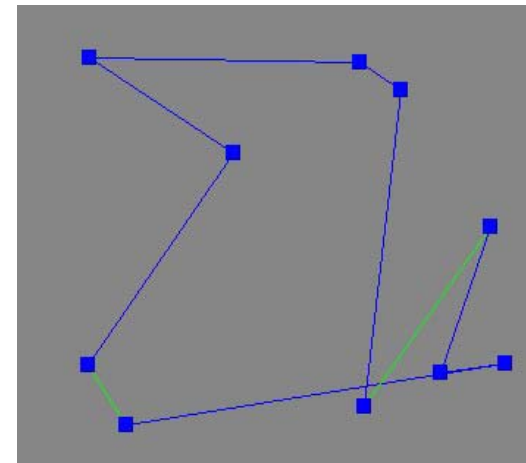
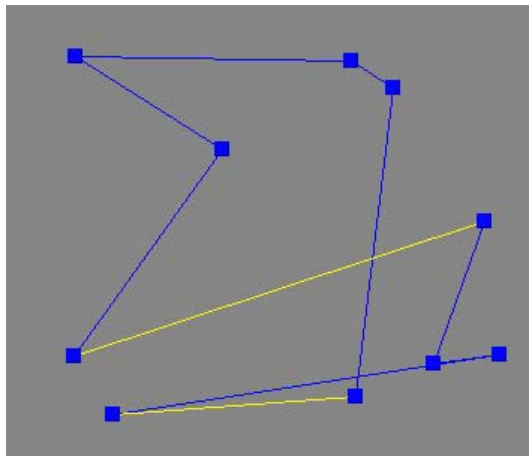
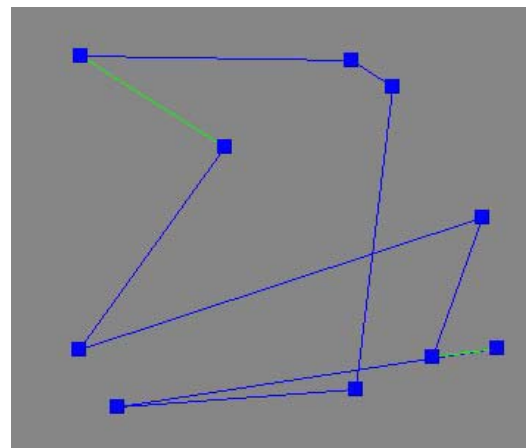
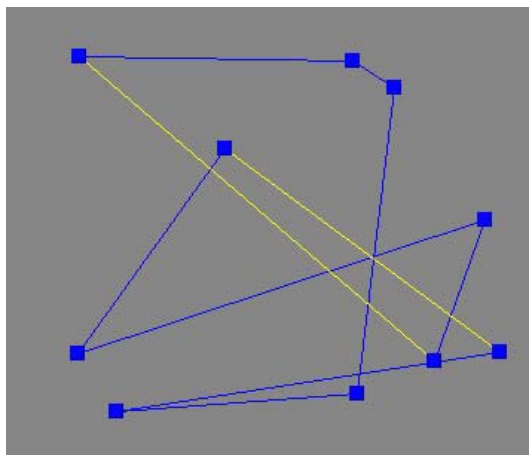
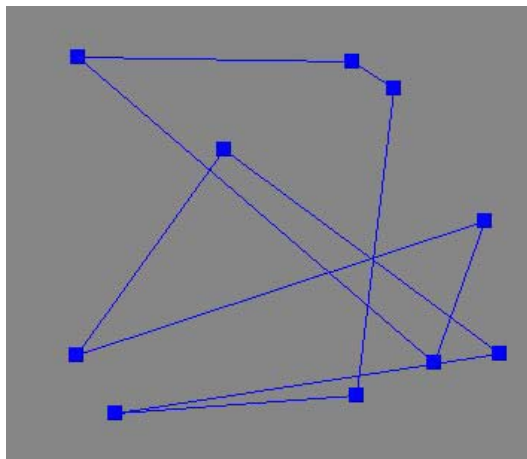
Ας εξετάσουμε σε αυτό το σημείο τη λειτουργία του αλγορίθμου 2-opt πιο αναλυτικά. Έστω ότι έχουμε σε ένα δρομολόγιο τις πόλεις  $V_i$ ,  $V_{i+}$  και  $V_j$ ,  $V_{j+}$ , όπου  $V_{i+}$  είναι η επόμενη πόλη της  $V_i$  και  $V_{j+}$  είναι η επόμενη πόλη της  $V_j$ . Μεταξύ των  $V_i$  και  $V_j$  υπάρχουν άλλες πόλεις, επομένως έχουμε το ακόλουθο δρομολόγιο:

$(V_i, V_{i+}, \dots, V_j, V_{j+})$ . Αν θεωρήσουμε ως  $C$  το κόστος μεταξύ 2 πόλεων, τότε ο αλγόριθμος 2-opt θα πραγματοποιήσει την ακόλουθη διαδικασία:

- Αν  $C(V_i, V_{i+}) + C(V_j, V_{j+}) > C(V_i, V_j) + C(V_{i+}, V_{j+})$  τότε δημιουργείται το δρομολόγιο:

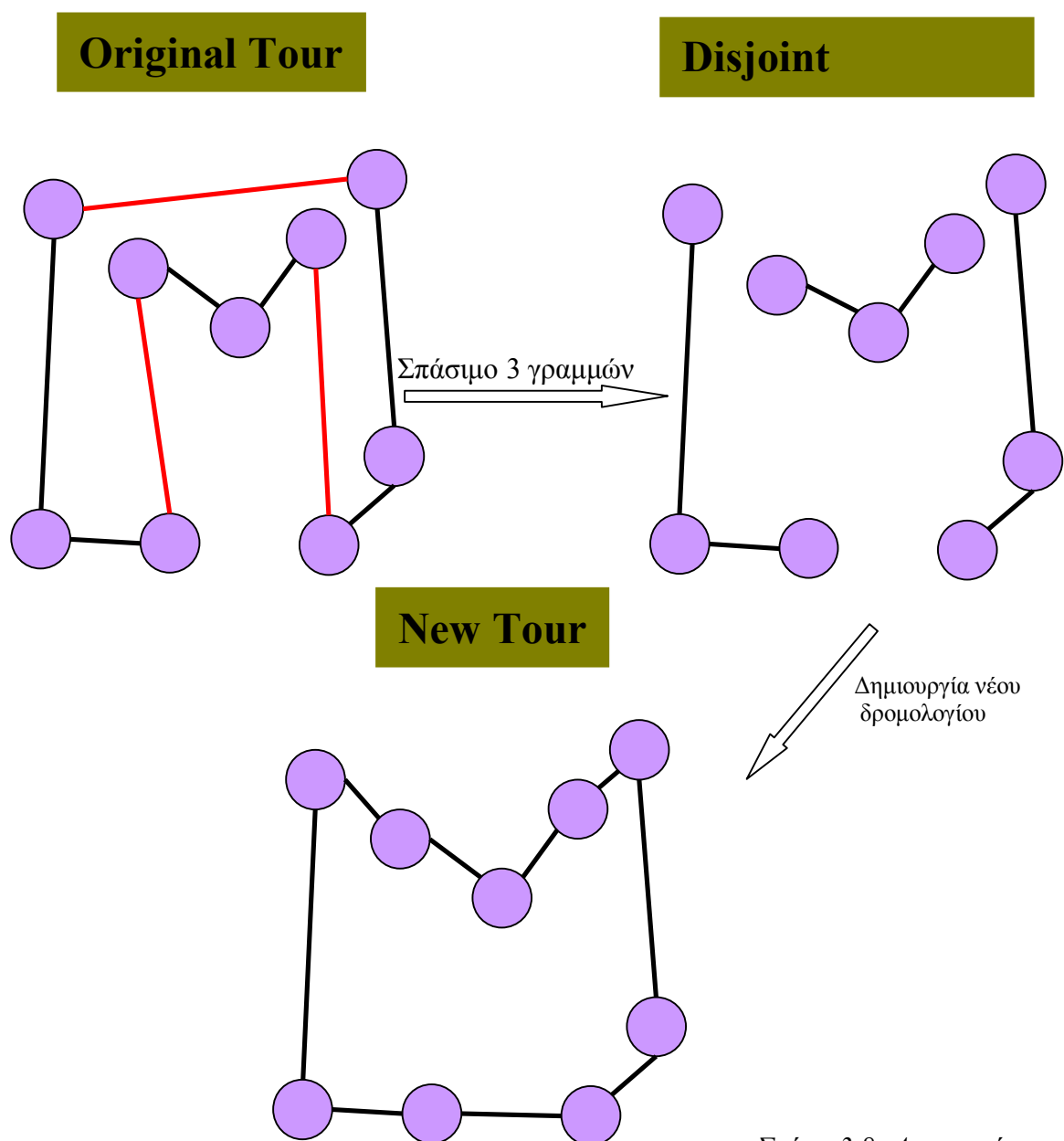


Παράλληλα για να διατηρηθεί ο προσανατολισμός του δρομολογίου θα πρέπει να αντιστρέψουμε τις πόλεις που βρίσκονται μεταξύ των  $V_{i+}$  και  $V_j$  της σχέσης (1). Ας δούμε αναλυτικά στα σχήματα που ακολουθούν τη λειτουργία του 2-opt για 10 πόλεις και τη βελτίωση που επιφέρει σε σχέση με τον αλγόριθμο Nearest Neighbor που περιγράφηκε στην προηγούμενη παράγραφο.



### 3.9.4 Ο αλγόριθμος 3-opt αναλυτικά

Μία βελτίωση του αλγορίθμου 2-opt αποτελεί ο 3-opt. Για να έχουμε μεγαλύτερη ευελιξία όσον αφορά την τροποποίηση του δρομολογίου μπορούμε να σπάσουμε το δρομολόγιο σε 3 κομμάτια αντί για 2, επομένως οι δύο αυτοί αλγόριθμοι στηρίζονται ακριβώς στην ίδια λογική. Ο αλγόριθμος 3-opt είναι πολύ πιο αποτελεσματικός από τον 2-opt και προσεγγίζει σε πολύ μεγαλύτερο ποσοστό τη βέλτιστη λύση. Για να γίνει καλύτερα κατανοητή η λειτουργία του αλγορίθμου παρατίθεται το ακόλουθο σχήμα.



Σχήμα 3.8: Λειτουργία του αλγορίθμου 3-opt

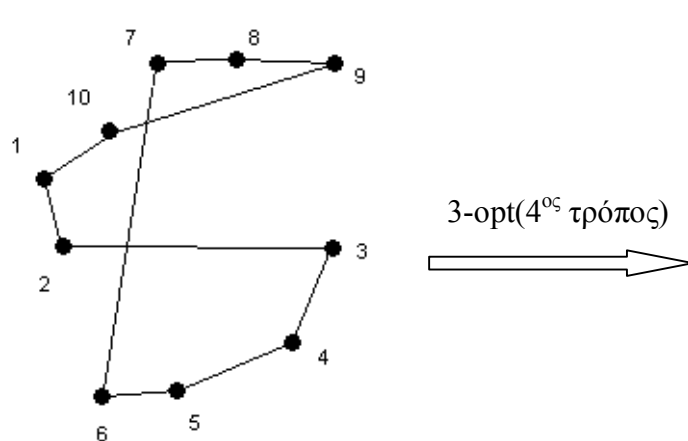
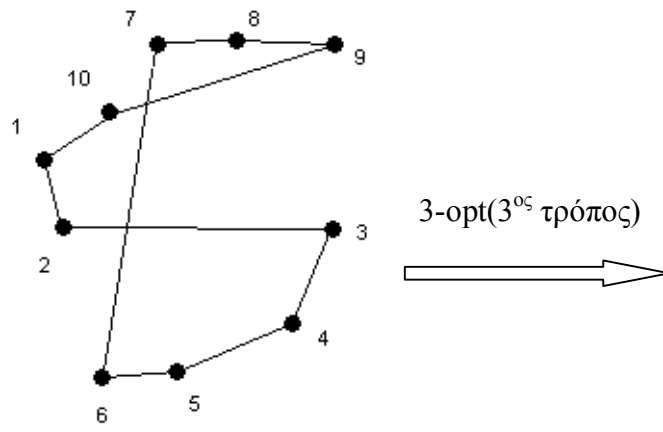
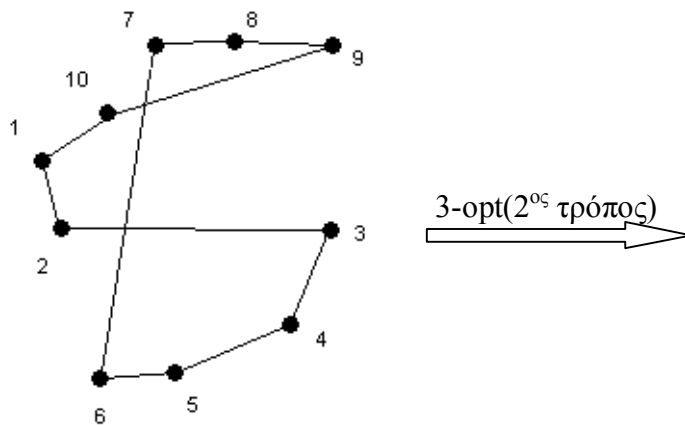
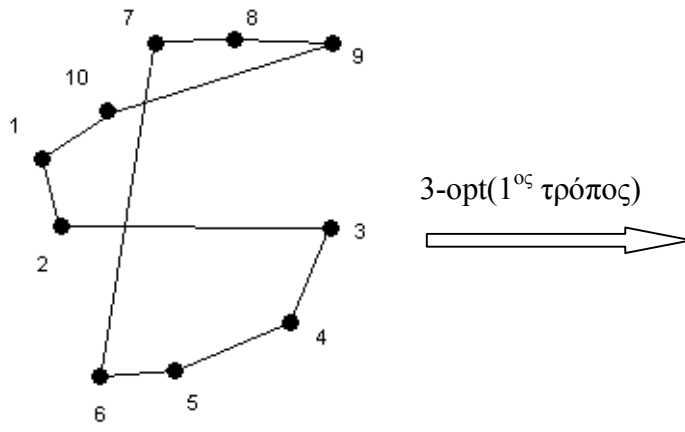
Ο αλγόριθμος 3-opt μπορεί να πραγματοποιηθεί με 8 συνδυασμούς 3 ζευγαριών, στη συγκεκριμένη εργασία όμως γίνεται χρήση τεσσάρων συνδυασμών για λόγους υπολογιστικού φόρτου. Έστω ότι έχουμε 10 πόλεις, οι οποίες ενώνονται με τη σειρά. Έχουμε λοιπόν τους ακόλουθους τρόπους λειτουργίας του αλγορίθμου:

|     |      | 1 <sup>ος</sup><br>τρόπος | 2 <sup>ος</sup><br>τρόπος | 3 <sup>ος</sup><br>τρόπος | 4 <sup>ος</sup><br>τρόπος |
|-----|------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|     | 1    | 1                         | 1                         | 1                         | 1                         |
| i   | (2)  | 2                         | 2                         | 2                         | 2                         |
| i+1 | (3)  | 7                         | 9                         | 7                         | 6                         |
|     | 4    | 8                         | 8                         | 8                         | 5                         |
|     | 5    | 9                         | 7                         | 9                         | 4                         |
| j   | (6)  | 3                         | 3                         | 3                         | 3                         |
| j+1 | (7)  | 4                         | 4                         | 4                         | 9                         |
|     | 8    | 5                         | 5                         | 5                         | 8                         |
| k   | (9)  | 6                         | 6                         | 6                         | 7                         |
| k+1 | (10) | 10                        | 10                        | 10                        | 10                        |

Η χρήση του συγκεκριμένου αλγορίθμου στο πρόβλημα των φαρμακείων έδωσε ιδιαίτερα καλά αποτελέσματα, τα οποία θα αναλύσουμε σε άλλη παράγραφο. Στα σχήματα της επόμενης σελίδας αναπαρίστανται οι τέσσερις τρόποι λειτουργίας του 3-opt που αναφέρθηκαν παραπάνω.





### 3.9.5 Ο αλγόριθμος Iterated Expanding Neighborhood Search - Επίλυση του προβλήματος

Ο αλγόριθμος Iterated Expanding Neighborhood Search είναι ένας μεθευρετικός αλγόριθμος ο οποίος συνδυάζει τους αλγορίθμους :

- Nearest Neighbor (NN)
- 2-opt
- 3-opt

Γνωρίζοντας τις συντεταγμένες σε δύο επίπεδα  $X$  και  $Y$  όλων των φαρμακείων στην Αττική στα οποία θα γίνει η διανομή του περιοδικού υπολογίζουμε αρχικά όλες τις αποστάσεις μεταξύ των φαρμακείων. Ο συγκεκριμένος αλγόριθμος ξεκινά με τη δημιουργία ενός αρχικού δρομολογίου με τη χρήση του αλγορίθμου Nearest Neighbor όπως αυτός περιγράφεται στην παράγραφο 3.2.1. Οι διαδρομές είναι αποθηκευμένες σε ένα διάνυσμα σε μορφή δένδρου όπου το στοιχείο  $i$  αποτελεί τον κόμβο από τον οποίο ξεκίνησε το όχημα ενώ το στοιχείο  $i+1$  τον κόμβο στον οποίο κατέληξε. Στη συνέχεια γίνεται χρήση του αλγορίθμου 2-opt κάνοντας όλες τις δυνατές αλλαγές 2-opt με σκοπό τη βελτίωση του ήδη υπάρχοντος δρομολογίου. Στη συνέχεια γίνεται χρήση του αλγορίθμου 3-opt σε 4 φάσεις όπως αυτές περιγράφονται αναλυτικά στην παράγραφο 3.2.3 και πραγματοποιούνται όλες οι δυνατές αλλαγές για κάθε φάση χωριστά στο δρομολόγιο που έχει προκύψει από τη χρήση του αλγορίθμου 2-opt στο προηγούμενο βήμα. Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι έχουν πραγματοποιηθεί τόσες πολλές αλλαγές στο δρομολόγιο υπάρχει το ενδεχόμενο ο 2-opt να μπορεί ξανά να λειτουργήσει κι έτσι ο αλγόριθμος επιστρέφει στο 2<sup>ο</sup> βήμα του αλγορίθμου δηλαδή στη χρήση του 2-opt και αφού ολοκληρώσει τη διαδικασία αυτή πάει στο βήμα χρήσης του 3-opt. Η συγκεκριμένη διαδικασία συνεχίζεται μέχρι να μην υπάρχει περαιτέρω βελτίωση του αποτελέσματος. Σε μορφή ψευδοκώδικα ο αλγόριθμος Iterated Expanding Neighborhood Search είναι:

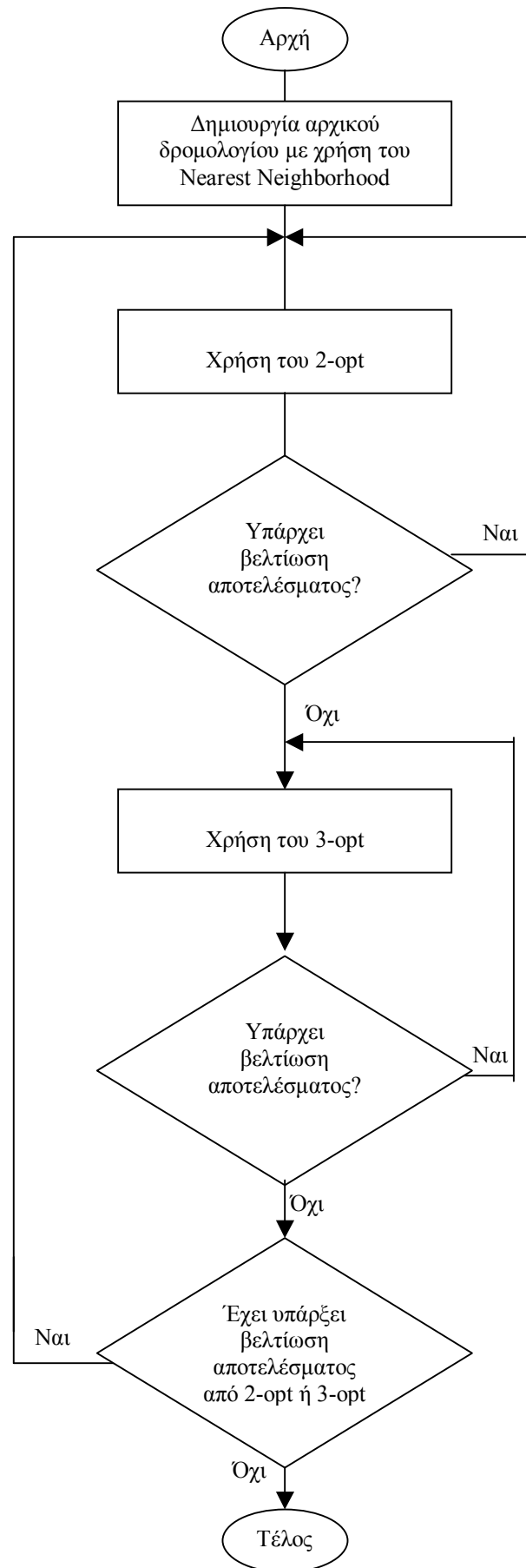
*Βήμα 1<sup>ο</sup> : Δημιουργία δρομολογίου με χρήση του αλγορίθμου Nearest Neighborhood*

*Βήμα 2<sup>ο</sup> : Επαναληπτική διαδικασία χρήσης του αλγορίθμου 2-opt μέχρι να μην έχουμε περαιτέρω βελτίωση του αποτελέσματος*

*Βήμα 3<sup>ο</sup> : Επαναληπτική διαδικασία χρήσης του αλγορίθμου 3-opt σε 4 φάσεις μέχρι να μην έχουμε περαιτέρω βελτίωση του αποτελέσματος*

*Βήμα 4<sup>ο</sup> : Επιστροφή στο Βήμα 2 μέχρι να μην έχουμε περαιτέρω βελτίωση του αποτελέσματος*

Στο σχήμα που ακολουθεί στην επόμενη σελίδα περιγράφεται αναλυτικά ο αλγόριθμος Iterated Expanding Neighborhood Search (IENS) σε μορφή διαγράμματος ροής.



Σχήμα 3.9: Ο αλγόριθμος Iterated Expanding Neighborhood Search

### 3.10 Ο κώδικας

Ο προγραμματισμός του παραπάνω αλγορίθμου έγινε σε Fortran 90. Τα δεδομένα που επεξεργάζεται ο κώδικας είναι πάρα πολλά, δεδομένου ότι έχουμε ένα πρόβλημα δρομολόγησης με 1408 φαρμακεία προς εξυπηρέτηση. Επιπλέον, οι επαναλήψεις για τους αλγορίθμους 2-opt και 3-opt ώστε να κάνουν όλες τις απαραίτητες αλλαγές σε ένα τόσο μεγάλο δρομολόγιο είναι ιδιαίτερα πολλές. Για να περιορισθεί ο χρόνος ‘τρέξιματος’ του προγράμματος για τον υπέρογκο αυτό όγκο δεδομένων έγινε προσπάθεια να γίνει αποθήκευση του δρομολογίου σε ένα και μόνο διάνυσμα με σκοπό να γίνει εξοικονόμηση στο χρόνο που θα χρειαζόταν για να ολοκληρωθεί η επεξεργασία των δεδομένων. Το μονοδιάστατο αυτό διάνυσμα αποθηκεύει αρχικά το δρομολόγιο που προκύπτει από τη χρήση του αλγορίθμου Nearest Neighbor και στο ίδιο διάνυσμα γίνονται οι βελτιώσεις από τους αλγορίθμους 2-opt και 3-opt. Η χρήση επιπλέον διανυσμάτων εκτός του ενός για την επεξεργασία των δεδομένων αυτών πιθανότατα θα σήμαινε πολλαπλάσιο απαιτούμενο χρόνο για το ‘τρέξιμο’ του προγράμματος κάτι το οποίο απεφεύχθη.

Ο προγραμματισμός του αλγορίθμου Iterated Expanding Neighborhood Search έγινε ακολουθώντας προγραμματιστικά τη δομή του διαγράμματος ροής του σχήματος 3.9. Έτσι λοιπόν αρχικά υπολογίστηκαν όλες οι αποστάσεις μεταξύ των φαρμακείων και με χρήση του αλγορίθμου Nearest Neighbor αποθηκεύθηκε το δρομολόγιο που προέκυψε στο μονοδιάστατο διάνυσμα *poli()*. Στη συνέχεια προγραμματίστηκαν οι αλγόριθμοι 2-opt και 3-opt και έγιναν οι αλλαγές στο δρομολόγιο στο ίδιο διάνυσμα *poli()*. Η τελική μορφή του διανύσματος αυτού είναι και το τελικό δρομολόγιο.

Εκτός από το διάνυσμα *poli()* ορίστηκε και ένα επιπλέον μονοδιάστατο διάνυσμα με την ονομασία *vathmos()* το οποίο αναπαριστά ποια φαρμακεία έχουν επισκεφθεί τα οχήματα. Το διάνυσμα αυτό αποτελεί έμμεσα μία επαλήθευση του τελικού αποτελέσματος, καθώς στο τέλος μπορεί κανείς να δει από το διάνυσμα αυτό ότι τα οχήματα επισκέφθηκαν όλα τα φαρμακεία και μάλιστα από μία μόνο φορά, όπως άλλωστε πρέπει. Κάθε φορά που ένα όχημα επισκέπτεται ένα φαρμακείο αυτόματα η τιμή της πόλης αυτής στο διάνυσμα *vathmos()* αυξάνεται κατά μια μονάδα και κάθε φορά που ένα όχημα αποχωρεί από μια πόλη συμβαίνει το ίδιο πράγμα. Έτσι στο τέλος όλες οι τιμές του διανύσματος έχουν την τιμή 2 εκτός από την αρχικό και τελικό φαρμακείο που έχουν την τιμή 1, αφού από το αρχικό έχουμε

### *Κεφάλαιο 3 – Το πρόβλημα και η επίλυσή του*

μόνο εκκίνηση του οχήματος ενώ στο τελικό έχουμε μόνο επίσκεψη του οχήματος αφού στο φαρμακείο αυτό ολοκληρώνεται και το δρομολόγιο της ημέρας.

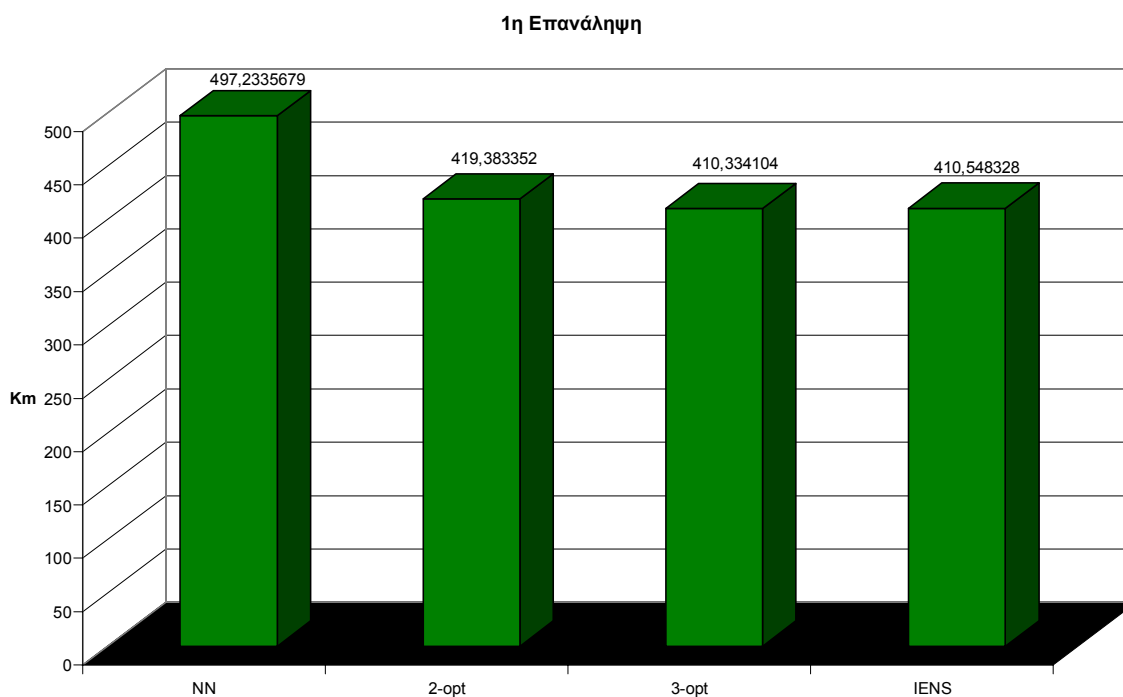
## Κεφάλαιο 4

### *Αποτελέσματα*

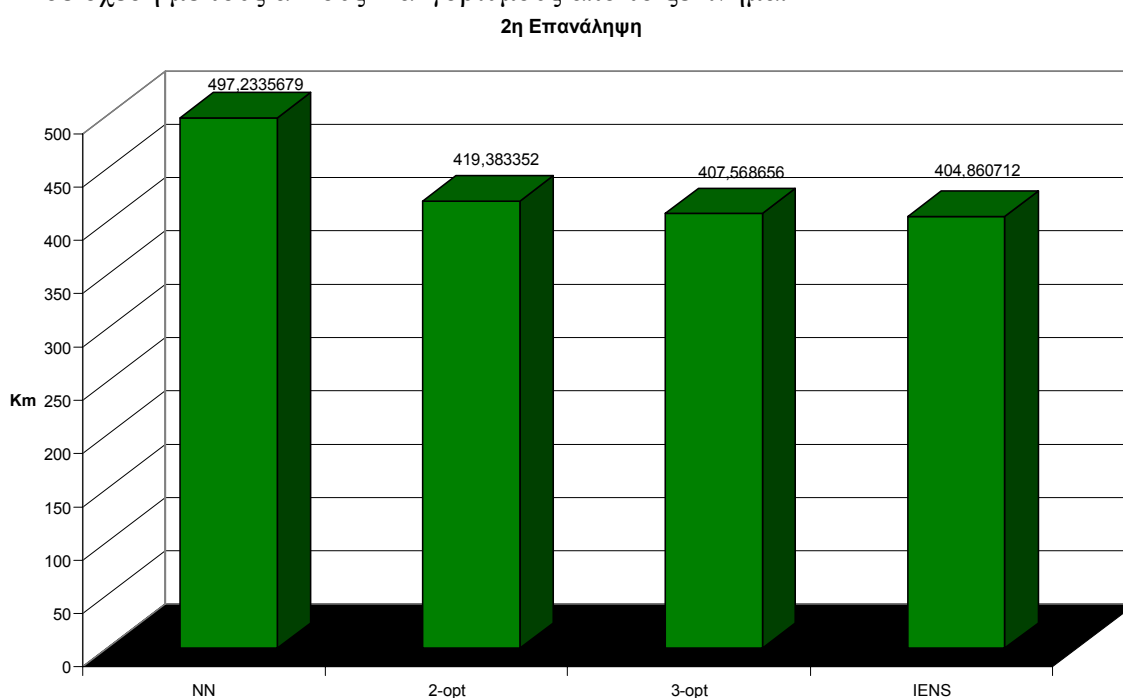
#### 4.1 Αρχικά αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη χρήση του αλγορίθμου *Iterated Expanding Neighborhood Search* ήταν ιδιαίτερα ενθαρρυντικά. Αρχικά, για να διαπιστωθεί η αποτελεσματικότητα του αλγορίθμου ‘τρέξαμε’ το πρόγραμμα για όλα τα φαρμακεία ξεκινώντας από ένα τυχαίο φαρμακείο και θεωρήσαμε ότι η διανομή έγινε από ένα και μόνο όχημα.

Τα αποτελέσματα προέκυψαν βάζοντας να τρέχει 10 συνολικές επαναλήψεις των 50 επαναλήψεων για τον 2-opt και το ίδιο για τον 3-opt και τον *Iterated Expanding Neighborhood Search*. Ας δούμε τα αποτελέσματα που προέκυψαν για καθεμία επανάληψη εξετάζοντας αρχικά τα χιλιόμετρα του δρομολογίου και πως αυτά μειώνονται σε κάθε επανάληψη σε καθέναν από τους 4 αλγορίθμους. Φυσικά ο αλγόριθμος *Nearest Neighbor* δεν επιδέχεται βελτίωση στις επαναλήψεις γι’αυτό όπως παρατηρούμε στα ραβδογράμματα που ακολουθούν στην επόμενη σελίδα οι τιμές που προκύπτουν με τη χρήση του συγκεκριμένου αλγορίθμου είναι οι ίδιες.



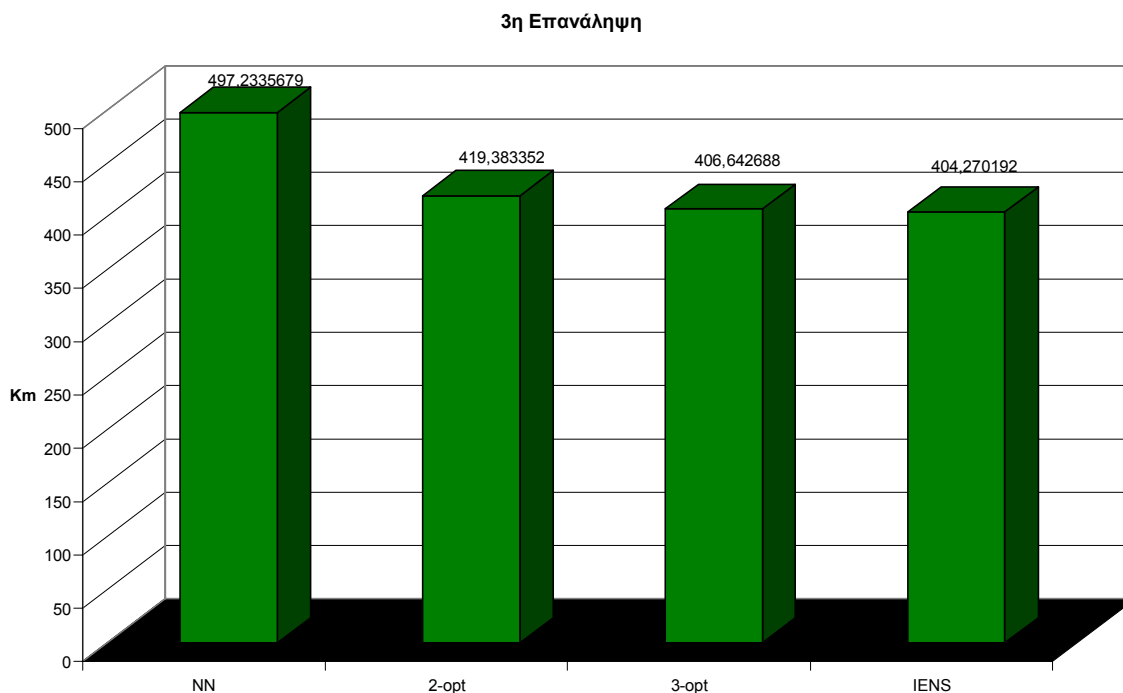
Όπως παρατηρούμε από το παραπάνω σχήμα ο αλγόριθμος 3-opt για την 1<sup>η</sup> επανάληψη έχει τα καλύτερα αποτελέσματα, ακόμη και από τον IENS. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι ο IENS τρέχοντας πρώτα τον 2-opt έκανε κάποιες αλλαγές που στη συνέχεια δεν ευνόησαν τον 3-opt στο να πραγματοποιήσει τόσες αλλαγές όσες έκανε ο 3-opt από μόνος του. Η κατάσταση όμως θα αλλάξει για τις επόμενες επαναλήψεις. Οι αλγόριθμοι NN και 2-opt ήταν αναμενόμενο να υστερούν σε σχέση με τους άλλους 2 αλγορίθμους από το ξεκίνημα.



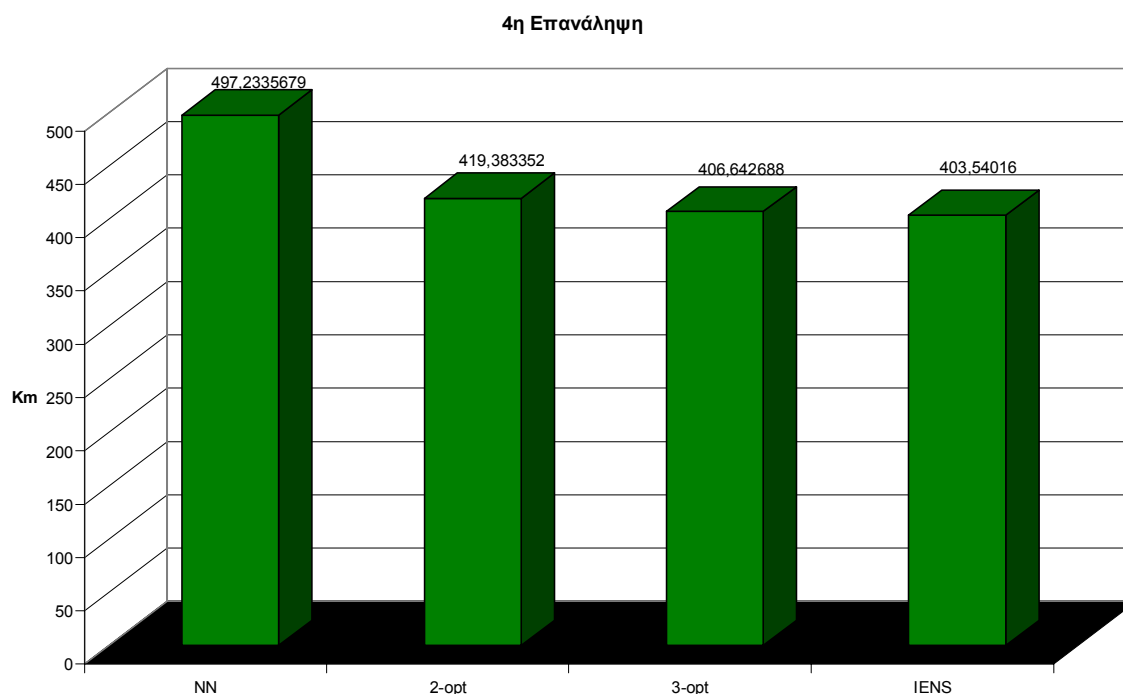
Στη δεύτερη επανάληψη φαίνεται η ανωτερότητα του αλγορίθμου IENS σε σχέση με



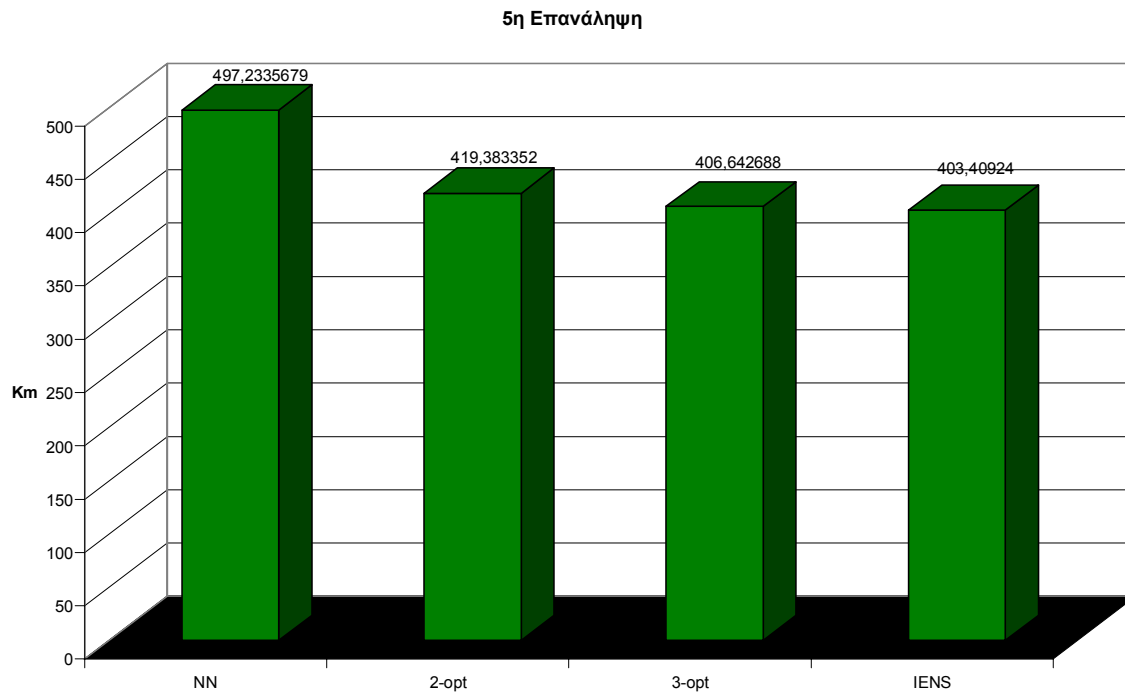
τους υπόλοιπους καθώς και η αδυναμία του 2-opt να ξεκολλήσει από κάποιο τοπικό ελάχιστο όποτε μένει από την πρώτη κιόλας επανάληψη στο ίδιο αποτέλεσμα.



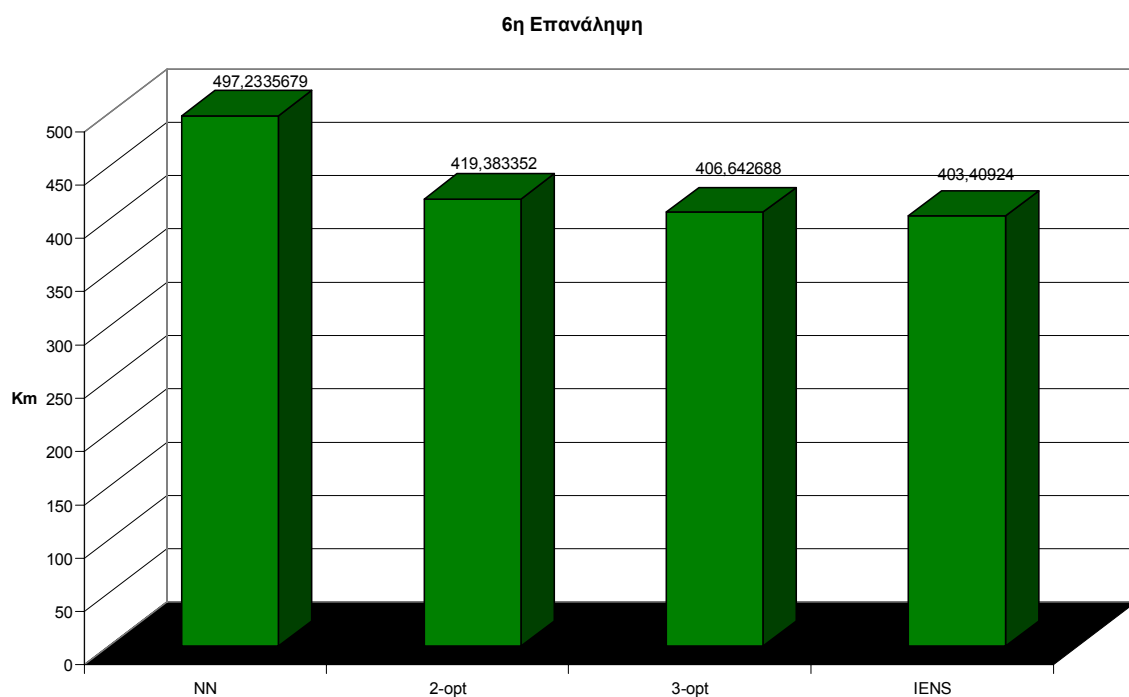
Στην τρίτη επανάληψη επικρατεί το ίδιο σκηνικό με τις προηγούμενες, με τον NN και τον 2-opt να είναι καθηλωμένοι στο ίδιο αποτέλεσμα και τους 3-opt και IENS να μειώνουν συνεχώς το μήκος του δρομολογίου.



Ο αλγόριθμος 3-opt κόλλησε κι αυτός σε κάποιο τοπικό ελάχιστο και αδυνατεί να μειώσει περαιτέρω το μήκος του δρομολογίου σε αντίθεση με τον IENS ο οποίος συνεχίζει να βελτιώνει τα αποτελέσματα



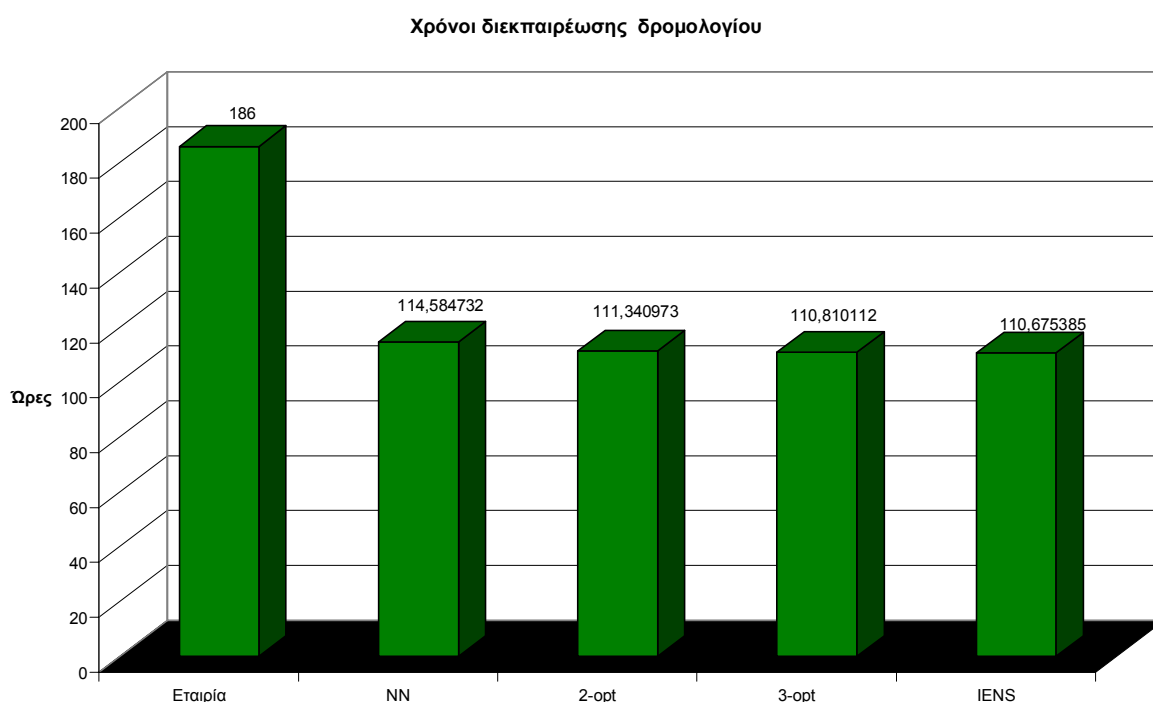
Στην 5<sup>η</sup> επανάληψη ο μόνος που συνεχίζει να βελτιώνει το αποτέλεσμα είναι ο αλγόριθμος Iterated Expanding Neighborhood Search (IENS) καθώς οι υπόλοιποι είναι καθηλωμένοι από πολύ πιο πριν στα ίδια αποτελέσματα.



Η 6<sup>η</sup> επανάληψη αποτελεί και την τελευταία καθώς όπως παρατηρούμε ούτε ο αλγόριθμος IENS μπορεί πλέον να δώσει καλύτερα αποτελέσματα.

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι ο αλγόριθμος IENS σε σχέση με τον αλγόριθμο Nearest Neighbor παρουσιάζει μία βελτίωση της τάξης των 94 περίπου χιλιομέτρων στο δρομολόγιο για τα φαρμακεία της Αττικής, αποτέλεσμα ιδιαίτερα ικανοποιητικό. Η διαφορά αυτή είναι περίπου 18,87%.

Στο σημείο αυτό θα ήταν χρήσιμο να γίνει μια παρουσίαση των αποτελεσμάτων με τη μορφή του χρόνου που απαιτείται για την διεξαγωγή του δρομολογίου με βάση τα τελικά αποτελέσματα του κάθε αλγορίθμου. Για να συμπεριλάβουμε το παρακάτω ραβδόγραμμα. Τα αποτελέσματα που αφορούν την εταιρία δεν προέρχονται από πραγματικά δεδομένα αφού η εταιρία δεν έχει πραγματοποιήσει τη διανομή του περιοδικού με ένα μόνο όχημα αλλά προέκυψαν με το σκεπτικό ότι σύμφωνα με τα λεγόμενα της εταιρίας κάθε όχημα εξυπηρετεί ημερησίως περίπου 45 φαρμακεία. Έτσι γίνεται η διαπίστωση ότι η εταιρία χρειάζεται με ένα όχημα περίπου 31 εργάσιμες ημέρες, δηλαδή 186 εργάσιμες ώρες προκειμένου να ικανοποιήσει τη ζήτηση σε όλα τα φαρμακεία χρησιμοποιώντας μόνο ένα όχημα. Επίσης ελήφθη υπόψη το γεγονός ότι η μέση ταχύτητα του οχήματος είναι 24 km/h και ότι κάθε διανομή διαρκεί περίπου 4 λεπτά.



Η διαφορά στους χρόνους της εταιρίας σε σχέση με τους αλγορίθμους που χρησιμοποιήθηκαν είναι ιδιαίτερα μεγάλη και σε σχέση με τον αλγόριθμο IENS η εταιρία χρειάζεται 76 περισσότερες ώρες για να πραγματοποιήσει τη διανομή, δηλαδή 60% περίπου περισσότερο χρόνο.

## 4.2 Δρομολόγια

Στην προηγούμενη παράγραφο έγινε προσπάθεια να απεικονισθεί η αποτελεσματικότητα του αλγορίθμου Iterated Expanding Neighborhood Search σε σχέση με τους αλγορίθμους Nearest Neighbor, 2-opt και 3-opt. Η εφαρμογή των αλγορίθμων αυτών για όλα τα φαρμακεία δεν ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα καθώς ο στόλος της εταιρίας αποτελείται από 3 οχήματα. Για το λόγο αυτό θα υπέθετε κανείς ότι το πρόβλημα θα επιλυόταν αν γινόταν ένας διαχωρισμός του πληθυσμού των φαρμακείων σε 3 δρομολόγια – ένα για κάθε όχημα. Στην πραγματικότητα όμως τα πράγματα είναι πιο πολύπλοκα καθώς στο συγκεκριμένο πρόβλημα δρομολόγησης υπάρχει η πολυπλοκότητα του δακτυλίου. Έτσι ο δακτύλιος αποτελεί από μόνος του ένα δρομολόγιο και μάλιστα κατέχει την πρώτη προτεραιότητα για την εξυπηρέτηση των φαρμακείων που υπάρχουν στην περιοχή που ορίζει ο ίδιος.

Για την επίλυση του προβλήματος επιλέχθηκαν 3 δρομολόγια. Τα δρομολόγια αυτά επιλέχθηκαν με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να περιλαμβάνουν το καθένα περίπου τον ίδιο αριθμό φαρμακείων, έτσι ώστε τα οχήματα του στόλου της εταιρίας να εργάζονται για ίδια περίπου χρονικά διαστήματα. Τα δρομολόγια αυτά είναι τα ακόλουθα:

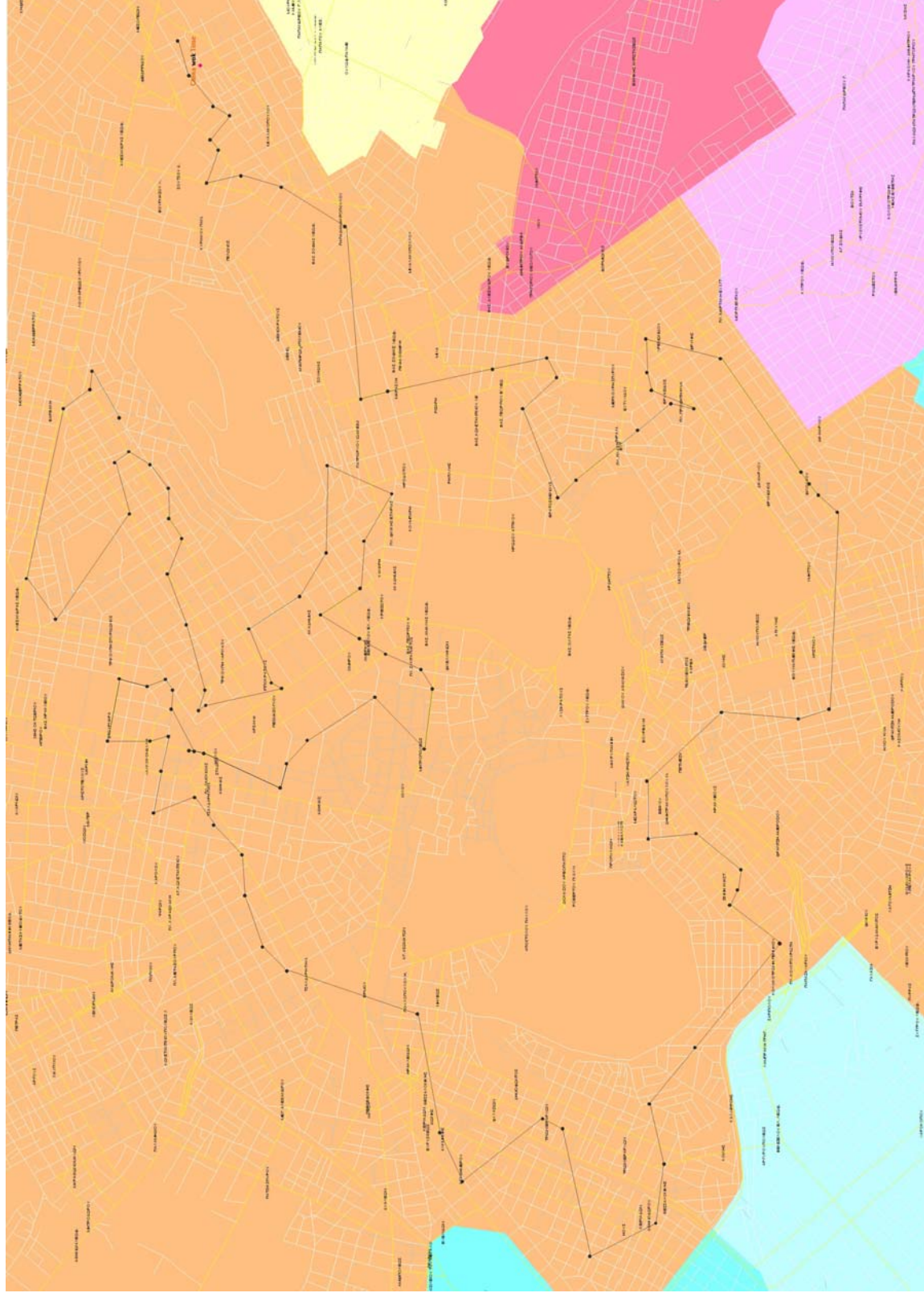
- 1) Πειραιάς → Νότια προάστια
- 2) Δακτύλιος → Αθήνα → Δυτικά προάστια
- 3) Βόρεια και Ανατολικά προάστια

### 4.2.1 Δρομολόγιο δακτυλίου της Αθήνας

Τα φαρμακεία που υπάρχουν στην περιοχή που ορίζει ο δακτύλιος της Αθήνας πρέπει να εξυπηρετηθούν άμεσα σύμφωνα με τους ιθύνοντες της εταιρίας. Το πρώτο φαρμακείο που επιλέχθηκε για να ξεκινήσει το δρομολόγιο το όχημα είναι το πιο κοντινό στα γραφεία της εταιρίας τα οποία είναι και ο τόπος έναρξης των οχημάτων κάθε μέρα κατά την περίοδο της διανομής του περιοδικού στα φαρμακεία της Αττικής. Το δρομολόγιο που προέκυψε από τον αλγόριθμο IENS απεικονίζεται στο Σχήμα 4.10. Για το συγκεκριμένο δρομολόγιο επιλέχθηκε ένα όχημα προκειμένου να

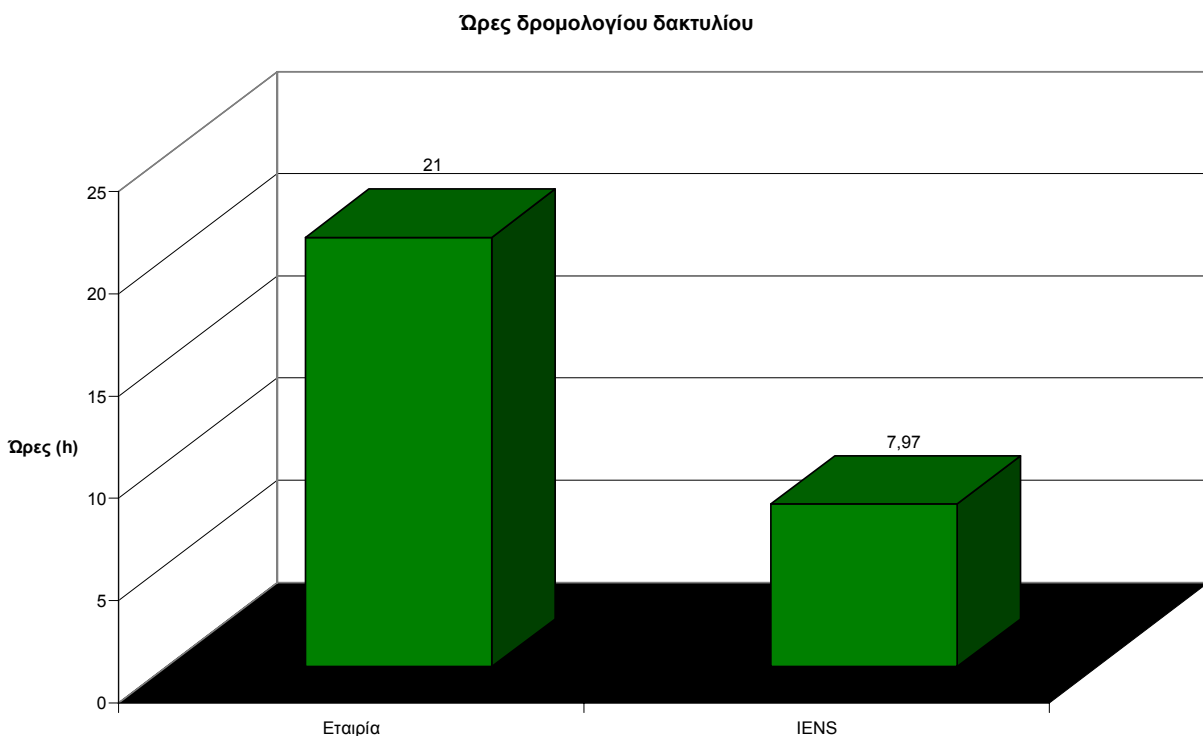
#### *Κεφάλαιο 4 – Αποτελέσματα*

κινηθεί μέσα στον δακτύλιο οπότε και τα αποτελέσματα που θα αναλυθούν παρακάτω αναφέρονται σε ένα και μόνο όχημα.



Σχήμα 4.10: Δρομολόγιο που προέκυψε από τον αλγόριθμο IENS για το δρομολόγιο του δακτύλιου της Αθήνας

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τον αλγόριθμο IENS είναι ιδιαίτερα ικανοποιητικά. Με ένα όχημα η εταιρία σύμφωνα με τους ιθύνοντες χρειάζεται περίπου 3-4 εργάσιμες ημέρες για να κάνει τη διανομή στα φαρμακεία του δακτύλιου, δηλαδή περίπου 21 εργάσιμες ώρες. Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι το όχημα που κινείται στον δακτύλιο κινείται με μέση ταχύτητα 24Km/h και το ότι η διανομή σε καθένα από τα 105 φαρμακεία του δακτύλιου διαρκεί περίπου 4 λεπτά της ώρας, ο αλγόριθμος IENS δημιούργησε ένα δρομολόγιο 23,2 χιλιομέτρων με αποτέλεσμα ο χρόνος της διανομής να είναι μόλις 7,97 ώρες.



Σχήμα 4.11: Ώρες που απαιτούνται για τη διανομή του περιοδικού στον δακτύλιο με ένα όχημα

Όπως παρατηρούμε από το παραπάνω σχήμα η χρήση του αλγορίθμου IENS έδωσε για τη διανομή του περιοδικού στον δακτύλιο της Αθήνας μια χρονική βελτίωση της τάξεως του 57,3 %. Στην σελίδα που ακολουθεί αναλύεται το ακριβές δρομολόγιο που προέκυψε από τη χρήση του αλγορίθμου IENS. Φυσικά στο σημείο αυτό θα πρέπει να διευκρινισθεί ότι οι χρόνοι αυτοί δεν είναι απολύτως ρεαλιστικοί καθώς έχουν υπολογισθεί με βάση το μήκος του δρομολογίου και χωρίς να έχουν

#### Κεφάλαιο 4 – Αποτελέσματα

ληφθεί υπόψη παράγοντες όπως οι μονόδρομοι, η κυκλοφοριακή συμφόρηση την ώρα της διανομής κλπ.

Το δρομολόγιο που προέκυψε για τον δακτύλιο είναι το ακόλουθο:

1 8 9 7 6 5 10 11 4 3 2 13 14 80 78 79 81 71 72 73 74 76  
75 82 83 77 70 69 68 67 64 65 66 88 89 87 86 85 90 84 91  
92 102 106 103 101 100 104 105 99 96 95 97 98 53 52 50 49  
47 45 44 43 40 38 39 46 51 48 54 57 56 55 60 94 93 63 62  
61 18 19 16 15 12 17 20 21 58 59 36 35 37 34 30 29 28 22  
23 27 32 31 41 42 33 26 25 24

ΧΡΟΝΟΣ: 8.03870583

ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΟΥ: 23328.9316

Όπου οι αριθμοί αναπαριστούν τα ακόλουθα φαρμακεία:

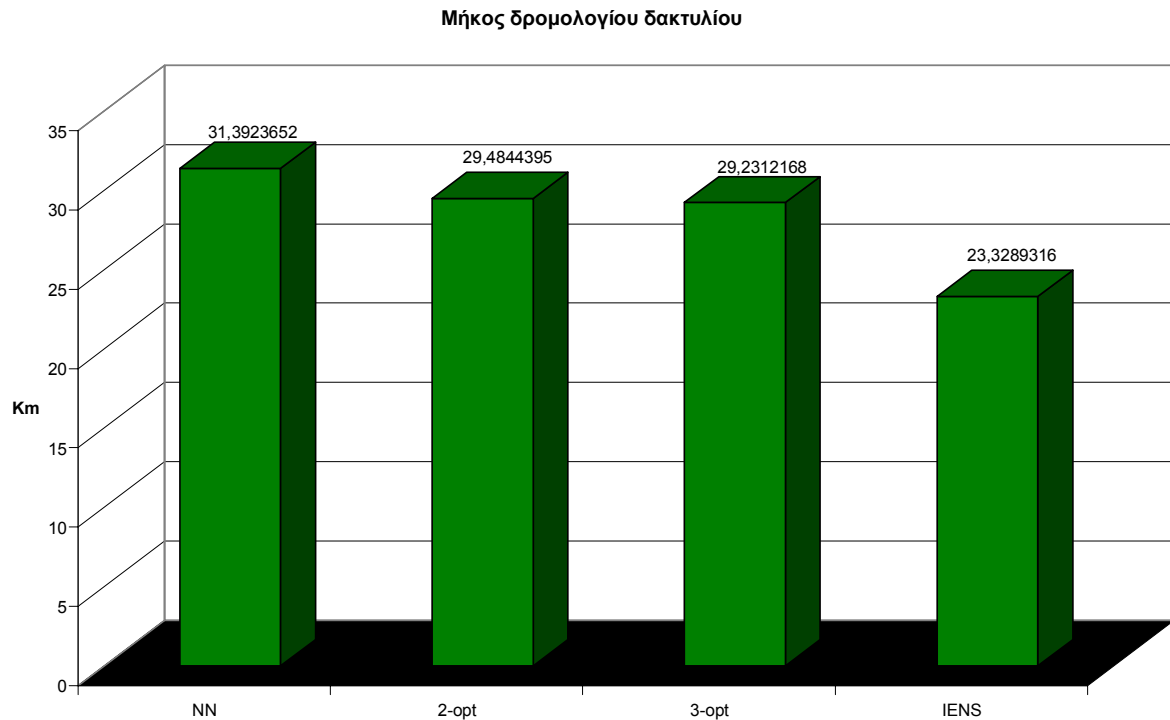
|    | ΔΙΥΘΥΝΣΗ                     | ΠΕΡΙΟΧΗ    | ΖΗΤΗΣΗ |
|----|------------------------------|------------|--------|
| 1  | ΓΡΑΦΕΙΑ ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΙΑΣ         | ΑΓ. ΠΑΡ.   |        |
| 2  | ΠΑΠΑΔΙΑΜΑΝΤΟΠΟΥΛΟΥ 15        | ΑΘΗΝΑ-Δ    | 1      |
| 3  | ΛΑΜΨΑΚΟΥ 9                   | ΑΘΗΝΑ-Δ    | 1      |
| 4  | ΚΑΡΤΑΛΗ 3                    | ΑΜΠ/ΠΟΙ-Δ  | 2      |
| 5  | Λ. ΒΑΣ. ΣΟΦΙΑΣ 112           | ΑΘΗΝΑ-Δ    | 2      |
| 6  | ΕΒΡΟΥ 42                     | ΑΘΗΝΑ-Δ    | 2      |
| 7  | ΑΓΓ. ΠΥΡΡΗ 9                 | ΑΘΗΝΑ-Δ    | 2      |
| 8  | ΑΓ. ΘΩΜΑ 8-10                | ΑΘΗΝΑ-Δ    | 2      |
| 9  | ΧΑΛΚΗΔΟΝΟΣ 18-24             | ΑΘΗΝΑ-Δ    | 1      |
| 10 | Λ. ΒΑΣ. ΣΟΦΙΑΣ 105           | ΑΘΗΝΑ      | 2      |
| 11 | ΔΗΜ. ΣΟΥΤΣΟΥ 18              | ΑΘΗΝΑ-Δ    | 1      |
| 12 | ΔΕΙΝΟΚΡΑΤΟΥΣ 8               | ΚΟΛΩΝΑΚΙ-Δ | 2      |
| 13 | ΜΑΡΑΣΛΗ 25 & ΑΛΩΠΕΚΗΣ        | ΑΘΗΝΑ-Δ    | 1      |
| 14 | ΜΑΡΑΣΛΗ 7 & ΥΨΗΛΑΝΤΟΥ 43     | ΑΘΗΝΑ-Δ    | 3      |
| 15 | ΚΑΨΑΛΗ 3                     | ΑΘΗΝΑ-Δ    | 1      |
| 16 | ΗΡΑΚΛΕΙΤΟΥ 4                 | ΑΘΗΝΑ-Δ    | 2      |
| 17 | ΣΚΟΥΦΑ 32                    | ΑΘΗΝΑ-Δ    | 2      |
| 18 | ΟΜΗΡΟΥ 21 & ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ        | ΑΘΗΝΑ-Δ    | 2      |
| 19 | ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ 20 & ΒΟΥΚΟΥΡΕΣΤΙΟΥ | ΑΘΗΝΑ-Δ    | 3      |
| 20 | ΣΟΛΩΝΟΣ 54                   | ΑΘΗΝΑ-Δ    | 2      |
| 21 | ΣΟΛΩΝΟΣ 92                   | ΑΘΗΝΑ-Δ    | 3      |
| 22 | ΤΣΙΜΙΣΚΗ 20                  | ΑΘΗΝΑ-Δ    | 2      |
| 23 | ΑΣΚΛΗΠΙΟΥ 102                | ΑΘΗΝΑ-Δ    | 2      |
| 24 | ΑΣΚΛΗΠΙΟΥ 126-128            | ΑΘΗΝΑ-Δ    | 2      |
| 25 | ΑΣΚΛΗΠΙΟΥ 144                | ΑΘΗΝΑ-Δ    | 1      |



|    |                                  |             |    |
|----|----------------------------------|-------------|----|
| 26 | ΙΠΠΟΚΡΑΤΟΥΣ 192                  | ΑΘΗΝΑ-Δ     | 1  |
| 27 | ΙΠΠΟΚΡΑΤΟΥΣ 163                  | ΑΘΗΝΑ-Δ     | 1  |
| 28 | ΙΠΠΟΚΡΑΤΟΥΣ 111                  | ΑΘΗΝΑ-Δ     | 2  |
| 29 | ΙΠΠΟΚΡΑΤΟΥΣ 84                   | ΑΘΗΝΑ-Δ     | 2  |
| 30 | ΧΑΡ. ΤΡΙΚΟΥΠΗ 78                 | ΑΘΗΝΑ-Δ     | 3  |
| 31 | ΧΑΡ. ΤΡΙΚΟΥΠΗ 120                | ΑΘΗΝΑ-Δ     | 3  |
| 32 | ΜΑΥΡΟΜΙΧΑΛΗ 135                  | ΑΘΗΝΑ-Δ     | 2  |
| 33 | ΧΑΡ. ΤΡΙΚΟΥΠΗ 182                | ΑΘΗΝΑ-Δ     | 2  |
| 34 | ΖΩΟΔΟΧΟΥ ΠΗΓΗΣ 40                | ΑΘΗΝΑ-Δ     | 3  |
| 35 | ΝΙΚΗΤΑΡΑ 7                       | ΑΘΗΝΑ-Δ     | 2  |
| 36 | ΜΠΕΝΑΚΗ ΕΜΜ. 22                  | ΑΘΗΝΑ-Δ     | 2  |
| 37 | ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ 76                     | ΑΘΗΝΑ-Δ     | 6  |
| 38 | ΣΟΛΩΝΟΣ 132 & ΘΕΜΙΣΤΟΚΛΕΟΥΣ 46   | ΑΘΗΝΑ-Δ     | 2  |
| 39 | ΘΕΜΙΣΤΟΚΛΕΟΥΣ 42                 | ΑΘΗΝΑ-Δ     | 2  |
| 40 | ΚΩΛΕΤΤΗ 33 & ΠΑΤΟΥΣΑ             | ΑΘΗΝΑ-Δ     | 4  |
| 41 | ΚΑΛΛΙΔΡΟΜΙΟΥ 89                  | ΑΘΗΝΑ-Δ     | 2  |
| 42 | ΑΣ. ΦΩΤΗΛΑ 32 & Λ. ΑΛΕΞΑΝΔΡΑΣ 50 | ΑΘΗΝΑ-Δ     | 1  |
| 43 | ΣΤΟΥΡΝΑΡΗ 25                     | ΑΘΗΝΑ-Δ     | 1  |
| 44 | ΣΤΟΥΡΝΑΡΑ 53                     | ΑΘΗΝΑ-Δ     | 1  |
| 45 | ΠΑΤΗΣΙΩΝ 27                      | ΑΘΗΝΑ-Δ     | 2  |
| 46 | ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ 97 & ΒΕΡΑΝΖΕΡΟΥ 1      | ΑΘΗΝΑ-Δ     | 2  |
| 47 | ΒΕΡΑΝΖΕΡΟΥ 13                    | ΑΘΗΝΑ-Δ     | 2  |
| 48 | ΔΩΡΟΥ 3                          | ΑΘΗΝΑ-Δ     | 2  |
| 49 | ΒΕΡΑΝΖΕΡΟΥ 23                    | ΑΘΗΝΑ-Δ     | 4  |
| 50 | ΒΕΡΑΝΖΕΡΟΥ 43                    | ΑΘΗΝΑ-Δ     | 3  |
| 51 | ΠΑΤΗΣΙΩΝ 4                       | ΑΘΗΝΑ-Δ     | 30 |
| 52 | ΑΓ. ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ 3               | ΟΜΟΝΟΙΑ-Δ   | 30 |
| 53 | ΖΗΝΩΝΟΣ 6                        | ΑΘΗΝΑ-Δ     | 2  |
| 54 | ΠΕΙΡΑΙΩΣ 1                       | ΑΘΗΝΑ-Δ     | 2  |
| 55 | ΑΡΙΣΤΕΙΔΟΥ 6                     | ΑΘΗΝΑ-Δ     | 2  |
| 56 | ΣΟΦΟΚΛΕΟΥΣ 4                     | ΑΘΗΝΑ-Δ     | 5  |
| 57 | ΣΟΦΟΚΛΕΟΥΣ 18                    | ΑΘΗΝΑ-Δ     | 1  |
| 58 | ΙΠΠΟΚΡΑΤΟΥΣ 3-5                  | ΑΘΗΝΑ-Δ     | 3  |
| 59 | Λ. ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ 41              | ΑΘΗΝΑ-Δ     | 2  |
| 60 | ΚΟΛΟΚΟΤΡΩΝΗ 15                   | ΑΘΗΝΑ-Δ     | 2  |
| 61 | Λ. ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ 16 & ΑΜΕΡΙΚΗΣ   | ΑΘΗΝΑ-Δ     | 1  |
| 62 | ΣΤΑΔΙΟΥ 5                        | ΑΘΗΝΑ-Δ     | 3  |
| 63 | ΕΡΜΟΥ 2 & ΝΙΚΗΣ 3                | ΑΘΗΝΑ-Δ     | 2  |
| 64 | ΕΥΔΟΞΟΥ 43                       | Ν. ΚΟΣΜΟΣ-Δ | 2  |
| 65 | ΑΓΚΥΛΗΣ 51                       | Ν. ΚΟΣΜΟΣ-Δ | 3  |
| 66 | ΑΓΛΑΟΝΙΚΗΣ 22Α                   | Ν. ΚΟΣΜΟΣ-Δ | 2  |
| 67 | ΔΑΜΑΓΗΤΟΥ 29                     | ΑΘΗΝΑ       | 4  |
| 68 | ΦΙΛΟΛΑΟΥ 196                     | ΠΑΓΚΡΑΤΙ    | 2  |
| 69 | ΦΙΛΟΛΑΟΥ 182                     | ΠΑΓΚΡΑΤΙ    | 2  |
| 70 | ΦΙΛΟΛΑΟΥ 155                     | ΠΑΓΚΡΑΤΙ    | 1  |
| 71 | Ι. ΦΩΚΙΑΝΟΥ 13                   | ΠΑΓΚΡΑΤΙ-Δ  | 3  |
| 72 | ΙΒΥΚΟΥ 8 & ΕΡΑΤΟΣΘΕΝΟΥΣ          | ΠΑΓΚΡΑΤΙ-Δ  | 1  |
| 73 | ΕΥΦΡΑΝΑΡΟΣ 12                    | ΠΑΓΚΡΑΤΙ-Δ  | 4  |
| 74 | ΕΥΦΡΑΝΟΡΟΣ 29                    | ΠΑΓΚΡΑΤΙ-Δ  | 1  |
| 75 | ΒΡΥΑΞΙΔΟΣ 9                      | ΠΑΓΚΡΑΤΙ    | 2  |

|     |                             |                   |   |
|-----|-----------------------------|-------------------|---|
| 76  | ΥΜΗΤΤΟΥ 140                 | ΠΑΓΚΡΑΤΙ          | 2 |
| 77  | ΦΙΛΟΛΑΟΥ 84                 | ΠΑΓΚΡΑΤΙ          | 2 |
| 78  | ΠΡΑΤΙΝΟΥ 46                 | ΠΑΓΚΡΑΤΙ          | 2 |
| 79  | ΣΠ. ΜΕΡΚΟΥΡΗ 9              | ΠΑΓΚΡΑΤΙ          | 2 |
| 80  | ΣΠ. ΜΕΡΚΟΥΡΗ 58-60          | ΠΑΓΚΡΑΤΙ          | 2 |
| 81  | ΑΡΧΕΛΑΟΥ & ΑΡΡΙΑΝΟΥ 30      | ΠΑΓΚΡΑΤΙ-Δ        | 1 |
| 82  | ΦΡΥΝΗΣ 6                    | ΠΑΓΚΡΑΤΙ          | 2 |
| 83  | ΥΜΗΤΤΟΥ 106                 | ΠΑΓΚΡΑΤΙ          | 2 |
| 84  | Ν. ΔΗΜΗΤΡΑΚΟΠΟΥΛΟΥ 111-113  | ΚΟΥΚΑΚΙ-Δ         | 2 |
| 85  | Ν. ΔΗΜΗΤΡΑΚΟΠΟΥΛΟΥ 83       | ΚΟΥΚΑΚΙ-Δ         | 2 |
| 86  | ΖΙΝΝΗ ΑΝ. 30                | ΚΟΥΚΑΚΙ-Δ         | 2 |
| 87  | Ν. ΔΗΜΗΤΡΑΚΟΠΟΥΛΟΥ 50       | ΚΟΥΚΑΚΙ-Δ         | 2 |
| 88  | ΒΕΪΚΟΥ 10                   | ΚΟΥΚΑΚΙ-Δ         | 1 |
| 89  | ΕΡΕΧΘΕΙΟΥ 19                | ΚΟΥΚΑΚΙ-Δ         | 2 |
| 90  | ΒΕΪΚΟΥ 78                   | ΚΟΥΚΑΚΙ-Δ         | 2 |
| 91  | ΓΕΝ. ΚΟΛΟΚΟΤΡΩΝΗ 47         | ΚΟΥΚΑΚΙ-Δ         | 2 |
| 92  | ΑΡΚΑΔΩΝ 5 & ΠΛ. ΜΕΡΚΟΥΡΗ    | ΑΘΗΝΑ-Δ           | 1 |
| 93  | ΒΟΥΛΗΣ & ΜΗΤΡΟΠΟΛΕΩΣ 16     | ΑΘΗΝΑ-Δ           | 3 |
| 94  | ΜΗΤΡΟΠΟΛΕΩΣ 54              | ΑΘΗΝΑ-Δ           | 2 |
| 95  | ΜΥΛΛΕΡΟΥ 16-18              | ΑΘΗΝΑ-Δ           | 2 |
| 96  | ΘΕΡΜΟΠΥΛΩΝ 10 & ΑΓΗΣΙΛΑΟΥ   | ΑΘΗΝΑ-Δ           | 3 |
| 97  | ΚΟΛΩΝΟΥ 7 & ΑΓΗΣΙΛΑΟΥ 23-25 | ΑΘΗΝΑ-Δ           | 5 |
| 98  | ΠΕΙΡΑΙΩΣ 26                 | ΑΘΗΝΑ-Δ           | 3 |
| 99  | ΗΡΑΚΛΕΙΔΩΝ 38               | ΑΘΗΝΑ-Δ           | 2 |
| 100 | ΤΡΙΩΝ ΙΕΡΑΡΧΩΝ 85           | ΠΕΤΡΑΛΩΝΑ-Δ       | 3 |
| 101 | ΤΡΙΩΝ ΙΕΡΑΡΧΩΝ 105          | ΑΘΗΝΑ-Δ           | 2 |
| 102 | ΚΟΙΛΗΣ 15                   | ΑΘΗΝΑ-Δ           | 1 |
| 103 | ΠΑΝΔΩΡΟΥ 39                 | ΑΘΗΝΑ-Δ           | 1 |
| 104 | ΠΕΙΡΑΙΩΣ 149                | Κ.<br>ΠΕΤΡΑΛΩΝΑ-Δ | 2 |
| 105 | ΑΛΚΜΗΝΗΣ 2                  | Κ.<br>ΠΕΤΡΑΛΩΝΑ-Δ | 2 |
| 106 | ΚΕΙΡΙΑΔΩΝ 120               | ΠΕΤΡΑΛΩΝΑ-Δ       | 2 |

Στο σημείο αυτό θα ήταν ενδιαφέρον να εξετασθεί για το δρομολόγιο του δακτυλίου η αποτελεσματικότητα του αλγορίθμου IENS σε σχέση με τους αλγόριθμους Nearest Neighbor, 2-opt και 3-opt. Στο σχήμα που ακολουθεί στην επόμενη σελίδα αναπαρίσταται το μήκος του δρομολογίου του δακτυλίου για καθένα από τους αλγόριθμους που αναφέρθηκαν παραπάνω.



*Σχήμα 4.12: Μήκος δρομολογίου δακτυλίου που προέκυψε από τους αλγορίθμους NN, 2-opt, 3-opt και IENS*

Το παραπάνω σχήμα επιβεβαιώνει την αποτελεσματικότητα του αλγορίθμου Iterated Expanding Neighborhood Search (IENS) σε σχέση με τους αλγορίθμους NN, 2-opt, και 3-opt. Ο αλγόριθμος IENS επιφέρει στο μήκος του δρομολογίου του δακτυλίου βελτίωση της τάξεως του 25,7% σε σύγκριση με τον NN, 20,9% σε σχέση με τον 2-opt και 20,2% σε σύγκριση με τον 3-opt.

Η εταιρία έχει την ευχέρια να επιλέξει για το αν θα χρησιμοποιήσει για τη διανομή του περιοδικού στον δακτύλιο το ένα ή και τα δύο οχήματα μονής κυκλοφορίας που διαθέτει στο στόλο της, οπότε και ο χρόνος διανομής του περιοδικού θα μειωθεί περίπου στο μισό.

#### **4.2.2 Δρομολόγιο υπόλοιπης Αθήνας και δυτικών προαστίων**

Το συγκεκριμένο δρομολόγιο αποτελεί τη συνέχεια του προηγούμενου δρομολογίου, δηλαδή του δακτυλίου. Το δρομολόγιο αυτό ξεκινά από το τελευταίο φαρμακείο που εξυπηρετήθηκε στον δακτύλιο και στη συνέχεια εξαπλώνεται στην υπόλοιπη πόλη της Αθήνας και στα δυτικά της προάστια. Πιο αναλυτικά οι περιοχές που απαρτίζουν το δρομολόγιο αυτό είναι οι ακόλουθες χωρίς η σειρά με την οποία αναγράφεται να αντικατοπτρίζει και τη σειρά επίσκεψης των περιοχών αυτών.

*Αθήνα-Αιγάλεω-Περιστερί-Αγ. Βαρβάρα-Χαιδάρι-Τλιν-Αγ. Ανάργυροι-Χαλκηδόνα-Πετρούπολη*

Το ακριβές δρομολόγιο που προέκυψε από τη χρήση του αλγορίθμου Iterated Expanding Neighborhood Search είναι:

Φαρμακεία: 1 93 94 101 102 95 144 143 142 141 140 138 139  
 150 145 146 103 157 158 156 160 159 161 105 106 122 121  
 119 118 116 115 113 109 108 107 110 111 112 114 117 129  
 130 120 123 127 125 104 124 155 147 148 149 126 154 153  
 152 151 137 136 133 134 135 100 97 99 98 96 91 90 87 92  
 89 88 86 84 83 85 2 6 5 7 8 9 10 11 12 13 51 259 258 257  
 260 261 256 254 255 251 252 250 306 307 305 302 300 301  
 326 325 323 322 315 314 308 298 262 299 313 312 343 310  
 311 331 333 340 339 341 342 337 338 336 335 334 332 330  
 321 320 317 319 318 316 324 328 327 329 358 357 356 355  
 350 351 354 353 352 344 345 347 263 346 349 348 309 303  
 304 248 249 253 234 222 221 233 232 231 229 228 226 225  
 227 230 223 224 215 216 214 217 218 219 220 243 242 244  
 241 238 239 240 245 247 246 294 292 293 289 290 291 288  
 287 286 285 284 283 281 280 279 276 278 277 166 164 165  
 162 163 275 282 274 295 296 297 208 237 236 235 209 210  
 212 213 211 195 194 193 188 196 187 180 181 182 186 189  
 191 192 204 197 176 175 174 169 170 168 167 171 264 265  
 266 267 268 269 270 271 272 273 173 172 201 200 199 198  
 207 202 203 206 205 177 185 190 183 184 178 179 128 71 72  
 73 68 67 66 65 63 69 70 64 57 56 55 58 54 52 53 50 59 60  
 61 62 49 40 41 35 34 44 42 45 33 18 46 43 47 48 14 15 16  
 17 32 4 3 31 30 29 19 28 27 20 26 21 22 81 82 23 24 25 37  
 38 39 36 74 75 77 79 78 76 80 132 131  
 Χρόνος: 28.0123825  
 Μήκος δρομολογίου: 99497.1328

Όπου οι παραπάνω αριθμοί αναπαριστούν τα ακόλουθα φαρμακεία:

|    |                               |         |   |
|----|-------------------------------|---------|---|
| 1  | ΑΣΚΛΗΠΙΟΥ 126-128             | ΑΘΗΝΑ-Δ | 2 |
| 2  | ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ 18                | ΑΘΗΝΑ   | 3 |
| 3  | ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ 46 & ΠΑΤΗΣΙΩΝ 143 | ΑΘΗΝΑ   | 2 |
| 4  | ΧΑΝΙΩΝ 2 & ΠΑΤΗΣΙΩΝ 144       | ΑΘΗΝΑ   | 2 |
| 5  | Ι. ΔΡΟΣΟΠΟΥΛΟΥ 68             | ΑΘΗΝΑ   | 5 |
| 6  | ΣΥΡΟΥ 18                      | ΑΘΗΝΑ   | 1 |
| 7  | Ι. ΔΡΟΣΟΠΟΥΛΟΥ 95             | ΑΘΗΝΑ   | 2 |
| 8  | ΠΑΤΗΣΙΩΝ 185                  | ΑΘΗΝΑ   | 1 |
| 9  | ΛΕΥΚΩΣΙΑΣ 26                  | ΑΘΗΝΑ   | 1 |
| 10 | ΣΙΦΝΟΥ 9 & ΠΑΤΜΟΥ             | ΑΘΗΝΑ   | 1 |

Κεφάλαιο 4 – Αποτελέσματα

|    |                           |             |   |
|----|---------------------------|-------------|---|
| 11 | ΣΕΡΙΦΟΥ & ΕΠΙΔΑΜΝΟΥ 21    | ΑΘΗΝΑ       | 4 |
| 12 | ΑΧΑΡΝΩΝ 310               | ΑΘΗΝΑ       | 4 |
| 13 | ΑΧΑΡΝΩΝ 301               | ΑΘΗΝΑ       | 2 |
| 14 | ΑΧΑΡΝΩΝ 248               | ΑΘΗΝΑ       | 4 |
| 15 | ΑΧΑΡΝΩΝ 238               | ΑΘΗΝΑ       | 2 |
| 16 | ΦΥΛΗΣ 232                 | ΑΘΗΝΑ       | 2 |
| 17 | ΜΗΘΥΜΝΗΣ 46               | ΑΘΗΝΑ       | 2 |
| 18 | ΦΥΛΗΣ 190                 | ΑΘΗΝΑ       | 1 |
| 19 | ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΟΥΣ 123          | ΑΘΗΝΑ       | 1 |
| 20 | ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΟΥΣ 79           | ΑΘΗΝΑ       | 4 |
| 21 | ΗΠΕΙΡΟΥ 25 & ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΟΥΣ | ΑΘΗΝΑ       | 4 |
| 22 | ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΟΥΣ 35           | ΑΘΗΝΑ       | 2 |
| 23 | ΑΒΕΡΩΦ 30                 | ΑΘΗΝΑ       | 1 |
| 24 | ΗΠΕΙΡΟΥ 44                | ΑΘΗΝΑ       | 2 |
| 25 | ΑΧΑΡΝΩΝ 48                | ΑΘΗΝΑ       | 2 |
| 26 | Γ΄ ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΥ 72         | ΑΘΗΝΑ       | 2 |
| 27 | Γ΄ ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΥ 97         | ΑΘΗΝΑ       | 2 |
| 28 | Γ΄ ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΥ 113        | ΑΘΗΝΑ       | 1 |
| 29 | ΠΙΠΙΝΟΥ 57                | ΑΘΗΝΑ       | 2 |
| 30 | Γ΄ ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΥ 145        | ΑΘΗΝΑ       | 2 |
| 31 | Γ΄ ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΥ 153-155    | ΑΘΗΝΑ       | 1 |
| 32 | ΑΓ. ΜΕΛΕΤΙΟΥ 62           | ΑΘΗΝΑ       | 3 |
| 33 | ΑΧΑΡΝΩΝ 170 & ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ | ΑΘΗΝΑ       | 3 |
| 34 | ΑΧΑΡΝΩΝ 126               | ΑΘΗΝΑ       | 2 |
| 35 | ΑΓΟΡΑΚΡΙΤΟΥ 7             | ΑΘΗΝΑ       | 1 |
| 36 | ΛΙΟΣΙΩΝ 52                | ΑΘΗΝΑ       | 2 |
| 37 | MIX. ΒΟΔΑ 43              | ΑΘΗΝΑ       | 2 |
| 38 | ΠΑΙΩΝΙΟΥ 35               | ΑΘΗΝΑ       | 6 |
| 39 | ΛΙΟΣΙΩΝ 98                | ΑΘΗΝΑ       | 2 |
| 40 | ΛΙΟΣΙΩΝ 126               | ΑΘΗΝΑ       | 3 |
| 41 | ΑΓΟΡΑΚΡΙΤΟΥ 24-28         | ΠΛ. ΑΤΤΙΚΗΣ | 3 |
| 42 | ΑΡΙΣΤΟΜΕΝΟΥΣ 94           | ΑΘΗΝΑ       | 2 |
| 43 | ΑΓΑΘΟΥΠΟΛΕΩΣ 98           | ΑΘΗΝΑ       | 1 |
| 44 | MIX. ΒΟΔΑ 101Α            | ΑΘΗΝΑ       | 2 |
| 45 | MIX. ΒΟΔΑ 147             | ΑΘΗΝΑ       | 3 |
| 46 | ΑΓ. ΜΕΛΕΤΙΟΥ 107          | ΑΘΗΝΑ       | 2 |
| 47 | MIX. ΒΟΔΑ 195             | ΑΘΗΝΑ       | 1 |
| 48 | MIX. ΒΟΔΑ 213-215         | ΑΘΗΝΑ       | 3 |
| 49 | ΣΕΠΟΛΙΩΝ 27               | ΑΘΗΝΑ       | 1 |
| 50 | ΑΥΛΩΝΟΣ 38                | ΣΕΠΟΛΙΑ     | 1 |
| 51 | ΚΑΛΑΜΑ 12-14              | ΣΕΠΟΛΙΑ     | 2 |
| 52 | ΔΥΡΡΑΧΙΟΥ 59              | ΣΕΠΟΛΙΑ     | 1 |
| 53 | ΡΟΔΟΥ 149-151             | ΣΕΠΟΛΙΑ     | 1 |
| 54 | ΚΡΕΟΝΤΟΣ 159              | ΣΕΠΟΛΙΑ     | 2 |
| 55 | ΔΡΑΜΑΣ 98                 | Λ. ΣΚΟΥΖΕ   | 1 |
| 56 | ΓΕΡΑΚΙΟΥ 17               | Λ. ΣΚΟΥΖΕ   | 2 |

Κεφάλαιο 4 – Αποτελέσματα

|    |                                  |                     |   |
|----|----------------------------------|---------------------|---|
| 57 | ΓΕΡΑΚΙΟΥ 31                      | ΑΘΗΝΑ               | 3 |
| 58 | ΦΙΛΙΠΠΟΥΠΟΛΕΩΣ 28                | ΑΘΗΝΑ               | 2 |
| 59 | ΔΥΡΡΑΧΙΟΥ 4-6                    | ΠΛ. ΑΓ.<br>ΜΕΛΕΤΙΟΥ | 2 |
| 60 | ΒΟΡ. ΗΠΕΙΡΟΥ 153                 | ΣΕΠΟΛΙΑ             | 4 |
| 61 | ΕΥΑΛΚΙΔΟΥ 25-27                  | ΑΓ. ΜΕΛΕΤΙΟΣ        | 2 |
| 62 | ΒΟΡ. ΗΠΕΙΡΟΥ 107                 | ΣΕΠΟΛΙΑ             | 1 |
| 63 | ΔΩΔΩΝΗΣ 19 &<br>ΔΙΣΤΟΜΟΥ         | ΑΘΗΝΑ               | 1 |
| 64 | ΚΡΕΟΝΤΟΣ 78                      | ΚΟΛΩΝΟΣ             | 1 |
| 65 | ΑΓ. ΣΟΦΙΑΣ 85 &<br>ΡΑΙΔΕΣΤΟΥ 16  | ΑΘΗΝΑ               | 2 |
| 66 | ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ 77                     | ΑΘΗΝΑ               | 1 |
| 67 | ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΑΣ 17                  | ΑΘΗΝΑ               | 3 |
| 68 | ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΑΣ 34 &<br>ΑΣΤΡΟΥΣ     | ΑΘΗΝΑ               | 1 |
| 69 | ΤΗΛΕΦΑΝΟΥΣ 10                    | ΚΟΛΩΝΟΣ             | 3 |
| 70 | ΛΕΝΟΡΜΑΝ 204                     | ΚΟΛΩΝΟΣ             | 3 |
| 71 | ΠΛΑΤΩΝΟΣ 115                     | ΑΘΗΝΑ               | 2 |
| 72 | ΑΡΓΟΥΣ 90 & ΠΛΑΤΩΝΟΣ             | ΑΘΗΝΑ               | 3 |
| 73 | ΠΛΑΤΩΝΟΣ 80                      | ΑΘΗΝΑ               | 2 |
| 74 | ΜΕΤΑΞΑ Ν. 9                      | ΑΘΗΝΑ               | 1 |
| 75 | ΚΡΗΤΗΣ 24                        | ΑΘΗΝΑ               | 1 |
| 76 | ΚΑΡΟΛΟΥ 27                       | ΑΘΗΝΑ               | 1 |
| 77 | ΧΙΟΥ 35                          | ΑΘΗΝΑ               | 1 |
| 78 | ΑΚΟΜΙΝΑΤΟΥ 34                    | ΑΘΗΝΑ               | 2 |
| 79 | ΑΚΟΜΙΝΑΤΟΥ 59                    | ΑΘΗΝΑ               | 2 |
| 80 | ΒΙΚ. ΟΥΓΚΩ 3 & ΜΑΡΝΗΣ            | ΑΘΗΝΑ               | 3 |
| 81 | ΜΑΡΝΗΣ 11                        | ΑΘΗΝΑ               | 2 |
| 82 | Γ' ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΥ 39                | ΑΘΗΝΑ               | 1 |
| 83 | ΜΟΥΣΤΟΞΥΔΗ 5                     | ΑΘΗΝΑ               | 1 |
| 84 | Κ. ΣΧΙΝΑ 12                      | ΑΘΗΝΑ               | 1 |
| 85 | ΚΑΛΒΟΥ 15 & Κ.<br>ΠΑΠΑΡΗΓΟΠΟΥΛΟΥ | ΑΘΗΝΑ               | 1 |
| 86 | ΚΑΛΛΙΓΑ 5                        | ΑΘΗΝΑ               | 2 |
| 87 | ΡΑΓΚΑΒΗ 24 &<br>ΚΟΥΜΑΝΟΥΔΗ       | ΓΚΥΖΙ               | 3 |
| 88 | ΑΝ. ΓΕΝΝΑΔΙΟΥ 9                  | ΑΘΗΝΑ               | 1 |
| 89 | ΒΑΡΒΑΚΗ 19                       | ΑΘΗΝΑ               | 1 |
| 90 | ΒΑΡΒΑΚΗ 37                       | ΑΘΗΝΑ               | 2 |
| 91 | ΒΑΛΤΙΝΩΝ & ΝΙΚ. ΛΥΤΡΑ<br>35      | ΓΚΥΖΙ               | 3 |
| 92 | ΜΟΜΦΕΡΑΤΟΥ 92 &<br>ΔΡΟΣΗ Λ.      | ΑΘΗΝΑ               | 3 |
| 93 | ΓΚΥΖΙ 2                          | ΑΘΗΝΑ               | 5 |
| 94 | ΠΑΡΑΣΧΟΥ 114                     | ΓΚΥΖΙ               | 1 |
| 95 | ΡΑΓΚΑΒΗ 90                       | ΑΘΗΝΑ               | 1 |
| 96 | ΑΓΛΑΟΦΩΝΤΟΣ 1                    | ΑΘΗΝΑ               | 2 |

Κεφάλαιο 4 – Αποτελέσματα

|     |                             |              |   |
|-----|-----------------------------|--------------|---|
| 97  | ΒΑΦΕΙΟΧΩΡΙΟΥ 63             | ΑΘΗΝΑ        | 1 |
| 98  | ΠΡΙΓΚΗΠΟΝΗΣΩΝ 37            | ΑΘΗΝΑ        | 5 |
| 99  | ΕΡΥΘΡΑΙΑΣ 48                | ΠΟΛΥΓΩΝΟ     | 1 |
| 100 | ΜΗΤΡΟΠΕΤΡΟΒΑ 27             | ΑΘΗΝΑ        | 2 |
| 101 | Λ. ΑΛΕΞΑΝΔΡΑΣ 119           | ΑΘΗΝΑ        | 3 |
| 102 | Λ. ΑΛΕΞΑΝΔΡΑΣ 146B          | ΑΘΗΝΑ        | 2 |
| 103 | Λ. ΑΛΕΞΑΝΔΡΑΣ 194           | ΑΘΗΝΑ        | 2 |
| 104 | ΦΕΙΔΙΠΠΙΔΟΥ 23              | ΑΜΠΕΛΟΚΗΠΟΙ  | 2 |
| 105 | ΛΕΒΑΔΕΙΑΣ 19A               | ΑΘΗΝΑ        | 1 |
| 106 | ΜΕΣΣΗΝΙΑΣ 46                | ΑΘΗΝΑ        | 2 |
| 107 | Λ. ΜΕΣΟΓΕΙΩΝ 205            | ΑΘΗΝΑ        | 2 |
| 108 | ΚΑΠΕΤΑΝ ΧΡΟΝΑ 20            | ΑΘΗΝΑ        | 1 |
| 109 | ΦΡΑΓΚΟΠΟΥΛΟΥ 33             | ΑΘΗΝΑ        | 1 |
| 110 | Γ. ΒΛΑΧΟΥ 37                | ΕΛΛΗΝΩΡΡΩΣΩΝ | 2 |
| 111 | Γ. ΒΛΑΧΟΥ 63                | ΕΛΛΗΝΩΡΡΩΣΩΝ | 2 |
| 112 | ΑΔΡΙΑΝΕΙΟΥ 22               | ΕΛΛΗΝΩΡΡΩΣΩΝ | 1 |
| 113 | ΚΑΤΕΧΑΚΗ 37                 | ΕΛΛΗΝΩΡΡΩΣΩΝ | 2 |
| 114 | ΟΔΗΣΣΟΥ 1                   | ΕΛΛΗΝΩΡΡΩΣΩΝ | 1 |
| 115 | ΠΡΑΝΤΟΥΝΑ 5                 | ΕΛΛΗΝΩΡΡΩΣΩΝ | 1 |
| 116 | ΚΟΝΤΟΓΙΑΝΝΑΚΗ 1             | ΕΡ. ΣΤΑΥΡΟΣ  | 2 |
| 117 | ΣΕΒΑΣΤΟΥΠΟΛΕΩΣ 127          | ΑΘΗΝΑ        | 2 |
| 118 | ΜΟΝΗΣ ΚΥΚΚΟΥ 34             | ΑΘΗΝΑ        | 1 |
| 119 | Λ. ΜΕΣΟΓΕΙΩΝ 109-111        | ΑΜΠΕΛΟΚΗΠΟΙ  | 2 |
| 120 | ΣΟΦ. ΣΛΗΜΑΝ 33              | ΕΡ. ΣΤΑΥΡΟΣ  | 2 |
| 121 | ΣΟΦ. ΣΛΗΜΑΝ 48              | ΑΜΠΕΛΟΚΗΠΟΙ  | 2 |
| 122 | ΣΟΦ. ΣΛΗΜΑΝ 44-46           | ΑΜΠΕΛΟΚΗΠΟΙ  | 2 |
| 123 | Λ. ΜΕΣΟΓΕΙΩΝ 64             | ΑΘΗΝΑ        | 2 |
| 124 | ΦΕΙΔΙΠΠΙΔΟΥ 8               | ΑΘΗΝΑ        | 2 |
| 125 | ΦΩΚΙΔΟΣ 6                   | ΑΘΗΝΑ        | 2 |
| 126 | Λ. ΚΗΦΙΣΙΑΣ 46              | ΑΘΗΝΑ        | 2 |
| 127 | ΑΡΚΑΔΙΑΣ 16                 | ΑΜΠΕΛΟΚΗΠΟΙ  | 2 |
| 128 | ΣΕΒΑΣΤΟΥΠΟΛΕΩΣ 82           | ΑΘΗΝΑ        | 3 |
| 129 | ΕΡΥΘΡΟΥ ΣΤΑΥΡΟΥ 12          | ΑΜΠΕΛΟΚΗΠΟΙ  | 1 |
| 130 | ΑΘΑΝΑΣΑΚΗ 7                 | ΑΘΗΝΑ        | 2 |
| 131 | ΜΟΥΣΩΝ 1A                   | ΑΘΗΝΑ        | 2 |
| 132 | 28ης ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ 2            | Π. ΨΥΧΙΚΟ    | 1 |
| 133 | ΠΑΓΚΑ & ΒΙΚΑΤΟΥ 1           | ΑΜΠΕΛΟΚΗΠΟΙ  | 1 |
| 134 | ΒΟΥΡΗ 6 & ΛΑΜΨΑ             | ΑΜΠΕΛΟΚΗΠΟΙ  | 6 |
| 135 | ΤΡΙΦΥΛΙΑΣ 64 & ΛΟΥΚΑ ΜΠΕΛΟΥ | ΑΜΠΕΛΟΚΗΠΟΙ  | 2 |

|     |                                  |             |   |
|-----|----------------------------------|-------------|---|
| 136 | ΛΑΡΙΣΗΣ 51                       | ΑΜΠΕΛΟΚΗΠΟΙ | 3 |
| 137 | ΠΑΝΟΡΜΟΥ 71-73                   | ΑΜΠΕΛΟΚΗΠΟΙ | 2 |
| 138 | ΠΑΝΟΡΜΟΥ 46                      | ΑΜΠΕΛΟΚΗΠΟΙ | 3 |
| 139 | ΠΑΝΟΡΜΟΥ 35                      | ΑΜΠΕΛΟΚΗΠΟΙ | 1 |
| 140 | ΛΑΪΟΥ ΣΤΥΛ. 14                   | ΑΜΠΕΛΟΚΗΠΟΙ | 1 |
| 141 | ΜΑΚΡΥΝΙΤΣΑΣ 27                   | ΑΘΗΝΑ       | 2 |
| 142 | ΔΗΜΗΤΣΑΝΑΣ 16                    | ΑΜΠΕΛΟΚΗΠΟΙ | 2 |
| 143 | ΚΕΔΡΗΝΟΥ 61                      | ΑΘΗΝΑ       | 2 |
| 144 | ΤΣΕΛΙΟΥ 19                       | ΓΚΥΖΙ       | 2 |
| 145 | ΠΟΥΛΙΟΥ 18 & ΛΑΜΙΑΣ              | ΑΘΗΝΑ       | 3 |
| 146 | ΠΟΥΛΙΟΥ 8                        | ΑΜΠΕΛΟΚΗΠΟΙ | 2 |
| 147 | ΕΣΛΙΝ 23 & ΛΑΜΙΑΣ 1              | ΑΘΗΝΑ       | 3 |
| 148 | ΔΟΥΚΙΣΣΗΣ ΠΛΑΚΕΝΤΙΑΣ 18-20       | ΑΘΗΝΑ       | 2 |
| 149 | ΑΡΓΟΛΙΔΟΣ 13                     | ΑΘΗΝΑ       | 1 |
| 150 | Λ. ΡΙΑΝΚΟΥΡ 22                   | ΑΘΗΝΑ       | 2 |
| 151 | Λ. ΡΙΑΝΚΟΥΡ 33                   | ΑΘΗΝΑ       | 1 |
| 152 | Λ. ΡΙΑΝΚΟΥΡ 50                   | ΑΘΗΝΑ       | 1 |
| 153 | Λ. ΛΑΡΙΣΗΣ 17                    | ΑΘΗΝΑ       | 2 |
| 154 | Λ. ΚΗΦΙΣΙΑΣ 71                   | ΑΘΗΝΑ       | 3 |
| 155 | Λ. ΚΗΦΙΣΙΑΣ 5                    | ΑΘΗΝΑ       | 2 |
| 156 | ΠΑΠΑΔΙΑΜΑΝΤΟΠΟΥΛΟΥ 79            | ΑΘΗΝΑ       | 2 |
| 157 | ΜΙΧΑΛΑΚΟΠΟΥΛΟΥ 94                | ΑΘΗΝΑ       | 3 |
| 158 | ΠΟΝΤΟΥ 54                        | ΑΘΗΝΑ       | 3 |
| 159 | Μ. ΑΣΙΑΣ 61-63                   | ΑΘΗΝΑ       | 2 |
| 160 | Μ. ΑΣΙΑΣ 34                      | ΑΘΗΝΑ       | 2 |
| 161 | ΠΛΑΤΕΙΑ ΝΟΣΟΚ. ΠΑΙΔΩΝ 3          | ΑΘΗΝΑ       | 2 |
| 162 | ΣΚΟΥΦΑ 32                        | ΑΙΓΑΛΕΩ     | 3 |
| 163 | ΔΙΓΕΝΗ ΑΚΡΙΤΑ 70                 | ΑΙΓΑΛΕΩ     | 2 |
| 164 | ΕΔΕΣΣΗΣ 38                       | ΑΙΓΑΛΕΩ     | 1 |
| 165 | ΑΓ. ΓΕΩΡΓΙΟΥ 20 & ΕΥΡΥΤΑΝΙΑΣ     | ΑΙΓΑΛΕΩ     | 2 |
| 166 | ΠΙΝΔΟΥ 49                        | ΑΙΓΑΛΕΩ     | 2 |
| 167 | ΔΕΛΦΩΝ 52                        | ΑΙΓΑΛΕΩ     | 1 |
| 168 | ΕΒΡΟΥ 24                         | ΑΙΓΑΛΕΩ     | 2 |
| 169 | ΙΕΡΑ ΟΔΟΣ 314 & ΕΒΡΟΥ 2          | ΑΙΓΑΛΕΩ     | 3 |
| 170 | ΚΟΡΥΤΣΑΣ 3                       | ΑΙΓΑΛΕΩ     | 2 |
| 171 | ΣΙΚΕΛΙΑΝΟΥ 4                     | ΑΙΓΑΛΕΩ     | 1 |
| 172 | ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ 77                   | ΑΙΓΑΛΕΩ     | 3 |
| 173 | Α. ΠΑΠΟΥΛΑ 79 & Λ. Μ. ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥ | ΑΙΓΑΛΕΩ     | 2 |
| 174 | ΚΥΠΑΡΙΣΣΙΑΣ 25                   | ΑΙΓΑΛΕΩ     | 1 |
| 175 | Λ. Μ. ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥ 27              | ΑΙΓΑΛΕΩ     | 2 |
| 176 | Λ. Μ. ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥ 9               | ΑΙΓΑΛΕΩ     | 2 |
| 177 | ΙΕΡΑ ΟΔΟΣ 248                    | ΑΙΓΑΛΕΩ     | 1 |
| 178 | ΠΡΟΥΣΣΗΣ 11                      | ΑΙΓΑΛΕΩ     | 3 |



Κεφάλαιο 4 – Αποτελέσματα

|     |                              |           |   |
|-----|------------------------------|-----------|---|
| 179 | ΠΡΟΥΣΣΗΣ 87                  | ΑΙΓΑΛΕΩ   | 1 |
| 180 | ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ 58 & ΚΟΥΝΤΟΥΡΙΩΤΟΥ | ΑΙΓΑΛΕΩ   | 1 |
| 181 | ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ 48                 | ΑΙΓΑΛΕΩ   | 2 |
| 182 | ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ 35                 | ΑΙΓΑΛΕΩ   | 1 |
| 183 | ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥΠΟΛΕΩΣ 51        | ΑΙΓΑΛΕΩ   | 3 |
| 184 | ΣΜΥΡΝΗΣ 56                   | ΑΙΓΑΛΕΩ   | 2 |
| 185 | ΔΗΜΑΡΧΕΙΟΥ 14                | ΑΙΓΑΛΕΩ   | 2 |
| 186 | Ν. ΠΛΑΣΤΗΡΑ 12               | ΑΙΓΑΛΕΩ   | 5 |
| 187 | Ν. ΠΛΑΣΤΗΡΑ 79-81            | ΑΙΓΑΛΕΩ   | 4 |
| 188 | Ν. ΠΛΑΣΤΗΡΑ 68               | ΑΙΓΑΛΕΩ   | 2 |
| 189 | ΑΝΔΡΙΑΝΟΥΠΟΛΕΩΣ 37           | ΑΙΓΑΛΕΩ   | 1 |
| 190 | ΔΗΜΑΡΧΕΙΟΥ 28                | ΑΙΓΑΛΕΩ   | 1 |
| 191 | ΣΜΥΡΝΗΣ 27                   | ΑΙΓΑΛΕΩ   | 3 |
| 192 | Λ. ΘΗΒΩΝ 374                 | ΑΙΓΑΛΕΩ   | 2 |
| 193 | Λ. ΘΗΒΩΝ 422                 | ΑΙΓΑΛΕΩ   | 2 |
| 194 | ΑΝΑΓΕΝΝΗΣΕΩΣ 2               | ΑΙΓΑΛΕΩ   | 2 |
| 195 | ΑΝΑΓΕΝΝΗΣΕΩΣ 26              | ΑΙΓΑΛΕΩ   | 2 |
| 196 | Λ. ΘΗΒΩΝ 465                 | ΑΙΓΑΛΕΩ   | 1 |
| 197 | ΠΕΡΙΚΛΕΟΥΣ 6                 | ΑΙΓΑΛΕΩ   | 2 |
| 198 | Λ. ΘΗΒΩΝ 319                 | ΑΙΓΑΛΕΩ   | 1 |
| 199 | ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ 11               | ΑΙΓΑΛΕΩ   | 2 |
| 200 | Κ. ΒΑΡΝΑΛΗ 34                | ΑΙΓΑΛΕΩ   | 2 |
| 201 | ΑΓ. ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ 22             | ΑΙΓΑΛΕΩ   | 2 |
| 202 | ΑΘΑΝ. ΔΙΑΚΟΥ 2               | ΑΙΓΑΛΕΩ   | 2 |
| 203 | ΑΛΑΤΣΑΤΩΝ 3                  | ΑΙΓΑΛΕΩ   | 2 |
| 204 | ΜΑΚΡΗΣ 7                     | ΑΙΓΑΛΕΩ   | 2 |
| 205 | ΑΛ. ΠΑΠΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ 48         | ΑΙΓΑΛΕΩ   | 3 |
| 206 | ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΟΥ 29               | ΑΙΓΑΛΕΩ   | 2 |
| 207 | ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ 21              | ΑΙΓΑΛΕΩ   | 3 |
| 208 | ΕΡΕΧΘΕΙΟΥ 29                 | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ | 2 |
| 209 | ΤΖΩΝ ΚΕΝΕΝΤΥ 202             | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ | 1 |
| 210 | ΤΖΩΝ ΚΕΝΕΝΤΥ 170             | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ | 2 |
| 211 | ΑΡΑΧΩΒΗΣ 2                   | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ | 2 |
| 212 | ΤΖΩΝ ΚΕΝΕΝΤΥ 121             | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ | 2 |
| 213 | ΤΖΩΝ ΚΕΝΕΝΤΥ 108Α            | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ | 1 |
| 214 | ΤΖΩΝ ΚΕΝΕΝΤΥ 21              | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ | 2 |
| 215 | ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ ΣΟΦ. 63            | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ | 1 |
| 216 | ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ ΣΟΦ. 85            | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ | 2 |
| 217 | Λ. ΘΗΒΩΝ 46                  | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ | 1 |
| 218 | Λ. ΘΗΒΩΝ 86                  | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ | 5 |
| 219 | ΣΑΡΑΝΤΑΠΟΡΟΥ 59              | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ | 2 |
| 220 | ΑΓΡΑΦΙΩΤΟΥ 7Α                | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ | 3 |
| 221 | ΔΗΛΟΥ 23                     | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ | 2 |
| 222 | ΒΑΣ. ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥ 104          | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ | 1 |
| 223 | ΒΑΣ. ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥ 46           | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ | 1 |
| 224 | ΜΕΛΑ Π. 57                   | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ | 2 |
| 225 | ΑΡΚΑΔΙΑΣ 47                  | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ | 2 |
| 226 | ΚΥΠΡΟΥ 54                    | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ | 1 |
| 227 | 25ης ΜΑΡΤΙΟΥ 72              | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ | 2 |
| 228 | ΠΑΡΑΣΚΕΥΟΠΟΥΛΟΥ 19           | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ | 2 |

Κεφάλαιο 4 – Αποτελέσματα

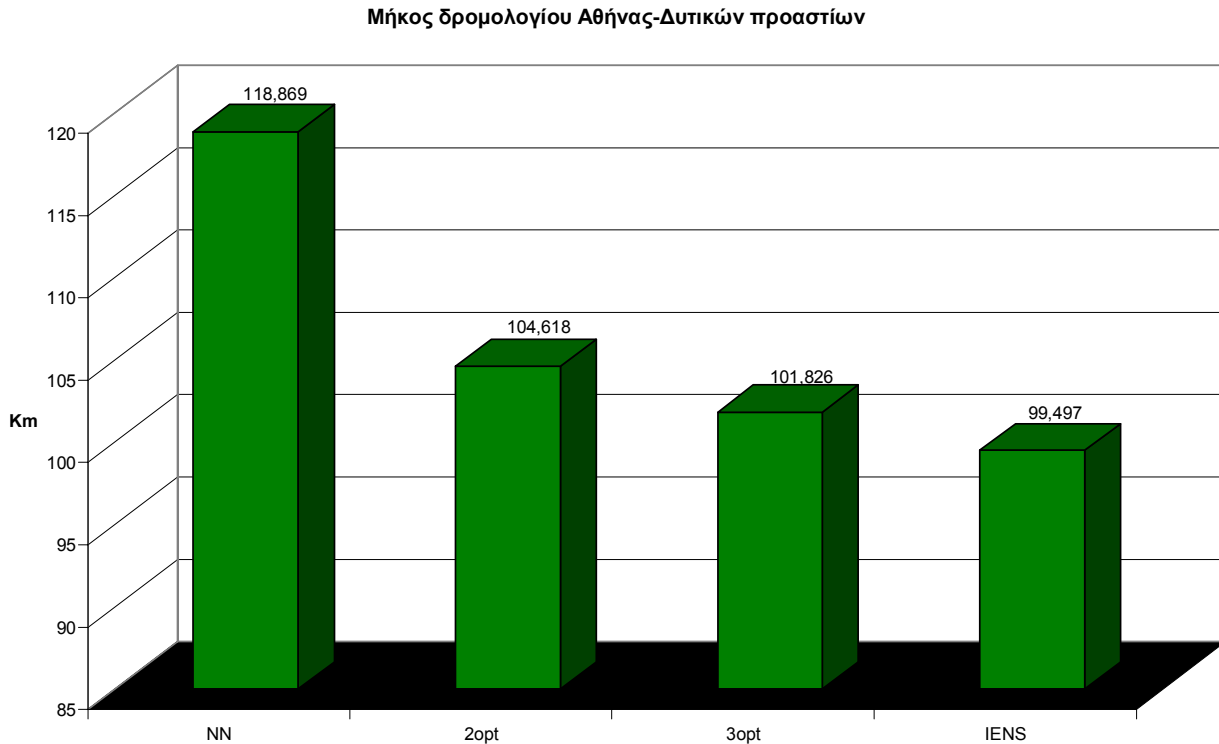
|     |                        |                     |   |
|-----|------------------------|---------------------|---|
| 229 | ΕΛ. ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ 39       | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ           | 1 |
| 230 | ΦΛΕΜΙΝΓΚ 14            | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ           | 4 |
| 231 | ΒΑΡΝΑΛΗ Κ. 36          | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ           | 1 |
| 232 | ΤΣΑΛΔΑΡΗ Π. 37         | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ           | 1 |
| 233 | ΘΟΥΚΙΔΙΔΟΥ 12          | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ           | 2 |
| 234 | ΕΘΝ. ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ 52     | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ           | 4 |
| 235 | ΠΕΛΑΣΓΙΑΣ 127          | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ           | 2 |
| 236 | ΠΕΛΟΠΙΔΑ 185           | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ           | 1 |
| 237 | ΠΕΛΟΠΙΔΑ 212           | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ           | 7 |
| 238 | ΑΓ. ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΥ 4       | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ           | 1 |
| 239 | ΑΓ. ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΥ 14      | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ           | 1 |
| 240 | ΑΓ. ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΥ 26      | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ           | 3 |
| 241 | ΕΘΝ. ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΣ 193   | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ           | 2 |
| 242 | ΕΘΝ. ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΣ 152   | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ           | 1 |
| 243 | ΕΘΝ. ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΣ 100   | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ           | 2 |
| 244 | ΑΓ. ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ 148      | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ           | 1 |
| 245 | ΑΓ. ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ 196      | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ           | 1 |
| 246 | ΑΓ. ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ 234      | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ           | 5 |
| 247 | ΣΠΕΡΧΕΙΟΥ 61 & ΑΙΤΩΛΩΝ | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ           | 1 |
| 248 | ΚΥΚΛΑΜΙΝΩΝ 7           | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ           | 7 |
| 249 | ΤΡΙΠΤΟΛΕΜΟΥ 44         | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ           | 1 |
| 250 | ΠΕΙΣΑΝΔΡΟΥ 14          | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ           | 1 |
| 251 | ΑΓ. ΜΑΡΙΝΑΣ 85         | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ           | 2 |
| 252 | ΑΓ. ΚΗΡΥΚΟΥ 68         | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ           | 2 |
| 253 | ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΟΥ 95Α        | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ           | 1 |
| 254 | ΑΝΔΡΙΤΣΑΙΝΗΣ 19        | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ           | 1 |
| 255 | ΑΝΔΡΙΤΣΑΙΝΗΣ 39        | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ           | 2 |
| 256 | Λ. ΘΗΒΩΝ 256           | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ           | 1 |
| 257 | ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥΠΟΛΕΩΣ 180 | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ           | 3 |
| 258 | ΜΩΡΟΓΙΑΝΝΗ 21          | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ           | 2 |
| 259 | ΠΑΥΣΑΝΙΟΥ 18           | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ           | 1 |
| 260 | ΗΡΑΚΛΕΟΥΣ 26           | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ           | 1 |
| 261 | ΧΙΟΥ 49                | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ           | 2 |
| 262 | ΧΙΟΥ 68                | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ           | 2 |
| 263 | ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΟΣ 93     | ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ-ΚΗΠΟΥΠΟΛΗ | 2 |
| 264 | Λ. ΕΛ. ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ 62    | ΑΓ. ΒΑΡΒΑΡΑ         | 2 |
| 265 | Π. Π. ΓΕΡΜΑΝΟΥ 34      | ΑΓ. ΒΑΡΒΑΡΑ         | 2 |
| 266 | ΘΕΜΙΣΤΟΚΛΕΟΥΣ 49       | ΑΓ. ΒΑΡΒΑΡΑ         | 2 |
| 267 | ΠΛΟΥΤΩΝΟΣ 69           | ΑΓ. ΒΑΡΒΑΡΑ         | 2 |
| 268 | Λ. ΕΛ. ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ 134   | ΑΓ. ΒΑΡΒΑΡΑ         | 2 |
| 269 | ΤΕΡΨΙΘΕΑΣ 3            | ΑΓ. ΒΑΡΒΑΡΑ         | 2 |
| 270 | ΣΙΦΝΟΥ 8               | ΑΓ. ΒΑΡΒΑΡΑ         | 2 |
| 271 | Λ. Μ. ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥ 159   | ΑΓ. ΒΑΡΒΑΡΑ         | 2 |
| 272 | Λ. ΕΛ. ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ 114   | ΑΓ. ΒΑΡΒΑΡΑ         | 1 |
| 273 | Λ. Μ. ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥ 86    | ΑΓ. ΒΑΡΒΑΡΑ         | 2 |
| 274 | ΣΤΡ. ΚΑΡΑΪΣΚΑΚΗ 120    | ΧΑΪΔΑΡΙ             | 2 |
| 275 | ΣΤΡ. ΚΑΡΑΪΣΚΑΚΗ 82     | ΧΑΪΔΑΡΙ             | 2 |
| 276 | ΣΤΡ. ΚΑΡΑΪΣΚΑΚΗ 44     | ΧΑΪΔΑΡΙ             | 2 |

Κεφάλαιο 4 – Αποτελέσματα

|     |                               |         |   |
|-----|-------------------------------|---------|---|
| 277 | ΘΕΡΜΟΠΥΛΩΝ 62                 | ΧΑΪΔΑΡΙ | 1 |
| 278 | ΧΙΟΥ 26 & ΣΤΡ. ΚΑΡΑΪΣΚΑΚΗ     | ΧΑΪΔΑΡΙ | 1 |
| 279 | ΕΛ. ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ 19              | ΧΑΪΔΑΡΙ | 2 |
| 280 | ΑΓΩΝ. ΣΤΡΑΤ/ΔΟΥ ΧΑΪΔΑΡΙΟΥ 46  | ΧΑΪΔΑΡΙ | 1 |
| 281 | ΑΓΩΝ. ΣΤΡΑΤ/ΔΟΥ ΧΑΪΔΑΡΙΟΥ 68  | ΧΑΪΔΑΡΙ | 1 |
| 282 | ΑΓΩΝ. ΣΤΡΑΤ/ΔΟΥ ΧΑΪΔΑΡΙΟΥ 93  | ΧΑΪΔΑΡΙ | 1 |
| 283 | ΑΝΘΕΩΝ 35                     | ΧΑΪΔΑΡΙ | 1 |
| 284 | ΚΥΠΡΟΥ 25                     | ΧΑΪΔΑΡΙ | 2 |
| 285 | ΠΑΠΑΝΔΡΕΟΥ Γ. 4               | ΧΑΪΔΑΡΙ | 3 |
| 286 | ΠΛΑΤΩΝΟΣ 34                   | ΧΑΪΔΑΡΙ | 1 |
| 287 | 25ης ΜΑΡΤΙΟΥ & ΖΑΠΠΑ          | ΧΑΪΔΑΡΙ | 2 |
| 288 | ΠΑΠΑΝΔΡΕΟΥ Γ. 60              | ΧΑΪΔΑΡΙ | 2 |
| 289 | ΗΡΩΩΝ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ 27         | ΧΑΪΔΑΡΙ | 2 |
| 290 | ΗΡΩΩΝ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ 59         | ΧΑΪΔΑΡΙ | 2 |
| 291 | ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ 78             | ΧΑΪΔΑΡΙ | 3 |
| 292 | ΑΦΡΟΔΙΤΗΣ 25                  | ΧΑΪΔΑΡΙ | 1 |
| 293 | ΚΥΠΡΙΩΝ ΑΓΩΝΙΣΤΩΝ 26          | ΧΑΪΔΑΡΙ | 2 |
| 294 | ΜΑΝΗΣ 62                      | ΧΑΪΔΑΡΙ | 2 |
| 295 | Σ. ΦΑΒΙΕΡΟΥ 23                | ΧΑΪΔΑΡΙ | 2 |
| 296 | ΚΕΚΡΟΠΟΣ 4                    | ΧΑΪΔΑΡΙ | 2 |
| 297 | ΡΙΜΙΝΙ 28                     | ΧΑΪΔΑΡΙ | 1 |
| 298 | ΖΩΩΔ. ΠΗΓΗΣ 12                | ΙΛΙΟΝ   | 2 |
| 299 | ΣΥΡΟΥ 59                      | ΙΛΙΟΝ   | 1 |
| 300 | Λ. ΠΕΤΡΟΥΠΟΛΕΩΣ 59            | ΙΛΙΟΝ   | 2 |
| 301 | Λ. ΠΕΤΡΟΥΠΟΛΕΩΣ 70 & ΜΑΚΑΡΙΟΥ | ΙΛΙΟΝ   | 2 |
| 302 | Λ. ΠΕΤΡΟΥΠΟΛΕΩΣ 33            | ΙΛΙΟΝ   | 5 |
| 303 | ΤΣΙΜΙΣΚΗ 54                   | ΙΛΙΟΝ   | 3 |
| 304 | ΠΑΛΑΤΙΑΝΗΣ 35                 | ΙΛΙΟΝ   | 2 |
| 305 | ΑΓ. ΓΕΩΡΓΙΟΥ 44               | ΙΛΙΟΝ   | 1 |
| 306 | ΒΑΣ. ΜΑΚΕΔΟΝΟΣ 2              | ΙΛΙΟΝ   | 2 |
| 307 | ΚΥΜΗΣ 20                      | ΙΛΙΟΝ   | 3 |
| 308 | ΠΟΛΥΤΕΚΝΩΝ 55                 | ΙΛΙΟΝ   | 1 |
| 309 | ΑΛΑΜΑΝΑΣ 42                   | ΙΛΙΟΝ   | 2 |
| 310 | ΠΡΙΑΜΟΥ 9                     | ΙΛΙΟΝ   | 2 |
| 311 | ΑΓ. ΦΑΝΟΥΡΙΟΥ 60              | ΙΛΙΟΝ   | 2 |
| 312 | ΚΑΣΤΩΡΟΣ 3                    | ΙΛΙΟΝ   | 2 |
| 313 | ΑΛΑΜΑΝΑΣ 73                   | ΙΛΙΟΝ   | 3 |
| 314 | ΚΑΛΧΟΥ 54                     | ΙΛΙΟΝ   | 1 |
| 315 | ΙΔΟΜΕΝΕΩΣ 76                  | ΙΛΙΟΝ   | 1 |
| 316 | ΑΙΑΝΤΟΣ 99                    | ΙΛΙΟΝ   | 2 |
| 317 | ΠΡΙΑΜΟΥ 109 & ΙΔΟΜΕΝΕΩΣ       | ΙΛΙΟΝ   | 1 |
| 318 | ΠΑΤΡΟΚΛΟΥ 70                  | ΙΛΙΟΝ   | 1 |
| 319 | ΠΡΩΤΕΣΙΛΑΟΥ 78                | ΙΛΙΟΝ   | 2 |
| 320 | ΠΑΤΡΟΚΛΟΥ 18                  | ΙΛΙΟΝ   | 5 |
| 321 | ΜΠΙΜΠΙΖΑ 20                   | ΙΛΙΟΝ   | 2 |

|     |                               |               |   |
|-----|-------------------------------|---------------|---|
| 322 | ΦΙΛΟΚΤΗΤΟΥ 101 & ΙΚΑΡΟΥ       | ΙΛΙΟΝ         | 4 |
| 323 | ΕΛΛΙΩΝ 39                     | ΙΛΙΟΝ         | 2 |
| 324 | ΜΕΝΕΛΑΟΥ 151                  | ΙΛΙΟΝ         | 1 |
| 325 | ΕΛΛΙΩΝ 63                     | ΙΛΙΟΝ         | 2 |
| 326 | ΕΛΛΙΩΝ 105                    | ΙΛΙΟΝ         | 1 |
| 327 | ΑΓ. ΝΙΚΟΛΑΟΥ 61               | ΙΛΙΟΝ         | 1 |
| 328 | ΑΓ. ΝΙΚΟΛΑΟΥ 11               | ΙΛΙΟΝ         | 1 |
| 329 | ΑΓ. ΝΙΚΟΛΑΟΥ 96               | ΙΛΙΟΝ         | 1 |
| 330 | ΚΥΠΡΟΥ 23                     | ΑΓ. ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ | 1 |
| 331 | ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ 29                | ΑΓ. ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ | 3 |
| 332 | ΑΓ. ΑΝΑΡΓΥΡΩΝ 31              | ΑΓ. ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ | 2 |
| 333 | ΝΙΚ. ΠΛΑΣΤΗΡΑ 81              | ΑΓ. ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ | 1 |
| 334 | ΣΟΦ. ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ 120            | ΑΓ. ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ | 2 |
| 335 | ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ 85             | ΑΓ. ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ | 2 |
| 336 | ΣΤΟΥΡΝΑΡΑ 46                  | ΑΓ. ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ | 1 |
| 337 | ΜΙΝΩΣ 40                      | ΑΓ. ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ | 1 |
| 338 | ΚΑΛΥΜΝΟΥ 34-36                | ΑΓ. ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ | 3 |
| 339 | ΜΕΣΣΗΝΗΣ 2                    | Ν. ΧΑΛΚΗΔΟΝΑ  | 4 |
| 340 | ΠΕΤΑΛΑ 67                     | Ν. ΧΑΛΚΗΔΟΝΑ  | 3 |
| 341 | ΕΛ. ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ 33              | Ν. ΧΑΛΚΗΔΟΝΑ  | 3 |
| 342 | ΣΑΛΑΜΙΝΟΣ 45                  | Ν. ΧΑΛΚΗΔΟΝΑ  | 2 |
| 343 | ΑΓ. ΤΡΙΑΔΟΣ 3                 | ΠΕΤΡΟΥΠΟΛΗ    | 3 |
| 344 | ΠΕΡΙΚΛΕΟΥΣ 128                | ΠΕΤΡΟΥΠΟΛΗ    | 3 |
| 345 | ΠΕΡΙΚΛΕΟΥΣ 113                | ΠΕΤΡΟΥΠΟΛΗ    | 2 |
| 346 | ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΟΣ 71 & ΤΣΑΚΑΛΩΦ | ΠΕΤΡΟΥΠΟΛΗ    | 1 |
| 347 | ΠΙΝΔΟΥ 66                     | ΠΕΤΡΟΥΠΟΛΗ    | 1 |
| 348 | ΚΑΡΑΟΛΗ & ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ 10        | ΠΕΤΡΟΥΠΟΛΗ    | 2 |
| 349 | ΕΠΤΑΝΗΣΟΥ 1 & ΑΝΑΤ. ΡΩΜΥΛΙΑΣ  | ΠΕΤΡΟΥΠΟΛΗ    | 2 |
| 350 | ΒΑΡΝΑΛΗ Κ. 85                 | ΠΕΤΡΟΥΠΟΛΗ    | 3 |
| 351 | 28ης ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ 20             | ΠΕΤΡΟΥΠΟΛΗ    | 2 |
| 352 | 25ης ΜΑΡΤΙΟΥ 31               | ΠΕΤΡΟΥΠΟΛΗ    | 1 |
| 353 | 25ης ΜΑΡΤΙΟΥ 50               | ΠΕΤΡΟΥΠΟΛΗ    | 3 |
| 354 | 25ης ΜΑΡΤΙΟΥ 65               | ΠΕΤΡΟΥΠΟΛΗ    | 1 |
| 355 | 25ης ΜΑΡΤΙΟΥ 112              | ΠΕΤΡΟΥΠΟΛΗ    | 2 |
| 356 | 25ης ΜΑΡΤΙΟΥ 124              | ΠΕΤΡΟΥΠΟΛΗ    | 3 |
| 357 | ΒΕΡΓΑΣ 21                     | ΠΕΤΡΟΥΠΟΛΗ    | 4 |
| 358 | ΑΓ. ΝΙΚΟΛΑΟΥ 7                | ΚΑΜΑΤΕΡΟ      | 2 |

Στο σημείο αυτό θα ήταν ενδιαφέρον να εξετασθεί για το δρομολόγιο του δακτυλίου η αποτελεσματικότητα του αλγορίθμου IENS σε σχέση με τους αλγόριθμους Nearest Neighbor, 2-opt και 3-opt. Στο σχήμα που ακολουθεί στην επόμενη σελίδα αναπαρίσταται το μήκος του δρομολογίου του συγκεκριμένου δρομολογίου για καθένα από τους αλγόριθμους που αναφέρθηκαν παραπάνω.



Σχήμα 4.13: Αναπαράσταση μήκους δρομολογίου Αθήνας-Δυτικών προαστίων

Στο παραπάνω σχήμα αναπαρίσταται η σημαντική βελτίωση που επιφέρει ο αλγόριθμος Iterated Expanding Neighborhood Search σε σχέση με τους υπόλοιπους αλγορίθμους. Όπως φαίνεται στο παραπάνω γράφημα ο αλγόριθμος IENS αναγράφεται ως IENS2. Αυτό γίνεται διότι ύστερα από παρατήρηση στο συγκεκριμένο δρομολόγιο ο αλγόριθμος έβγαλε καλύτερα αποτελέσματα όταν χρησιμοποιήθηκε στον IENS πρώτα ο 3-opt και μετά ο 2-opt.

#### 4.2.3 Δρομολόγιο ανατολικών και βορείων προαστίων

Το συγκεκριμένο δρομολόγιο περιλαμβάνει την εξυπηρέτηση 472 φαρμακείων. Οι περιοχές που περιλαμβάνει το δρομολόγιο αυτό είναι:

*Αγ.Παρασκευή-Χαλάνδρι-Βριλήσια-Μελίσσια-Μαρούσι-Κηφισιά-Πεύκη-  
Ν. Ηράκλειο- Μεταμόρφωση-Ν. Ιωνία-Φιλοθέη-Ν. Ψυχικό-Γαλάτσι-Κυψέλη-  
Χολαργός-Παπάγου-Ζωγράφου-Καισαριανή-Βύρωνας-Παγκράτι-Υμητός-Δάφνη-Ν  
Φιλαδέλφεια-Ν Ερυθραία*

Το δρομολόγιο ξεκινά από τα γραφεία της εταιρίας στην Αγία Παρασκευή και εξυπηρετεί τις παραπάνω περιοχές της Αττικής. Η σειρά με την οποία αναγράφονται οι παραπάνω περιοχές δεν ανταποκρίνεται στη σειρά επίσκεψης των φαρμακείων.

Το ακριβές δρομολόγιο που προέκυψε από τη χρήση του αλγορίθμου Iterated Expanding Neighborhood Search είναι:

```
POLEIS: 1 60 61 64 63 62 65 70 71 69 27 18 17 21 22 20 19
178 177 34 33 23 24 26 25 28 29 37 35 36 30 31 32 176 179
180 181 205 202 204 196 201 203 191 192 193 235 236 241
239 238 240 237 190 206 198 189 188 194 195 197 200 199
185 186 187 183 184 182 219 217 10 16 15 14 13 12 11 9 6
7 8 5 4 3 2 218 216 221 222 223 224 226 225 227 228 229
230 231 232 234 233 213 214 220 215 244 243 242 245 162
163 164 165 166 156 158 160 161 159 211 210 209 207 208
212 155 153 154 152 157 170 169 168 167 173 174 171 172
150 119 127 126 125 130 128 129 131 132 133 135 136 134
137 138 140 139 268 267 270 269 272 286 285 284 283 282
327 328 326 300 325 329 330 334 333 332 335 336 341 340
342 343 348 349 359 357 358 356 355 352 354 353 371 253
252 251 250 248 249 247 255 256 276 254 278 280 279 281
277 273 274 263 264 265 266 260 261 259 258 246 103 104
102 101 100 97 75 81 76 82 85 84 83 46 44 45 98 99 42 43
149 141 143 142 144 145 146 147 148 175 38 39 40 41 49 50
47 48 51 87 86 88 89 90 91 52 56 68 67 66 57 58 59 55 54
53 92 77 80 78 79 74 96 72 73 95 94 93 455 454 453 452
448 376 375 373 374 370 368 367 369 366 365 431 430 412
411 429 428 413 410 407 405 398 399 400 385 386 389 387
388 390 391 402 401 397 403 417 404 416 415 406 408 409
414 423 424 427 426 437 438 436 446 435 434 433 432 372
447 449 456 451 450 439 440 441 445 444 443 442 425 418
422 421 419 458 457 420 395 396 394 393 392 383 382 381
380 377 378 379 468 467 469 471 470 472 384 460 462 461
463 464 465 466 459 262 275 257 361 362 363 364 346 345
347 351 360 350 344 339 338 337 331 304 320 321 322 319
323 324 318 317 316 315 314 313 312 311 306 305 303 302
301 298 299 310 307 309 308 295 297 296 294 292 293 291
289 290 288 287 271 110 108 109 124 123 122 118 121 120
151 115 116 117 114 113 112 111 107 106 105
Χρόνος: 37.7979012
Μήκος δρομολογίου: 151949.547
```

Τα φαρμακεία που αναγράφονται παραπάνω με αριθμούς αντιστοιχούν στα φαρμακεία που απεικονίζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Κεφάλαιο 4 – Αποτελέσματα

|    |                                       |                 |          |
|----|---------------------------------------|-----------------|----------|
| 1  | ΑΓ. ΙΩΑΝΝΟΥ 63                        | ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ   | 2        |
| 2  | ΣΜΥΡΝΗΣ 23                            | ΜΕΛΙΣΣΙΑ        | 3        |
| 3  | 17ης ΝΟΕΜΒΡΗ 8-10                     | ΜΕΛΙΣΣΙΑ        | 2        |
| 4  | 17ης ΝΟΕΜΒΡΗ 2 & Λ. ΠΗΓΗΣ             | ΜΕΛΙΣΣΙΑ        | 1        |
| 5  | Λ. ΠΗΓΗΣ 53                           | ΜΕΛΙΣΣΙΑ        | 1        |
| 6  | ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ ΕΛ. 3                       | ΜΕΛΙΣΣΙΑ        | 3        |
| 7  | ΤΣΑΛΔΑΡΗ Π. 8                         | ΜΕΛΙΣΣΙΑ        | 1        |
| 8  | Λ. ΠΗΓΗΣ 11                           | ΜΕΛΙΣΣΙΑ        | 3        |
| 9  | Λ. ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ 53                     | ΜΕΛΙΣΣΙΑ        | 3        |
| 10 | Λ. ΠΕΝΤΕΛΗΣ 58                        | ΒΡΙΛΗΣΣΙΑ       | 2        |
| 11 | Λ. ΠΕΝΤΕΛΗΣ 69                        | ΒΡΙΛΗΣΣΙΑ       | 2        |
| 12 | ΟΛΥΜΠΟΥ 47                            | ΒΡΙΛΗΣΣΙΑ       | 2        |
| 13 | ΟΛΥΜΠΟΥ 79                            | ΒΡΙΛΗΣΣΙΑ       | 2        |
| 14 | 28ης ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ 64 & ΑΓ. ΑΝΤΩΝΙΟΥ      | ΒΡΙΛΗΣΣΙΑ       | 2        |
| 15 | ΚΥΠΡΟΥ 32                             | ΒΡΙΛΗΣΣΙΑ       | 2        |
| 16 | ΑΝΑΛΗΨΕΩΣ 8                           | ΒΡΙΛΗΣΣΙΑ       | 2        |
| 17 | ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΕΩΣ 22                      | ΧΑΛΑΝΔΡΙ        | 1        |
| 18 | ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΕΩΣ 50                      | ΧΑΛΑΝΔΡΙ        | 1        |
| 19 | ΠΑΝΑΧΑΪΚΟΥ 18                         | ΧΑΛΑΝΔΡΙ        | 1        |
| 20 | <b>ΑΡΤΕΜΗΣΙΟΥ 7 &amp; ΡΟΔΟΠΗΣ</b>     | <b>ΧΑΛΑΝΔΡΙ</b> | <b>2</b> |
| 21 | ΟΛΥΜΠΟΥ 92                            | ΧΑΛΑΝΔΡΙ        | 2        |
| 22 | ΗΡΑΚΛΕΙΔΩΝ 23 & ΑΡΤΕΜΗΣΙΟΥ 70         | ΧΑΛΑΝΔΡΙ        | 4        |
| 23 | Λ. ΠΕΝΤΕΛΗΣ 52                        | ΧΑΛΑΝΔΡΙ        | 2        |
| 24 | Λ. ΠΕΝΤΕΛΗΣ 28                        | ΧΑΛΑΝΔΡΙ        | 1        |
| 25 | ΑΙΣΧΥΛΟΥ 25                           | ΧΑΛΑΝΔΡΙ        | 1        |
| 26 | ΦΙΛ. ΛΙΤΣΑ 17 & ΣΕΒΑΣΤΗ<br>ΚΑΛΛΙΣΠΕΡΗ | ΧΑΛΑΝΔΡΙ        | 2        |
| 27 | ΠΑΠΑΓΟΥ 14                            | ΧΑΛΑΝΔΡΙ        | 1        |
| 28 | ΑΡΙΣΤΟΦΑΝΟΥΣ 40                       | ΧΑΛΑΝΔΡΙ        | 1        |
| 29 | ΠΛΑΤΩΝΟΣ 19                           | ΧΑΛΑΝΔΡΙ        | 2        |
| 30 | ΚΟΥΝΤΟΥΡΙΩΤΩΝ 1Α & Κ. ΒΑΡΝΑΛΗ         | ΧΑΛΑΝΔΡΙ        | 2        |
| 31 | ΒΑΡΝΑΛΗ Κ. 38                         | ΧΑΛΑΝΔΡΙ        | 5        |
| 32 | ΒΑΡΝΑΛΗ Κ. 56Γ                        | ΧΑΛΑΝΔΡΙ        | 2        |
| 33 | ΚΡΙΕΖΗ 19                             | ΧΑΛΑΝΔΡΙ        | 1        |
| 34 | ΓΙΑΣΕΜΙΩΝ 20 & ΑΚΑΚΙΩΝ                | ΧΑΛΑΝΔΡΙ        | 2        |
| 35 | ΚΟΛΟΚΟΤΡΩΝΗ 10                        | ΧΑΛΑΝΔΡΙ        | 2        |
| 36 | ΖΑΛΟΚΩΣΤΑ 2                           | ΧΑΛΑΝΔΡΙ        | 2        |
| 37 | ΑΝ. ΠΑΠΑΝΔΡΕΟΥ 8                      | ΧΑΛΑΝΔΡΙ        | 4        |
| 38 | ΕΛ ΑΛΑΜΕΪΝ 1 & ΑΙΓΑΙΟΥ                | ΧΑΛΑΝΔΡΙ        | 1        |
| 39 | ΒΑΣ. ΓΕΩΡΓΙΟΥ 11                      | ΧΑΛΑΝΔΡΙ        | 1        |
| 40 | 25ης ΜΑΡΤΙΟΥ 27                       | ΧΑΛΑΝΔΡΙ        | 2        |
| 41 | ΕΘΝ. ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΣ 13                   | ΧΑΛΑΝΔΡΙ        | 2        |
| 42 | ΑΠΟΣΤΟΛΟΠΟΥΛΟΥ 37                     | ΧΑΛΑΝΔΡΙ        | 1        |
| 43 | ΕΘΝ. ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΣ 65                   | ΧΑΛΑΝΔΡΙ        | 2        |
| 44 | ΗΡΩΩΝ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ 86                 | ΧΑΛΑΝΔΡΙ        | 3        |
| 45 | ΤΖΑΒΕΛΛΑ 27 & ΑΡΚΑΔΙΟΥ 38             | ΧΑΛΑΝΔΡΙ        | 3        |
| 46 | ΗΡΩΩΝ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ 13                 | ΧΑΛΑΝΔΡΙ        | 2        |
| 47 | ΤΡΙΦΥΛΙΑΣ 33                          | ΧΑΛΑΝΔΡΙ        | 2        |
| 48 | ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ ΣΟΦ. 131                    | ΧΑΛΑΝΔΡΙ        | 2        |
| 49 | ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ ΣΟΦ. 74-76                  | ΧΑΛΑΝΔΡΙ        | 2        |
| 50 | ΣΑΡΑΝΤΑΠΟΡΟΥ 39                       | ΧΑΛΑΝΔΡΙ        | 2        |
| 51 | ΛΟΚΡΙΔΟΣ 11 & ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ               | ΧΑΛΑΝΔΡΙ        | 2        |
| 52 | ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ ΕΛ. 46Β                     | ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ   | 2        |

|     |                               |               |   |
|-----|-------------------------------|---------------|---|
| 53  | ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ ΕΛ. 71              | ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ | 1 |
| 54  | ΜΠΟΥΜΠΟΥΛΙΝΑΣ 25              | ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ | 2 |
| 55  | ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ 71               | ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ | 2 |
| 56  | ΕΙΡΗΝΗΣ 11                    | ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ | 2 |
| 57  | ΑΓ. ΙΩΑΝΝΟΥ 14                | ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ | 2 |
| 58  | ΣΧΟΛΕΙΟΥ 2 & ΑΓ. ΙΩΑΝΝΟΥ      | ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ | 2 |
| 59  | ΕΑΡΟΣ 1                       | ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ | 2 |
| 60  | ΠΕΡΙΚΛΕΟΥΣ 41Β                | ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ | 1 |
| 61  | Λ. ΜΕΣΟΓΕΙΩΝ 535              | ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ | 2 |
| 62  | ΑΓ. ΤΡΙΑΔΟΣ 19                | ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ | 3 |
| 63  | ΑΓ. ΤΡΙΑΔΟΣ 23                | ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ | 3 |
| 64  | ΑΓ. ΤΡΙΑΔΟΣ 47                | ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ | 3 |
| 65  | Λ. ΜΕΣΟΓΕΙΩΝ 461              | ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ | 2 |
| 66  | Λ. ΜΕΣΟΓΕΙΩΝ 437              | ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ | 2 |
| 67  | ΧΑΛΑΝΔΡΙΟΥ 1 & Λ. ΜΕΣΟΓΕΙΩΝ   | ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ | 2 |
| 68  | ΧΑΛΑΝΔΡΙΟΥ 16                 | ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ | 3 |
| 69  | ΔΗΜΟΣΘΕΝΟΥΣ 45 & ΔΕΡΒΕΝΑΚΙΩΝ  | ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ | 2 |
| 70  | ΚΟΡΥΤΣΑΣ 10                   | ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ | 2 |
| 71  | ΧΙΟΥ 66                       | ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ | 2 |
| 72  | ΑΝΑΣΤΑΣΕΩΣ 119                | ΧΟΛΑΡΓΟΣ      | 1 |
| 73  | ΑΝΑΣΤΑΣΕΩΣ 105                | ΧΟΛΑΡΓΟΣ      | 1 |
| 74  | ΞΑΝΘΙΠΠΟΥ 120 & ΣΤΡ. ΚΟΚΚΟΛΑ  | ΧΟΛΑΡΓΟΣ      | 3 |
| 75  | Λ. ΜΕΣΟΓΕΙΩΝ 214              | ΧΟΛΑΡΓΟΣ      | 2 |
| 76  | ΑΕΤΙΔΕΩΝ 6-8                  | ΧΟΛΑΡΓΟΣ      | 3 |
| 77  | ΠΕΡΙΚΛΕΟΥΣ 56 & ΚΕΡΑΜΕΙΚΟΥ    | ΧΟΛΑΡΓΟΣ      | 1 |
| 78  | ΚΟΥΝΤΟΥΡΙΩΤΟΥ 13 & ΜΕΛΑ       | ΧΟΛΑΡΓΟΣ      | 1 |
| 79  | ΥΜΗΤΤΟΥ 85                    | ΧΟΛΑΡΓΟΣ      | 3 |
| 80  | ΥΜΗΤΤΟΥ 74                    | ΧΟΛΑΡΓΟΣ      | 2 |
| 81  | ΒΟΥΤΣΙΝΑ 65                   | ΧΟΛΑΡΓΟΣ      | 5 |
| 82  | ΠΕΡΙΚΛΕΟΥΣ 12 & ΒΟΥΤΣΙΝΑ      | ΧΟΛΑΡΓΟΣ      | 2 |
| 83  | ΦΑΝΕΡΩΜΕΝΗΣ 8                 | ΧΟΛΑΡΓΟΣ      | 1 |
| 84  | ΑΣΠΑΣΙΑΣ 91 - ΠΛ. ΦΑΝΕΡΩΜΕΝΗΣ | ΧΟΛΑΡΓΟΣ      | 4 |
| 85  | ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ ΕΛ. 74              | ΧΟΛΑΡΓΟΣ      | 1 |
| 86  | ΠΥΘΑΓΟΡΑ 13                   | ΧΟΛΑΡΓΟΣ      | 2 |
| 87  | Λ. ΜΕΣΟΓΕΙΩΝ 270              | ΧΟΛΑΡΓΟΣ      | 2 |
| 88  | 17ης ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 41             | ΧΟΛΑΡΓΟΣ      | 3 |
| 89  | ΑΜΦΙΣΣΗΣ 23                   | ΧΟΛΑΡΓΟΣ      | 1 |
| 90  | 17ης ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 56             | ΧΟΛΑΡΓΟΣ      | 2 |
| 91  | ΘΕΜΙΣΤΟΚΛΕΟΥΣ 20              | ΧΟΛΑΡΓΟΣ      | 4 |
| 92  | ΜΥΚΟΝΟΥ 1 & ΓΡΕΒΕΝΩΝ          | ΧΟΛΑΡΓΟΣ      | 3 |
| 93  | ΠΙΝΔΟΥ 116-118                | ΠΑΠΑΓΟΥ       | 2 |
| 94  | ΕΛΛΗΣΠΟΝΤΟΥ 19                | ΠΑΠΑΓΟΥ       | 2 |
| 95  | ΕΘΝ. ΑΜΥΝΗΣ 63                | ΠΑΠΑΓΟΥ       | 2 |
| 96  | ΕΘΝ. ΑΜΥΝΗΣ 27                | ΠΑΠΑΓΟΥ       | 1 |
| 97  | ΞΑΝΘΟΥ 30                     | ΝΕΟ ΨΥΧΙΚΟ    | 2 |
| 98  | ΞΑΝΘΟΥ 1 & 25ης ΜΑΡΤΙΟΥ       | ΝΕΟ ΨΥΧΙΚΟ    | 2 |
| 99  | 25ης ΜΑΡΤΙΟΥ 71               | ΝΕΟ ΨΥΧΙΚΟ    | 3 |
| 100 | Ν. ΠΑΡΙΣΗ 72                  | ΝΕΟ ΨΥΧΙΚΟ    | 2 |
| 101 | ΑΓ. ΓΕΩΡΓΙΟΥ 66               | ΝΕΟ ΨΥΧΙΚΟ    | 2 |
| 102 | Λ. ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ 29             | ΝΕΟ ΨΥΧΙΚΟ    | 3 |
| 103 | ΟΛΥΜΠΙΟΝΙΚΩΝ 38               | ΝΕΟ ΨΥΧΙΚΟ    | 1 |
| 104 | ΟΜΗΡΟΥ 3                      | ΝΕΟ ΨΥΧΙΚΟ    | 2 |



|     |                              |                         |   |
|-----|------------------------------|-------------------------|---|
| 105 | ΔΕΚΕΛΕΙΑΣ 73                 | N.<br>ΦΙΛΑΔΕΛΦΕΙΑ       | 3 |
| 106 | ΑΓ. ΤΡΙΑΔΟΣ 6                | N.ΦΙΛΑΔΕΛΦΕΙΑ           | 1 |
| 107 | ΔΕΚΕΛΕΙΑΣ 101                | N.<br>ΦΙΛΑΔΕΛΦΕΙΑ       | 1 |
| 108 | ΜΟΝΕΜΒΑΣΙΑΣ 52               | N.<br>ΦΙΛΑΔΕΛΦΕΙΑ       | 2 |
| 109 | ΣΑΓΓΑΡΙΟΥ & ΚΗΦΙΣΣΟΥ         | ΝΕΑ ΙΩΝΙΑ               | 2 |
| 110 | ΑΛ. ΠΑΠΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ 14         | ΝΕΑ ΙΩΝΙΑ               | 2 |
| 111 | ΠΙΝΔΟΥ 12                    | N.<br>ΦΙΛΑΔΕΛΦΕΙΑ       | 3 |
| 112 | ΜΟΥΤΑΛΑΣΚΗ 10                | N.<br>ΦΙΛΑΔΕΛΦΕΙΑ       | 2 |
| 113 | ΑΡΤΑΚΗΣ 19 & ΤΡΩΑΔΟΣ         | N.<br>ΦΙΛΑΔΕΛΦΕΙΑ       | 2 |
| 114 | ΠΑΠΑΓΟΥ 24 & 25ης ΜΑΡΤΙΟΥ    | N.<br>ΦΙΛΑΔΕΛΦΕΙΑ       | 1 |
| 115 | ΣΕΡΙΦΟΥ 3                    | N.<br>ΦΙΛΑΔΕΛΦΕΙΑ       | 3 |
| 116 | ΦΛΕΜΙΝΓΚ 31                  | N.<br>ΦΙΛΑΔΕΛΦΕΙΑ       | 3 |
| 117 | ΣΟΦΟΥΛΗ ΘΕΜ. 56              | N.<br>ΦΙΛΑΔΕΛΦΕΙΑ       | 2 |
| 118 | Κ. ΒΑΡΝΑΛΗ 80                | ΝΕΑ ΙΩΝΙΑ               | 1 |
| 119 | 28ης ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ 4-6           | ΝΕΑ ΙΩΝΙΑ               | 3 |
| 120 | 28ης ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ 46            | ΝΕΑ ΙΩΝΙΑ               | 1 |
| 121 | ΕΛ. ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ 80-82          | ΝΕΑ ΙΩΝΙΑ               | 6 |
| 122 | ΕΛ. ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ 22             | ΝΕΑ ΙΩΝΙΑ               | 2 |
| 123 | Λ. ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ 212             | ΝΕΑ ΙΩΝΙΑ               | 2 |
| 124 | ΧΡΥΣ. ΣΜΥΡΝΗΣ 3              | ΝΕΑ ΙΩΝΙΑ               | 3 |
| 125 | ΧΡΥΣ. ΣΜΥΡΝΗΣ 16             | ΝΕΑ ΙΩΝΙΑ               | 1 |
| 126 | ΑΓ. ΓΕΩΡΓΙΟΥ 27              | ΝΕΑ ΙΩΝΙΑ               | 1 |
| 127 | Δ. ΣΟΛΩΜΟΥ 32                | ΝΕΑ ΙΩΝΙΑ               | 2 |
| 128 | ΑΓ. ΟΛΓΑΣ 10                 | ΝΕΑ ΙΩΝΙΑ               | 1 |
| 129 | ΠΑΛΑΙΟΛΟΓΩΝ 36               | ΝΕΑ ΙΩΝΙΑ               | 1 |
| 130 | ΚΕΡΑΣΟΥΝΤΟΣ 3                | ΝΕΑ ΙΩΝΙΑ               | 2 |
| 131 | ΣΙΝΩΠΗΣ 16                   | ΝΕΑ ΙΩΝΙΑ               | 1 |
| 132 | ΣΙΝΩΠΗΣ 59                   | ΝΕΑ ΙΩΝΙΑ               | 2 |
| 133 | ΘΕΡΜΟΠΥΛΩΝ 22                | ΝΕΑ ΙΩΝΙΑ               | 2 |
| 134 | ΧΑΛΚΗΣ 2Α & ΣΑΛΑΜΙΝΟΣ        | ΝΕΑ ΙΩΝΙΑ -<br>ΠΕΡΙΣΣΟΣ | 1 |
| 135 | ΜΠΟΔΟΣΑΚΗ 34 & Λ. ΚΑΤΣΩΝΗ    | ΝΕΑ ΙΩΝΙΑ -<br>ΠΕΡΙΣΣΟΣ | 3 |
| 136 | ΓΡΕΒΕΝΩΝ 29                  | ΝΕΑ ΙΩΝΙΑ -<br>ΠΕΡΙΣΣΟΣ | 2 |
| 137 | ΚΟΛΟΚΟΤΡΩΝΗ 34               | ΝΕΑ ΙΩΝΙΑ               | 3 |
| 138 | ΣΥΛΛΗΣ 3 & ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ         | ΝΕΑ ΙΩΝΙΑ -<br>ΠΕΡΙΣΣΟΣ | 1 |
| 139 | ΣΥΡΑΚΟΥΣΩΝ 101               | ΛΑΜΠΡΙΝΗ                | 2 |
| 140 | ΚΑΙΣΑΡΕΙΑΣ 19                | ΝΕΑ ΙΩΝΙΑ -<br>ΠΕΡΙΣΣΟΣ | 2 |
| 141 | ΜΗΔΕΙΑΣ 36                   | ΝΕΑ ΙΩΝΙΑ -<br>ΠΕΡΙΣΣΟΣ | 3 |
| 142 | ΑΝΑΓΕΝΝΗΣΕΩΣ 20 & ΜΗΔΕΙΑΣ 60 | ΝΕΑ ΙΩΝΙΑ -<br>ΠΕΡΙΣΣΟΣ | 1 |
| 143 | ΑΓΓ. ΣΙΚΕΛΙΑΝΟΥ 15           | ΝΕΑ ΙΩΝΙΑ -<br>ΠΕΡΙΣΣΟΣ | 1 |

|     |                              |                      |   |
|-----|------------------------------|----------------------|---|
| 144 | ΜΗΔΕΙΑΣ 102                  | ΝΕΑ ΙΩΝΙΑ - ΠΕΡΙΣΣΟΣ | 2 |
| 145 | ΒΥΖΑΝΤΙΟΥ 67                 | ΝΕΑ ΙΩΝΙΑ            | 3 |
| 146 | ΑΛΑΜΑΝΑΣ 46                  | ΝΕΑ ΙΩΝΙΑ-ΚΑΛΟΓΡΕΖΑ  | 2 |
| 147 | ΗΠΕΙΡΟΥ 2 & ΡΟΥΜΕΛΗΣ 1Α      | ΝΕΑ ΙΩΝΙΑ            | 3 |
| 148 | ΘΡΑΚΗΣ 2 & ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΟΥ      | ΦΙΛΟΘΕΗ              | 2 |
| 149 | ΒΑΣ. ΓΕΩΡΓΙΟΥ Β' 11          | ΦΙΛΟΘΕΗ              | 2 |
| 150 | Λ. ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ 295             | ΝΕΑ ΙΩΝΙΑ            | 2 |
| 151 | ΙΦΙΓΕΝΕΙΑΣ 20                | Ν. ΗΡΑΚΛΕΙΟ          | 3 |
| 152 | ΣΑΛΑΜΙΝΟΣ 10                 | Ν. ΗΡΑΚΛΕΙΟ          | 1 |
| 153 | ΔΕΛΦΩΝ 30                    | Ν. ΗΡΑΚΛΕΙΟ          | 3 |
| 154 | ΔΕΛΦΩΝ 33                    | Ν. ΗΡΑΚΛΕΙΟ          | 2 |
| 155 | ΠΑΝΑΘΗΝΑΙΩΝ 19               | ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗ          | 2 |
| 156 | ΠΡΟΦΗΤΗ ΗΛΙΑ 6               | ΗΡΑΚΛΕΙΟ             | 1 |
| 157 | Λ. ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ 386             | Ν. ΗΡΑΚΛΕΙΟ          | 2 |
| 158 | Λ. ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ 435             | Ν. ΗΡΑΚΛΕΙΟ          | 1 |
| 159 | ΠΕΥΚΩΝ 150                   | Π. ΗΡΑΚΛΕΙΟ          | 2 |
| 160 | Β. ΗΠΕΙΡΟΥ 48                | Ν. ΗΡΑΚΛΕΙΟ          | 1 |
| 161 | ΠΛΑΠΟΥΤΑ 30                  | Π. ΗΡΑΚΛΕΙΟ          | 1 |
| 162 | ΠΛΑΠΟΥΤΑ 79 & ΠΡΑΣΙΝΟΥ ΛΟΦΟΥ | ΗΡΑΚΛΕΙΟ             | 1 |
| 163 | ΑΝΑΤΟΛΗΣ 57                  | Ν. ΗΡΑΚΛΕΙΟ          | 2 |
| 164 | ΑΥΓΗΣ 35                     | ΗΡΑΚΛΕΙΟ             | 2 |
| 165 | ΑΥΓΗΣ 20                     | ΗΡΑΚΛΕΙΟ             | 1 |
| 166 | ΕΛΠΙΔΟΣ 40                   | ΗΡΑΚΛΕΙΟ             | 2 |
| 167 | ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ 59              | Ν. ΗΡΑΚΛΕΙΟ          | 2 |
| 168 | ΦΙΛΛΥΡΩΝ 10                  | Ν. ΗΡΑΚΛΕΙΟ          | 4 |
| 169 | ΠΕΥΚΩΝ 21                    | Ν. ΗΡΑΚΛΕΙΟ          | 5 |
| 170 | ΚΟΥΝΤΟΥΡΙΩΤΟΥ 28Α            | Ν. ΗΡΑΚΛΕΙΟ          | 3 |
| 171 | ΣΤ. ΚΑΡΑΓΙΩΡΓΗ 3             | Ν. ΗΡΑΚΛΕΙΟ          | 2 |
| 172 | ΚΩΝ. ΩΡΑΙΟΠΟΥΛΟΥ 4           | Ν. ΗΡΑΚΛΕΙΟ          | 2 |
| 173 | ΠΟΣΕΙΔΩΝΟΣ 12                | ΗΡΑΚΛΕΙΟ             | 3 |
| 174 | ΑΚΡΟΠΟΛΕΩΣ 52                | Ν. ΗΡΑΚΛΕΙΟ          | 2 |
| 175 | ΙΠΠΟΚΡΑΤΟΥΣ 19               | ΜΑΡΟΥΣΙ              | 2 |
| 176 | ΘΕΟΤΟΚΟΠΟΥΛΟΥ 4              | ΜΑΡΟΥΣΙ              | 2 |
| 177 | ΑΚΑΚΙΩΝ 52                   | ΜΑΡΟΥΣΙ              | 2 |
| 178 | ΦΡΑΓΚΟΚΚΛΗΣΙΑΣ 40            | ΜΑΡΟΥΣΙ              | 2 |
| 179 | ΚΗΦΙΣΙΑΣ 56 & ΔΕΛΦΩΝ         | ΜΑΡΟΥΣΙ              | 3 |
| 180 | ΔΕΛΦΩΝ 6                     | ΜΑΡΟΥΣΙ              | 3 |
| 181 | ΣΩΡΟΥ 32                     | ΜΑΡΟΥΣΙ              | 3 |
| 182 | ΜΕΣΟΓΕΙΩΝ 84                 | ΜΑΡΟΥΣΙ              | 1 |
| 183 | ΧΛΟΗΣ 22                     | ΜΑΡΟΥΣΙ              | 1 |
| 184 | ΜΕΣΟΓΕΙΩΝ 62                 | ΜΑΡΟΥΣΙ              | 2 |
| 185 | ΜΕΣΟΓΕΙΩΝ 44 & ΔΑΦΝΗΣ        | ΜΑΡΟΥΣΙ              | 1 |
| 186 | ΠΕΝΤΕΛΗΣ 41                  | ΜΑΡΟΥΣΙ              | 2 |
| 187 | ΠΕΝΤΕΛΗΣ 46                  | ΜΑΡΟΥΣΙ              | 2 |
| 188 | ΟΘΩΝΟΣ 3Α                    | ΜΑΡΟΥΣΙ              | 1 |
| 189 | Γ. ΚΟΝΔΥΛΗ 5 & ΜΙΑΤΙΑΔΟΥ     | ΜΑΡΟΥΣΙ              | 2 |
| 190 | ΠΕΡΙΚΛΕΟΥΣ 42                | ΜΑΡΟΥΣΙ              | 2 |
| 191 | ΣΤΡ. ΛΕΚΚΑ 29                | ΜΑΡΟΥΣΙ              | 2 |
| 192 | ΣΤΡ. ΛΕΚΚΑ 39                | ΜΑΡΟΥΣΙ              | 2 |
| 193 | ΣΤΡ. ΛΕΚΚΑ 58                | ΜΑΡΟΥΣΙ              | 1 |

|     |                               |                |          |
|-----|-------------------------------|----------------|----------|
| 194 | ΠΛΑΤΕΙΑ ΕΥΤΕΡΠΗΣ ( ΕΗΣ )      | ΜΑΡΟΥΣΙ        | 2        |
| 195 | ΘΗΣΕΩΣ 20Α                    | ΜΑΡΟΥΣΙ        | 2        |
| 196 | ΘΕΜΙΔΟΣ 58                    | ΜΑΡΟΥΣΙ        | 2        |
| 197 | ΔΙΟΝΥΣΟΥ 29 - 31              | ΜΑΡΟΥΣΙ        | 2        |
| 198 | Ν. ΧΑΪΜΑΝΤΑ 7                 | ΜΑΡΟΥΣΙ        | 2        |
| 199 | ΧΑΤΖΗΑΝΤΩΝΙΟΥ 13              | ΜΑΡΟΥΣΙ        | 2        |
| 200 | ΧΑΤΖΗΑΝΤΩΝΙΟΥ 17              | ΜΑΡΟΥΣΙ        | 1        |
| 201 | ΜΕΓ. ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥ 57            | ΜΑΡΟΥΣΙ        | 2        |
| 202 | Δ. ΡΑΛΛΗ 50                   | ΜΑΡΟΥΣΙ        | 3        |
| 203 | ΘΕΜΙΔΟΣ 15                    | ΜΑΡΟΥΣΙ        | 2        |
| 204 | ΑΓ. ΚΩΝ/ΝΟΥ 6                 | ΜΑΡΟΥΣΙ        | 2        |
| 205 | ΑΓ. ΚΩΝ/ΝΟΥ 40                | ΜΑΡΟΥΣΙ        | 1        |
| 206 | ΔΗΜ. ΧΑΪΜΑΝΤΑ 32              | ΜΑΡΟΥΣΙ        | 3        |
| 207 | ΓΚΙΝΟΣΑΤΗ ΦΩΤΙΟΥ 26           | ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗ    | 2        |
| 208 | Γ. ΠΑΠΑΝΔΡΕΟΥ 30              | ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗ    | 3        |
| 209 | Γ. ΠΑΠΑΝΔΡΕΟΥ 45              | ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗ    | 2        |
| 210 | ΘΕΟΤΟΚΟΠΟΥΛΟΥ 31              | ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗ    | 3        |
| 211 | ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ 80                  | ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗ    | 1        |
| 212 | ΑΓ. ΒΑΡΒΑΡΑΣ 27               | ΛΥΚΟΒΡΥΣΗ      | 1        |
| 213 | ΦΡΑΓΚΟΠΟΥΛΟΥ 26               | ΚΑΤΩ ΚΗΦΙΣΙΑ   | 2        |
| 214 | ΟΘΩΝΟΣ 59                     | ΚΗΦΙΣΙΑ        | 3        |
| 215 | ΚΟΡΑΗ 30                      | ΚΗΦΙΣΙΑ        | 2        |
| 216 | Λ. ΚΗΦΙΣΙΑΣ 232               | ΚΗΦΙΣΙΑ        | 2        |
| 217 | Γ. ΚΥΡΙΑΖΗ 6-8                | ΚΗΦΙΣΙΑ        | 3        |
| 218 | <b>ΑΓ. ΤΡΥΦΩΝΟΣ 19</b>        | <b>ΚΗΦΙΣΙΑ</b> | <b>1</b> |
| 219 | Γ. ΚΥΡΙΑΖΗ 36                 | ΚΗΦΙΣΙΑ        | 2        |
| 220 | ΜΙΛΤΙΑΔΟΥ 8                   | ΚΗΦΙΣΙΑ        | 1        |
| 221 | Λ. ΚΗΦΙΣΙΑΣ 281               | ΚΗΦΙΣΙΑ        | 3        |
| 222 | ΑΡΓΥΡΟΠΟΥΛΟΥ 9                | ΚΗΦΙΣΙΑ        | 2        |
| 223 | ΔΗΛΗΓΙΑΝΝΗ 61                 | ΚΗΦΙΣΙΑ        | 1        |
| 224 | ΚΟΚΚΙΝΑΡΑ 28                  | ΚΗΦΙΣΙΑ        | 1        |
| 225 | ΑΝΑΚΡΕΟΝΤΟΣ 1                 | Ν. ΕΡΥΘΡΑΙΑ    | 3        |
| 226 | ΕΛ. ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ 126             | Ν. ΕΡΥΘΡΑΙΑ    | 1        |
| 227 | ΕΛ. ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ 85              | Ν. ΕΡΥΘΡΑΙΑ    | 3        |
| 228 | ΕΛ. ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ 59              | Ν. ΕΡΥΘΡΑΙΑ    | 1        |
| 229 | Χ. ΤΡΙΚΟΥΠΗ 123               | Ν. ΕΡΥΘΡΑΙΑ    | 1        |
| 230 | Χ. ΤΡΙΚΟΥΠΗ & ΠΕΝΤΕΛΗΣ 2      | Ν. ΕΡΥΘΡΑΙΑ    | 1        |
| 231 | Χ. ΤΡΙΚΟΥΠΗ 174               | ΚΗΦΙΣΙΑ        | 1        |
| 232 | Λ. ΤΑΤΟΪΟΥ 111                | ΚΗΦΙΣΙΑ        | 1        |
| 233 | ΙΛΙΣΙΩΝ & ΧΑΡΑΣ 2             | Ν. ΚΗΦΙΣΙΑ     | 1        |
| 234 | ΝΑΥΠΛΙΟΥ 55                   | Ν. ΚΗΦΙΣΙΑ     | 1        |
| 235 | ΚΟΝΙΤΣΗΣ 19                   | ΠΕΥΚΗ          | 1        |
| 236 | ΧΡ. ΣΜΥΡΝΗΣ 49                | ΠΕΥΚΗ          | 1        |
| 237 | Λ. ΕΙΡΗΝΗΣ 3                  | ΠΕΥΚΗ          | 3        |
| 238 | ΕΛ. ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ 3 & Λ. ΕΙΡΗΝΗΣ  | ΠΕΥΚΗ          | 2        |
| 239 | Λ. ΕΙΡΗΝΗΣ 18                 | ΠΕΥΚΗ          | 3        |
| 240 | Λ. ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ 3 & Λ. ΕΙΡΗΝΗΣ | ΠΕΥΚΗ          | 2        |
| 241 | ΣΟΦΟΥΛΗ Θ. 3                  | ΠΕΥΚΗ          | 1        |
| 242 | Λ. ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ 32             | ΠΕΥΚΗ          | 3        |
| 243 | 25ης ΜΑΡΤΙΟΥ 2                | ΠΕΥΚΗ          | 3        |

|     |                                  |                         |   |
|-----|----------------------------------|-------------------------|---|
| 244 | ΠΙΝΔΟΥ 11                        | ΠΕΥΚΗ                   | 2 |
| 245 | ΗΡΩΩΝ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ 2             | ΠΕΥΚΗ                   | 2 |
| 246 | ΠΡΩΤΟΠΑΠΑΔΑΚΗ 45                 | ΓΑΛΑΤΣΙ                 | 1 |
| 247 | ΠΡΩΤΟΠΑΠΑΔΑΚΗ 16-18              | ΓΑΛΑΤΣΙ                 | 3 |
| 248 | ΑΓ. ΓΛΥΚΕΡΙΑΣ 7 & ΕΛ. ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ  | ΓΑΛΑΤΣΙ                 | 2 |
| 249 | ΠΡΟΦ. ΗΛΙΑ 14                    | ΓΑΛΑΤΣΙ                 | 2 |
| 250 | ΑΓ. ΓΛΥΚΕΡΙΑΣ 11                 | ΓΑΛΑΤΣΙ                 | 1 |
| 251 | ΑΓ. ΓΛΥΚΕΡΙΑΣ 22                 | ΓΑΛΑΤΣΙ                 | 1 |
| 252 | ΑΓ. ΓΛΥΚΕΡΙΑΣ 23 & ΚΟΥΡΤΙΟΥ ΕΡΝ. | ΓΑΛΑΤΣΙ                 | 2 |
| 253 | ΑΓ. ΓΛΥΚΕΡΙΑΣ 35 (ΠΡΩΗΝ 39)      | ΓΑΛΑΤΣΙ                 | 2 |
| 254 | ΠΥΘΑΓΟΡΑ 3-5                     | ΓΑΛΑΤΣΙ                 | 4 |
| 255 | ΦΥΓΑΛΕΙΑΣ 5                      | ΓΑΛΑΤΣΙ                 | 1 |
| 256 | ΛΕΣΒΟΥ 3                         | ΓΑΛΑΤΣΙ                 | 1 |
| 257 | Λ. ΒΕΪΚΟΥ 16                     | ΓΑΛΑΤΣΙ                 | 2 |
| 258 | ΑΦΑΙΑΣ 36 & ΕΛ. ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ        | ΓΑΛΑΤΣΙ                 | 1 |
| 259 | ΠΛΑΤΕΙΑ ΚΥΠΡΟΥ 8                 | ΓΑΛΑΤΣΙ                 | 1 |
| 260 | ΗΡΟΔΟΤΟΥ 1                       | ΓΑΛΑΤΣΙ                 | 1 |
| 261 | ΕΥΡΙΠΙΔΟΥ 31                     | ΓΑΛΑΤΣΙ                 | 1 |
| 262 | Λ. ΒΕΪΚΟΥ 58                     | ΓΑΛΑΤΣΙ                 | 2 |
| 263 | ΤΡΑΛΛΕΩΝ 145 & Λ. ΒΕΪΚΟΥ         | ΓΑΛΑΤΣΙ                 | 3 |
| 264 | ΔΡΥΑΔΩΝ 1 & ΝΥΜΦΩΝ               | ΓΑΛΑΤΣΙ                 | 2 |
| 265 | ΠΑΠΑΦΛΕΣΣΑ 66                    | ΓΑΛΑΤΣΙ                 | 2 |
| 266 | ΑΙΓΟΣΘΕΝΩΝ 67                    | ΓΑΛΑΤΣΙ                 | 1 |
| 267 | ΟΡΩΠΟΥ 122                       | ΓΑΛΑΤΣΙ                 | 3 |
| 268 | ΣΥΡΑΚΟΥΣΩΝ 94                    | ΓΑΛΑΤΣΙ-<br>ΛΑΜΠΡΙΝΗ    | 2 |
| 269 | ΣΥΡΑΚΟΥΣΩΝ 44                    | ΛΑΜΠΡΙΝΗ                | 3 |
| 270 | ΧΡΙΣΤΙΑΝΟΥΠΟΛΕΩΣ 46              | ΓΑΛΑΤΣΙ-<br>ΛΑΜΠΡΙΝΗ    | 2 |
| 271 | ΒΟΛΒΗΣ 17                        | ΡΙΖΟΥΠΟΛΗ               | 2 |
| 272 | ΤΡΑΛΛΕΩΝ 46-48                   | ΠΑΤΗΣΙΑ                 | 2 |
| 273 | ΠΑΠΑΦΛΕΣΣΑ 3                     | ΓΑΛΑΤΣΙ                 | 1 |
| 274 | ΣΑΠΦΟΥΣ 4                        | ΓΑΛΑΤΣΙ                 | 2 |
| 275 | Λ. ΒΕΪΚΟΥ 33                     | ΓΑΛΑΤΣΙ                 | 1 |
| 276 | Λ. ΓΑΛΑΤΣΙΟΥ 139 & Λ. ΒΕΪΚΟΥ 1   | ΓΑΛΑΤΣΙ                 | 1 |
| 277 | ΒΑΛΤΕΤΣΙΟΥ 2                     | ΓΑΛΑΤΣΙ                 | 4 |
| 278 | Λ. ΓΑΛΑΤΣΙΟΥ 83                  | ΓΑΛΑΤΣΙ                 | 2 |
| 279 | Λ. ΓΑΛΑΤΣΙΟΥ 67                  | ΓΑΛΑΤΣΙ                 | 2 |
| 280 | ΨΥΧΑΡΗ 62                        | ΓΑΛΑΤΣΙ (ΠΛ.<br>ΛΥΝΑΡΑ) | 2 |
| 281 | ΚΡΗΤΗΣ 1 & ΚΥΚΝΩΝ                | ΓΑΛΑΤΣΙ                 | 2 |
| 282 | ΜΑΡΚΟΡΑ 26                       | ΑΘΗΝΑ                   | 2 |
| 283 | ΚΡΥΣΤΑΛΛΗ 25                     | ΠΑΤΗΣΙΑ                 | 2 |
| 284 | ΧΑΛΕΠΑ 67                        | ΑΘΗΝΑ                   | 1 |
| 285 | ΙΑΛΕΜΟΥ 47                       | ΑΝΩ ΠΑΤΗΣΙΑ             | 1 |
| 286 | ΘΥΣΣΟΥ 7                         | ΓΑΛΑΤΣΙ-<br>ΛΑΜΠΡΙΝΗ    | 2 |
| 287 | ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ 80-82                  | ΠΑΤΗΣΙΑ                 | 3 |
| 288 | ΑΓ. ΛΑΥΡΑΣ 68                    | ΠΑΤΗΣΙΑ                 | 2 |

Κεφάλαιο 4 – Αποτελέσματα

|     |                             |               |   |
|-----|-----------------------------|---------------|---|
| 289 | Κ. ΠΑΛΑΜΑ 19                | ΠΑΤΗΣΙΑ       | 2 |
| 290 | ΛΑΣΚΑΡΑΤΟΥ 10               | ΑΘΗΝΑ         | 2 |
| 291 | ΠΑΤΗΣΙΩΝ 331                | ΑΘΗΝΑ         | 1 |
| 292 | ΠΑΤΗΣΙΩΝ 362                | ΑΘΗΝΑ         | 1 |
| 293 | ΠΑΤΗΣΙΩΝ 339                | ΑΘΗΝΑ         | 3 |
| 294 | ΧΑΛΚΙΔΟΣ 4                  | ΑΘΗΝΑ         | 3 |
| 295 | ΧΑΛΚΙΔΟΣ 21 & ΕΒΑΝΣ 1       | ΑΘΗΝΑ         | 2 |
| 296 | ΣΑΡΩΝΟΣ 6                   | ΑΝΩ ΠΑΤΗΣΙΑ   | 2 |
| 297 | ΔΟΞΑΡΑ 3                    | ΑΝΩ ΠΑΤΗΣΙΑ   | 3 |
| 298 | ΗΛΙΑ ΖΕΡΒΟΥ 42              | ΠΑΤΗΣΙΑ       | 2 |
| 299 | ΧΡ. ΣΜΥΡΝΗΣ 76              | ΠΑΤΗΣΙΑ       | 1 |
| 300 | ΣΤΕΦ. ΒΥΖΑΝΤΙΟΥ 15          | ΠΑΤΗΣΙΑ       | 2 |
| 301 | ΣΤΕΦ. ΒΥΖΑΝΤΙΟΥ 26          | ΠΑΤΗΣΙΑ       | 2 |
| 302 | ΙΑΚΩΒΑΤΩΝ 30                | ΠΑΤΗΣΙΑ       | 2 |
| 303 | ΙΑΚΩΒΑΤΩΝ 50                | ΠΑΤΗΣΙΑ       | 3 |
| 304 | ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ 19-21        | ΑΘΗΝΑ         | 1 |
| 305 | Λ. ΙΩΝΙΑΣ 174               | ΠΑΤΗΣΙΑ       | 1 |
| 306 | ΑΧΑΡΝΩΝ 356                 | ΑΘΗΝΑ         | 2 |
| 307 | ΑΧΑΡΝΩΝ 376 & ΚΑΒΑΦΗ 6      | ΑΘΗΝΑ         | 3 |
| 308 | ΤΣΟΥΝΤΑ 43                  | ΑΘΗΝΑ         | 3 |
| 309 | ΔΕΣΤΟΥΝΗ 11 & ΨΑΡΡΑ         | ΑΘΗΝΑ         | 2 |
| 310 | ΑΧΑΡΝΩΝ 367                 | ΑΘΗΝΑ         | 1 |
| 311 | ΒΙΚΕΛΑ 32                   | ΑΘΗΝΑ         | 2 |
| 312 | ΖΑΧ. ΠΑΠΑΝΤΩΝΙΟΥ 47-49      | ΚΑΤΩ ΠΑΤΗΣΙΑ  | 2 |
| 313 | ΚΟΥΡΤΙΔΟΥ 65                | ΑΘΗΝΑ         | 2 |
| 314 | ΠΡΕΤΕΝΤΕΡΗ 10-12            | ΠΑΤΗΣΙΑ       | 1 |
| 315 | ΣΤΡ. ΚΑΛΛΑΡΗ 26             | ΑΘΗΝΑ         | 2 |
| 316 | ΚΡΙΤΟΒΟΥΛΙΔΟΥ 18            | ΚΑΤΩ ΠΑΤΗΣΙΑ  | 2 |
| 317 | ΖΥΜΠΡΑΚΑΚΗ 66-68 & ΓΙΑΝΝΑΡΗ | ΠΑΤΗΣΙΑ       | 3 |
| 318 | ΑΛ. ΠΑΠΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ 112       | ΑΘΗΝΑ         | 2 |
| 319 | ΑΛ. ΠΑΠΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ 51        | ΠΑΤΗΣΙΑ       | 1 |
| 320 | ΑΛ. ΠΑΠΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ 13        | ΚΑΤΩ ΠΑΤΗΣΙΑ  | 2 |
| 321 | Λ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΟΠΟΥΛΟΥ 30       | ΑΘΗΝΑ         | 2 |
| 322 | Λ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΟΠΟΥΛΟΥ 70       | ΑΘΗΝΑ         | 2 |
| 323 | ΖΕΡΒΟΥΔΑΚΗ 26-28            | ΑΘΗΝΑ         | 2 |
| 324 | Λ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΟΠΟΥΛΟΥ 128-130  | ΑΘΗΝΑ         | 1 |
| 325 | Λ. ΠΑΤΗΣΙΩΝ 294Β            | ΑΘΗΝΑ         | 2 |
| 326 | ΣΠ. ΛΑΜΠΡΟΥ 8               | ΑΘΗΝΑ         | 2 |
| 327 | Γ. ΧΑΤΖΗΔΑΚΗ 21             | ΑΘΗΝΑ         | 1 |
| 328 | Γ. ΧΑΤΖΗΔΑΚΗ 12             | ΑΘΗΝΑ         | 2 |
| 329 | ΣΚΙΑΘΟΥ 101 & ΠΙΝΔΟΥ        | ΑΘΗΝΑ         | 2 |
| 330 | ΙΠΠΟΛΥΤΟΥ 7                 | ΠΛ. ΚΟΛΙΑΤΣΟΥ | 2 |
| 331 | Ι. ΔΡΟΣΟΠΟΥΛΟΥ 135          | ΑΘΗΝΑ         | 2 |
| 332 | Ι. ΔΡΟΣΟΠΟΥΛΟΥ 148          | ΑΘΗΝΑ         | 3 |
| 333 | ΠΑΡΟΥ 13                    | ΑΘΗΝΑ         | 1 |
| 334 | Ι. ΔΡΟΣΟΠΟΥΛΟΥ 187          | ΑΘΗΝΑ         | 2 |
| 335 | ΝΑΞΟΥ 17                    | ΑΘΗΝΑ         | 1 |
| 336 | ΑΓ. ΖΩΝΗΣ 58                | ΚΥΨΕΛΗ        | 1 |
| 337 | ΑΓ. ΖΩΝΗΣ 40                | ΑΘΗΝΑ         | 2 |
| 338 | ΣΙΚΙΝΟΥ 16                  | ΑΘΗΝΑ         | 1 |

Κεφάλαιο 4 – Αποτελέσματα

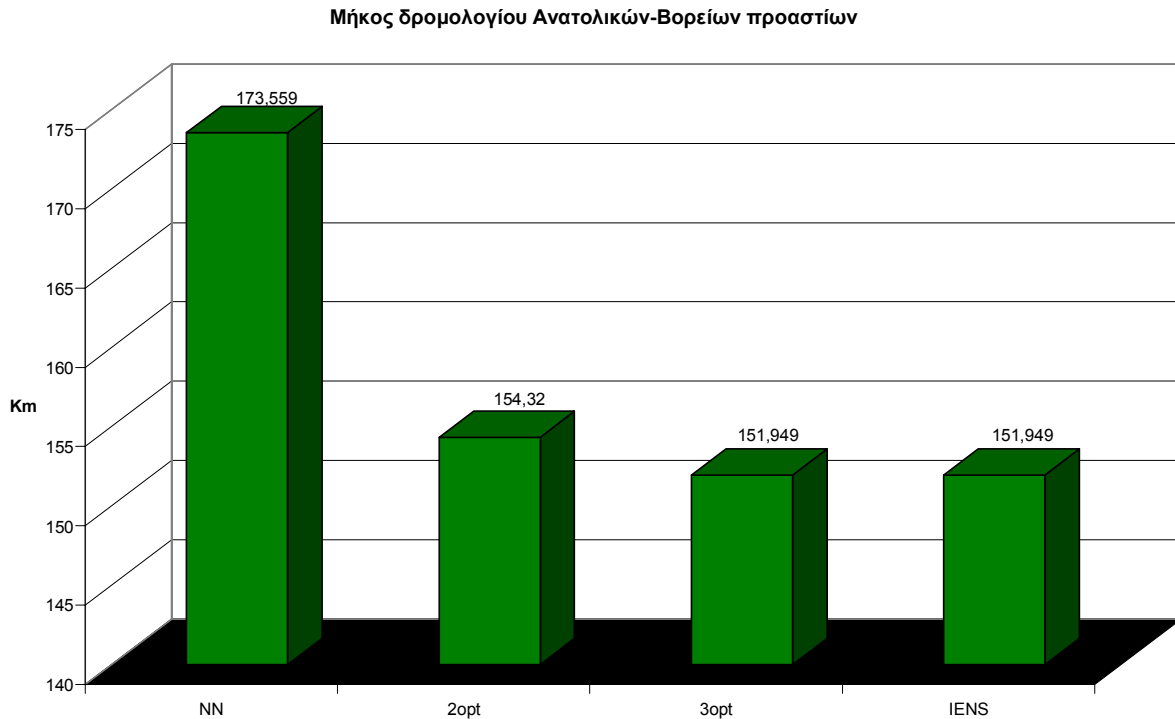
|     |                                  |          |   |
|-----|----------------------------------|----------|---|
| 339 | Λ. ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΗ 87                 | ΑΘΗΝΑ    | 2 |
| 340 | ΚΥΠΡΟΥ 111                       | ΑΘΗΝΑ    | 1 |
| 341 | ΜΕΓΙΣΤΗΣ 40                      | ΑΘΗΝΑ    | 1 |
| 342 | ΚΑΣΤΑΛΙΑΣ 1                      | ΑΘΗΝΑ    | 2 |
| 343 | ΣΠΕΤΣΩΝ 126-128 & ΣΚΟΠΕΛΟΥ 26    | ΑΘΗΝΑ    | 2 |
| 344 | ΚΥΨΕΛΗΣ 80                       | ΚΥΨΕΛΗ   | 1 |
| 345 | ΚΥΨΕΛΗΣ 38                       | ΑΘΗΝΑ    | 3 |
| 346 | ΚΥΨΕΛΗΣ 29 & ΙΘΑΚΗΣ              | ΑΘΗΝΑ    | 3 |
| 347 | ΣΠΕΤΣΩΝ 56                       | ΑΘΗΝΑ    | 2 |
| 348 | ΚΕΡΚΥΡΑΣ 72                      | ΚΥΨΕΛΗ   | 1 |
| 349 | ΚΕΡΚΥΡΑΣ 73                      | ΚΥΨΕΛΗ   | 1 |
| 350 | ΖΑΚΥΝΘΟΥ 40                      | ΚΥΨΕΛΗ   | 1 |
| 351 | ΚΕΡΚΥΡΑΣ 31                      | ΑΘΗΝΑ    | 3 |
| 352 | ΙΑΠΕΤΟΥ 29                       | ΑΘΗΝΑ    | 2 |
| 353 | ΓΕΡΑΝΩΝ 22                       | ΚΥΨΕΛΗ   | 1 |
| 354 | ΔΑΦΝΙΔΟΣ 39                      | ΑΘΗΝΑ    | 4 |
| 355 | ΦΑΕΘΟΝΤΟΣ 1 & ΚΑΥΚΑΣΟΥ           | ΑΘΗΝΑ    | 2 |
| 356 | ΜΠΕΡΟΒΟΥ 48                      | ΑΘΗΝΑ    | 2 |
| 357 | ΑΓ. ΣΤΕΦΑΝΟΥ 15                  | ΑΘΗΝΑ    | 1 |
| 358 | ΤΖΟΥΜΑΓΙΑΣ 7                     | ΑΘΗΝΑ    | 1 |
| 359 | ΕΥΒΟΙΑΣ 84                       | ΑΘΗΝΑ    | 2 |
| 360 | ΠΑΞΩΝ 25 & ΚΑΥΚΑΣΟΥ 7            | ΚΥΨΕΛΗ   | 1 |
| 361 | ΚΟΔΡΙΓΚΤΩΝΟΣ 2 & ΚΥΨΕΛΗΣ 1       | ΑΘΗΝΑ    | 3 |
| 362 | ΚΟΔΡΙΓΚΤΩΝΟΣ 22                  | ΑΘΗΝΑ    | 2 |
| 363 | ΙΘΑΚΗΣ 32 & ΠΑΤΗΣΙΩΝ             | ΑΘΗΝΑ    | 2 |
| 364 | ΙΘΑΚΗΣ 11 & ΠΛΑΤΕΙΑ ΑΓ. ΓΕΩΡΓΙΟΥ | ΑΘΗΝΑ    | 3 |
| 365 | ΜΙΧΑΛΑΚΟΠΟΥΛΟΥ 31                | ΙΛΙΣΙΑ   | 1 |
| 366 | ΗΛ. ΠΟΤΑΜΙΑΝΟΥ 2                 | ΙΛΙΣΙΑ   | 2 |
| 367 | ΛΑΟΔΙΚΕΙΑΣ 4                     | ΙΛΙΣΙΑ   | 1 |
| 368 | ΙΛΙΣΙΩΝ 6                        | ΙΛΙΣΙΑ   | 1 |
| 369 | ΗΛ. ΠΟΤΑΜΙΑΝΟΥ 28                | ΙΛΙΣΙΑ   | 1 |
| 370 | ΣΕΒΑΣΤΕΙΑΣ 33                    | ΙΛΙΣΙΑ   | 2 |
| 371 | ΓΡ. ΑΥΞΕΝΤΙΟΥ 16-18              | ΙΛΙΣΙΑ   | 2 |
| 372 | ΛΙΒΥΗΣ 22                        | ΖΩΓΡΑΦΟΥ | 1 |
| 373 | ΠΑΠΑΔΙΑΜΑΝΤΟΠΟΥΛΟΥ 82            | ΖΩΓΡΑΦΟΥ | 2 |
| 374 | Μ. ΑΣΙΑΣ 5                       | ΙΛΙΣΙΑ   | 3 |
| 375 | ΠΑΠΑΔΙΑΜΑΝΤΟΠΟΥΛΟΥ 104           | ΖΩΓΡΑΦΟΥ | 2 |
| 376 | ΠΑΠΑΔΙΑΜΑΝΤΟΠΟΥΛΟΥ 121           | ΖΩΓΡΑΦΟΥ | 2 |
| 377 | ΠΕΝΤΕΛΗΣ 25                      | ΔΑΦΝΗ    | 2 |
| 378 | ΠΛΟΥΤΩΝΟΣ 38                     | ΔΑΦΝΗ    | 3 |
| 379 | ΤΡΑΠΕΖΟΥΝΤΟΣ 14                  | ΥΜΗΤΤΟΣ  | 2 |
| 380 | ΚΕΡΑΣΟΥΝΤΟΣ 27                   | ΥΜΗΤΤΟΣ  | 2 |
| 381 | ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥΠΟΛΕΩΣ 37            | ΥΜΗΤΤΟΣ  | 3 |
| 382 | ΑΔΡΑΜΥΤΙΟΥ 1                     | ΥΜΗΤΤΟΣ  | 3 |
| 383 | ΠΑΝΑΓΟΥΛΗ ΑΛ. 1                  | ΥΜΗΤΤΟΣ  | 2 |
| 384 | ΗΠΕΙΡΟΥ 16                       | ΔΑΦΝΗ    | 3 |
| 385 | ΑΡΥΒΒΟΥ 49                       | ΒΥΡΩΝΑΣ  | 1 |
| 386 | ΕΜΠΕΔΟΚΛΕΟΥΣ 94                  | ΒΥΡΩΝΑΣ  | 1 |
| 387 | ΔΙΚΑΙΑΡΧΟΥ 180-182               | ΠΑΓΚΡΑΤΙ | 2 |
| 388 | ΕΥΜΕΝΟΥΣ 103                     | ΒΥΡΩΝΑΣ  | 2 |

|     |                                |            |   |
|-----|--------------------------------|------------|---|
| 389 | Π. ΤΣΑΛΔΑΡΗ 68                 | ΒΥΡΩΝΑΣ    | 2 |
| 390 | ΑΓ. ΑΠΟΣΤΟΛΩΝ 2                | ΒΥΡΩΝΑΣ    | 3 |
| 391 | ΚΟΛΟΚΟΤΡΩΝΗ 62                 | ΒΥΡΩΝΑΣ    | 2 |
| 392 | ΑΓ. ΣΟΦΙΑΣ 99                  | ΒΥΡΩΝΑΣ    | 2 |
| 393 | ΑΓ. ΣΟΦΙΑΣ 71                  | ΒΥΡΩΝΑΣ    | 2 |
| 394 | ΝΕΑΣ ΕΛΒΕΤΙΑΣ 17               | ΒΥΡΩΝΑΣ    | 2 |
| 395 | ΝΕΑΣ ΕΛΒΕΤΙΑΣ 31 & ΔΕΝΙΖΛΙΟΥ 2 | ΒΥΡΩΝΑΣ    | 3 |
| 396 | ΔΑΡΔΑΝΕΛΛΙΩΝ 17 & ΚΑΙΣΑΡΕΙΑΣ   | ΒΥΡΩΝΑΣ    | 2 |
| 397 | ΕΥΑΓΓΕΛΙΚΗΣ ΣΧΟΛΗΣ 11-13       | ΒΥΡΩΝΑΣ    | 3 |
| 398 | ΠΛΑΤΕΙΑ ΣΜΥΡΝΗΣ 2-4            | ΒΥΡΩΝΑΣ    | 1 |
| 399 | ΧΡΕΜΩΝΙΔΟΥ 53                  | ΠΑΓΚΡΑΤΙ   | 2 |
| 400 | ΠΥΡΡΟΥ 44                      | ΒΥΡΩΝΑΣ    | 2 |
| 401 | ΚΥΠΡΟΥ 76-78                   | ΒΥΡΩΝΑΣ    | 2 |
| 402 | ΚΥΠΡΟΥ 86                      | ΒΥΡΩΝΑΣ    | 1 |
| 403 | ΑΓ. ΣΟΦΙΑΣ 6-14                | ΒΥΡΩΝΑΣ    | 2 |
| 404 | ΑΝΑΛΗΨΕΩΣ 54                   | ΒΥΡΩΝΑΣ    | 2 |
| 405 | Ν. ΝΙΚΗΦΟΡΙΔΗ 14               | ΒΥΡΩΝΑΣ    | 2 |
| 406 | ΤΙΜΟΘΕΟΥ 81                    | ΒΥΡΩΝΑΣ    | 3 |
| 407 | ΤΙΜΟΘΕΟΥ 59 & ΣΤΕΝΤΟΡΟΣ        | ΠΑΓΚΡΑΤΙ   | 2 |
| 408 | Ν. ΝΙΚΗΦΟΡΙΔΗ 35               | ΒΥΡΩΝΑΣ    | 2 |
| 409 | Ν. ΝΙΚΗΦΟΡΙΔΗ 43 & ΚΟΝΩΝΟΣ     | ΒΥΡΩΝΑΣ    | 2 |
| 410 | ΦΙΛΟΛΑΟΥ 15                    | ΠΑΓΚΡΑΤΙ   | 2 |
| 411 | ΥΜΗΤΤΟΥ 64                     | ΠΑΓΚΡΑΤΙ   | 2 |
| 412 | ΦΟΡΜΙΩΝΟΣ 30                   | ΠΑΓΚΡΑΤΙ   | 2 |
| 413 | ΦΟΡΜΙΩΝΟΣ 54                   | ΠΑΓΚΡΑΤΙ   | 2 |
| 414 | ΦΟΡΜΙΩΝΟΣ 106                  | ΒΥΡΩΝΑΣ    | 2 |
| 415 | ΦΟΡΜΙΩΝΟΣ 124                  | ΒΥΡΩΝΑΣ    | 2 |
| 416 | ΦΟΡΜΙΩΝΟΣ 134                  | ΒΥΡΩΝΑΣ    | 2 |
| 417 | ΚΟΡΥΤΣΑΣ 50                    | ΒΥΡΩΝΑΣ    | 2 |
| 418 | ΦΟΡΜΙΩΝΟΣ 180                  | ΒΥΡΩΝΑΣ    | 1 |
| 419 | ΦΟΡΜΙΩΝΟΣ 255                  | ΒΥΡΩΝΑΣ    | 1 |
| 420 | ΖΩΟΔΟΧΟΥ ΠΗΓΗΣ 22              | ΒΥΡΩΝΑΣ    | 2 |
| 421 | ΜΥΣΙΑΣ 8                       | ΒΥΡΩΝΑΣ    | 1 |
| 422 | ΦΡΥΓΙΑΣ 11                     | ΒΥΡΩΝΑΣ    | 2 |
| 423 | ΠΑΝΙΩΝΙΟΥ 7-9                  | ΚΑΙΣΑΡΙΑΝΗ | 3 |
| 424 | ΕΘΝ. ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ 80             | ΚΑΙΣΑΡΙΑΝΗ | 1 |
| 425 | ΕΘΝ. ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ 194            | ΚΑΙΣΑΡΙΑΝΗ | 3 |
| 426 | ΕΘΝ. ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ 145            | ΚΑΙΣΑΡΙΑΝΗ | 2 |
| 427 | ΕΘΝ. ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ 105            | ΚΑΙΣΑΡΙΑΝΗ | 1 |
| 428 | ΔΑΜΑΡΕΩΣ 1                     | ΚΑΙΣΑΡΙΑΝΗ | 1 |
| 429 | ΥΜΗΤΤΟΥ 47-51                  | ΚΑΙΣΑΡΙΑΝΗ | 1 |
| 430 | ΘΕΑΓΕΝΟΥΣ 36                   | ΚΑΙΣΑΡΙΑΝΗ | 3 |
| 431 | ΕΥΦΡΟΝΙΟΥ 25                   | ΠΑΓΚΡΑΤΙ   | 3 |
| 432 | ΓΡ. ΑΥΞΕΝΤΙΟΥ 52               | ΖΩΓΡΑΦΟΥ   | 4 |
| 433 | ΓΡ. ΑΥΞΕΝΤΙΟΥ 51               | ΑΝΩ ΙΛΙΣΙΑ | 3 |
| 434 | Σ. ΠΑΠΑΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ 20         | ΖΩΓΡΑΦΟΥ   | 2 |
| 435 | ΧΑΡ. ΜΟΥΣΚΟΥ 3                 | ΖΩΓΡΑΦΟΥ   | 2 |
| 436 | ΕΘΝ. ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΣ 4-6           | ΖΩΓΡΑΦΟΥ   | 3 |
| 437 | ΥΦΑΣΙΟΥ 38                     | ΑΝΩ ΙΛΙΣΙΑ | 2 |

|     |                                |          |   |
|-----|--------------------------------|----------|---|
| 438 | ΕΘΝ. ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΣ 21 & ΤΙΓΡΗΤΟΣ | ΖΩΓΡΑΦΟΥ | 2 |
| 439 | ΓΑΛΗΝΗΣ 53                     | ΖΩΓΡΑΦΟΥ | 2 |
| 440 | ΓΡ. ΑΥΞΕΝΤΙΟΥ 152              | ΖΩΓΡΑΦΟΥ | 1 |
| 441 | Γ. ΖΩΓΡΑΦΟΥ 50-52              | ΖΩΓΡΑΦΟΥ | 1 |
| 442 | Γ. ΖΩΓΡΑΦΟΥ 100                | ΖΩΓΡΑΦΟΥ | 5 |
| 443 | ΚΟΥΣΙΔΟΥ 34                    | ΖΩΓΡΑΦΟΥ | 2 |
| 444 | ΚΟΥΣΙΔΟΥ 35                    | ΖΩΓΡΑΦΟΥ | 3 |
| 445 | Λ. ΠΑΠΑΓΟΥ 131                 | ΖΩΓΡΑΦΟΥ | 2 |
| 446 | ΑΜΜΟΧΩΣΤΟΥ 11                  | ΖΩΓΡΑΦΟΥ | 2 |
| 447 | ΠΟΛΥΦΗΜΟΥ 5 & ΜΠΙΣΚΙΝΗ         | ΖΩΓΡΑΦΟΥ | 2 |
| 448 | ΔΑΒΑΚΗ ΠΙΝΔΟΥ 31               | ΖΩΓΡΑΦΟΥ | 2 |
| 449 | ΔΑΒΑΚΗ ΠΙΝΔΟΥ 11               | ΖΩΓΡΑΦΟΥ | 3 |
| 450 | ΑΛ. ΠΑΠΑΓΟΥ 75                 | ΖΩΓΡΑΦΟΥ | 2 |
| 451 | ΕΛ. ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ 34               | ΖΩΓΡΑΦΟΥ | 2 |
| 452 | Γ. ΠΑΠΑΝΔΡΕΟΥ 56               | ΖΩΓΡΑΦΟΥ | 2 |
| 453 | ΕΥΔΗΛΟΥ 5 & ΑΓΗΝΟΡΟΣ           | ΖΩΓΡΑΦΟΥ | 2 |
| 454 | ΛΟΧΑΓΟΥ ΓΚΑΝΟΓΙΑΝΝΗ 75-77      | ΖΩΓΡΑΦΟΥ | 5 |
| 455 | 34ου ΣΥΝΤΑΓΜΑΤΟΣ 38            | ΖΩΓΡΑΦΟΥ | 2 |
| 456 | ΑΛ. ΠΑΝΑΓΟΥΛΗ 32               | ΖΩΓΡΑΦΟΥ | 1 |
| 457 | 28ης ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ 28              | ΒΥΡΩΝΑΣ  | 2 |
| 458 | Λ. ΚΑΡΕΑ 92                    | ΒΥΡΩΝΑΣ  | 4 |
| 459 | ΑΚΡΟΠΟΛΕΩΣ 2                   | ΔΑΦΝΗ    | 5 |
| 460 | ΕΘΝ. ΜΑΚΑΡΙΟΥ 22               | ΔΑΦΝΗ    | 2 |
| 461 | ΕΘΝ. ΜΑΚΑΡΙΟΥ 61               | ΔΑΦΝΗ    | 2 |
| 462 | ΚΟΥΝΤΟΥΡΙΩΤΟΥ 38               | ΔΑΦΝΗ    | 3 |
| 463 | ΑΡΚΑΔΙΟΥ 49 & ΕΘΝ. ΜΑΚΑΡΙΟΥ    | ΔΑΦΝΗ    | 2 |
| 464 | ΕΘΝ. ΜΑΚΑΡΙΟΥ 119              | ΔΑΦΝΗ    | 2 |
| 465 | ΑΚΡΟΠΟΛΕΩΣ 105                 | ΔΑΦΝΗ    | 2 |
| 466 | ΑΚΡΟΠΟΛΕΩΣ 51                  | ΔΑΦΝΗ    | 1 |
| 467 | ΑΓ. ΒΑΡΒΑΡΑΣ 87                | ΔΑΦΝΗ    | 3 |
| 468 | ΚΑΡΑΟΛΗ mix. 10                | ΔΑΦΝΗ    | 3 |
| 469 | ΑΓ. ΒΑΡΒΑΡΑΣ 66                | ΔΑΦΝΗ    | 1 |
| 470 | ΚΑΝΑΡΗ 23                      | ΔΑΦΝΗ    | 2 |
| 471 | ΔΕΡΒΕΝΑΚΙΩΝ 10                 | ΔΑΦΝΗ    | 1 |
| 472 | Λ. ΒΟΥΛΙΑΓΜΕΝΗΣ 198            | ΔΑΦΝΗ    | 3 |

Στο σημείο αυτό θα ήταν χρήσιμο να εξετάσουμε για το συγκεκριμένο δρομολόγιο την αποτελεσματικότητα του αλγορίθμου Iterated Expanding Neighborhood Search (IENS) σε σχέση με τους αλγόριθμους Nearest Neighbor (NN), 2-opt και 3-opt.





*Σχήμα 4.14: Αναπαράσταση μήκους δρομολογίου Βορειοανατολικών προαστίων με βάση τους αλγορίθμους NN, 2opt, 3opt και IENS*

Όπως παρατηρούμε από το παραπάνω σχήμα ο αλγόριθμος Iterated Expanding Neighborhood Search (IENS) στο συγκεκριμένο δρομολόγιο βγάζει ακριβώς τα ίδια αποτελέσματα με τον αλγόριθμο 3opt. Το συγκεκριμένο γεγονός δεν είναι παράξενο καθώς υπάρχει το ενδεχόμενο οι δύο αλγόριθμοι να κόλλησαν στο ίδιο τοπικό ελάχιστο.

#### 4.2.4 Δρομολόγιο Πειραιά

Το συγκεκριμένο δρομολόγιο περιλαμβάνει τα φαρμακεία που ανήκουν στον Πειραιά. Στο ξεκίνημα του δρομολογίου το όχημα επισκέπτεται αρχικά το κοντινότερο προς τα γραφεία της εταιρίας φαρμακείο. Έτσι λοιπόν για τον Πειραιά το δρομολόγιο που προέκυψε από τον αλγόριθμο IENS είναι το ακόλουθο.

#### Κεφάλαιο 4 – Αποτελέσματα

Φαρμακεία: 1 144 145 146 137 138 139 141 140 143 142 126  
 119 120 133 132 128 129 130 127 131 116 115 112 111 110  
 109 108 106 114 113 117 118 124 123 121 122 57 107 101 96  
 97 98 100 105 103 104 99 94 95 93 92 90 85 81 80 82 87 86  
 89 88 76 77 78 79 74 73 75 72 71 70 67 68 69 66 64 65 63  
 83 84 62 91 61 60 59 58 56 125 55 54 52 53 50 51 48 49 45  
 44 38 39 40 41 42 43 16 46 14 15 13 47 12 11 10 9 8 7 6 5  
 4 3 2 37 36 17 18 19 20 21 22 35 34 33 32 23 24 102 31 30  
 25 29 28 27 26 134 135 136

Χρόνος: 11.3721457

Μήκος δρομολογίου: 39331.4727

Όπου οι αριθμοί των φαρμακείων που αναγράφονται στο παραπάνω δρομολόγιο αντιστοιχούν στα ακόλουθα:

|    | Διεύθυνση                   | Περιοχή    | Ζήτηση |
|----|-----------------------------|------------|--------|
| 1  | ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΕΩΣ 124           | ΜΟΣΧΑΤΟ    | 2      |
| 2  | ΠΡΟΙΚΟΝΗΣΟΥ 52              | ΚΕΡΑΤΣΙΝΙ  | 2      |
| 3  | ΠΛΑΤΩΝΟΣ & ΚΑΡΑΒΑΓΓΕΛΗ 1    | ΚΕΡΑΤΣΙΝΙ  | 3      |
| 4  | ΚΟΜΝΗΝΩΝ 78                 | ΚΕΡΑΤΣΙΝΙ  | 2      |
| 5  | ΜΕΓ. ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥ 159         | ΚΕΡΑΤΣΙΝΙ  | 3      |
| 6  | Κ. ΠΑΛΑΙΟΛΟΓΟΥ 23           | ΚΕΡΑΤΣΙΝΙ  | 3      |
| 7  | ΤΑΞΙΑΡΧΩΝ 127               | ΔΡΑΠΕΤΣΩΝΑ | 3      |
| 8  | ΕΘΝΙΚΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΣ 187     | ΔΡΑΠΕΤΣΩΝΑ | 1      |
| 9  | ΕΡ. ΣΤΑΥΡΟΥ 43-45           | ΔΡΑΠΕΤΣΩΝΑ | 2      |
| 10 | ΕΘΝΙΚΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΣ 137     | ΔΡΑΠΕΤΣΩΝΑ | 3      |
| 11 | ΥΠΑΠΑΝΤΗΣ 54                | ΠΕΙΡΑΙΑΣ   | 2      |
| 12 | ΔΟΓΑΝΗΣ 53                  | ΠΕΙΡΑΙΑΣ   | 1      |
| 13 | ΣΠΑΡΤΗΣ 122                 | ΠΕΙΡΑΙΑΣ   | 2      |
| 14 | ΧΟΡΜΟΒΙΤΟΥ 245              | ΠΕΙΡΑΙΑΣ   | 3      |
| 15 | ΧΟΡΜΟΒΙΤΟΥ 254              | ΠΕΙΡΑΙΑΣ   | 2      |
| 16 | ΚΑΛΟΚΑΙΡΙΝΟΥ 68             | ΠΕΙΡΑΙΑΣ   | 3      |
| 17 | Ν. ΠΛΟΥΜΠΙΔΗ & ΦΩΚΙΩΝΟΣ 2-4 | ΚΕΡΑΤΣΙΝΙ  | 2      |
| 18 | ΔΕΜΕΡΤΖΗ 10-12              | ΚΕΡΑΤΣΙΝΙ  | 2      |
| 19 | Λ. ΣΑΛΑΜΙΝΟΣ 122            | ΚΕΡΑΤΣΙΝΙ  | 1      |
| 20 | Π. ΤΣΑΛΔΑΡΗ 17              | ΚΕΡΑΤΣΙΝΙ  | 4      |
| 21 | Π. ΤΣΑΛΔΑΡΗ 42              | ΚΕΡΑΤΣΙΝΙ  | 1      |
| 22 | ΞΑΝΘΟΥ 44 & Π. ΤΣΑΛΔΑΡΗ     | ΚΕΡΑΤΣΙΝΙ  | 3      |
| 23 | ΑΪΝΣΤΑΪΝ 51                 | ΚΕΡΑΤΣΙΝΙ  | 1      |
| 24 | ΘΥΜΑΤΩΝ ΚΑΤΟΧΗΣ 30          | ΚΕΡΑΤΣΙΝΙ  | 2      |
| 25 | ΓΡ. ΛΑΜΠΡΑΚΗ 279            | ΝΙΚΑΙΑ     | 1      |
| 26 | ΠΕΡΙΚΛΕΟΥΣ 52               | ΝΙΚΑΙΑ     | 2      |
| 27 | ΜΟΥΣΩΝ 1                    | ΝΙΚΑΙΑ     | 2      |
| 28 | Κ. ΠΑΛΑΜΑ 150 & ΚΛΕΑΡΧΟΥ 2  | ΝΙΚΑΙΑ     | 2      |
| 29 | ΓΡ. ΛΑΜΠΡΑΚΗ 286            | ΝΙΚΑΙΑ     | 2      |
| 30 | ΓΡ. ΛΑΜΠΡΑΚΗ 332            | ΝΙΚΑΙΑ     | 1      |
| 31 | ΓΡ. ΛΑΜΠΡΑΚΗ 416            | ΚΕΡΑΤΣΙΝΙ  | 3      |
| 32 | ΥΨΗΛΑΝΤΟΥ 39                | ΚΕΡΑΤΣΙΝΙ  | 2      |
| 33 | ΓΙΑΝΝΟΥΡΗ ΑΝΤ. 30 &         | ΚΕΡΑΤΣΙΝΙ  | 3      |

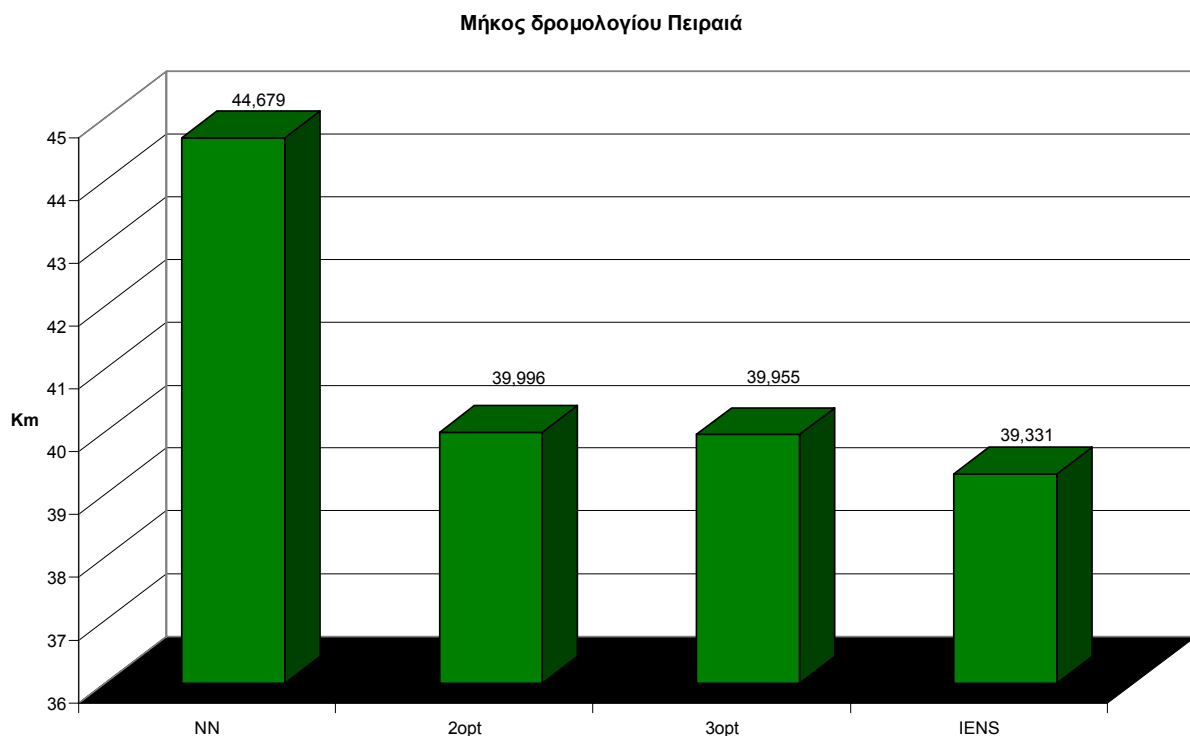
|    |                           |                  |          |
|----|---------------------------|------------------|----------|
|    | ΥΨΗΛΑΝΤΟΥ                 |                  |          |
| 34 | ΓΡ. ΛΑΜΠΡΑΚΗ 517          | ΚΕΡΑΤΣΙΝΙ        | 2        |
| 35 | ΡΗΓΑ ΦΕΡΑΙΟΥ 50           | ΚΕΡΑΤΣΙΝΙ        | 2        |
| 36 | ΑΝΔΡΟΥΤΣΟΥ 33             | ΚΕΡΑΤΣΙΝΙ        | 2        |
| 37 | Λ. ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ 123        | ΚΕΡΑΤΣΙΝΙ        | 2        |
| 38 | ΣΜΥΡΝΗΣ 27                | ΚΕΡΑΤΣΙΝΙ        | 2        |
| 39 | ΚΑΡΑΟΛΗ & ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ 26    | ΚΕΡΑΤΣΙΝΙ        | 2        |
| 40 | ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΥ 60             | ΚΕΡΑΤΣΙΝΙ        | 1        |
| 41 | ΕΛ. ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ 177         | ΚΕΡΑΤΣΙΝΙ        | 10       |
| 42 | ΕΛ. ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ 171         | ΚΕΡΑΤΣΙΝΙ        | 1        |
| 43 | <b>ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΗ 24</b>      | <b>ΚΕΡΑΤΣΙΝΙ</b> | <b>1</b> |
| 44 | ΥΠΑΠΑΝΤΗΣ 171             | ΠΕΙΡΑΙΑΣ         | 2        |
| 45 | ΨΑΡΡΩΝ 181                | ΠΕΙΡΑΙΑΣ         | 1        |
| 46 | ΠΕΤΡΟΜΠΕΗ ΜΑΥΡΟΜΙΧΑΛΗ 167 | ΠΕΙΡΑΙΑΣ         | 2        |
| 47 | ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ 71-73       | ΠΕΙΡΑΙΑΣ         | 2        |
| 48 | ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ 127         | ΠΕΙΡΑΙΑΣ         | 2        |
| 49 | ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ 141         | ΠΕΙΡΑΙΑΣ         | 3        |
| 50 | ΔΕΡΒΕΝΑΚΙΩΝ 62 & ΚΑΛΛΕΡΓΗ | ΠΕΙΡΑΙΑΣ         | 4        |
| 51 | ΔΕΡΒΕΝΑΚΙΩΝ 87 & ΑΓΧΙΑΛΟΥ | ΠΕΙΡΑΙΑΣ         | 1        |
| 52 | ΑΙΤΩΛΙΚΟΥ 92              | ΠΕΙΡΑΙΑΣ         | 4        |
| 53 | ΑΙΓΑΛΕΩ 51 & ΑΓ. ΟΡΟΥΣ    | ΠΕΙΡΑΙΑΣ         | 2        |
| 54 | ΛΑΚΩΝΙΑΣ 11 & ΠΑΛΑΜΙΔΟΥ   | ΠΕΙΡΑΙΑΣ         | 1        |
| 55 | ΑΣΚΛΗΠΕΙΟΥ 40             | ΠΕΙΡΑΙΑΣ         | 3        |
| 56 | ΤΣΑΜΑΔΟΥ 8                | ΠΕΙΡΑΙΑΣ         | 2        |
| 57 | ΝΟΤΑΡΑ 49                 | ΠΕΙΡΑΙΑΣ         | 1        |
| 58 | ΜΠΟΥΜΠΟΥΛΙΝΑΣ 4           | ΠΕΙΡΑΙΑΣ         | 2        |
| 59 | Ιλας ΜΕΡΑΡΧΙΑΣ 2          | ΠΕΙΡΑΙΑΣ         | 2        |
| 60 | ΦΙΛΩΝΟΣ 90                | ΠΕΙΡΑΙΑΣ         | 3        |
| 61 | ΚΟΛΟΚΟΤΡΩΝΗ 129           | ΠΕΙΡΑΙΑΣ         | 1        |
| 62 | ΣΑΧΤΟΥΡΗ 29               | ΠΕΙΡΑΙΑΣ         | 1        |
| 63 | ΦΛΕΣΣΑ 11                 | ΠΕΙΡΑΙΑΣ         | 1        |
| 64 | ΑΝΤ. ΘΕΟΧΑΡΗ 29           | ΠΕΙΡΑΙΑΣ         | 3        |
| 65 | Γ. ΘΕΟΤΟΚΗ 42             | ΠΕΙΡΑΙΑΣ         | 3        |
| 66 | Α. ΘΕΟΧΑΡΗ 60             | ΠΕΙΡΑΙΑΣ         | 1        |
| 67 | Λ. ΧΑΤΖΗΚΥΡΙΑΚΟΥ 115      | ΠΕΙΡΑΙΑΣ         | 1        |
| 68 | ΜΑΡΙΑΣ ΧΑΤΖΗΚΥΡΙΑΚΟΥ 56   | ΠΕΙΡΑΙΑΣ         | 1        |
| 69 | Γ. ΘΕΟΤΟΚΗ 88             | ΠΕΙΡΑΙΑΣ         | 2        |
| 70 | ΒΑΣ. ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ 49         | ΠΕΙΡΑΙΑΣ         | 1        |
| 71 | ΚΑΡΠΑΘΟΥ 90               | ΠΕΙΡΑΙΑΣ         | 1        |
| 72 | ΚΛΕΙΣΟΒΗΣ 143             | ΠΕΙΡΑΙΑΣ         | 1        |
| 73 | ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ 45-47      | ΚΑΛΛΙΠΟΛΗ        | 3        |
| 74 | ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ 24         | ΠΕΙΡΑΙΑΣ         | 3        |
| 75 | ΑΚΤΗ ΘΕΜΙΣΤΟΚΛΕΟΥΣ 172    | ΠΕΙΡΑΙΑΣ         | 3        |
| 76 | ΑΚΤΗ ΘΕΜΙΣΤΟΚΛΕΟΥΣ 28     | ΠΕΙΡΑΙΑΣ         | 1        |
| 77 | ΣΑΧΤΟΥΡΗ 104              | ΠΕΙΡΑΙΑΣ         | 1        |
| 78 | ΜΗΤΡΩΟΥ 66                | ΠΕΙΡΑΙΑΣ         | 1        |
| 79 | ΣΚΟΥΛΟΥΔΗ 20              | ΠΕΙΡΑΙΑΣ         | 1        |
| 80 | ΣΑΧΤΟΥΡΗ 82               | ΠΕΙΡΑΙΑΣ         | 1        |
| 81 | ΦΡΕΑΤΙΔΟΣ 6-8             | ΠΕΙΡΑΙΑΣ         | 1        |
| 82 | ΦΡΕΑΤΙΔΟΣ 29              | ΠΕΙΡΑΙΑΣ         | 2        |
| 83 | ΣΑΧΤΟΥΡΗ 44               | ΠΕΙΡΑΙΑΣ         | 1        |

Κεφάλαιο 4 – Αποτελέσματα

|     |                             |              |   |
|-----|-----------------------------|--------------|---|
| 84  | ΣΑΧΤΟΥΡΗ 40                 | ΠΕΙΡΑΙΑΣ     | 1 |
| 85  | ΑΦΕΝΤΟΥΛΗ 16                | ΠΕΙΡΑΙΑΣ     | 1 |
| 86  | ΑΦΕΝΤΟΥΛΗ 39                | ΠΕΙΡΑΙΑΣ     | 4 |
| 87  | ΑΦΕΝΤΟΥΛΗ 43                | ΠΕΙΡΑΙΑΣ     | 2 |
| 88  | ΖΑΝΝΗ 9                     | ΠΕΙΡΑΙΑΣ     | 2 |
| 89  | ΤΡΙΚΟΥΠΗ ΧΑΡ. 52            | ΠΕΙΡΑΙΑΣ     | 5 |
| 90  | ΚΑΡΑΪΣΚΟΥ 189               | ΠΕΙΡΑΙΑΣ     | 1 |
| 91  | ΗΡ. ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ 85         | ΠΕΙΡΑΙΑΣ     | 1 |
| 92  | ΗΡ. ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ 69         | ΠΕΙΡΑΙΑΣ     | 2 |
| 93  | ΗΡ. ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ 61         | ΠΕΙΡΑΙΑΣ     | 4 |
| 94  | ΣΚΟΥΖΕ 40                   | ΠΕΙΡΑΙΑΣ     | 2 |
| 95  | ΣΚΟΥΖΕ 32                   | ΠΕΙΡΑΙΑΣ     | 2 |
| 96  | ΜΠΟΥΜΠΟΥΛΙΝΑΣ 17            | ΠΕΙΡΑΙΑΣ     | 5 |
| 97  | ΜΠΟΥΜΠΟΥΛΙΝΑΣ 19            | ΠΕΙΡΑΙΑΣ     | 2 |
| 98  | ΜΠΟΥΜΠΟΥΛΙΝΑΣ 25            | ΠΕΙΡΑΙΑΣ     | 2 |
| 99  | ΜΠΟΥΜΠΟΥΛΙΝΑΣ 38            | ΠΕΙΡΑΙΑΣ     | 2 |
| 100 | ΚΑΡΑΪΣΚΟΥ 118               | ΠΕΙΡΑΙΑΣ     | 1 |
| 101 | ΝΟΤΑΡΑ 65                   | ΠΕΙΡΑΙΑΣ     | 1 |
| 102 | ΓΕΩΡΓΙΟΥ Α' 12              | ΠΕΙΡΑΙΑΣ     | 1 |
| 103 | ΠΡΑΞΙΤΕΛΟΥΣ 144             | ΠΕΙΡΑΙΑΣ     | 1 |
| 104 | ΚΟΥΝΤΟΥΡΙΩΤΟΥ 164 & ΣΩΤΗΡΟΣ | ΠΕΙΡΑΙΑΣ     | 5 |
| 105 | ΚΑΡΑΪΣΚΟΥ 104 & ΣΩΤΗΡΟΣ     | ΠΕΙΡΑΙΑΣ     | 2 |
| 106 | ΓΡ. ΛΑΜΠΡΑΚΗ 142            | ΠΕΙΡΑΙΑΣ     | 1 |
| 107 | Β. ΓΕΩΡΓΙΟΥ Β' 4            | ΠΕΙΡΑΙΑΣ     | 3 |
| 108 | ΣΩΤΗΡΟΣ 66                  | ΠΕΙΡΑΙΑΣ     | 1 |
| 109 | ΟΥΙΛΣΩΝΟΣ 3                 | ΠΕΙΡΑΙΑΣ     | 1 |
| 110 | ΣΑΝΤΑΡΟΖΑ 9                 | ΠΕΙΡΑΙΑΣ     | 1 |
| 111 | ΒΑΣ. ΠΑΥΛΟΥ & ΓΕΡΜΑΝΟΥ 1    | ΚΑΣΤΕΛΛΑ     | 1 |
| 112 | ΤΣΑΜΑΔΟΥ 102                | ΠΕΙΡΑΙΑΣ     | 1 |
| 113 | ΓΡ. ΛΑΜΠΡΑΚΗ 81             | ΠΕΙΡΑΙΑΣ     | 1 |
| 114 | ΚΑΡΑΟΛΗ & ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ 78      | ΠΕΙΡΑΙΑΣ     | 1 |
| 115 | ΤΖΑΒΕΛΛΑ 33                 | ΠΕΙΡΑΙΑΣ     | 3 |
| 116 | ΜΕΓ. ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥ 18          | ΠΕΙΡΑΙΑΣ     | 2 |
| 117 | ΚΑΡΑΟΛΗ & ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ 53      | ΠΕΙΡΑΙΑΣ     | 1 |
| 118 | ΕΥΡΙΠΙΔΟΥ 59-61             | ΠΕΙΡΑΙΑΣ     | 2 |
| 119 | ΕΛ. ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ 47            | ΠΕΙΡΑΙΑΣ     | 2 |
| 120 | ΕΛ. ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ 52            | ΠΕΙΡΑΙΑΣ     | 1 |
| 121 | ΗΡ. ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ 28         | ΠΕΙΡΑΙΑΣ     | 3 |
| 122 | ΗΡ. ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ 37         | ΠΕΙΡΑΙΑΣ     | 2 |
| 123 | ΗΡ. ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ 33         | ΠΕΙΡΑΙΑΣ     | 2 |
| 124 | ΗΡ. ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ 3          | ΠΕΙΡΑΙΑΣ     | 2 |
| 125 | ΚΑΘ. ΕΚΚΛΗΣΙΑΣ 1            | ΠΕΙΡΑΙΑΣ     | 1 |
| 126 | ΕΛ. ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ 18            | ΠΕΙΡΑΙΑΣ     | 2 |
| 127 | ΑΓ. ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΥ 39           | ΚΑΜΙΝΙΑ      | 2 |
| 128 | ΣΕΡΙΦΟΥ & Ν. ΑΡΓΥΡΙΟΥ 21    | ΚΑΜΙΝΙΑ      | 2 |
| 129 | ΧΙΟΥ 30                     | ΚΑΜΙΝΙΑ      | 2 |
| 130 | ΧΙΟΥ 18                     | ΚΑΜΙΝΙΑ      | 1 |
| 131 | ΧΡΙΣΤΟΦΟΡΙΔΟΥ 24 & ΣΑΜΟΥ    | ΚΑΜΙΝΙΑ      | 2 |
| 132 | ΑΓ. ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΥ 132          | ΚΑΜΙΝΙΑ      | 2 |
| 133 | ΑΛΕΞ. ΦΛΕΜΙΝΓΚ 56           | ΑΓ. Ι. ΡΕΝΤΗ | 2 |
| 134 | ΝΑΞΟΥ 15Δ                   | ΑΓ. Ι. ΡΕΝΤΗ | 1 |

|     |                                  |              |   |
|-----|----------------------------------|--------------|---|
| 135 | N. ΦΑΛΗΡΟΥ 3                     | ΑΓ. Ι. ΡΕΝΤΗ | 2 |
| 136 | ΑΓ. ΙΩΑΝΝΗ ΡΕΝΤΗ 10              | ΑΓ. Ι. ΡΕΝΤΗ | 2 |
| 137 | ΜΑΚΡΥΓΙΑΝΝΗ 102                  | ΜΟΣΧΑΤΟ      | 1 |
| 138 | ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΕΩΣ 73                 | ΜΟΣΧΑΤΟ      | 2 |
| 139 | ΜΑΚΡΥΓΙΑΝΝΗ 56                   | ΜΟΣΧΑΤΟ      | 2 |
| 140 | ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥΠΟΛΕΩΣ 59            | ΜΟΣΧΑΤΟ      | 2 |
| 141 | ΜΑΚΡΥΓΙΑΝΝΗ 10                   | ΜΟΣΧΑΤΟ      | 1 |
| 142 | ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΥ 9                   | ΝΕΟ ΦΑΛΗΡΟ   | 1 |
| 143 | ΕΛ. ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ 10                 | ΝΕΟ ΦΑΛΗΡΟ   | 3 |
| 144 | Λ. ΚΑΤΣΩΝΗ 133 &<br>ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΟΥ | ΜΟΣΧΑΤΟ      | 1 |
| 145 | ΠΛΑΤΩΝΟΣ 77                      | ΜΟΣΧΑΤΟ      | 2 |
| 146 | ΧΡ. ΣΜΥΡΝΗΣ 115                  | ΜΟΣΧΑΤΟ      | 2 |

Στο σημείο αυτό θα ήταν ενδιαφέρον να εξετασθεί για το δρομολόγιο του Πειραιά η αποτελεσματικότητα του αλγορίθμου IENS σε σχέση με τους αλγόριθμους Nearest Neighbor, 2-opt και 3-opt. Στο σχήμα που ακολουθεί αναπαρίσταται το μήκος του δρομολογίου του συγκεκριμένου δρομολογίου για καθένα από τους αλγόριθμους που αναφέρθηκαν παραπάνω.



Σχήμα 4.15: Αναπαράσταση μήκους δρομολογίου Πειραιά με βάση τους αλγόριθμους NN, 2opt, 3opt και Iterated Expanding Neighborhood Search

Στο σχήμα της προηγούμενης σελίδας φαίνεται για μια ακόμη φορά ότι ο αλγόριθμος Iterated Expanding Neighborhood Search πετυχαίνει καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με τους Nearest Neighbor, 2opt και 3opt. Πιο συγκεκριμένα σε σχέση με τον 3opt επιφέρει μια μικρή βελτίωση της τάξεως του 1,6%.

#### 4.2.5 Δρομολόγιο νοτίων προαστίων

Το συγκεκριμένο δρομολόγιο αποτελεί συνέχεια του δρομολογίου του Πειραιά. Ξεκινάει λοιπόν από το τελευταίο φαρμακείο που εξυπηρετήθηκε στο προηγούμενο δρομολόγιο και συνεχίζει στα υπόλοιπα νότια προάστια. Οι περιοχές που συνθέτουν το δρομολόγιο αυτό είναι οι ακόλουθες και η σειρά με την οποία αναφέρονται δεν αναπαριστούν και τη σειρά επίσκεψής τους από το όχημα:

*Προάστια Πειραιά-Νίκαια-Κορυδαλλός-Ταύρος-Καλλιθέα-Π. Φάληρο-Αγ. Δημήτριος-Καλαμάκι-Άλιμος-Ν. Σμύρνη-Ν. Κόσμος-Καλαμάκι-Αργυρούπολη-Γλυφάδα-Βούλα-Ελληνικό-Ηλιούπολη*

Το ακριβές δρομολόγιο των νοτίων προαστίων είναι το ακόλουθο:

Φαρμακεία : 1 111 110 83 82 81 80 79 78 77 115 114 113  
 116 117 170 178 181 176 175 180 171 182 172 173 174 183  
 184 203 204 205 215 216 217 218 219 220 167 168 165 166  
 164 163 162 161 158 159 160 221 222 147 146 145 144 143  
 142 141 140 133 132 134 131 127 129 130 128 135 139 138  
 136 137 157 153 154 152 151 156 155 150 149 234 233 232  
 231 230 229 223 224 225 226 227 228 236 235 286 285 283  
 237 280 279 278 277 276 275 274 273 262 261 260 259 238  
 241 240 242 243 247 244 245 246 251 250 252 248 249 239  
 253 254 255 257 256 258 265 264 263 272 271 269 268 267  
 266 270 282 281 284 287 288 292 293 294 291 290 289 296  
 295 302 306 307 308 309 310 311 312 313 314 315 319 303  
 318 305 304 301 300 299 297 298 322 321 320 316 317 327  
 326 325 324 323 214 213 208 209 210 211 206 212 207 194  
 202 197 200 199 201 198 193 192 196 191 186 187 126 71 70  
 66 69 68 67 93 72 125 190 189 188 177 124 120 119 118 123  
 122 76 85 86 84 109 108 107 112 106 105 102 103 104 101  
 98 99 100 89 88 87 95 75 121 74 73 94 90 91 92 96 97 64  
 65 63 61 62 60 59 46 44 45 37 36 34 33 35 32 31 30 29 41  
 40 39 38 55 54 53 56 58 57 52 47 48 49 5 50 51 3 4 328  
 329 330 8 9 7 6 14 15 16 17 18 19 20 11 12 13 10 2 179  
 148 21 24 22 23 26 27 28 25 43 42 169 185

Χρόνος: 28.0950642

Μήκος δρομολογίου: 146281.5

## Κεφάλαιο 4 – Αποτελέσματα

Όπου οι παραπάνω αριθμοί αντιστοιχούν στα ακόλουθα φαρμακεία:

|    | Διεύθυνση                             | Περιοχή      | Ζήτηση |
|----|---------------------------------------|--------------|--------|
| 1  | ΑΓ. ΙΩΑΝΝΗ ΡΕΝΤΗ 10                   | ΑΓ. Ι. ΡΕΝΤΗ | 2      |
| 2  | ΓΡ. ΛΑΜΠΡΑΚΗ 56                       | ΝΙΚΑΙΑ       | 1      |
| 3  | ΚΟΛΟΚΟΤΡΩΝΗ 68                        | ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΣ   | 2      |
| 4  | ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ 110                      | ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΣ   | 2      |
| 5  | ΔΗΜΗΤΡΑΚΟΠΟΥΛΟΥ 65                    | ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΣ   | 2      |
| 6  | ΒΑΛΛΩΡΙΤΟΥ 61 & ΕΚΤΩΡΟΣ               | ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΣ   | 1      |
| 7  | ΠΑΠΑΔΙΑΜΑΝΤΗ 75                       | ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΣ   | 2      |
| 8  | ΚΡΟΝΟΥ 11                             | ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΣ   | 4      |
| 9  | ΜΠΟΥΜΠΟΥΛΙΝΑΣ 28                      | ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΣ   | 2      |
| 10 | ΕΛΛΗΣΠΟΝΤΟΥ 35                        | ΝΙΚΑΙΑ       | 2      |
| 11 | ΕΛΛΗΣΠΟΝΤΟΥ 5                         | ΝΙΚΑΙΑ       | 2      |
| 12 | ΚΟΥΤΑΪΣΙ 2                            | ΝΙΚΑΙΑ       | 2      |
| 13 | ΚΟΥΤΑΪΣΙ 23                           | ΝΙΚΑΙΑ       | 2      |
| 14 | ΓΡ. ΛΑΜΠΡΑΚΗ 229                      | ΝΙΚΑΙΑ       | 2      |
| 15 | ΤΣΑΚΑΛΩΦ 32                           | ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΣ   | 2      |
| 16 | ΑΝΩΓΕΙΩΝ 27                           | ΝΙΚΑΙΑ       | 2      |
| 17 | Π. ΤΣΑΛΔΑΡΗ 270                       | ΝΙΚΑΙΑ       | 2      |
| 18 | Π. ΤΣΑΛΔΑΡΗ 311                       | ΝΙΚΑΙΑ       | 2      |
| 19 | Κ. ΓΕΜΕΛΟΥ 228-230<br>(ΠΡ.ΜΟΡΚΕΝΤΑΟΥ) | ΝΙΚΑΙΑ       | 3      |
| 20 | 28ης ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ 74                     | ΝΙΚΑΙΑ       | 2      |
| 21 | 28ης ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ 28                     | ΝΙΚΑΙΑ       | 2      |
| 22 | ΛΑΟΔΙΚΕΙΑΣ 166                        | ΝΙΚΑΙΑ       | 2      |
| 23 | Π. ΡΑΛΛΗ 420                          | ΝΙΚΑΙΑ       | 2      |
| 24 | ΜΕΣΟΛΟΓΙΟΥ 69 & ΤΑΡΣΟΥ                | ΝΙΚΑΙΑ       | 2      |
| 25 | Π. ΤΣΑΛΔΑΡΗ 125                       | ΝΙΚΑΙΑ       | 2      |
| 26 | ΙΩΝΙΑΣ 76                             | ΝΙΚΑΙΑ       | 2      |
| 27 | ΚΥΠΡΟΥ 50                             | ΝΙΚΑΙΑ       | 2      |
| 28 | Π. ΤΣΑΛΔΑΡΗ 79                        | ΝΙΚΑΙΑ       | 2      |
| 29 | 7ης ΜΑΡΤΙΟΥ 1944 (ΠΡ.<br>ΚΟΝΔΥΛΗ) 57  | ΝΙΚΑΙΑ       | 1      |
| 30 | 7ης ΜΑΡΤΙΟΥ 1944 (ΠΡ.<br>ΚΟΝΔΥΛΗ) 79  | ΝΙΚΑΙΑ       | 2      |
| 31 | 7ης ΜΑΡΤΙΟΥ 1944 (ΠΡ.<br>ΚΟΝΔΥΛΗ) 119 | ΝΙΚΑΙΑ       | 2      |
| 32 | ΞΕΝΟΦΩΝΤΟΣ 4                          | ΝΙΚΑΙΑ       | 1      |
| 33 | 25ης ΜΑΡΤΙΟΥ 58                       | ΠΕΙΡΑΙΑΣ     | 1      |
| 34 | ΑΓΡΙΝΙΟΥ 14                           | ΠΕΙΡΑΙΑΣ     | 3      |
| 35 | ΑΓ. ΑΝΑΡΓΥΡΩΝ 64                      | ΠΕΙΡΑΙΑΣ     | 2      |
| 36 | Λ. ΘΗΒΩΝ 151                          | ΠΕΙΡΑΙΑΣ     | 2      |
| 37 | ΚΡΗΝΗΣ 50 & ΜΠΕΛΟΓΙΑΝΝΗ               | ΝΙΚΑΙΑ       | 3      |
| 38 | ΠΛΑΤΕΙΑ ΔΑΒΑΚΗ 1                      | ΝΙΚΑΙΑ       | 2      |
| 39 | ΣΟΛΩΜΟΥ 3                             | ΝΙΚΑΙΑ       | 4      |
| 40 | ΔΑΡΔΑΝΕΛΛΙΩΝ 8                        | ΝΙΚΑΙΑ       | 2      |
| 41 | ΙΩΝΙΑΣ 5 & ΘΡΑΚΗΣ                     | ΝΙΚΑΙΑ       | 2      |
| 42 | ΜΟΥΓΛΩΝ 34                            | ΝΙΚΑΙΑ       | 2      |
| 43 | Π. ΡΑΛΛΗ 282 & ΒΙΘΥΝΙΑΣ               | ΝΙΚΑΙΑ       | 2      |

Κεφάλαιο 4 – Αποτελέσματα

|    |                                   |            |   |
|----|-----------------------------------|------------|---|
| 44 | Π. ΡΑΛΛΗ 208                      | ΝΙΚΑΙΑ     | 3 |
| 45 | ΧΡ. ΣΜΥΡΝΗΣ 26                    | ΝΙΚΑΙΑ     | 3 |
| 46 | Π. ΡΑΛΛΗ 154                      | ΝΙΚΑΙΑ     | 2 |
| 47 | ΞΕΝΟΦΩΝΤΟΣ 34                     | ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΣ | 4 |
| 48 | ΨΑΡΡΩΝ 49                         | ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΣ | 1 |
| 49 | ΤΑΞΙΑΡΧΩΝ 89                      | ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΣ | 3 |
| 50 | ΓΡ. ΛΑΜΠΡΑΚΗ 117                  | ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΣ | 2 |
| 51 | ΓΡ. ΛΑΜΠΡΑΚΗ 89                   | ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΣ | 2 |
| 52 | ΑΘΗΝΑΣ 62-64                      | ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΣ | 2 |
| 53 | ΑΘΗΝΑΣ 39                         | ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΣ | 3 |
| 54 | ΑΘΗΝΑΣ 7-9                        | ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΣ | 1 |
| 55 | ΜΙΑΟΥΛΗ 20                        | ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΣ | 1 |
| 56 | ΑΓ. ΓΕΩΡΓΙΟΥ 33                   | ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΣ | 2 |
| 57 | ΤΑΞΙΑΡΧΩΝ 19                      | ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΣ | 1 |
| 58 | ΤΑΞΙΑΡΧΩΝ 10                      | ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΣ | 2 |
| 59 | ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ 39                     | ΤΑΥΡΟΣ     | 5 |
| 60 | ΠΕΙΡΑΙΩΣ 214 & ΑΓ. ΓΕΩΡΓΙΟΥ 1     | ΤΑΥΡΟΣ     | 1 |
| 61 | ΛΑΜΠΡΑΚΗ ΓΡ. 26                   | ΤΑΥΡΟΣ     | 2 |
| 62 | ΑΝΔΡΟΥΤΣΟΥ ΟΔ. 2 & ΤΙΜ. ΕΥΓΕΝΙΚΟΥ | ΤΑΥΡΟΣ     | 2 |
| 63 | ΧΡ. ΣΜΥΡΝΗΣ 28                    | ΤΑΥΡΟΣ     | 2 |
| 64 | ΜΑΡΑΘΩΝΟΣ 25                      | ΤΑΥΡΟΣ     | 1 |
| 65 | ΛΑΜΠΡΑΚΗ ΓΡ. 76                   | ΤΑΥΡΟΣ     | 2 |
| 66 | ΓΡΥΠΑΡΗ 15-17                     | ΚΑΛΛΙΘΕΑ   | 1 |
| 67 | ΧΑΡΟΚΟΠΟΥ 61                      | ΚΑΛΛΙΘΕΑ   | 2 |
| 68 | ΓΡΥΠΑΡΗ 67                        | ΚΑΛΛΙΘΕΑ   | 2 |
| 69 | ΕΥΑΓΓΕΛΙΣΤΡΙΑΣ 72                 | ΚΑΛΛΙΘΕΑ   | 2 |
| 70 | ΑΤΘΙΔΩΝ 65 & ΣΟΦΟΚΛΕΟΥΣ           | ΚΑΛΛΙΘΕΑ   | 1 |
| 71 | ΔΗΜΟΣΘΕΝΟΥΣ 42 & ΧΑΡΟΚΟΠΟΥ 37     | ΚΑΛΛΙΘΕΑ   | 2 |
| 72 | ΔΗΜΟΣΘΕΝΟΥΣ 62                    | ΚΑΛΛΙΘΕΑ   | 2 |
| 73 | ΔΗΜΟΣΘΕΝΟΥΣ 88                    | ΚΑΛΛΙΘΕΑ   | 4 |
| 74 | ΙΦΙΓΕΝΕΙΑΣ 21-23                  | ΚΑΛΛΙΘΕΑ   | 3 |
| 75 | ΔΗΜΟΣΘΕΝΟΥΣ 112                   | ΚΑΛΛΙΘΕΑ   | 2 |
| 76 | ΔΗΜΟΣΘΕΝΟΥΣ 149                   | ΚΑΛΛΙΘΕΑ   | 3 |
| 77 | ΔΗΜΟΣΘΕΝΟΥΣ 234                   | ΚΑΛΛΙΘΕΑ   | 2 |
| 78 | ΣΟΛΩΝΟΣ 79 & ΣΟΦΟΚΛΕΟΥΣ 241       | ΚΑΛΛΙΘΕΑ   | 2 |
| 79 | ΞΕΝΟΦΩΝΤΟΣ 149                    | ΚΑΛΛΙΘΕΑ   | 3 |
| 80 | Λ. ΘΗΣΕΩΣ 321Α                    | ΚΑΛΛΙΘΕΑ   | 2 |
| 81 | ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΕΩΣ 41                  | ΚΑΛΛΙΘΕΑ   | 2 |
| 82 | Λ. ΘΗΣΕΩΣ 267                     | ΚΑΛΛΙΘΕΑ   | 5 |
| 83 | ΠΕΡΙΚΛΕΟΥΣ 49                     | ΚΑΛΛΙΘΕΑ   | 2 |
| 84 | ΣΚΡΑ 94                           | ΚΑΛΛΙΘΕΑ   | 2 |
| 85 | ΣΚΡΑ 59                           | ΚΑΛΛΙΘΕΑ   | 2 |
| 86 | ΓΡΥΠΑΡΗ 197                       | ΚΑΛΛΙΘΕΑ   | 2 |
| 87 | ΦΙΛΑΡΕΤΟΥ 75                      | ΚΑΛΛΙΘΕΑ   | 2 |
| 88 | ΔΑΒΑΚΗ 61                         | ΚΑΛΛΙΘΕΑ   | 3 |
| 89 | ΓΡΥΠΑΡΗ 137                       | ΚΑΛΛΙΘΕΑ   | 3 |
| 90 | ΓΡΥΠΑΡΗ 114 & ΙΦΙΓΕΝΕΙΑΣ          | ΚΑΛΛΙΘΕΑ   | 1 |
| 91 | ΓΡΥΠΑΡΗ 92                        | ΚΑΛΛΙΘΕΑ   | 2 |



|     |                                      |                  |          |
|-----|--------------------------------------|------------------|----------|
| 92  | Λ. ΘΗΣΕΩΣ 105                        | ΚΑΛΛΙΘΕΑ         | 3        |
| 93  | ΑΓ. ΠΑΝΤΩΝ 49                        | ΚΑΛΛΙΘΕΑ         | 2        |
| 94  | ΣΟΦΟΚΛΕΟΥΣ 120                       | ΚΑΛΛΙΘΕΑ         | 2        |
| 95  | ΣΟΦΟΚΛΕΟΥΣ 142                       | ΚΑΛΛΙΘΕΑ         | 2        |
| 96  | ΧΑΡΟΚΟΠΟΥ 119                        | ΚΑΛΛΙΘΕΑ         | 3        |
| 97  | ΚΡΕΜΟΥ 33                            | ΚΑΛΛΙΘΕΑ         | 3        |
| 98  | ΛΑΣΚΑΡΙΔΟΥ 60                        | ΚΑΛΛΙΘΕΑ         | 2        |
| 99  | ΑΡΑΠΑΚΗ 44 &<br>ΔΗΜΗΤΡΑΚΟΠΟΥΛΟΥ      | ΚΑΛΛΙΘΕΑ         | 2        |
| 100 | ΒΡΙΣΗΙΔΟΣ 6                          | ΚΑΛΛΙΘΕΑ         | 1        |
| 101 | ΣΑΠΦΟΥΣ 71                           | ΚΑΛΛΙΘΕΑ         | 2        |
| 102 | ΚΡΕΜΟΥ 116                           | ΚΑΛΛΙΘΕΑ         | 2        |
| 103 | ΣΙΒΙΤΑΝΙΔΟΥ 34                       | ΚΑΛΛΙΘΕΑ         | 2        |
| 104 | ΛΥΚΟΥΡΓΟΥ 89                         | ΚΑΛΛΙΘΕΑ         | 3        |
| 105 | ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΑΝΔ. 1 -<br>ΠΛΑΤΕΙΑ ΚΥΠΡΟΥ | ΚΑΛΛΙΘΕΑ         | 3        |
| 106 | ΦΙΛΑΡΕΤΟΥ 109                        | ΚΑΛΛΙΘΕΑ         | 5        |
| 107 | ΣΚΙΠΗΣ 12-14 & ΣΑΠΦΟΥΣ               | ΚΑΛΛΙΘΕΑ         | 2        |
| 108 | ΑΡΑΠΑΚΗ 103                          | ΚΑΛΛΙΘΕΑ         | 2        |
| 109 | ΑΡΑΠΑΚΗ 114                          | ΚΑΛΛΙΘΕΑ         | 2        |
| 110 | ΣΠΑΡΤΗΣ 106                          | ΚΑΛΛΙΘΕΑ         | 4        |
| 111 | ΛΥΚΟΥΡΓΟΥ 205                        | ΚΑΛΛΙΘΕΑ         | 1        |
| 112 | ΛΥΚΟΥΡΓΟΥ 138                        | ΚΑΛΛΙΘΕΑ         | 2        |
| 113 | ΗΡΑΚΛΕΟΥΣ 182 & ΜΕΓΙΣΤΗΣ<br>94       | ΚΑΛΛΙΘΕΑ         | 2        |
| 114 | ΗΡΑΚΛΕΟΥΣ 211 & ΝΗΡΕΩΣ<br>17         | ΚΑΛΛΙΘΕΑ         | 2        |
| 115 | ΣΟΛΩΝΟΣ 21                           | ΚΑΛΛΙΘΕΑ         | 2        |
| 116 | ΣΩΚΡΑΤΟΥΣ 163                        | ΚΑΛΛΙΘΕΑ         | 2        |
| 117 | ΔΟΪΡΑΝΗΣ 155                         | ΚΑΛΛΙΘΕΑ         | 2        |
| 118 | ΔΟΪΡΑΝΗΣ 101                         | ΚΑΛΛΙΘΕΑ         | 2        |
| 119 | ΔΑΒΑΚΗ Κ. 12                         | ΚΑΛΛΙΘΕΑ         | 2        |
| 120 | ΔΑΒΑΚΗ Κ. 22                         | ΚΑΛΛΙΘΕΑ         | 2        |
| 121 | ΗΡΑΚΛΕΟΥΣ 110Α                       | ΚΑΛΛΙΘΕΑ         | 2        |
| 122 | ΗΡΑΚΛΕΟΥΣ 133                        | ΚΑΛΛΙΘΕΑ         | 2        |
| 123 | ΦΙΛΑΡΕΤΟΥ 24-26                      | ΚΑΛΛΙΘΕΑ         | 1        |
| 124 | ΔΟΪΡΑΝΗΣ 85 & ΠΙΝΔΟΥ 7               | ΚΑΛΛΙΘΕΑ         | 2        |
| 125 | ΔΟΪΡΑΝΗΣ 49                          | ΚΑΛΛΙΘΕΑ         | 2        |
| 126 | ΧΑΡΟΚΟΠΟΥ 8                          | ΚΑΛΛΙΘΕΑ         | 3        |
| 127 | ΤΡΙΤΩΝΟΣ 45                          | Π. ΦΑΛΗΡΟ        | 2        |
| 128 | ΤΡΙΤΩΝΟΣ 40                          | Π. ΦΑΛΗΡΟ        | 2        |
| 129 | ΑΛΚΥΟΝΗΣ 23                          | Π. ΦΑΛΗΡΟ        | 1        |
| 130 | ΑΓ. ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥ 8                     | Π. ΦΑΛΗΡΟ        | 3        |
| 131 | <b>ΑΓ. ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥ 49</b>             | <b>Π. ΦΑΛΗΡΟ</b> | <b>1</b> |
| 132 | ΑΓ. ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥ 72                    | Π. ΦΑΛΗΡΟ        | 3        |
| 133 | ΑΓ. ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥ 100                   | Π. ΦΑΛΗΡΟ        | 2        |
| 134 | ΣΕΙΡΗΝΩΝ 48                          | Π. ΦΑΛΗΡΟ        | 2        |
| 135 | ΤΕΡΨΙΧΟΡΗΣ 21                        | Π. ΦΑΛΗΡΟ        | 2        |
| 136 | ΑΛΚΥΟΝΗΣ 85                          | Π. ΦΑΛΗΡΟ        | 3        |
| 137 | ΖΑΪΜΗ 8                              | Π. ΦΑΛΗΡΟ        | 1        |
| 138 | ΑΧΙΛΛΕΩΣ 17-19                       | Π. ΦΑΛΗΡΟ        | 3        |
| 139 | ΑΧΙΛΛΕΩΣ 31                          | Π. ΦΑΛΗΡΟ        | 3        |
| 140 | ΝΑΪΑΔΩΝ 98                           | Π. ΦΑΛΗΡΟ        | 2        |

Κεφάλαιο 4 – Αποτελέσματα

|     |                                    |               |   |
|-----|------------------------------------|---------------|---|
| 141 | ΑΧΙΛΛΕΩΣ 53                        | Π. ΦΑΛΗΡΟ     | 2 |
| 142 | Λ. ΑΓ. ΒΑΡΒΑΡΑΣ 20                 | Π. ΦΑΛΗΡΟ     | 2 |
| 143 | Λ. ΑΓ. ΒΑΡΒΑΡΑΣ 32                 | Π. ΦΑΛΗΡΟ     | 2 |
| 144 | Λ. ΑΓ. ΒΑΡΒΑΡΑΣ 46 & ΔΙΑΓΟΡΑ 13    | Π. ΦΑΛΗΡΟ     | 2 |
| 145 | Λ. ΑΓ. ΒΑΡΒΑΡΑΣ 58                 | Π. ΦΑΛΗΡΟ     | 3 |
| 146 | Λ. ΑΓ. ΒΑΡΒΑΡΑΣ 98                 | Π. ΦΑΛΗΡΟ     | 2 |
| 147 | Λ. ΑΓ. ΒΑΡΒΑΡΑΣ 117 & ΦΙΛΟΣΤΡΑΤΟΥΣ | Π. ΦΑΛΗΡΟ     | 2 |
| 148 | Λ. ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ 309               | ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ | 2 |
| 149 | Λ. ΚΑΛΑΜΑΚΙΟΥ 81-83                | ΑΛΙΜΟΣ        | 2 |
| 150 | ΛΥΣΙΚΡΑΤΟΥΣ 49                     | ΑΛΙΜΟΣ        | 1 |
| 151 | Λ. ΚΑΛΑΜΑΚΙΟΥ 29                   | ΚΑΛΑΜΑΚΙ      | 2 |
| 152 | ΘΕΜΙΣΤΟΚΛΕΟΥΣ 20 & ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΕΩΣ   | ΚΑΛΑΜΑΚΙ      | 2 |
| 153 | ΘΟΥΚΙΔΙΔΟΥ 36                      | ΚΑΛΑΜΑΚΙ      | 6 |
| 154 | ΘΟΥΚΙΔΙΔΟΥ 42                      | ΑΛΙΜΟΣ        | 1 |
| 155 | ΘΕΜΙΣΤΟΚΛΕΟΥΣ 62 & ΥΨΗΛΑΝΤΟΥ       | ΑΛΙΜΟΣ        | 2 |
| 156 | ΑΝΔΡΟΥΤΣΟΥ 8                       | ΑΛΙΜΟΣ        | 2 |
| 157 | ΔΑΒΑΚΗ 2                           | ΚΑΛΑΜΑΚΙ      | 2 |
| 158 | Λ. ΕΛ. ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ 210               | Π. ΦΑΛΗΡΟ     | 2 |
| 159 | ΤΕΡΨΙΘΕΑΣ 31                       | Π. ΦΑΛΗΡΟ     | 2 |
| 160 | ΑΧΙΛΛΕΩΣ 120                       | Π. ΦΑΛΗΡΟ     | 2 |
| 161 | ΚΟΛΟΚΟΤΡΩΝΗ 2-4                    | Π. ΦΑΛΗΡΟ     | 2 |
| 162 | ΛΙΝΟΥ ΠΑΝΤΕΛΗ 42                   | Π. ΦΑΛΗΡΟ     | 3 |
| 163 | ΑΝΔΡΟΜΑΧΗΣ 34                      | Π. ΦΑΛΗΡΟ     | 1 |
| 164 | Λ. ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ ΕΛ. 203               | Ν. ΣΜΥΡΝΗ     | 2 |
| 165 | Λ. ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ ΕΛ. 199               | Ν. ΣΜΥΡΝΗ     | 4 |
| 166 | ΣΤΑΔΙΟΥ 52 & ΕΥΞΕΙΝΟΥ ΠΟΝΤΟΥ 180   | Ν. ΣΜΥΡΝΗ     | 2 |
| 167 | ΑΓ. ΣΟΦΙΑΣ 86                      | Ν. ΣΜΥΡΝΗ     | 1 |
| 168 | ΒΟΣΠΟΡΟΥ 100 & ΑΝΤΙΟΧΕΙΑΣ          | Ν. ΣΜΥΡΝΗ     | 1 |
| 169 | ΚΝΩΣΣΟΥ 3                          | Π. ΦΑΛΗΡΟ     | 2 |
| 170 | ΕΠΤΑΛΟΦΟΥ 3                        | Ν. ΣΜΥΡΝΗ     | 1 |
| 171 | ΠΑΛΑΙΟΛΟΓΟΥ Κ. 27                  | Ν. ΣΜΥΡΝΗ     | 4 |
| 172 | Λ. ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ ΕΛ. 36                | Ν. ΣΜΥΡΝΗ     | 2 |
| 173 | ΠΡΟΣΚΟΠΩΝ ΑΪΔΙΝΙΟΥ 8               | Ν. ΣΜΥΡΝΗ     | 2 |
| 174 | Λ. ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ ΕΛ. 43                | Ν. ΣΜΥΡΝΗ     | 2 |
| 175 | ΑΓ. ΦΩΤΕΙΝΗΣ 4                     | Ν. ΣΜΥΡΝΗ     | 2 |
| 176 | ΑΓ. ΦΩΤΕΙΝΗΣ 23                    | Ν. ΣΜΥΡΝΗ     | 1 |
| 177 | ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥΠΟΛΕΩΣ 59              | Ν. ΣΜΥΡΝΗ     | 2 |
| 178 | ΟΜΗΡΟΥ 6                           | Ν. ΣΜΥΡΝΗ     | 3 |
| 179 | ΑΔΡΑΜΥΤΙΟΥ 33                      | Ν. ΣΜΥΡΝΗ     | 2 |
| 180 | ΠΑΛΑΙΟΛΟΓΟΥ Κ. 5                   | Ν. ΣΜΥΡΝΗ     | 1 |
| 181 | ΚΥΔΩΝΙΩΝ 28                        | Ν. ΣΜΥΡΝΗ     | 2 |
| 182 | 2ας ΜΑΪΟΥ 26                       | Ν. ΣΜΥΡΝΗ     | 2 |
| 183 | Λ. ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ ΕΛ. 14                | Ν. ΣΜΥΡΝΗ     | 3 |
| 184 | ΑΓ. ΠΟΛΥΚΑΡΠΟΥ 6                   | Ν. ΣΜΥΡΝΗ     | 2 |
| 185 | ΚΡΑΤΗΤΟΣ 63                        | Ν. ΚΟΣΜΟΣ     | 2 |
| 186 | ΚΡΑΤΗΤΟΣ 44                        | Ν. ΣΜΥΡΝΗ     | 3 |
| 187 | ΑΙΓΑΙΟΥ 21                         | Ν. ΣΜΥΡΝΗ     | 1 |

Κεφάλαιο 4 – Αποτελέσματα

|     |                             |               |   |
|-----|-----------------------------|---------------|---|
| 188 | ΙΩΝΙΑΣ 46                   | Ν. ΣΜΥΡΝΗ     | 2 |
| 189 | ΠΛΑΣΤΗΡΑ Ν. 31              | Ν. ΣΜΥΡΝΗ     | 1 |
| 190 | ΠΛΑΣΤΗΡΑ Ν. 21 & ΠΕΡΓΑΜΟΥ   | Ν. ΣΜΥΡΝΗ     | 2 |
| 191 | ΜΠΑΚΝΑΝΑ 20                 | Ν. ΚΟΣΜΟΣ     | 2 |
| 192 | ΜΑΧΗΣ ΑΝΑΛΑΤΟΥ 49           | Ν. ΚΟΣΜΟΣ     | 2 |
| 193 | ΣΟΥΛΙΩΤΩΝ 2                 | Ν. ΚΟΣΜΟΣ     | 2 |
| 194 | ΜΠΑΚΝΑΝΑ 42                 | Ν. ΚΟΣΜΟΣ     | 2 |
| 195 |                             |               |   |
| 196 | ΡΟΥΜΠΕΣΗ 46                 | Ν. ΚΟΣΜΟΣ     | 1 |
| 197 | ΑΔΕΛΦΩΝ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ 3         | Ν. ΚΟΣΜΟΣ     | 2 |
| 198 | ΡΟΥΜΠΕΣΗ 15-17              | Ν. ΚΟΣΜΟΣ     | 1 |
| 199 | ΛΥΣΙΜΑΧΙΑΣ 24-26            | Ν. ΚΟΣΜΟΣ     | 2 |
| 200 | ΑΜΒΡ. ΦΡΑΝΤΖΗ 31            | Ν. ΚΟΣΜΟΣ     | 3 |
| 201 | ΚΑΣΟΜΟΥΛΗ 2 & ΑΜΕΙΝΟΚΛΕΟΥΣ  | Ν. ΚΟΣΜΟΣ     | 2 |
| 202 | ΑΜΒΡ. ΦΡΑΝΤΖΗ 96            | Ν. ΚΟΣΜΟΣ     | 2 |
| 203 | ΑΡΤΑΚΗΣ 35                  | Ν. ΣΜΥΡΝΗ     | 2 |
| 204 | ΑΙΓΑΙΟΥ 135                 | Ν. ΣΜΥΡΝΗ     | 3 |
| 205 | ΑΙΓΑΙΟΥ 171                 | Ν. ΣΜΥΡΝΗ     | 3 |
| 206 | ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ 69            | ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ | 2 |
| 207 | ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ 6             | ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ | 1 |
| 208 | ΣΤΡ. ΠΑΠΑΓΟΥ 114            | ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ | 2 |
| 209 | ΣΤΡ. ΠΑΠΑΓΟΥ 59             | ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ | 1 |
| 210 | ΣΤΡ. ΠΑΠΑΓΟΥ 43             | ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ | 2 |
| 211 | ΣΤΡ. ΠΑΠΑΓΟΥ 33             | ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ | 3 |
| 212 | ΣΤΡ. ΠΑΠΑΓΟΥ 14 & ΘΑΛΕΙΑΣ   | ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ | 2 |
| 213 | ΚΟΛΟΚΟΤΡΩΝΗ 76              | ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ | 2 |
| 214 | ΑΓ. ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ 30            | ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ | 1 |
| 215 | ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ 144           | ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ | 2 |
| 216 | ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ 160           | ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ | 2 |
| 217 | ΑΤΤΑΛΟΥ 3                   | ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ | 3 |
| 218 | ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ 204           | ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ | 2 |
| 219 | ΦΙΛΙΚΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ 7         | ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ | 2 |
| 220 | ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΕΩΣ 1 & ΑΣΥΡΜΑΤΟΥ | ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ | 2 |
| 221 | ΑΜΦΙΣΣΗΣ 21                 | ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ | 2 |
| 222 | ΞΑΝΘΗΣ 24                   | ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ | 1 |
| 223 | ΣΟΥΛΙΟΥ 142                 | ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ | 1 |
| 224 | ΣΟΥΛΙΟΥ 132                 | ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ | 2 |
| 225 | ΠΡΕΒΕΖΗΣ 46                 | ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ | 4 |
| 226 | ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΟΥ 8               | ΚΑΛΑΜΑΚΙ      | 2 |
| 227 | ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΟΥ 39              | ΑΝΩ ΚΑΛΑΜΑΚΙ  | 1 |
| 228 | ΚΥΠΡΟΥ 10                   | ΑΛΙΜΟΣ        | 1 |
| 229 | ΠΛΟΥΤΑΡΧΟΥ 29               | ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ | 4 |
| 230 | ΑΛ. ΑΣΗΜΑΚΟΠΟΥΛΟΥ 25        | ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ | 3 |
| 231 | ΘΕΟΜΗΤΟΡΟΣ 17               | ΚΑΛΑΜΑΚΙ      | 2 |
| 232 | ΙΩΝΙΑΣ 152 & ΘΕΟΜΗΤΟΡΟΣ     | ΚΑΛΑΜΑΚΙ      | 1 |
| 233 | ΙΩΝΙΑΣ 170                  | ΑΛΙΜΟΣ        | 3 |
| 234 | Γ. ΠΑΠΑΝΔΡΕΟΥ 8 & ΚΑΣΟΥ     | ΑΛΙΜΟΣ        | 2 |
| 235 | ΙΩΝΙΑΣ 65                   | ΚΑΛΑΜΑΚΙ      | 3 |

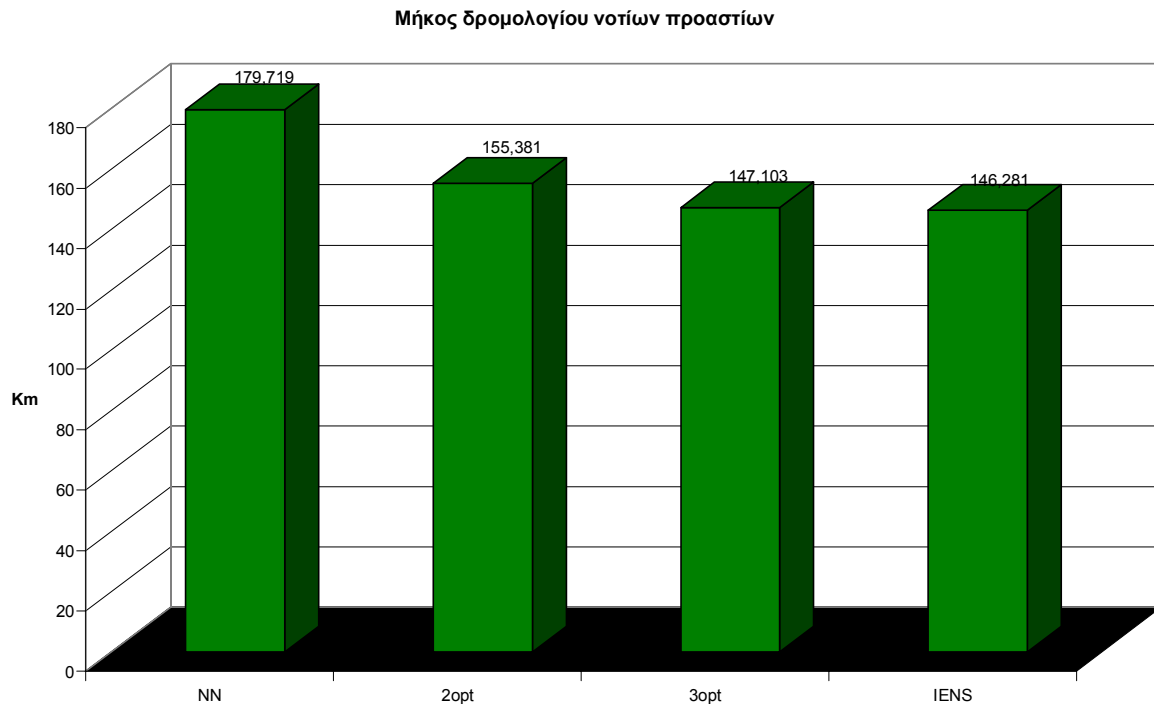
Κεφάλαιο 4 – Αποτελέσματα

|     |  |              |   |
|-----|--|--------------|---|
| 236 | ΙΩΝΙΑΣ 80                                      | ΑΝΩ ΚΑΛΑΜΑΚΙ | 2 |
| 237 | Λ. ΑΛΙΜΟΥ 130Α                                 | ΑΡΓΥΡΟΥΠΟΛΗ  | 3 |
| 238 | Α. ΛΑΖΑΡΑΚΗ 3                                  | ΓΛΥΦΑΔΑ      | 1 |
| 239 | ΜΕΤΑΞΑ 41                                      | ΓΛΥΦΑΔΑ      | 2 |
| 240 | ΜΕΤΑΞΑ 37                                      | ΓΛΥΦΑΔΑ      | 2 |
| 241 | ΔΟΥΣΜΑΝΗ 13                                    | ΓΛΥΦΑΔΑ      | 2 |
| 242 | ΒΑΣ. ΠΑΥΛΟΥ 6                                  | ΒΟΥΛΑ        | 1 |
| 243 | ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ 4                                  | ΒΟΥΛΑ        | 2 |
| 244 | ΒΑΣ. ΠΑΥΛΟΥ 76                                 | ΒΟΥΛΑ        | 2 |
| 245 | ΒΑΣ. ΠΑΥΛΟΥ 67                                 | ΒΟΥΛΑ        | 2 |
| 246 | ΒΑΣ. ΠΑΥΛΟΥ 104                                | ΒΟΥΛΑ        | 1 |
| 247 | ΑΓ. ΙΩΑΝΝΟΥ 28                                 | ΒΟΥΛΑ        | 2 |
| 248 | ΑΦΡΟΔΙΤΗΣ 56                                   | ΒΟΥΛΑ        | 2 |
| 249 | ΠΑΠΑΓΟΥ 26                                     | ΒΟΥΛΑ        | 3 |
| 250 | ΠΛΑΤΕΙΑ ΝΥΜΦΩΝ 5                               | ΒΟΥΛΙΑΓΜΕΝΗ  | 3 |
| 251 | Λ. ΑΘΗΝΑΣ 94-96 & ΡΕΑΣ 2                       | ΒΟΥΛΙΑΓΜΕΝΗ  | 2 |
| 252 | Λ. ΒΟΥΛΙΑΓΜΕΝΗΣ 75<br>(ΔΙΠΛΑ ΑΠΟ PIZZA DOMINO) | ΒΟΥΛΑ        | 2 |
| 253 | ΓΟΥΝΑΡΗ 219                                    | ΑΝΩ ΓΛΥΦΑΔΑ  | 3 |
| 254 | ΓΟΥΝΑΡΗ 200 &<br>ΠΡΟΜΗΘΕΩΣ                     | ΓΛΥΦΑΔΑ      | 1 |
| 255 | ΑΓ. ΤΡΙΑΔΟΣ 30                                 | ΑΝΩ ΓΛΥΦΑΔΑ  | 2 |
| 256 | ΝΑΞΟΥ 52                                       | ΑΝΩ ΓΛΥΦΑΔΑ  | 1 |
| 257 | ΓΟΥΝΑΡΗ 168                                    | ΓΛΥΦΑΔΑ      | 2 |
| 258 | ΓΟΥΝΑΡΗ 112                                    | ΓΛΥΦΑΔΑ      | 3 |
| 259 | ΜΥΣΤΡΑ 14                                      | ΓΛΥΦΑΔΑ      | 1 |
| 260 | Α. ΠΑΠΑΝΔΡΕΟΥ 138                              | ΓΛΥΦΑΔΑ      | 3 |
| 261 | ΙΘΩΜΗΣ 32                                      | ΓΛΥΦΑΔΑ      | 2 |
| 262 | ΘΡΑΚΗΣ 44 & ΓΡΑΒΙΑΣ 2                          | ΓΛΥΦΑΔΑ      | 2 |
| 263 | ΘΡΑΚΗΣ 85 & ΓΟΥΝΑΡΗ                            | ΕΛΛΗΝΙΚΟ     | 2 |
| 264 | ΓΟΥΝΑΡΗ 87                                     | ΓΛΥΦΑΔΑ      | 1 |
| 265 | ΜΥΣΤΡΑ 50                                      | ΓΛΥΦΑΔΑ      | 4 |
| 266 | Γ. ΓΕΝΝΗΜΑΤΑ 82                                | ΓΛΥΦΑΔΑ      | 3 |
| 267 | Γ. ΓΕΝΝΗΜΑΤΑ 93 & ΕΛ.<br>ΑΝΘΡΩΠΟΥ 1            | ΓΛΥΦΑΔΑ      | 2 |
| 268 | Γ. ΓΕΝΝΗΜΑΤΑ 59-61                             | ΑΝΩ ΓΛΥΦΑΔΑ  | 3 |
| 269 | Γ. ΓΕΝΝΗΜΑΤΑ 43 & Β.<br>ΗΠΕΙΡΟΥ                | ΓΛΥΦΑΔΑ      | 2 |
| 270 | Β. ΗΠΕΙΡΟΥ & ΛΕΥΚΩΣΙΑΣ                         | ΓΛΥΦΑΔΑ      | 2 |
| 271 | ΓΟΥΝΑΡΗ 24                                     | ΕΛΛΗΝΙΚΟ     | 1 |
| 272 | ΙΑΣΩΝΙΔΟΥ 73                                   | ΕΛΛΗΝΙΚΟ     | 2 |
| 273 | ΙΑΣΩΝΙΔΟΥ 47                                   | ΕΛΛΗΝΙΚΟ     | 1 |
| 274 | ΚΥΠΡΟΥ 139                                     | ΑΡΓΥΡΟΥΠΟΛΗ  | 2 |
| 275 | ΚΡΩΜΝΗΣ 33                                     | ΑΡΓΥΡΟΥΠΟΛΗ  | 2 |
| 276 | Μ. ΓΕΡΟΥΛΑΝΟΥ 135                              | ΑΡΓΥΡΟΥΠΟΛΗ  | 1 |
| 277 | Μ. ΓΕΡΟΥΛΑΝΟΥ 115                              | ΑΡΓΥΡΟΥΠΟΛΗ  | 1 |
| 278 | 25ης ΜΑΡΤΙΟΥ 18                                | ΑΡΓΥΡΟΥΠΟΛΗ  | 1 |
| 279 | Μ. ΓΕΡΟΥΛΑΝΟΥ 49                               | ΑΡΓΥΡΟΥΠΟΛΗ  | 2 |
| 280 | ΚΥΠΡΟΥ 77                                      | ΑΡΓΥΡΟΥΠΟΛΗ  | 1 |
| 281 | ΦΛΕΜΙΝΓΚ 18                                    | ΑΡΓΥΡΟΥΠΟΛΗ  | 2 |
| 282 | ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ 116                               | ΑΡΓΥΡΟΥΠΟΛΗ  | 2 |
| 283 | ΚΥΠΡΟΥ 18                                      | ΑΡΓΥΡΟΥΠΟΛΗ  | 2 |

Κεφάλαιο 4 – Αποτελέσματα

|     |                                   |             |   |
|-----|-----------------------------------|-------------|---|
| 284 | ΑΝΕΞΑΡΤΗΣΙΑΣ 97                   | ΑΡΓΥΡΟΥΠΟΛΗ | 2 |
| 285 | ΓΡΑΒΙΑΣ 40                        | ΑΡΓΥΡΟΥΠΟΛΗ | 1 |
| 286 | ΚΡΗΤΗΣ 38 & ΘΕΡΜΟΠΥΛΩΝ            | ΑΡΓΥΡΟΥΠΟΛΗ | 2 |
| 287 | Γ. ΠΑΠΑΝΔΡΕΟΥ 43                  | ΑΡΓΥΡΟΥΠΟΛΗ | 2 |
| 288 | ΚΥΠΡΙΩΝ ΗΡΩΩΝ 71                  | ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ   | 4 |
| 289 | ΚΥΠΡΙΩΝ ΗΡΩΩΝ 59                  | ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ   | 2 |
| 290 | ΕΘΝ. ΜΑΚΑΡΙΟΥ 39                  | ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ   | 1 |
| 291 | ΕΘΝ. ΜΑΚΑΡΙΟΥ 52 & ΝΕΑΡΧΟΥ 2      | ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ   | 2 |
| 292 | ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ 58                    | ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ   | 2 |
| 293 | ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ 23                      | ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ   | 2 |
| 294 | ΗΡΩΩΝ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ 57             | ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ   | 1 |
| 295 | ΠΛΑΤΕΙΑ ΑΕΡΟΠΟΡΙΑΣ 1              | ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ   | 1 |
| 296 | Λ. ΚΥΠΡΙΩΝ ΗΡΩΩΝ 41               | ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ   | 5 |
| 297 | ΑΜΕΡΙΚΗΣ 10                       | ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ   | 2 |
| 298 | ΣΟΦ. ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ 61                 | ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ   | 2 |
| 299 | ΣΟΦ. ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ 79                 | ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ   | 1 |
| 300 | ΜΑΡΙΝΟΥ ΑΝΤΥΠΑ 109                | ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ   | 2 |
| 301 | ΗΡΩΩΝ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ 1              | ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ   | 2 |
| 302 | Λ. ΠΡΩΤΟΠΑΠΠΑ 65B                 | ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ   | 3 |
| 303 | Λ. ΠΡΩΤΟΠΑΠΠΑ 47                  | ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ   | 5 |
| 304 | ΚΑΝΑΡΗ 24A                        | ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ   | 1 |
| 305 | Λ. ΠΡΩΤΟΠΑΠΠΑ 14-16               | ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ   | 2 |
| 306 | ΑΡΧΙΜΗΔΟΥΣ 73                     | ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ   | 1 |
| 307 | ΑΡΧΙΜΗΔΟΥΣ 64 - ΑΓ. <b>MARINA</b> | ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ   | 2 |
| 308 | ΑΡΧΙΜΗΔΟΥΣ 27                     | ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ   | 2 |
| 309 | ΑΡΧΙΜΗΔΟΥΣ 10                     | ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ   | 2 |
| 310 | ΑΛ. ΠΑΝΑΓΟΥΛΗ 61                  | ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ   | 2 |
| 311 | ΔΙΓΕΝΗ 17 - ΑΓ. MARINA            | ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ   | 2 |
| 312 | ΔΙΓΕΝΗ 4 - ΑΓ. MARINA             | ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ   | 3 |
| 313 | Λ. ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ 69                 | ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ   | 2 |
| 314 | ΠΛΑΤΕΙΑ ΑΝΕΞΑΡΤΗΣΙΑΣ 17           | ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ   | 1 |
| 315 | Λ. ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ 35                 | ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ   | 2 |
| 316 | Μ. ΑΝΤΥΠΑ 51                      | ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ   | 1 |
| 317 | ΠΛΑΤΕΙΑ ΣΙΚΕΛΙΑΝΟΥ 1              | ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ   | 1 |
| 318 | Λ. ΠΡΩΤΟΠΑΠΠΑ 11 & ΚΟΜΝΗΝΩΝ       | ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ   | 1 |
| 319 | ΠΕΡΙΚΛΕΟΥΣ 16 & ΣΑΡΑΦΗ            | ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ   | 2 |
| 320 | ΠΛΑΤΕΙΑ Π. Π. ΓΕΡΜΑΝΟΥ 12         | ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ   | 3 |
| 321 | ΗΡΩΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΟΠΟΥΛΟΥ 40           | ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ   | 2 |
| 322 | ΕΡΓΑΤΩΝ ΤΥΠΟΥ 36                  | ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ   | 2 |
| 323 | Λ. ΒΟΥΛΙΑΓΜΕΝΗΣ 407               | ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ   | 5 |
| 324 | ΑΓ. ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ 51               | ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ   | 2 |
| 325 | ΠΑΝΤΑΖΗ 9                         | ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ   | 2 |
| 326 | ΑΓ. ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ 11               | ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ   | 2 |
| 327 | ΜΑΡΙΝΟΥ ΑΝΤΥΠΑ 42                 | ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ   | 2 |
| 328 | ΗΠΕΙΡΟΥ 143                       | ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΣ  | 2 |
| 329 | Μ. ΑΣΙΑΣ 31 & ΘΗΡΑΣ               | ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΣ  | 2 |
| 330 | ΗΠΕΙΡΟΥ 220                       | ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΣ  | 1 |

Στο σημείο αυτό θα ήταν χρήσιμο να εξετάσουμε για το συγκεκριμένο δρομολόγιο την αποτελεσματικότητα του αλγορίθμου Iterated Expanding Neighborhood Search (IENS) σε σχέση με τους αλγόριθμους Nearest Neighbor (NN), 2-opt και 3-opt.



Σχήμα 4.16: Αναπαράσταση μήκους δρομολογίου Πειραιά με βάση τους αλγορίθμους NN, 2opt, 3opt και Iterated Expanding Neighborhood Search

### 4.3 Συμπεράσματα

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία επιλύει το πρόβλημα δρομολόγησης για τη διανομή του περιοδικού σε περισσότερα από 1400 φαρμακεία σε ολόκληρη την Αττική. Για την επίλυση του προβλήματος αυτού χρησιμοποιήθηκε ο μεθευρετικός αλγόριθμος Iterated Expanding Neighborhood Search (IENS) και αναλύθηκε με συγκριτικά ραβδογράμματα η υπεροχή του σε σχέση με τους ευρετικούς αλγορίθμους Nearest Neighbor, 2opt και 3opt. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν με τη χρήση του αλγορίθμου IENS ήταν ιδιαίτερα ικανοποιητικά αφού ο αλγόριθμος δούλεψε γρήγορα και έδωσε καλά αποτελέσματα.

Το πρόβλημα της εταιρίας εκτός από τον μεγάλο όγκο δεδομένων που προέκυπταν από τους περισσότερους από 1408 προορισμούς του συγκεκριμένου προβλήματος δρομολόγησης που έπρεπε να επεξεργασθούν κατάλληλα, παρουσίαζε

την ιδιαιτερότητα του ‘δακτυλίου’ της Αττικής μέσα στα όρια του οποίου μπορούν να κυκλοφορήσουν ανάλογα με την ημέρα του μήνα μόνο τα οχήματα με μονό ή ζυγό αριθμό κυκλοφορίας. Η ιδιαιτερότητα αυτή ανάγκασε την ύπαρξη ξεχωριστού δρομολογίου για τον δακτύλιο καθώς και αποτέλεσε τη βάση για το χτίσιμο και των υπόλοιπων δρομολογίων.

Στο σημείο αυτό πρέπει να αποσαφηνισθεί το γεγονός ότι η διπλωματική αυτή εργασία δεν αποτελεί τη βέλτιστη πρακτική λύση για το πρόβλημα καθώς δεν λαμβάνονται υπόψη παράγοντες όπως οι κυκλοφοριακές ρυθμίσεις (μονόδρομοι κλπ), η κυκλοφοριακή συμφόρηση κ.α. Παρόλα αυτά αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο για την εταιρία για να βελτιώσει τους χρόνους διανομής του περιοδικού στα φαρμακεία της Αττικής σε σχέση με την παρούσα κατάσταση.

## Βιβλιογραφία

- [1] I. Μαρινάκης, Α. Μαυρομάτη (2003), *Σχεδιασμός και βελτιστοποίηση της εφοδιαστικής αλυσίδας, σημειώσεις προπτυχιακού μαθήματος Χανιά-Πολυτεχνείο Κρήτης*
- [2] Lawler, Lenstra, Kan, Shmoys(1995), *The traveling salesman problem: A guided tour of combinatorial optimization*, Wiley and Sons
- [3] Paolo Toth, Daniel Vigo(2002), *The Vehicle Routing Problem*
- [4] P. Toth, D. Vigo "An Overview of Vehicle Routing Problems", in P. Toth, D. Vigo "The Vehicle Routing Problem", pp 1--26, 2002
- [5] <http://www.cordis.lu/improving/home.html>
- [6] Deneubourg, J.-L., S. Aron, S. Goss and J.M. Pasteels, "The self-organizing exploratory pattern of the Argentine ant", *Journal of Insect Behavior* 3, 1990, 159-168
- [7] Eric D. Taillard(1999), *Ant systems*, Technical Report IDSIA-05-99, February 1999
- [8] <http://www.tabusearch.net>
- [9] Lawler, Lenstra, Kan, Shmoys(1995), *The traveling salesman problem*
- [10] Emile Aarts, Jan Karel Lenstra(1997). *Local search in combinatorial optimization*, Wiley and Sons
- [11] Y. Marinakis, A. Migdalas and P.M. Pardalos "Expanding Neighborhood GRASP for the Traveling Salesman Problem" (2003), (in publication)



