

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ



Διπλωματική Εργασία

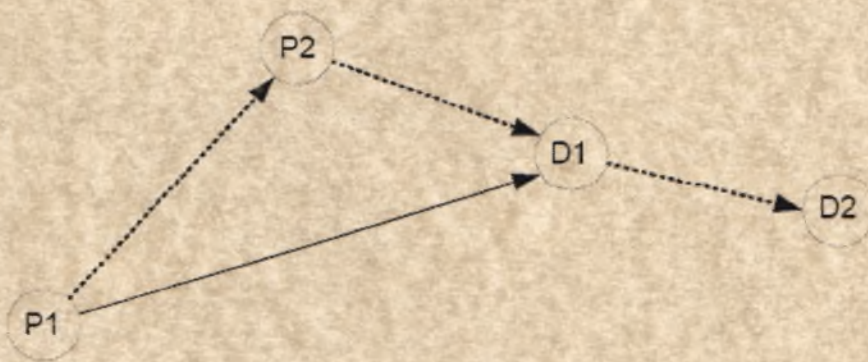
ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΓΙΑ

ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ ΜΕ

ΕΝΑ ΚΑΙ ΔΥΟ ΟΧΗΜΑΤΑ

υπό

ΜΟΥΡΟΥΤΣΟΥ ΓΕΩΡΓΙΟΥ



Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των

απαιτήσεων για την απόκτηση του

Διπλώματος Μηχανολόγου Μηχανικού Βιομηχανίας

2005



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 3814/1
Ημερ. Εισ.: 10-10-2005
Δωρεά: Συγγραφέα
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ - ΜΜΒ
2005
ΜΟΥ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ



Διπλωματική Εργασία

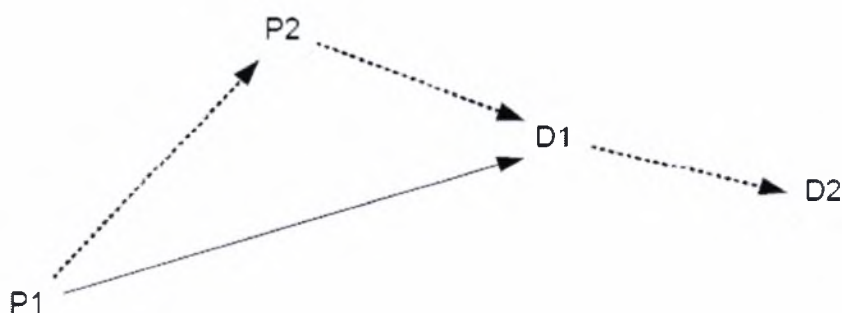
ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΓΙΑ

ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ ΜΕ

ΕΝΑ ΚΑΙ ΔΥΟ ΟΧΗΜΑΤΑ

υπό

ΜΟΥΡΟΥΤΣΟΥ ΓΕΩΡΓΙΟΥ



Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των

απαιτήσεων για την απόκτηση του

Διπλώματος Μηχανολόγου Μηχανικού Βιομηχανίας

2005

© 2005 Μουρούτσος Γεώργιος

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Ν. 5343/32 αρ. 202 παρ. 2).

Εγκρίθηκε από τα μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής

Πρώτος Εξεταστής Δρ. Γεώργιος Κοζανίδης
(Επιβλέπων) Διδάσκων Π.Δ. 407/80, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών
Βιομηχανίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Δεύτερος Εξεταστής Δρ. Γεώργιος Λυμπερόπουλος
Αναπληρωτής καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών,
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Τρίτος Εξεταστής Δρ. Αθανάσιος Ζηλιασκόπουλος
Αναπληρωτής καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών
Βιομηχανίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Ευχαριστίες

Λένε ότι τα περισσότερα πράγματα στη ζωή κάνουν τον κύκλο τους. Έτσι και ο κύκλος της φοίτησής μου στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας φτάνει στο τέλος του. Αυτή η εργασία είναι ύπο μία έννοια και ο επίλογος των σπουδών μου στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. Γι' αυτό το λόγο θα ήθελα κατ' αρχήν να εκμεταλλευτώ αυτήν την ευκαιρία για να ευχαριστήσω ορισμένους ανθρώπους που υπήρξαν δίπλα μου τόσο καθ' όλη την πορεία της φοιτητικής μου ζωής όσο και στο τέλος αυτής.

Τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Γεώργιο Κοζανίδη, για τη βοήθειά του κατά τη διάρκεια της διπλωματικής εργασίας μου αλλά κυρίως για τις συζητήσεις που κάναμε και για τα πράγματα που αποκόμισα από αυτόν και θεωρώ ότι θα μου φανούν εξαιρετικά χρήσιμα στα χρόνια που έρχονται.

Τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής Αναπληρωτές Καθηγητές κκ Γεώργιο Λυμπερόπουλο και κκ Αθανάσιο Ζηλιασκόπουλο για την προσεκτική ανάγνωση της εργασίας μου και τις πολύτιμες υποδείξεις τους.

Τους καθηγητές μου στο τμήμα για τις γνώσεις που μου προσέφεραν τα χρόνια της φοίτησής μου στο τμήμα και που πολλές φορές, χωρίς να το γνωρίζουν, με ενέπνευσαν να δώσω τον καλύτερο εαυτό μου.

Τους εγκάρδιους φίλους μου Ζαχάρη, Ευγενία, Κωκλέ, Κουτρού, Μπώκλα, Stag, Τζαμτζίκα και Κριτσουλάκη για όλες τις ευχάριστες αλλά και τις δυσάρεστες στιγμές που μοιράστηκαν μαζί μου και για την ανιδιοτελή φιλία τους, την οποία ελπίζω ότι θα έχω και στο μέλλον.

Την Λίνα για την υποστήριξή της και την υπομονή της, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια των τελευταίων μηνών, αλλά και τις πάρα πολύ όμορφες στιγμές που απλόχερα μου χάρισε.

Τέλος και πάνω από όλα θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου, Σπύρο και Ελένη, και την αδελφή μου, Μαρία, για την ολόψυχη αγάπη τους και την αμέριστη συμπαράστασή τους στον δύσκολο δρόμο της φοιτητικής μου ζωής.

Την διπλωματική αυτή την
αφιερώνω στον πατέρα μου και
την μητέρα μου.

Μουρούτσος Γεώργιος

Σεπτέμβριος 2005

ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ ΜΕ ΕΝΑ ΚΑΙ ΔΥΟ ΟΧΗΜΑΤΑ

ΜΟΥΡΟΥΤΣΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας, 2005

Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ. Γεώργιος Κοζανίδης
Διδάσκων Π.Δ. 407/80, Τομέας Οργάνωσης
Παραγωγής και Βιομηχανικής Διοίκησης

Περίληψη

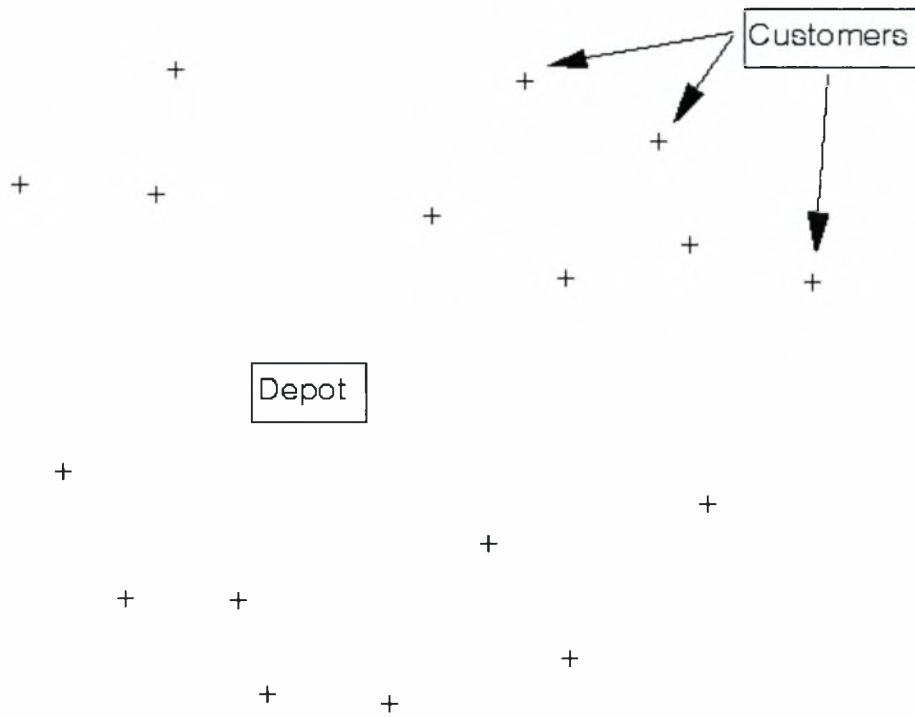
Στην παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζουμε ένα νέο αλγόριθμο δυναμικού προγραμματισμού για το πρόβλημα παραλαβής και παράδοσης με χρονικά περιθώρια με ένα ή δύο οχήματα. Ο αλγόριθμος βασίζεται σε εφαρμογή δομής δεδομένων, η οποία είναι επέκταση μίας εφαρμογής που πρωτοπαρουσιάστηκε από τον Χαρίλαο Ψαραύτη [15]. Παρουσιάζουμε αρχικά τον αλγόριθμο για το ένα όχημα και μετέπειτα τον επεκτείνουμε για δύο οχήματα. Έπειτα αναφερόμαστε λεπτομερώς στους χρόνους που χρειάζεται για να έχουμε αποτελέσματα. Η σημαντικότητα του αλγορίθμου έγκειται στο γεγονός ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την βελτίωση της απόδοσης ευρετικών μεθόδων για το πρόβλημα που αντιμετωπίζουμε. Αναλύουμε λεπτομερώς την απόδοση του αλγορίθμου και τους ποικίλους τρόπους που μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Τέλος, καταλήγουμε με προτάσεις για περαιτέρω βελτίωση αυτού.

Πίνακας Περιεχομένων

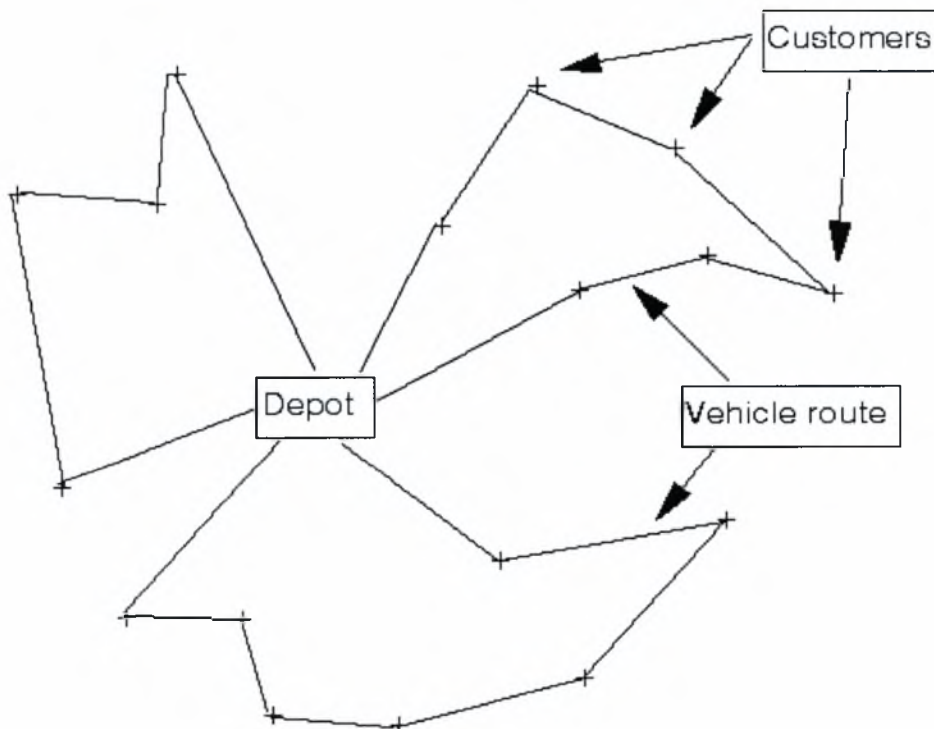
| | |
|--|----|
| Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή | 1 |
| 1.1 Κίνητρο και Υπόβαθρο | 1 |
| 1.2 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση | 3 |
| 1.3 Οργάνωση της Διπλωματικής Εργασίας | 7 |
| Κεφάλαιο 2 Δυναμικός Προγραμματισμός | 9 |
| 2.1 Το πρόβλημα | 9 |
| 2.2 Ο Αρχικός Αλγόριθμος | 12 |
| 2.3 Περίπτωση Ενός Οχήματος | 13 |
| 2.4 Περίπτωση Πολλών Οχημάτων | 15 |
| Κεφάλαιο 3 Αποτελέσματα Εφαρμογών | 17 |
| 3.1 Ανάλυση Πολυπλοκότητας & Ανάγκη Μνήμης | 17 |
| 3.2 Απόδοση Αλγορίθμου | 19 |
| Κεφάλαιο 4 Αριθμητικά Αποτελέσματα | 21 |
| 4.1 Διαδικασία Δημιουργίας Πειραματικών Δεδομένων | 21 |
| 4.1.1 Περίπτωση Ανοικτού Προβλήματος | 24 |
| 4.1.2 Περίπτωση Κλειστού Προβλήματος | 25 |
| 4.2 Αριθμητικά Αποτελέσματα Περίπτωσης Ενός Οχήματος | 28 |
| 4.3 Αριθμητικά Αποτελέσματα Περίπτωσης Δύο Οχημάτων | 38 |
| Κεφάλαιο 5 Συμπεράσματα | 49 |
| Βιβλιογραφία | 53 |
| Παράρτημα | 57 |

1.1 Κίνητρο και Υπόβαθρο

Τις τελευταίες δεκαετίες ο τομέας της διαχείρισης μεταφορών έχει εξελιχθεί σε μία από τις πιο γρήγορα αναπτυσσόμενες περιοχές του μαθηματικού προγραμματισμού. Το γεγονός αυτό είναι απόρροια της μεγάλης σημασίας της διοικητικής επιστήμης στην οικονομία, γνωστό και ως *logistics management*, καθώς επίσης και της μεγάλης πολυπλοκότητας που παρουσιάζουν τα σχετικά με αυτό προβλήματα. Τα προβλήματα αυτά είναι ευρέως γνωστά με την αγγλική ονομασία VRP (Vehicle Routing Problem). Η ονομασία αυτή δόθηκε για να ξεχωρίσει μία ολόκληρη κατηγορία προβλημάτων, όπου πρέπει να καθοριστεί μία σειρά από διαδρομές για έναν ορισμένο αριθμό οχημάτων, τα οποία χρησιμοποιούν ως βάση ένα ή περισσότερα σημεία (depots), ώστε να ικανοποιηθούν οι ανάγκες ενός αριθμού γεωγραφικά διεσπαρμένων πελατών. Ο τελικός σκοπός των προβλημάτων της κατηγορίας αυτής είναι να επιτευχθεί η εύρεση της ελάχιστης διαδρομής που πρέπει να διανύσουν τα οχήματα, εκκινώντας από ένα αρχικό σημείο, παραλαμβάνοντας και παραδίδοντας ένα συγκεκριμένο αριθμό πελατών από και προς ένα συγκεκριμένο σημείο και καταλήγοντας σε ένα τελικό σημείο μέσα σε χρονικά όρια, τα οποία είναι εκ των προτέρων γνωστά. Παρακάτω παρουσιάζονται δύο διαγράμματα, στα οποία απεικονίζονται μία σειρά πελατών και μία από τις πιθανές επιλογές ικανοποίησης αυτών.



Σχήμα 1. Σειρά προς εξυπηρέτηση πελατών



Σχήμα 2. Πιθανή επιλογή διαδρομής οχημάτων

Ένα από τα προβλήματα αυτά, το οποίο έχει τραβήξει την προσοχή των μελετητών τα τελευταία χρόνια, είναι το γνωστό και ως Pick up and Delivery Problem, κατά το οποίο ένας πεπερασμένος αριθμός αντικειμένων, με συγκεκριμένα σημεία παραλαβής και παράδοσης, πρέπει να εξυπηρετηθούν από έναν ορισμένο αριθμό m οχημάτων, με τελικό σκοπό την ελαχιστοποίηση του τελικού συνολικού κόστους. Το υπό μελέτη πρόβλημα είναι το Dial a Ride Problem (DARP), κατά το οποίο τα αντικείμενα αντικαθίστανται από πελάτες, οι οποίοι έχουν μεγαλύτερες απαιτήσεις όσον αφορά το βαθμό εξυπηρέτησης που τους προσφέρεται από την υπηρεσία.

Στη συγκεκριμένη εργασία παρουσιάζεται ένας αλγόριθμος δυναμικού προγραμματισμού (αγγλική ορολογία, DP), ο οποίος βασίζεται σε μία επέκταση της εφαρμογής που αναπτύχθηκε σε έναν αλγόριθμο ο οποίος κατασκευάστηκε από τον Χαρίλαο Ψαραύτη [15] για τα προβλήματα DARP. Η σημαντικότητα των αποτελεσμάτων του συγκεκριμένου αλγόριθμου προκύπτει από το γεγονός ότι η επέκταση στην περίπτωση των πολλαπλών οχημάτων μπορεί να χρησιμοποιηθεί με σκοπό τη βελτίωση της λειτουργίας ήδη υπάρχοντων τεχνικών heuristics.

1.2 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Στα προβλήματα Pick up and Delivery η μεταφορά n αντικειμένων πρέπει να γίνει από έναν συγκεκριμένο αριθμό οχημάτων. Επομένως, ανάλογα από το εάν η λίστα πελατών είναι σταθερή ή εάν υπάρχει η δυνατότητα να αλλάζει δυναμικά με την πάροδο του χρόνου, το πρόβλημα παίρνει δύο μορφές: μία στατική και μία δυναμική. Όλα τα οχήματα αναχωρούν από ένα συγκεκριμένο σημείο εκκίνησης και καταλήγουν σε ένα σημείο τερματισμού αφού συμπληρώσουν τη διαδρομή τους. Το σημείο εκκίνησης και τερματισμού δεν είναι υποχρεωτικό να είναι το ίδιο. Για κάθε αντικείμενο υπάρχει ένα σημείο παραλαβής και ένα

σημείο παράδοσης και για κάθε ένα από αυτά τα σημεία δίνεται ένα χρονικό παράθυρο. Για τα σημεία παραλαβής το χρονικό αυτό περιθώριο εξυπηρέτηση – πελάτη σημαίνει ότι μέσα στο δεδομένο χρονικό διάστημα πρέπει να γίνει η παραλαβή του αντικειμένου από το όχημα, ενώ για τα σημεία παράδοσης σημαίνει ότι μέσα στο χρονικό αυτό διάστημα πρέπει να παραδοθεί το αντικείμενο στον τελικό προορισμό του. Χρονικά περιθώρια, επίσης, καθορίζονται για τα σημεία εκκίνησης και τερματισμού των οχημάτων. Ο τελικός σκοπός λοιπόν είναι να ικανοποιούνται οι χρονικοί περιορισμοί, ενώ παράλληλα να ελαχιστοποιείται το τελικό συνολικό κόστος. Σε γενικές γραμμές, η αντικειμενική συνάρτηση πρέπει να λαμβάνει υπ' όψιν της το κόστος ικανοποίησης των παραγγελιών, καθώς και το κόστος που προκύπτει από τη γενικότερη μετακίνηση του κάθε οχήματος, το οποίο εξαρτάται από το χρόνο που αυτό κινείται ή από την απόσταση που διανύει.

Στην περίπτωση μας η αντικειμενική συνάρτηση παίρνει τη μορφή:

$$\sum_{i \in N} \sum_{j \in N} t_{ij} X_{ij}$$

Στο πρόβλημα DARP, το οποίο και εξετάζεται στην παρούσα εργασία, τα αντικείμενα, στα οποία αναφερόμαστε μέχρι τώρα, αντικαθίστανται από πελάτες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να εισάγονται νέες πτυχές του προβλήματος, τις οποίες καλούμαστε να λάβουμε υπ' όψιν, οι οποίες σχετίζονται με την ικανοποίηση των απαιτήσεων του πελάτη. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι ο συνολικός χρόνος παραμονής του πελάτη στο όχημα ή η συνολική απόσταση που διανύει πριν φθάσει στον προορισμό του, ο συνολικός αριθμός σταθμών που επισκέπτεται ο πελάτης προτού φθάσει στον προορισμό του, ο φόρτος του οχήματος τη στιγμή που εξυπηρετεί ένα συγκεκριμένο πελάτη και η απαίτηση να ικανοποιηθούν αυστηρά τα χρονικά περιθώρια που έχουν δοθεί από τον ίδιο τον πελάτη.

Ένα μεγάλο μέρος της έρευνας στον τομέα του logistics management έχει επικεντρωθεί στην ανάπτυξη αποτελεσματικών αλγορίθμων για τα διάφορα προβλήματα βελτιστοποίησης διαδρομών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να είναι εξαιρετικά εκτενής η βιβλιογραφία για τις μεταβλητές του DARP. Εν γένει, η επίλυση αλγορίθμων οι οποίοι έχουν κατασκευαστεί για το πρόβλημα DARP μπορεί να κατηγοριοποιηθεί ως ακριβής και ως επίλυση ευρετικών μεθόδων (heuristics). Δύο είναι οι κύριες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται ευρέως για την κατασκευή αλγορίθμων ακριβούς επίλυσης του συγκεκριμένου προβλήματος:

1. η μέθοδος του δυναμικού προγραμματισμού, και
2. οι τεχνικές διάσπασης/δημιουργίας στηλών.

Ο Χ. Ψαραύτης [15] πρότεινε έναν αλγόριθμο δυναμικού προγραμματισμού για τη στατική περίπτωση του προβλήματος και τον επέκτεινε στη δυναμική περίπτωση. Η αντικειμενική συνάρτηση σχηματίστηκε ως άθροισμα του συνολικού χρόνου που χρειάζεται για να πραγματοποιηθεί η διαδρομή και της συνολικής δυσαρέσκειας των πελατών. Ο ίδιος [16] πρότεινε μία παραλλαγή του ιδίου αλγορίθμου για την περίπτωση που χρονικά περιθώρια καθορίζονται για κάθε σταθμό και ο συνολικός χρόνος διαδρομής ελαχιστοποιείται στην αντικειμενική συνάρτηση. Ένας δυναμικός αλγόριθμος για την περίπτωση ενός οχήματος του προβλήματος DARP κατασκευάστηκε από τους Desrochers et al. [6]. Στην περίπτωση αυτή, η δημιουργία του προβλήματος εμπεριείχε χρονικά όρια όπως επίσης και χωρητικότητα του οχήματος και περιορισμούς προτεραιότητας. Οι Dumas et al. [10] παρουσίασαν έναν ακριβή αλγόριθμο για την περίπτωση πολλών οχημάτων του προβλήματος «pick up and delivery». Ο αλγόριθμος αυτός χρησιμοποιεί μία διάταξη δημιουργίας στηλών με ένα υποπρόγραμμα, το οποίο είναι υπεύθυνο για την εύρεση των μικρότερων διαδρομών με βάση τους περιορισμούς.

Λόγω του γεγονότος ότι το πρόβλημα ανήκει στην ευρύτερη κατηγορία των προβλημάτων NP hard και δεν είναι δυνατή η εφαρμογή ακριβών αλγορίθμων για μεγάλα προβλήματα, οι ερευνητές έχουν εστιάσει την προσοχή τους στην κατασκευή έξυπνων αλγορίθμων heuristics.

Τρεις είναι οι ιδέες που εφαρμόζονται στους αλγορίθμους αυτούς:

1. οι μέθοδοι διάσπασης,
2. ευρετικές μέθοδοι εισαγωγής (heuristics) και
3. οι τεχνικές τοπικής έρευνας.

Οι Jaw et al. [13] ανέπτυξαν μία ευρετική μέθοδο εισαγωγής για την περίπτωση του στατικού προβλήματος με πολλά οχήματα και χρονικούς περιορισμούς. Οι Sexton και Bodin [18] και [19] πρότειναν μία μικτή ακέραια μη-γραμμική εφαρμογή και έναν αλγόριθμο για την επίλυση της περίπτωσης του ενός οχήματος. Έπειτα, χρησιμοποίησαν τον αλγόριθμο αυτό μέσα σε έναν νέο ευρετικό αλγόριθμο, για την περίπτωση πολλών οχημάτων [1], ο οποίος εκκινεί ομαδοποιώντας τους πελάτες που βρίσκονται κοντά γεωγραφικά. Χρησιμοποίησαν τη μέθοδο διάσπασης του Bender και έλυσαν το χρονικό πρόβλημα και το πρόβλημα διαδρομών ξεχωριστά. Οι Dumas et al. [9] βελτίωσαν εκ νέου την ιδέα αυτή σχηματίζοντας μικρότερες ομάδες πελατών (“mini-clusters”), οι οποίες συνδυάζονται με το βέλτιστο τρόπο χρησιμοποιώντας τεχνικές δημιουργίας στηλών. Η παραπάνω ιδέα βελτιώθηκε ακόμη περισσότερο αργότερα από τους Desrosiers et al. [7]. Οι Ioachim et al. [12] πρότειναν μία ευρετική τεχνική, η οποία χρησιμοποιεί μία τεχνική βελτιστοποίησης, με σκοπό να κατασκευάσει τις καλύτερες δυνατές ομάδες.

Μία εκδοχή του δυναμικού προβλήματος DARP με πολλαπλά οχήματα μελετήθηκε από τους Madsen et al. [14] και προτάθηκε ένας ευρετικός αλγόριθμος εισαγωγής. Πολλές

διαφορετικές πτυχές του προβλήματος λήφθηκαν υπ' όψιν από τον συγγραφέα, όπως οχήματα ποικίλων τύπων και η πιθανότητα βλάβης του οχήματος. Οι Boerdorfer et al. [2] ανέπτυξαν έναν ευρετικό αλγόριθμο για το στατικό πρόβλημα DARP πολλών οχημάτων, στο οποίο μία δεδομένη αυτόνομη διατύπωση επιλυόταν με τη μέθοδο branch and cut. Τέλος τοπικές μέθοδοι αναζήτησης προτάθηκαν από τους Bruggen et al. [3], Healy και Moll [11], Savelsbergh [17] και Thompson και Psaraftis [20].

Τα τελευταία χρόνια πολλοί μοντέρνοι ευρετικοί και μετα-ευρετικοί αλγόριθμοι έχουν αναπτυχθεί για το πρόβλημα DARP. Οι Toth και Vigo [21] ανέπτυξαν έναν ευρετικό αλγόριθμο παράλληλης εισαγωγής για τη στατική περίπτωση του προβλήματος DARP πολλών οχημάτων που χρησιμοποιούσε εναλλαγές εντός των διαδρομών και τεχνικές εκκίνησης μετ' απαγορεύσεων [22]. Άλλα παραδείγματα περιλαμβάνουν δυναμικές τεχνικές προσομοίωσης [3], τεχνικές αναζήτησης tabu [4] και τεχνικές regret εισαγωγής [8]. Για μία πρόσφατη έρευνα σχετικά με τους ποικίλους αλγόριθμους που έχουν αναπτυχθεί για την επίλυση του προβλήματος DARP, ο ενδιαφερόμενος αναγνώστης μπορεί να καταφύγει στην πηγή [5] της βιβλιογραφίας.

1.3 Οργάνωση της Διπλωματικής Εργασίας

Το υπόλοιπο της διπλωματικής εργασίας χωρίζεται σε τρεις ενότητες που καταλαμβάνουν τα Κεφάλαιο 2 – 4 αντίστοιχα. Συγκεκριμένα:

- Στο Κεφάλαιο 2 αναλύουμε τη δυναμική συμπεριφορά του προβλήματος με το οποίο ασχολούμαστε. Πιο αναλυτικά, αναφερόμαστε στο γενικότερο μοντέλο DARP καθώς και στο αρχικό πρόβλημα. Επίσης αναφερόμαστε αναλυτικά στις δύο βασικές περιπτώσεις του προβλήματος: στην περίπτωση ενός οχήματος και στην περίπτωση πολλών οχημάτων.

- Στο Κεφάλαιο 3 αναλύουμε την πολυπλοκότητα του αλγορίθμου και αναφερόμαστε στην απόδοσή του.
- Στο Κεφάλαιο 4 παρουσιάζουμε αριθμητικά αποτελέσματα για τις περιπτώσεις ενός και δύο οχημάτων συγκρίνοντας την απόδοση του αλγορίθμου για προβλήματα χωρίς χρονικά περιθώρια ή περιορισμούς χωρητικότητας (ανοιχτά) και για προβλήματα με λογικούς χρονικούς περιορισμούς και περιορισμούς χωρητικότητας.
- Τα τελικά συμπεράσματα της διπλωματικής εργασίας και κατευθύνσεις για περαιτέρω έρευνα παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 5.

2.1 Το πρόβλημα

Στην εργασία αυτή ασχολούμαστε με το στατικό πρόβλημα DARP με χρονικούς περιορισμούς. Οι χρονικοί περιορισμοί είναι αυστηροί, πράγμα το οποίο σημαίνει ότι δεν επιτρέπεται να φθάσει το όχημα στο σημείο παραλαβής ή παράδοσης εκτός του χρονικού διαστήματος που έχει ζητήσει ο πελάτης και να περιμένει εκεί μέχρι να φθάσει το χρονικό σημείο να παραλάβει ή να παραδώσει αυτόν. Επίσης, λαμβάνεται υπ' όψιν ένας προκαθορισμένος θετικός χρόνος εξυπηρέτησης σε κάθε στάση που κάνει το όχημα, ο οποίος δείχνει το χρόνο που χρειάζεται να παραμείνει το όχημα στη δεδομένη στάση ώστε ο πελάτης να επιβιβαστεί ή να αποβιβαστεί σε αυτό. Τέλος, κάθε όχημα έχει έναν περιορισμό χωρητικότητας, το οποίο σημαίνει ότι μπορεί να εξυπηρετήσει ταυτόχρονα έναν πεπερασμένο μέγιστο αριθμό πελατών. Κατ' αρχήν θα αναφερθούμε στην περίπτωση του ενός οχήματος, στο οποίο ο συνολικός χρόνος διαδρομής ελαχιστοποιείται στην αντικειμενική συνάρτηση. Στη συνέχεια, θα αναφερθούμε στην περίπτωση πολλαπλών οχημάτων με την ίδια αντικειμενική συνάρτηση.

Αρχικά, θεωρούμε ότι έχουμε ένα αριθμό n πελατών. Ο κάθε πελάτης χαρακτηρίζεται από ένα δεδομένο αριθμό i . Κατ' αυτόν τον τρόπο μπορούμε να συσχετίσουμε κάθε πελάτη i με ένα συγκεκριμένο κόμβο παραλαβής i καθώς και ένα συγκεκριμένο κόμβο παράδοσης $n + i$. Διαφορετικοί κόμβοι είναι δυνατό να αντιστοιχούν στον ίδιο φυσικό χώρο. P^+ είναι το σύνολο $\{1, \dots, n\}$ των κόμβων παραλαβής και P^- είναι το σύνολο $\{n+1, \dots, 2n\}$ των κόμβων παράδοσης. Το σύνολο των κόμβων του συστήματος είναι $N = P^+ \cup P^-$, όπου $P = P^+ \cup P^-$,

και o και d είναι οι κόμβοι εκκίνησης και τερματισμού του οχήματος (0 και $2N+1$ αντίστοιχα).

Κάθε πελάτης πρέπει να μεταφερθεί από το σημείο i στο αντίστοιχο σημείο $n+i$. Για κάθε σημειακό ζευγάρι i και j , ο χρόνος που χρειάζεται για να διανύσει το όχημα την απόστασή τους συμβολίζεται με t_{ij} . Η χωρητικότητα του οχήματος συμβολίζεται με Q . Θεωρούμε ως $l_i=1$ για κάθε σημείο παραλαβής και -1 για κάθε σημείο παράδοσης. Επίσης, για κάθε σημείο i έχουμε ένα δεδομένο χρόνο εξυπηρέτησης, ο οποίος αντιστοιχεί στο χρόνο που χρειάζεται ο πελάτης για να επιβιβαστεί ή να αποβιβαστεί στο όχημα. Τέλος, ένα χρονικό περιθώριο $[a_i, b_i]$ συσχετίζεται με κάθε σημείο i .

Η μεταβλητή X_{ij} είναι ίση με 1, αν το όχημα κινείται απ' ευθείας από το σημείο i στο σημείο j και 0 διαφορετικά. Ως T_i συμβολίζεται ο χρόνος που το όχημα φθάνει στο σημείο i , και ως L_i συμβολίζεται ο φόρτος του οχήματος όταν αυτό αναχωρεί από το σημείο i .

Γνωρίζοντας τα παραπάνω το πρόβλημα παίρνει την εξής μορφή:

$$\sum_{i \in N} \sum_{j \in N} t_{ij} X_{ij} \quad (1)$$

$$\text{s.t. } \sum_{j \in P} X_{ij} = 1, i \in P^+ \quad (2)$$

$$\sum_{i \in N - \{d\}} X_{ij} - \sum_{i \in N - \{0\}} X_{ij} = 0, j \in P \quad (3)$$

$$\sum_{j \in P^+} X_{oj} = 1 \quad (4)$$

$$\sum_{i \in P^-} X_{id} = 1 \quad (5)$$

$$X_{ij} = 1 \Rightarrow T_i + s_i + t_{ij} = T_j, i, j \in N \quad (6)$$

$$a_i \leq T_i \leq b_i, i \in N \quad (7)$$

$$X_{ij} = 1 \Rightarrow L_i + l_j = L_j, j \in P \quad (8)$$

$$L_i \leq Q, i \in P^+ \quad (9)$$

$$L_0 = 0 \quad (10)$$

$$T_i + t_{i,n+i} \leq T_{n+i}, i \in P^+ \quad (11)$$

$$X_{ij} \text{ binary, } i, j \in N \quad (12)$$

Στην αντικειμενική συνάρτηση (1) έχουμε ελαχιστοποίηση του συνολικού χρόνου διαδρομής. Στους περιορισμούς που ακολουθούν (2, 3, 4, 5) διασφαλίζεται η σωστή ροή του προβλήματος καθώς επίσης και ότι το όχημα θα επισκεφθεί το κάθε σημείο μόνο μία φορά. Ο περιορισμός (6) χρησιμοποιεί τις μεταβλητές ροής ώστε να ανανεώνει τις χρονικές μεταβλητές. Ο περιορισμός (7) διασφαλίζει ότι διατηρούνται τα χρονικά περιθώρια και ο πελάτης δεν εξυπηρετείται πριν ή μετά από αυτά. Οι περιορισμοί (8, 9, 10) εξασφαλίζουν ότι η μέγιστη χωρητικότητα του οχήματος δεν ξεπερνάται σε κανένα σημείο της διαδρομής του. Τέλος, με τον περιορισμό (11) διασφαλίζεται ότι πάντοτε το όχημα επισκέπτεται το σημείο i πριν το σημείο $n + i$.

2.2 Ο Αρχικός Αλγόριθμος

Ο Χ. Ψαρούτης [16] επέκτεινε την εφαρμογή δυναμικού προγραμματισμού για τα προβλήματα DARP στην περίπτωση που χρονικά περιθώρια επιβάλλονται στο σύστημά μας για κάθε κόμβο. Εάν για κάποιες διαδρομές το όχημα φθάνει σε έναν κόμβο μετά το ανώτατο όριο των χρονικών περιθωρίων που έχουν τεθεί, τότε το πρόβλημά αυτό χαρακτηρίζεται ως μη εφικτό. Παρόλα ταύτα, επιτρέπεται σε ένα όχημα να φθάσει σε έναν κόμβο πριν το κατώτατο χρονικό όριο του κόμβου αυτού, με την προϋπόθεση να περιμένει εκεί μέχρι να πάρει ο χρόνος την τιμή του κατώτατου ορίου για να εξυπηρετήσει τον πελάτη που αντιστοιχεί στον συγκεκριμένο κόμβο. Στην αντικειμενική συνάρτηση του μοντέλου ο συνολικός χρόνος που χρειάζεται για να διανύσουμε την τελική διαδρομή ελαχιστοποιείται και κανένας άλλος χρονικός ή μη περιορισμός δεν λαμβάνεται υπ' όψιν.

Ο συγγραφέας ανέπτυξε μία διάταξη απ' ευθείας επανάληψης χρησιμοποιώντας ως κατάσταση του συστήματος ένα διάνυσμα με $n + 1$ στοιχεία : (L, k_1, \dots, k_n) . Σε αυτό το διάνυσμα το L αντιστοιχεί στο δείκτη του κόμβου στον οποίο βρίσκεται το όχημα τη δεδομένη χρονική στιγμή και το k_i μπορεί να πάρει τιμές από 1 έως 3. Έτσι όταν $k_i = 1$ δηλώνουμε ότι ο πελάτης i ακόμα βρίσκεται σε αναμονή, όταν $k_i = 2$ δηλώνουμε ότι ο πελάτης i έχει παραληφθεί από το όχημα αλλά δεν έχει παραδοθεί ακόμη και τέλος όταν $k_i = 3$ δηλώνουμε ότι ο πελάτης i έχει ήδη παραδοθεί στον τελικό προορισμό του.

Η απ' ευθείας επανάληψη βελτιστοποίησης έχει την εξής μορφή: $V(L, k_1, \dots, k_n) = \text{Min } v(x)$ όπου x ανήκει στο σύνολο X , όπου X είναι ένα σύνολο με όλους τους πιθανούς διαδόχους κόμβους στην παρούσα διαδρομή. Η βέλτιστη τιμή του προβλήματος είναι $V_{\min} = \text{Min } V(L, 1, \dots, 1)$ όπου το L μπορεί να πάρει τιμές από το $N + 1$ ως και το $2N$ και η οριακή κατάσταση είναι η $V(0, 3, \dots, 3) = 0$.

Η υπολογιστική πολυπλοκότητα του αλγορίθμου είναι $O(N^2 3^N)$ και οι χρονικές ανάγκες είναι $O(N 3^N)$. Ο συγγραφέας αναφέρει ότι ο αλγόριθμος αναμένεται να είναι ικανός να επιλύσει προβλήματα μεγέθους έως και 8 με 10 πελάτες μέσα σε λογικά χρονικά πλαίσια..

2.3 Περίπτωση Ενός Οχήματος

Στο μοντέλο που παρουσιάζουμε χρησιμοποιείται ως στάδιο του προβλήματος ένας ακέραιος αριθμός, ο οποίος ισούται με το συνολικό αριθμό των κόμβων που έχει επισκεφθεί μέχρι στιγμής το όχημα. Αυτό σημαίνει ότι ο συνολικός αριθμός πιθανών σταδίων για το σύστημα που επιλύουμε κάθε φορά είναι $2N+2$. Το όχημα αρχίζει τη διαδρομή του από ένα σημείο εκκίνησης το οποίο αντιστοιχεί στον κόμβο 0 και καταλήγει σε ένα σημείο τερματισμού το οποίο αντιστοιχεί στον κόμβο $2N+1$.

Συμβολίζουμε την κατάσταση του συστήματος ως (L,A) , όπου ως L έχουμε έναν ακέραιο και A μία μήτρα $N \times 2$. Η σειρά i της μήτρας A αντιστοιχεί στον πελάτη i και εμπεριέχει δύο στοιχεία, τα a_i και b_i , τα οποία μπορούν να πάρουν τις τιμές 0 και 1 . Το πρώτο στοιχείο αντιστοιχεί στο σημείο παραλαβής του πελάτη i και το δεύτερο στον τελικό προορισμό του. Η τιμή 0 σημαίνει ότι το όχημα δεν έχει επισκεφθεί ακόμη το συγκεκριμένο σημείο ενώ η τιμή 1 σημαίνει ότι το έχει ήδη επισκεφθεί. Το άθροισμα όλων των στοιχείων της μήτρας A είναι ίσο με τον αριθμό των σταδίων του συστήματός μας ($2*N+2$, N =αριθμός πελατών). Ένας πολύ σημαντικός ρόλος της μήτρας A είναι ότι με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να γνωρίζουμε ανά πάσα στιγμή ποια σημεία έχει επισκεφθεί το όχημα και ποια όχι. Ο αριθμός L αντιστοιχεί στον κόμβο στον οποίο το όχημα βρίσκεται αυτή τη στιγμή.

Κατά την αρχική κατάσταση του συστήματος στο στάδιο 0 , έχουμε $L=0$ και $A=\{0\}$. Σε ένα τυχαίο σημείο του συστήματος θα έχουμε (L,A) , όπου:

$$A = \begin{pmatrix} a_1 & b_1 \\ \vdots & \vdots \\ a_n & b_n \end{pmatrix}$$

Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί ότι για να είναι η παραπάνω κατάσταση εφικτή, θα πρέπει να έχουμε $a_i = 0 \Rightarrow b_i = 0$ ή $b_i = 1 \Rightarrow a_i = 1$. Έτσι, κάθε πιθανή διάδοχη κατάσταση για το επόμενο στάδιο μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι το ζευγάρι (L', A') , όπου οι μήτρες A και A' είναι ακριβώς οι ίδιες με τη μόνη διαφορά ότι η τιμή ενός στοιχείου της μήτρας A είναι 0, ενώ η τιμή του ίδιου στοιχείου της μήτρας A' είναι 1. Αυτό σημαίνει ότι για κάποιον πελάτη i θα ισχύει ότι $a_i' = a_i + 1$ ή αντίστοιχα $b_i' = b_i + 1$. Το L' είναι ίσο με το δείκτη του κόμβου στον οποίο αντιστοιχεί το στοιχείο αυτό.

Σε κάθε στάδιο ο αλγόριθμος καλείται να λάβει μία απόφαση. Η απόφαση αυτή είναι σε ποιον κόμβο θα πρέπει να μεταβεί το όχημα. Αυτή η απόφαση μετατρέπει την παρούσα κατάσταση του συστήματός μας σε μία κατάσταση, η οποία είναι συσχετισμένη με την εκκίνηση του επόμενου σταδίου. Έστω λοιπόν ότι n είναι ο χαρακτηρισμός του σταδίου στο οποίο βρισκόμαστε, s_n η παρούσα κατάσταση του σταδίου και x_n η μεταβλητή απόφασης του σταδίου n . Επίσης, έστω ότι d_{Lx_n} είναι η απόσταση που διανύεται όταν το σύστημά μας είναι στην κατάσταση s_n (δηλαδή στον κόμβο L) και ο επόμενος επιλεγμένος κόμβος είναι ο x_n . Σε αυτήν την περίπτωση η επαναληπτική σχέση είναι:

$$T_n^*(s_n) = \text{Min} \left\{ d_{Lx_n} + T_{n+1}^*(s_{n+1}(x_n)) \right\}$$

και το πρόβλημά μας μειώνεται στο να βρούμε το $T_o^*(s_o)$, το οποίο συμβολίζει την ελάχιστη απόσταση που χρειάζεται να διανύσει το όχημα για να ικανοποιήσει όλες τις παραγγελίες, όταν σημείο εκκίνησής του είναι το s_o .

2.4 Περίπτωση Πολλών Οχημάτων

Η παραπάνω εφαρμογή μπορεί σχετικά εύκολα να επεκταθεί και σε προβλήματα όπου έχουμε περισσότερα από ένα οχήματα. Αν και ο αλγόριθμος γίνεται αρκετά πολύπλοκος στην περίπτωση που έχουμε πάνω από δύο οχήματα, η επέκταση στην περίπτωση δύο οχημάτων είναι αρκετά απλή. Σ' αυτήν την περίπτωση, η κατάσταση του συστήματος συμβολίζεται ως (L_1, L_2, A_1, A_2) . Ο συμβολισμός είναι ο ίδιος με αυτόν της περίπτωσης ενός οχήματος, με τη μοναδική διαφορά ότι στην προκειμένη περίπτωση δύο ακέραιοι αριθμοί χρειάζονται για να δείξουμε σε ποιο σημείο βρίσκονται ανά πάσα στιγμή τα οχήματά μας και δύο μήτρες χρησιμοποιούνται για να σημειώνονται οι κόμβοι τους οποίους έχουν επισκεφθεί τα οχήματα αυτά.

Χρησιμοποιούμε τα σύμβολα c_i και d_i για να καταδείξουμε τα στοιχεία της μήτρας A_2 . Πρέπει να σημειώσουμε ότι για να ισχύει μία κατάσταση τότε σε περίπτωση που έχουμε ότι $a_i = 1$ θα πρέπει $c_i = d_i = 0$. Ομοίως, για να ισχύει μία κατάσταση που έχουμε $c_i = 1$ θα πρέπει απαραίτητως να έχουμε $a_i = b_i = 0$. Κατά την αρχική κατάσταση του συστήματος s_0 για το στάδιο 0 θα έχουμε $L_1 = L_2 = 0$ και αντίστοιχα $A_1 = A_2 = \{0\}$. Όπως και στην περίπτωση του ενός οχήματος, καθορίζουμε ως στάδιο του συστήματος έναν ακέραιο, ο οποίος ισούται με τον αριθμό των κόμβων που και τα δύο οχήματα μαζί έχουν επισκεφθεί. Αυτό σημαίνει ότι ο συνολικός αριθμός των πιθανών σταδίων για το σύστημα είναι $2N+2$, όπως και προηγουμένως.

Σκοπός του αλγορίθμου είναι σε κάθε στάδιο να αποφασίζει ποιο όχημα θα επισκεφθεί ποιον κόμβο. Η απόφαση αυτή μετατρέπει την παρούσα κατάσταση του συστήματος σε μία κατάσταση συσχετιζόμενη με την εκκίνηση του επόμενου σταδίου. Έστω ότι με n συμβολίζουμε το παρόν στάδιο, με s_n την κατάσταση του σταδίου n και y_n την «απόφαση» για το στάδιο n , όπου $y_n = (u, x_n)$. Το x_n καθορίζεται όπως και στην περίπτωση του ενός οχήματος

και $u \in \{1, 2\}$. Έστω επίσης ότι d_{LX_n} είναι η απόσταση που διανύεται από το όχημα όταν η κατάσταση του συστήματος είναι s_n και η «απόφαση» είναι y_n . Αυτό συνεπάγεται ότι ο όρος d_{LX_n} είναι ίσος με d_{L1X_n} ή d_{L2X_n} ανάλογα με το εάν η μεταβλητή u έχει πάρει την τιμή 1 ή 2.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η επαναληπτική σχέση είναι:

$$T_n^*(s_n) = \text{Min}_{y_n \in Y} \left\{ d_{LX_n} + T_{n+1}^*(s_{n+1}(y_n)) \right\}$$

και το πρόβλημα ανάγεται στην εύρεση του $T_o^*(s_o)$, ο οποίος είναι ο όρος που χρησιμοποιούμε για να συμβολίσουμε την ελάχιστη διαδρομή που και τα δύο οχήματα συνδυαζόμενα μεταξύ τους πρέπει να διανύσουν για να ικανοποιήσουν όλες τις πιθανές ανάγκες του προβλήματος, όταν το σύστημα έχει ως σημείο εκκίνησης την κατάσταση s_o .

3.1 Ανάλυση πολυπλοκότητας και ανάγκη μνήμης

Εξετάζουμε αρχικά την περίπτωση του προβλήματος με ένα όχημα. Για έναν πεπερασμένο αριθμό πελατών, N , ο συνολικός αριθμός πιθανών καταστάσεων του σταδίου k είναι ίσος με.

$$\sum_{q=\lceil k/2 \rceil}^k \binom{N}{q} \binom{q}{q-k} = \sum_{q=\lceil k/2 \rceil}^k \frac{N!q}{(N-q)!(k-q)!(2q-k)!}$$

Στην παραπάνω έκφραση, ο όρος q καταμετρά τον αριθμό των κόμβων παραλαβής πελατών που έχει επισκεφθεί ήδη το όχημα και είναι τουλάχιστον $\lceil k/2 \rceil$ όταν k κόμβοι έχουν εξυπηρετηθεί συνολικά. Ως εκ τούτου, η πρόσθεση λαμβάνει υπ' όψιν της όλες τις πιθανές τιμές του q . Ο πρώτος συνδυασμός μετρά τον αριθμό των τρόπων με τους οποίους μπορεί να επιλεγεί το q ανάμεσα στους N συνολικούς κόμβους παραλαβής. Ο δεύτερος μετρά τον αριθμό των τρόπων με τους οποίους μπορεί να επιλεγεί το $k - q$ από τους q κόμβους παράδοσης, αφού πρώτα έχουν επιλεγεί q κόμβοι παραλαβής. Τέλος, πολλαπλασιάζουμε με q αφού κάθε φορά το L μπορεί να πάρει q διαφορετικές τιμές.

Σύμφωνα με την παραπάνω ανάλυση μπορούμε τώρα να υπολογίσουμε τις ανάγκες χωρητικότητας για τον αλγόριθμο. Η μνήμη που χρησιμοποιείται εξαρτάται άμεσα από το μέγιστο αριθμό πιθανών καταστάσεων. Αυτός ο αριθμός παίρνει τη μέγιστη τιμή του όταν το k παίρνει την τιμή N ή $N + 1$ και ισούται με:

$$\sum_{q=\lceil N/2 \rceil}^N \frac{N!q}{(N-q)!(N-q)!(2q-N)!}$$

Ο συνολικός αριθμός των πιθανών καταστάσεων είναι:

$$2 + 2 \sum_{k=1}^N \sum_{q=\lceil k/2 \rceil}^k \frac{N!q}{(N-q)!(k-q)!(2q-k)!}$$

Στην παραπάνω εξίσωση παίρνουμε το άθροισμα του k από 1 έως N και πολλαπλασιάζουμε επί 2, επειδή ο αριθμός των καταστάσεων του σταδίου k ($1 \leq k \leq N$) είναι ο ίδιος με τον αριθμό των καταστάσεων στο στάδιο $k + N$, λόγω της συμμετρίας του προβλήματος. Τέλος, προσθέτουμε δύο παραπάνω καταστάσεις οι οποίες αντιστοιχούν στα στάδια 0 και $2 * N + 1$. Πρέπει να σημειωθεί ότι η παραπάνω έκφραση είναι ένα κλάσμα του $(2^N 3^N)$, αφού το ζευγάρι (a_i, b_i) μπορούν να πάρουν 3 πιθανούς συνδυασμούς τιμών $[(0, 0), (1, 0), (1, 1)]$, ενώ το L μπορεί να πάρει $2N$ διαφορετικές τιμές. Για κάθε μία από τις καταστάσεις ενός συγκεκριμένου σταδίου, ο μέγιστος αριθμός πιθανών διαδόχων καταστάσεων στο επόμενο στάδιο είναι N . Επομένως, η πολυπλοκότητα του αλγορίθμου είναι $O(N^2 3^N)$. Το αποτέλεσμα αυτό δεν μας εκπλήσσει, καθώς αυτός είναι ένας αλγόριθμος δυναμικού προγραμματισμού και αναμένεται να είναι εκθετικός.

Για την περίπτωση των δύο οχημάτων, το πρόβλημα παύει να είναι συμμετρικό. Ο συνολικός αριθμός των καταστάσεων του σταδίου k υπολογίζεται με τον τρόπο που αναλύουμε παρακάτω. Πρώτον, χρησιμοποιώντας την παραπάνω ανάλυση, βρίσκουμε τον αριθμό των καταστάσεων όταν μόνο το ένα όχημα έχει χρησιμοποιηθεί για την εξυπηρέτηση k κόμβων. Έπειτα, βρίσκουμε τον αριθμό των καταστάσεων όταν το ένα όχημα έχει επισκεφθεί k_1 κόμβους και το δεύτερο k_2 κόμβους, με τον περιορισμό ότι $k_1 + k_2 = k$ και $k_1, k_2 > 0$. Η πλήρης έκφραση για την εύρεση του αριθμού των καταστάσεων του σταδίου k είναι:

$$2 \sum_{q=\lfloor k/2 \rfloor}^{\min(k,N)} \frac{N!q}{(N-q)!(k-q)!(2q-k)!} + \sum_{k_1=1}^{k-1} \left\{ \sum_{q_1=\lfloor k_1/2 \rfloor}^{\min(k_1,N)} q_1 \binom{N}{q_1} \binom{q_1}{k_1-q_1} \sum_{q_2=\frac{k-k_1}{2}}^{\min(k-k_1,N-q_1)} q_2 \binom{N-q_1}{q_2} \binom{q_2}{k-k_1-q_2} \right\}$$

Επομένως ο συνολικός αριθμός των καταστάσεων για όλα τα στάδια είναι:

$$2 + \sum_{k=1}^{2N} \left\{ 2 \sum_{q=\lfloor k/2 \rfloor}^{\min(k,N)} \frac{N!q}{(N-q)!(k-q)!(2q-k)!} + \sum_{k_1=1}^{k-1} \left[\sum_{q_1=\lfloor k_1/2 \rfloor}^{\min(k_1,N)} \frac{N!q_1}{(N-q_1)!(k_1-q_1)!(2q_1-k_1)!} \sum_{q_2=\frac{k-k_1}{2}}^{\min(k-k_1,N-q_1)} \frac{(N-q_1)!q_2}{(N-q_1-q_2)!(k-k_1-q_2)!(2q_2-k+k_1)!} \right] \right\}$$

3.2 Απόδοση αλγορίθμου

Ο αλγόριθμος στον οποίο αναφερόμαστε είναι εκθετικής μορφής και η εφαρμογή αυτού σε μεγάλα προβλήματα είναι απαγορευτική.

Παρόλα ταύτα, ο κύριος λόγος που προτείνεται είναι επειδή η περίπτωση δύο οχημάτων μπορεί να χρησιμοποιηθεί με μεγάλη ακρίβεια για τη βελτίωση ορισμένων ήδη υπάρχοντων ευρετικών αλγορίθμων (heuristics). Πιο συγκεκριμένα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εύρεση της βέλτιστης λύσης για ένα ζεύγος οχημάτων των οποίων οι διαδρομές έχουν ήδη σχηματιστεί από κάποιον αρχικό ευρετικό αλγόριθμο. Σε αντίθεση με άλλους αλγόριθμους, οι οποίοι εκτελούν τοπικά 2 ή 3 ανταλλαγές βελτιστοποίησης, ο συγκεκριμένος έχει τη δυνατότητα εύρεσης της ευρύτερης βέλτιστης διαδρομής. Αυτή η δυνατότητα είναι πολύ σημαντική γιατί ένας μεγαλύτερος αριθμός γειτονικών κόμβων μπορεί να εξεταστεί ώστε να βρεθεί η «τοπική» βέλτιστη λύση.

Ο αλγόριθμος των 2 οχημάτων μπορεί να επιλύσει προβλήματα τα οποία ικανοποιούν μέχρι και 8 πελάτες μέσα σε ένα λογικό χρονικό διάστημα όταν δεν υφίστανται χρονικοί

περιορισμοί ή περιορισμοί χωρητικότητας του οχήματος. Αυτός ο αριθμός σχεδόν διπλασιάζεται όταν εισάγονται χρονικοί περιορισμοί ή περιορισμοί χωρητικότητας. Αυτό επιβεβαιώθηκε από μία σειρά πειραμάτων στα οποία χρησιμοποιήθηκαν ήδη υπάρχοντα προβλήματα, τα οποία παραλλάχθηκαν για να εξυπηρετούν τους περιορισμούς του αλγόριθμού μας. Η διεξαγωγή αυτών των πειραμάτων κατέστη εφικτή, καθώς ο αλγόριθμος κωδικοποιήθηκε σε γλώσσα προγραμματισμού C++.

4.1 Διαδικασία δημιουργίας πειραματικών δεδομένων

Το βασικό στάδιο της διπλωματικής εργασίας αφορά τον έλεγχο της σωστής λειτουργίας καθώς και την ορθότητα των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από τη λειτουργία του δυναμικού αλγορίθμου είτε για την περίπτωση ενός οχήματος είτε για την περίπτωση πολλών (δύο) οχημάτων.

Η διαδικασία που πρέπει να ακολουθήσουμε για να βρούμε τη βέλτιστη διαδρομή εξυπηρέτησης σε ένα πρόβλημα DARP με τη χρήση του αλγορίθμου μας είναι η εξής: αρχικά εισάγουμε τα δεδομένα του προβλήματός μας σε ένα φύλλο εργασίας του σημειωματάριου των Windows. Η εισαγωγή των δεδομένων γίνεται με την εξής σειρά:

Αρχικά εισάγουμε τις συντεταγμένες του σημείου εκκίνησης του/των οχημάτων μας καθώς και το χρόνο εξυπηρέτησης του κόμβου και τα χρονικά περιθώρια αυτού.

Έπειτα γίνεται εισαγωγή των αντίστοιχων δεδομένων για τα σημεία παραλαβής των πελατών (συντεταγμένες, χρόνος εξυπηρέτησης και κατώτατο και ανώτατο όριο)

Στη συνέχεια εισάγονται τα δεδομένα των σημείων παράδοσης του κάθε πελάτη με την εξής σειρά: για κάθε πελάτη i , ο κόμβος παράδοσής του έχει την θέση $n + i$ στο φύλλο εργασίας μας.

Τέλος εισάγουμε τα δεδομένα του σημείου τερματισμού του ή των οχημάτων.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα της μορφής που έχει το φύλλο εργασίας μας είναι:

| X | Y | s | l | u | |
|--------|--------|----|-------|------|----------------------------------|
| -1.044 | 2.000 | 0 | 83.13 | 1440 | (σημείο εκκίνησης – κόμβος 0) |
| -0.417 | -0.157 | 10 | 0 | 1440 | (πελάτης 1 – κόμβος 1) |
| -9.194 | 2.759 | 10 | 86 | 114 | (πελάτης 2 – κόμβος 2) |
| -6.500 | 7.723 | 10 | 0 | 1440 | (πελάτης 3 – κόμβος 3) |
| -4.094 | 8.321 | 10 | 148 | 176 | (πελάτης 4 – κόμβος 4) |
| -2.973 | 6.414 | 10 | 0 | 1440 | (πελάτης 5 – κόμβος 5) |
| 0.524 | 2.226 | 10 | 0 | 1440 | (πελάτης 6 – κόμβος 6) |
| -4.655 | 9.797 | 10 | 102 | 123 | (πελάτης 1 – κόμβος 7) |
| -0.785 | 3.207 | 10 | 0 | 1440 | (πελάτης 2 – κόμβος 8) |
| -1.156 | 1.161 | 10 | 219 | 247 | (πελάτης 3 – κόμβος 9) |
| -1.192 | 1.175 | 10 | 0 | 1440 | (πελάτης 4 – κόμβος 10) |
| -5.476 | 1.437 | 10 | 243 | 273 | (πελάτης 5 – κόμβος 11) |
| -1.678 | 1.954 | 10 | 198 | 233 | (πελάτης 6 – κόμβος 12) |
| -1.044 | 2.000 | 0 | 0 | 1440 | (σημείο τερματισμού – κόμβος 13) |

Όπου (X, Y): συντεταγμένες κόμβου

s: χρόνος εξυπηρέτησης κόμβου

(l, u): κατώτατο, ανώτατο χρονικό όριο

Αφού έχει δημιουργηθεί το φύλλο εργασίας και έχουν συμπληρωθεί όλα τα δεδομένα που χρειαζόμαστε για να καλύπτουμε τους περιορισμούς του προβλήματος, η εφαρμογή του προβλήματός μας γίνεται στο πρόγραμμα Microsoft Visual C++ και λαμβάνουμε τα αποτελέσματα. Αυτά μας ενημερώνουν για την βέλτιστη λύση του προβλήματός μας, για το

χρόνο που χρειάστηκε για να βρεθεί η λύση αυτή καθώς και τον αριθμό των πιθανών καταστάσεων που χρειάστηκε να εξεταστούν για να καταλήξουμε τελικά στη συγκεκριμένη λύση.

Η διαδικασία ελέγχου του αλγορίθμου βασίστηκε σε ήδη υπάρχοντα προβλήματα, τα οποία υπάρχουν στο διαδίκτυο [23]. Παρόλα αυτά, λόγω της διαφοράς περιορισμών που λαμβάνονται υπ' όψιν στους δύο αλγορίθμους χρειάστηκε να γίνει μία τροποποίηση των δεδομένων των προβλημάτων που χρησιμοποιήθηκαν ώστε αυτά να είναι επιλύσιμα από τον αλγόριθμο τον οποίο διαθέτουμε.

Τα βασικά προβλήματα που παρουσιάστηκαν ήταν τα εξής:

1. Στον υπό εξέταση αλγόριθμο δεν υπάρχει η δυνατότητα αναμονής του οχήματος σε περίπτωση που φθάσει σε έναν κόμβο πριν το κατώτατο χρονικό περιθώριο που έχει τεθεί για αυτόν.
2. Στις περισσότερες των περιπτώσεων τα οχήματα προκειμένου να ικανοποιήσουν όλους τους πελάτες που αντιστοιχούν σε αυτά εντός των χρονικών περιθωρίων που είχαν τεθεί από αυτούς είτε για το χρόνο παραλαβής είτε για το χρόνο παράδοσής τους, έπρεπε να αρχίσουν τη διαδρομή τους από το σημείο εκκίνησης κάποιο χρόνο μετά την εικονική εκκίνηση της εφαρμογής, πράγμα το οποίο θεωρείτο ως χρόνος αναμονής από το πρόγραμμα και δεν γινόταν δεκτό.
3. Μία τρίτη διαφορά είναι ότι στον αλγόριθμό μας δεν υπάρχει ο περιορισμός μέγιστης παραμονής του πελάτη στο όχημα. Η έλλειψη αυτού του περιορισμού οδήγησε στην αλλαγή κάποιων βέλτιστων διαδρομών από αυτές που κοινοποιούνται στη συγκεκριμένη ιστοσελίδα.

Λόγω των παραπάνω λοιπόν χρειάστηκε να γίνουν κάποιες μετατροπές στα δεδομένα των προβλημάτων για να προσαρμοσθούν στις απαιτήσεις του δικού μας αλγορίθμου. Οι μετατροπές αυτές έγιναν λαμβάνοντας υπ' όψιν δύο διαφορετικές περιπτώσεις.

A. Περίπτωση ανοικτού προβλήματος

Κατ' αρχήν θελήσαμε να δούμε πως συμπεριφέρεται ο αλγόριθμός μας για προβλήματα πολύ ανοιχτά, δηλαδή για προβλήματα στα οποία δεν υπάρχουν χρονικοί περιορισμοί καθώς και περιορισμοί χωρητικότητας του οχήματος. Οι χρονικοί περιορισμοί στους οποίους αναφερόμαστε θα μπορούσαν να είναι είτε συγκεκριμένη χρόνοι παραλαβής ή παράδοσης του πελάτη ή χρόνοι εξυπηρέτησης, οι οποίοι επίσης λαμβάνονται από τον αλγόριθμό μας. Έτσι αποφασίσαμε να χρησιμοποιήσουμε ως ανώτατο και κατώτατο όριο τις τιμές 0 και 1440 χρονικές μονάδες αντίστοιχα και ως χωρητικότητα του οχήματος κάθε φορά μεγαλύτερη από το συνολικό αριθμό των πελατών που εξετάζαμε. Η επιλογή των παραπάνω έγινε πρώτον γιατί μέσα στα χρονικά όρια που δοθήκαν στο νέο πρόβλημα μπορούσε να πραγματοποιηθεί οποιαδήποτε διαδρομή που θα ικανοποιούσε τους πελάτες και γιατί έχοντας διαρκώς μεγαλύτερη χωρητικότητα των οχημάτων απ' ότι ο αριθμός των πελατών σε περίπτωση που η βέλτιστη λύση του ανοικτού προβλήματος ήταν να εξυπηρετηθούν όλοι οι πελάτες από ένα όχημα τότε αυτό θα ήταν εφικτό και μάλιστα δεν θα υπήρχε κανένας περιορισμός καθώς το όχημα θα ήταν σε θέση παραλάβει αρχικά όλους τους πελάτες από τα σημεία παραλαβής και έπειτα να τους μεταφέρει έναν έναν στον τελικό προορισμό τους. Τέλος για να επιτύχουμε να καταφέρουμε να «ανοίξουμε» το πρόβλημά μας όσο το δυνατόν περισσότερο επιλέξαμε να θεωρήσουμε ότι ο κάθε πελάτης μπορεί τόσο να παραληφθεί από το όχημα όσο και να παραδοθεί στον τελικό προορισμό του στιγμιαία, χωρίς δηλαδή να χρειαστεί το όχημα να παραμείνει σε κάποιον κόμβο για να εκπληρώσει το χρόνο εξυπηρέτησης κάποιου πελάτη.

Τα νέα δεδομένα λοιπόν τα εισήγαμε τόσο στον αλγόριθμο για την περίπτωση του ενός οχήματος όσο και στον αλγόριθμο για την περίπτωση των δύο οχημάτων και πήραμε κάποια αποτελέσματα τα οποία είναι χαρακτηριστικά της συμπεριφοράς του αλγορίθμου για

προβλήματα ανοικτά από περιορισμούς και τα οποία παρατίθενται στην επόμενη ενότητα του παρόντος κεφαλαίου αυτής της διπλωματικής εργασίας.

B. Περίπτωση προβλήματος με χρονικούς περιορισμούς

Αφού έγινε η παραπάνω διαδικασία θελήσαμε να ελέγξουμε τη συμπεριφορά του αλγορίθμου για προβλήματα πιο στενά, δηλαδή για προβλήματα τα οποία είχαν τόσο χρονικούς περιορισμούς όσο και περιορισμούς χωρητικότητας. Αυτό έγινε γιατί θέλαμε να ξεφύγουμε από τη θεωρητική φύση του προβλήματος και να δούμε πώς αυτός συμπεριφέρεται σε πιο αληθοφανείς και πλησιέστερες στην πραγματικότητα καταστάσεις.

Για να επιτευχθεί αυτό όμως έπρεπε πρώτα να ξεπεράσουμε τα εμπόδια που αναφέρθηκαν παραπάνω, ώστε τα προβλήματα να είναι εξ αρχής επιλύσιμα από τον αλγόριθμό μας.

Για το λόγο αυτό ακολουθήσαμε δύο διαφορετικές διαδικασίες, ώστε να είμαστε σίγουροι για την ορθότητα των αποτελεσμάτων που λαμβάνουμε.

1. Αρχικά μελετήσαμε τα αποτελέσματα τα οποία έχουν κοινοποιηθεί από τον ίδιο τον δημιουργό των προβλημάτων και πήραμε το όχημα που εξυπηρετούσε τον μεγαλύτερο αριθμό πελατών. Στα αποτελέσματα αυτά δίνεται ο χρόνος εκκίνησης του κάθε οχήματος καθώς και ο χρόνος που καταφθάνει αυτό σε κάθε κόμβο που εξυπηρετεί. Με βάση τις πληροφορίες αυτές καθώς και τα χρονικά όρια που είχαμε από τα αρχικά δεδομένα, δημιουργήσαμε ένα φύλλο εργασίας στο πρόγραμμα Microsoft Excel, στο οποίο εισάγουμε τα δεδομένα που έχουμε για τον κάθε κόμβο (συντεταγμένες, χρόνος εξυπηρέτησης, ανώτατο/κατώτατο χρονικό όριο) και μας δίνει μία νέα σειρά από χρονικούς περιορισμούς, τέτοιους ώστε τελικά να μην χρειάζεται να περιμένει το όχημά μας σε κανέναν από τους κόμβους που εξυπηρετεί. Εκτός από την αλλαγή των χρονικών περιορισμών του κάθε κόμβου πρέπει να τονιστεί ότι επίσης σε πολλά

προβλήματα αλλάχθηκε και ο χρόνος εκκίνησης του κάθε οχήματος, αφού όπως αναφέρθηκε παραπάνω δεν ήταν δυνατό από τον αλγόριθμό που έχουμε κάποιο όχημα να παραμείνει στον κόμβο εκκίνησης. Για παράδειγμα, ενώ τα περισσότερα προβλήματα είχαν ως κατώτατο χρονικό όριο τη χρονική στιγμή 0, τα οχήματα έπρεπε να παραμείνουν σύμφωνα με τα καινούρια χρονικά περιθώρια στον κόμβο εκκίνησης (0) για ένα χρονικό διάστημα t ώστε να είναι εφικτή μία λύση στο πρόβλημά μας. Για το λόγο αυτό τα χρονικά περιθώρια του κόμβου εκκίνησης μεταβλήθηκαν από (0, 1440) σε (t , 1440) ώστε να μη θεωρηθεί ο χρόνος t ως χρόνος αναμονής από το πρόγραμμά μας. Τα νέα αυτά δεδομένα εισήχθησαν στο πρόγραμμα που έχουμε τόσο για την περίπτωση του ενός οχήματος όσο και για την περίπτωση των δύο οχημάτων και μας έδωσαν αποτελέσματα που επίσης παρατίθενται σε επόμενη ενότητα του Κεφαλαίου 4.

2. Το δεύτερο βήμα για τον έλεγχο της ορθότητας του αλγορίθμου στην περίπτωση προβλημάτων με χρονικούς περιορισμούς ήταν ο έλεγχος σε περίπτωση που πάνω από ένα όχημα χρησιμοποιείται για την εξυπηρέτηση των πελατών. Για να επιτύχουμε αυτό μελετήσαμε τα αποτελέσματα των προβλημάτων που παρουσιάζονται στην ιστοσελίδα και βρήκαμε τα δύο οχήματα που εξυπηρετούν συνολικά το μεγαλύτερο αριθμό πελατών. Έπειτα ακολουθήσαμε μία παρόμοια με προηγουμένως διαδικασία. Δημιουργήσαμε και πάλι ένα νέο φύλλο εργασίας στο πρόγραμμα Microsoft Excel, στο οποίο αφού εισάγουμε τα δεδομένα των προβλημάτων που είχαμε αρχικά (συντεταγμένες κόμβων, χρόνος εξυπηρέτησης, ανώτατο/κατώτατο χρονικό όριο), μας δίνει τους νέους χρονικούς περιορισμούς ώστε να αποφευχθεί ο χρόνος αναμονής των οχημάτων σε οποιοδήποτε κόμβο. Η βασικότερη διαφορά με την πρώτη διαδικασία, που παρουσιάστηκε προηγουμένως είναι ότι έπρεπε να προκύψουν τέτοιοι χρονικοί περιορισμοί ώστε τα δύο οχήματα να εκκινούν από το σημείο εκκίνησης την ίδια

στιγμή αφού οποιαδήποτε διαφορά στο χρόνο αναχώρησης θα λαμβανόταν από το πρόγραμμα ως χρόνος αναμονής του οχήματος που ξεκινάει δεύτερο. Για παράδειγμα σε περίπτωση που το ένα από τα δύο οχήματα εκκινούσε τη διαδρομή του απ' ευθείας, δηλαδή τη χρονική στιγμή t έπρεπε να μετασχηματίσουμε τους χρονικούς περιορισμούς των κόμβων που εξυπηρετούνται από το δεύτερο όχημα έτσι ώστε και αυτό να εκκινεί τη χρονική στιγμή t . Τέλος εισήγαμε τα νέα δεδομένα στον αλγόριθμο που έχουμε για την περίπτωση των δύο οχημάτων και προέκυψαν τα αποτελέσματα που θα δούμε παρακάτω.

Στις επόμενες ενότητες του Κεφαλαίου 4 δίνονται τα αποτελέσματα των προβλημάτων που επιλύθηκαν καθώς και το φύλλο εργασίας του κάθε προβλήματος που εξυπηρετεί το μεγαλύτερο αριθμό πελατών και έχει έναν λογικό χρόνο επίλυσης.

4.2 Αριθμητικά αποτελέσματα περίπτωσης ενός οχήματος

Πρόβλημα 1

Ανοικτό πρόβλημα

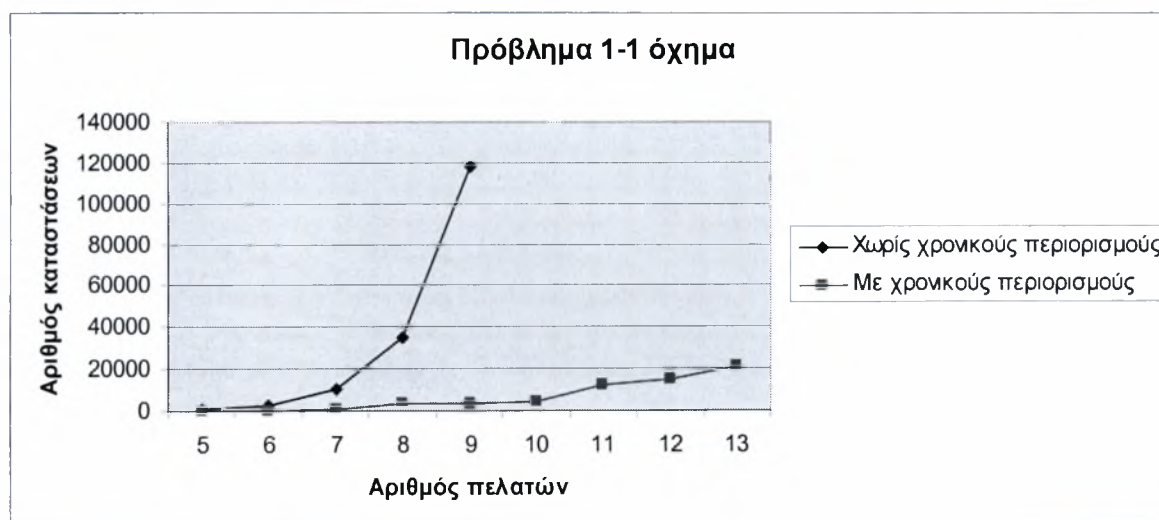
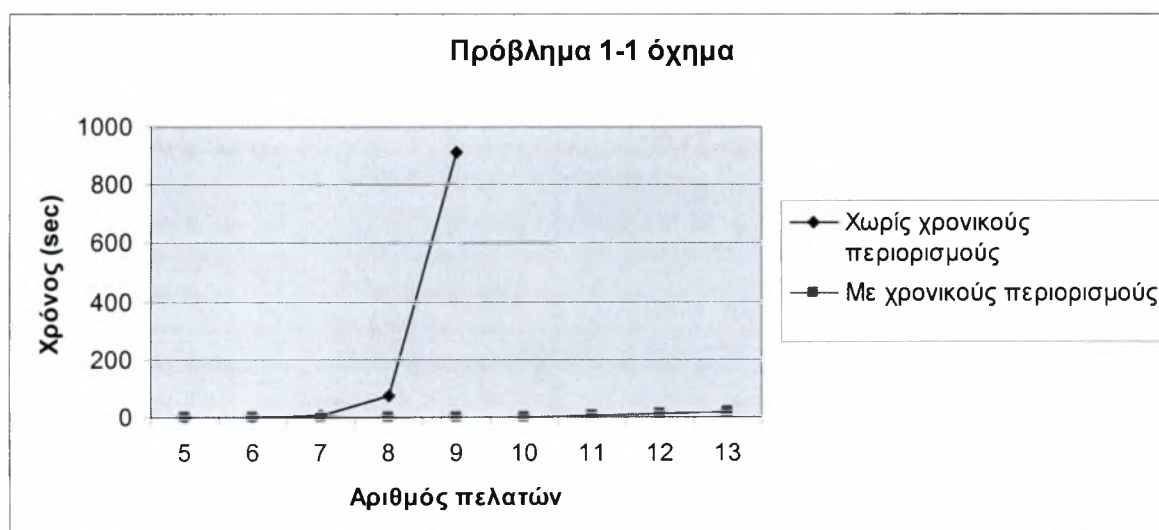
(0) -1.044 2.000 0 0 1440
 (1) -0.417 -0.157 10 0 1440
 (2) -9.194 2.759 10 0 1440
 (3) -6.500 7.723 10 0 1440
 (4) -4.094 8.321 10 0 1440
 (5) -2.973 6.414 10 0 1440
 (6) 0.524 2.226 10 0 1440
 (7) -3.066 0.546 10 0 1440
 (8) -6.741 6.832 10 0 1440
 (9) -7.667 9.934 10 0 1440
 (10) -4.655 9.797 10 0 1440
 (11) -0.785 3.207 10 0 1440
 (12) -1.156 1.161 10 0 1440
 (13) -1.192 1.175 10 0 1440
 (14) -5.476 1.437 10 0 1440
 (15) -1.678 1.954 10 0 1440
 (16) -4.933 3.337 10 0 1440
 (17) -5.662 7.334 10 0 1440
 (18) 0.435 1.469 10 0 1440
 (19) -1.044 2.000 0 0 1440

Κλειστό πρόβλημα

(0) -1.044 2.000 0 83.13 1440
 (1) -0.417 -0.157 10 0 1440
 (2) -9.194 2.759 10 86 114
 (3) -6.500 7.723 10 0 1440
 (4) -4.094 8.321 10 148 176
 (5) -2.973 6.414 10 0 1440
 (6) 0.524 2.226 10 0 1440
 (7) -3.066 0.546 10 0 1440
 (8) -6.741 6.832 10 0 1440
 (9) -7.667 9.934 10 272 306
 (10) -4.138 5.082 10 311 327
 (11) -1.317 6.934 10 0 1440
 (12) 1.860 9.672 10 370 387
 (13) -4.303 2.045 10 389 418
 (14) -4.655 9.797 10 102 123
 (15) -0.785 3.207 10 0 1440
 (16) -1.156 1.161 10 219 247
 (17) -1.192 1.175 10 0 1440
 (18) -5.476 1.437 10 243 273
 (19) -1.678 1.954 10 198 233
 (20) -4.933 3.337 10 299 332
 (21) -5.662 7.334 10 285 330
 (22) 0.435 1.469 10 0 1440
 (23) -7.110 -1.862 10 0 1440
 (24) -2.275 5.541 10 336 380
 (25) -1.893 -2.373 10 0 1440
 (26) -3.793 -2.161 10 0 1440
 (27) -1.044 2.000 0 0 1440

| Αριθμός πελατών | Αριθμός κόμβων | 1 όχημα Χρόνος (sec) | Χρόνος (min) | Αριθμός καταστάσεων |
|-----------------|----------------|-------------------------|--------------|---------------------|
| 5 | 12 | 0,047 | 0,000783333 | 812 |
| 6 | 14 | 0,5 | 0,008333333 | 2918 |
| 7 | 16 | 6,094 | 0,101566667 | 10208 |
| 8 | 18 | 74,597 | 1,243283333 | 34994 |
| 9 | 20 | 916,076 | 15,26793333 | 118100 |

| | | | | |
|----|----|--------|-------------|-------|
| 5 | 12 | 0 | 0 | 134 |
| 6 | 14 | 0,016 | 0,000266667 | 386 |
| 7 | 16 | 0,093 | 0,00155 | 1178 |
| 8 | 18 | 0,655 | 0,010916667 | 3147 |
| 9 | 20 | 0,78 | 0,013 | 3466 |
| 10 | 22 | 0,937 | 0,015616667 | 4011 |
| 11 | 24 | 7,082 | 0,118033333 | 12413 |
| 12 | 26 | 10,191 | 0,16985 | 15099 |
| 13 | 28 | 19,599 | 0,32665 | 20794 |



Πρόβλημα 2

Ανοικτό Πρόβλημα

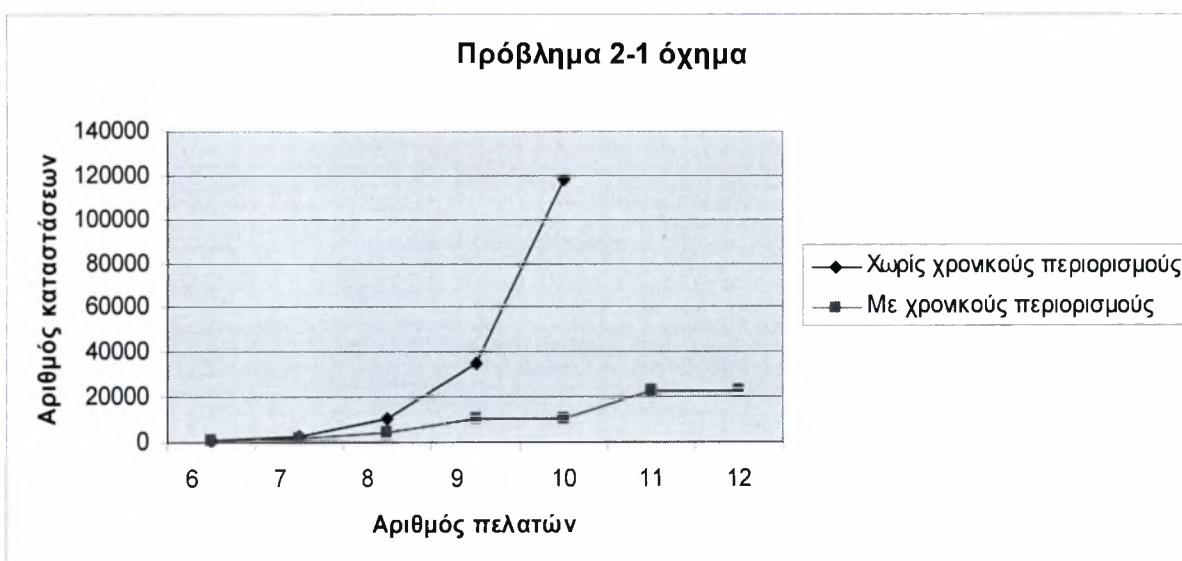
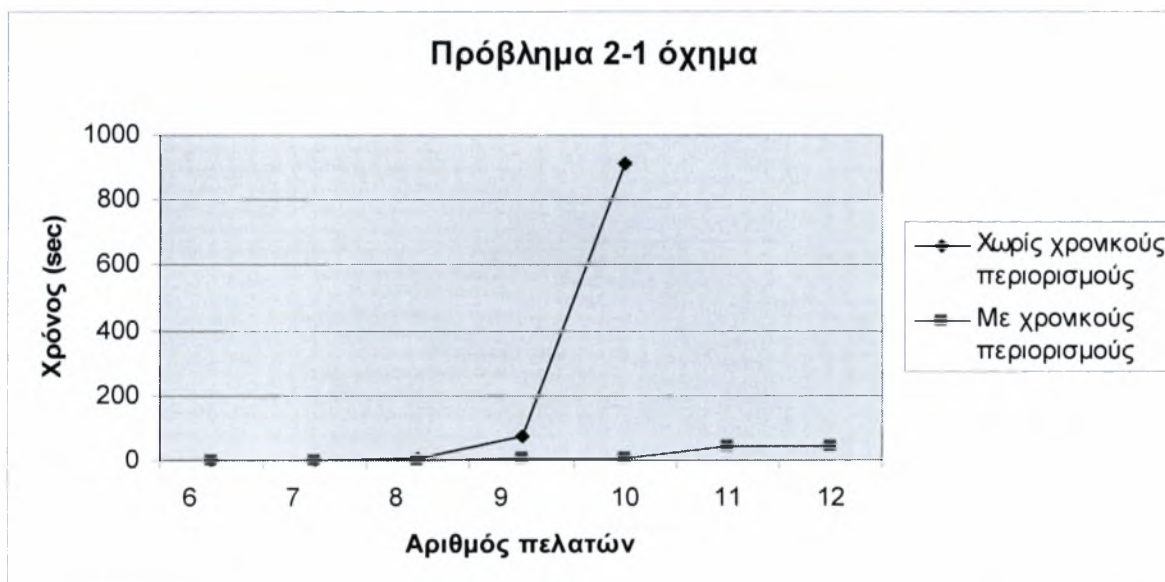
(0) 3.022 2.479 0 1440
 (1) 3.708 -0.211 10 0 1440
 (2) 3.594 -1.183 10 0 1440
 (3) -1.431 1.146 10 0 1440
 (4) -5.770 -6.560 10 0 1440
 (5) -1.746 -5.657 10 0 1440
 (6) 5.508 7.224 10 0 1440
 (7) 4.813 9.559 10 0 1440
 (8) 4.295 6.870 10 0 1440
 (9) 4.518 3.547 10 0 1440
 (10) 1.240 0.024 10 0 1440
 (11) -2.931 0.489 10 0 1440
 (12) 5.631 5.873 10 0 1440
 (13) 5.535 4.382 10 0 1440
 (14) 2.796 -1.504 10 0 1440
 (15) 1.948 2.014 10 0 1440
 (16) 3.177 0.387 10 0 1440
 (17) 2.546 -0.029 10 0 1440
 (18) 1.513 -0.305 10 0 1440
 (19) 3.022 2.479 0 0 1440

Κλειστό Πρόβλημα

(0) 3.022 2.479 0 98.25 1440
 (1) 3.708 -0.211 10 0 1440
 (2) 3.594 -1.183 10 86 112
 (3) -1.431 1.146 10 0 1440
 (4) -5.770 -6.560 10 0 1440
 (5) -1.746 -5.657 10 0 1440
 (6) 5.508 7.224 10 0 1440
 (7) 4.813 9.559 10 0 1440
 (8) 4.295 6.870 10 0 1440
 (9) 4.518 3.547 10 0 1440
 (10) 3.073 3.070 10 286 327
 (11) 0.715 3.268 10 0 1440
 (12) 1.201 -0.796 10 375 420
 (13) 1.240 0.024 10 118 158
 (14) -2.931 0.489 10 0 1440
 (15) 5.631 5.873 10 220 241
 (16) 5.535 4.382 10 206 243
 (17) 2.796 -1.504 10 165 208
 (18) 1.948 2.014 10 310 336
 (19) 3.177 0.387 10 343 379
 (20) 2.546 -0.029 10 353 397
 (21) 1.513 -0.305 10 365 384
 (22) 2.760 1.393 10 0 1440
 (23) 3.541 1.028 10 332 359
 (24) 3.144 -0.700 10 0 1440
 (25) 3.022 2.479 0 0 1440

| Αριθμός πελατών | Αριθμός κόμβων | 1 όχημα Χρόνος (sec) | Χρόνος (min) | Αριθμός καταστάσεων |
|-----------------|----------------|-------------------------|--------------|---------------------|
| 5 | 12 | 0,047 | 0,000783333 | 812 |
| 6 | 14 | 0,484 | 0,008066667 | 2918 |
| 7 | 16 | 6,094 | 0,101566667 | 10208 |
| 8 | 18 | 74,83 | 1,247166667 | 34994 |
| 9 | 20 | 916,105 | 15,26841667 | 118100 |

| | | | | |
|----|----|--------|-------------|-------|
| 6 | 14 | 0,031 | 0,000516667 | 645 |
| 7 | 16 | 0,235 | 0,003916667 | 1834 |
| 8 | 18 | 1,406 | 0,023433333 | 4513 |
| 9 | 20 | 7,657 | 0,127616667 | 10376 |
| 10 | 22 | 8,5 | 0,141666667 | 10510 |
| 11 | 24 | 41,861 | 0,697683333 | 22972 |
| 12 | 26 | 45,705 | 0,76175 | 23100 |



Πρόβλημα 3

Ανοικτό Πρόβλημα

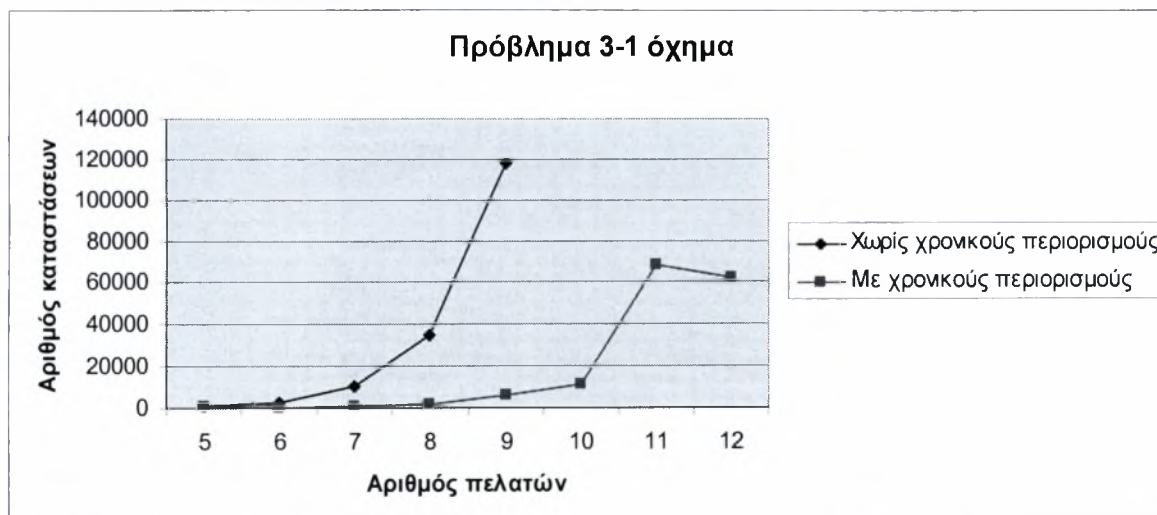
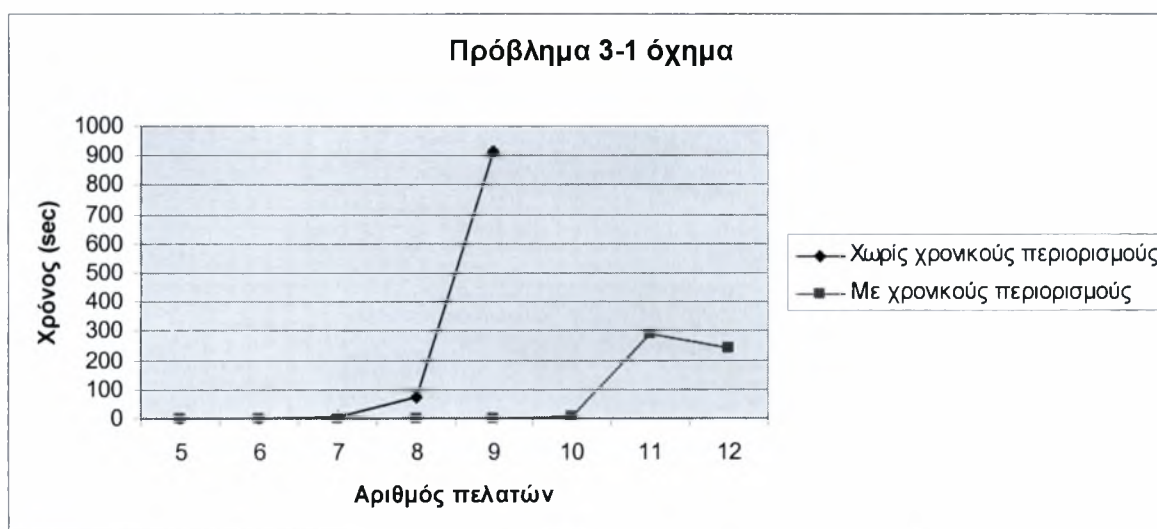
(0) -1.839 0.112 0 0 1440
 (1) -2.447 -0.382 10 0 1440
 (2) 0.141 9.294 10 0 1440
 (3) 1.896 4.009 10 0 1440
 (4) -4.392 6.325 10 0 1440
 (5) -6.828 9.307 10 0 1440
 (6) -8.049 5.821 10 0 1440
 (7) -6.338 -2.292 10 0 1440
 (8) -4.291 -2.268 10 0 1440
 (9) 3.818 -3.517 10 0 1440
 (10) -3.193 8.824 10 0 1440
 (11) -3.917 4.800 10 0 1440
 (12) -6.935 8.041 10 0 1440
 (13) -7.756 5.981 10 0 1440
 (14) -2.962 3.508 10 0 1440
 (15) -5.897 -2.954 10 0 1440
 (16) 9.001 -4.364 10 0 1440
 (17) 5.883 -6.304 10 0 1440
 (18) -4.618 -3.827 10 0 1440
 (19) -1.839 0.112 0 0 1440

Κλειστό Πρόβλημα

(0) -1.839 0.112 0 99.04 1440
 (1) -2.447 -0.382 10 0 1440
 (2) 0.141 9.294 10 0 1440
 (3) 1.896 4.009 10 111 148
 (4) -4.392 6.325 10 146 178
 (5) -6.828 9.307 10 0 1440
 (6) -8.049 5.821 10 223 242
 (7) -6.338 -2.292 10 0 1440
 (8) -4.291 -2.268 10 257 299
 (9) 3.818 -3.517 10 0 1440
 (10) 7.408 -3.422 10 323 365
 (11) 6.446 -6.295 10 336 370
 (12) 9.084 -8.354 10 349 384
 (13) -3.193 8.824 10 88 125
 (14) -3.917 4.800 10 146 181
 (15) -6.935 8.041 10 0 1440
 (16) -7.756 5.981 10 0 1440
 (17) -2.962 3.508 10 231 257
 (18) -5.897 -2.954 10 0 1440
 (19) 9.001 -4.364 10 296 327
 (20) 5.883 -6.304 10 0 1440
 (21) -4.618 -3.827 10 383 415
 (22) -5.568 -3.138 10 0 1440
 (23) -3.685 -3.371 10 0 1440
 (24) -3.299 -3.400 10 0 1440
 (25) -1.839 0.112 0 0 1440

| Αριθμός πελατών | Αριθμός κόμβων | 1 όχημα Χρονος (sec) | Χρόνος (min) | Αριθμός καταστάσεων |
|-----------------|----------------|----------------------|--------------|---------------------|
| 5 | 12 | 0,047 | 0,000783333 | 812 |
| 6 | 14 | 0,485 | 0,008083333 | 2918 |
| 7 | 16 | 6,109 | 0,101816667 | 10208 |
| 8 | 18 | 74,721 | 1,24535 | 34994 |
| 9 | 20 | 912,908 | 15,21513333 | 118100 |

| | | | | |
|----|----|---------|-------------|-------|
| 5 | 12 | 0 | 0 | 568 |
| 6 | 14 | 0,015 | 0,00025 | 279 |
| 7 | 16 | 0,063 | 0,00105 | 933 |
| 8 | 18 | 0,094 | 0,001566667 | 1313 |
| 9 | 20 | 1,625 | 0,027083333 | 5781 |
| 10 | 22 | 6,374 | 0,106233333 | 11592 |
| 11 | 24 | 287,251 | 4,787516667 | 68111 |
| 12 | 26 | 241,119 | 4,01865 | 62131 |



Πρόβλημα 4

Ανοικτό Πρόβλημα

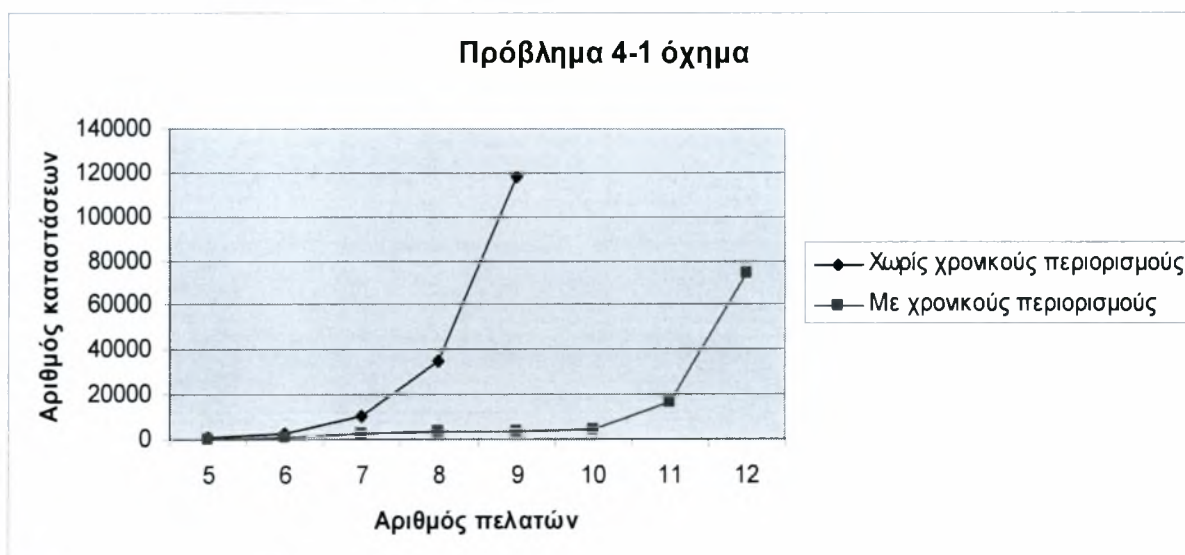
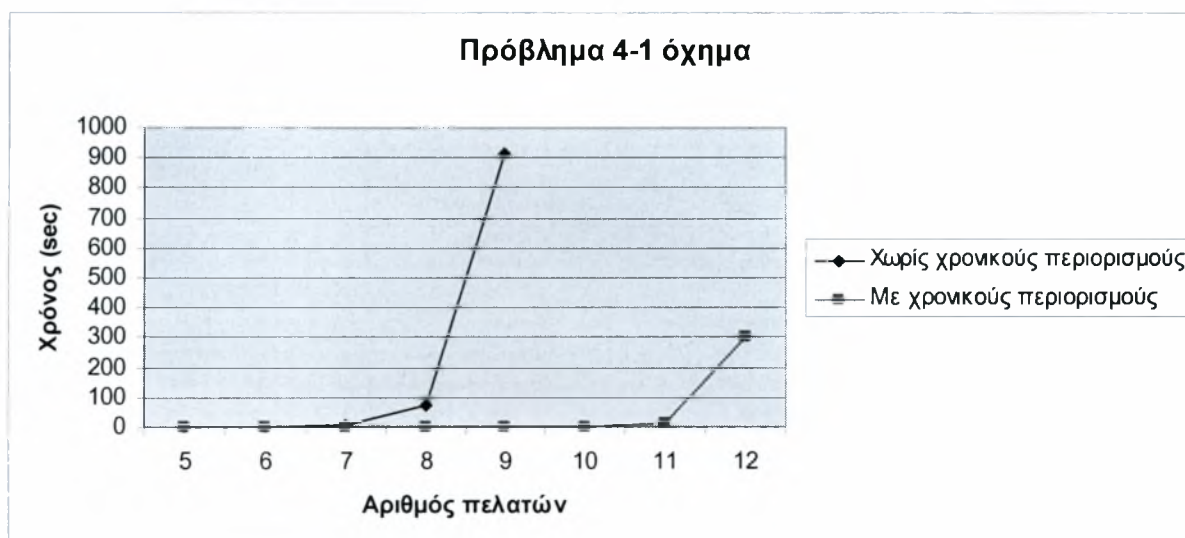
(0) -1.228 0.916 0 0 1440
 (1) -1.981 0.092 10 0 1440
 (2) -1.397 2.820 10 0 1440
 (3) -0.235 4.294 10 0 1440
 (4) 0.531 4.922 10 0 1440
 (5) -2.209 5.578 10 0 1440
 (6) 2.084 2.117 10 0 1440
 (7) 0.894 0.287 10 0 1440
 (8) 0.749 -5.724 10 0 1440
 (9) 1.208 -4.235 10 0 1440
 (10) 2.186 1.814 10 0 1440
 (11) -0.074 5.949 10 0 1440
 (12) -3.218 -1.674 10 0 1440
 (13) 2.258 0.084 10 0 1440
 (14) 0.311 -4.030 10 0 1440
 (15) -0.518 -4.900 10 0 1440
 (16) -1.681 -3.504 10 0 1440
 (17) 1.214 3.004 10 0 1440
 (18) 5.206 3.033 10 0 1440
 (19) -1.228 0.916 0 0 1440

Κλειστό Πρόβλημα

(0) -1.228 0.916 0 111.21 1440
 (1) -1.981 0.092 10 95 130
 (2) -1.397 2.820 10 0 1440
 (3) -0.235 4.294 10 99 139
 (4) 0.531 4.922 10 113 150
 (5) -2.209 5.578 10 158 185
 (6) 2.084 2.117 10 178 215
 (7) 0.894 0.287 10 195 228
 (8) 0.749 -5.724 10 267 282
 (9) 1.208 -4.235 10 293 331
 (10) 2.880 -0.858 10 307 350
 (11) 0.724 1.732 10 0 1440
 (12) 1.987 7.752 10 0 1440
 (13) 2.186 1.814 10 0 1440
 (14) -0.074 5.949 10 141 182
 (15) -3.218 -1.674 10 0 1440
 (16) 2.258 0.084 10 0 1440
 (17) 0.311 -4.030 10 0 1440
 (18) -0.518 -4.900 10 0 1440
 (19) -1.681 -3.504 10 0 1440
 (20) 1.214 3.004 10 0 1440
 (21) 5.206 3.033 10 0 1440
 (22) 1.577 1.732 10 0 1440
 (23) -0.650 7.144 10 379 423
 (24) -0.032 6.824 10 384 405
 (25) -1.228 0.916 0 0 1440

| Αριθμός πελατών | Αριθμός κόμβων | 1 όχημα Χρόνος (sec) | Χρόνος (min) | Αριθμός καταστάσεων |
|-----------------|----------------|-------------------------|--------------|---------------------|
| 5 | 12 | 0,046 | 0,000766667 | 812 |
| 6 | 14 | 0,485 | 0,008083333 | 2918 |
| 7 | 16 | 6,172 | 0,102866667 | 10208 |
| 8 | 18 | 75,206 | 1,253433333 | 34994 |
| 9 | 20 | 913,435 | 15,22391667 | 118100 |

| | | | | |
|----|----|---------|-------------|-------|
| 5 | 12 | 0,016 | 0,000266667 | 381 |
| 6 | 14 | 0,062 | 0,001033333 | 1006 |
| 7 | 16 | 0,516 | 0,0086 | 2815 |
| 8 | 18 | 0,657 | 0,01095 | 3150 |
| 9 | 20 | 0,797 | 0,013283333 | 3596 |
| 10 | 22 | 1,125 | 0,01875 | 4757 |
| 11 | 24 | 13,001 | 0,216683333 | 16548 |
| 12 | 26 | 300,793 | 5,013216667 | 74480 |



Πρόβλημα 5

Ανοικτό Πρόβλημα

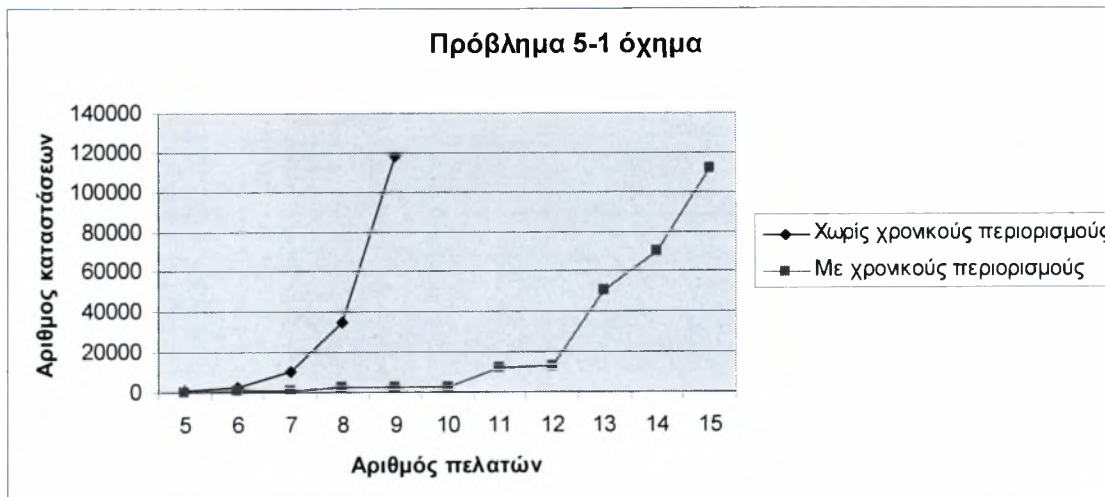
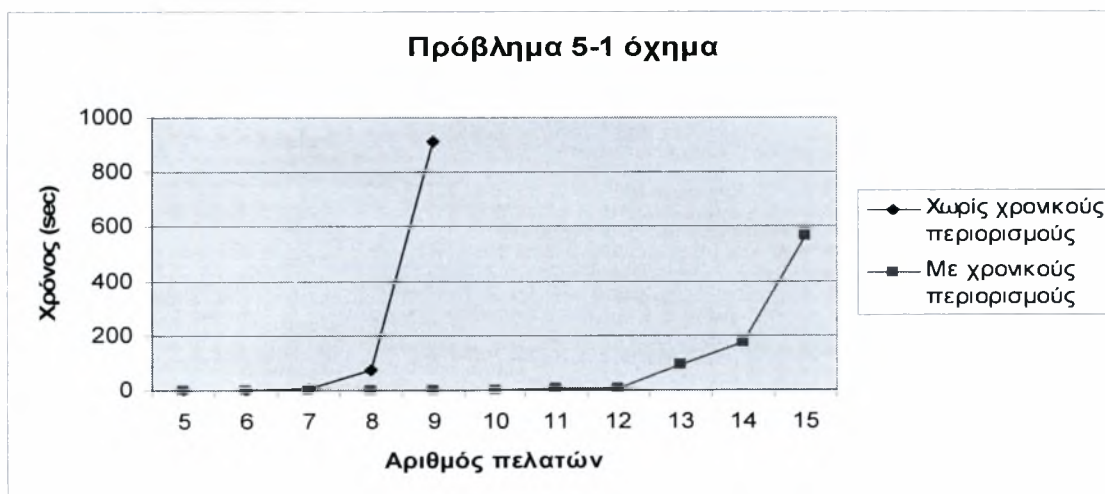
(0) 0.868 -1.044 0 0 1440
 (1) 3.324 -3.049 10 0 1440
 (2) 5.941 -4.926 10 0 1440
 (3) 3.154 -0.872 10 0 1440
 (4) 2.717 -0.571 10 0 1440
 (5) 0.745 1.850 10 0 1440
 (6) 3.115 4.367 10 0 1440
 (7) 4.251 3.206 10 0 1440
 (8) -2.282 4.617 10 0 1440
 (9) 1.559 -0.582 10 0 1440
 (10) 2.555 0.367 10 0 1440
 (11) -1.794 0.773 10 0 1440
 (12) -1.054 1.240 10 0 1440
 (13) -2.123 1.449 10 0 1440
 (14) -3.895 5.294 10 0 1440
 (15) -3.962 5.488 10 0 1440
 (16) -0.287 0.079 10 0 1440
 (17) 0.012 -0.464 10 0 1440
 (18) -0.805 -2.118 10 0 1440
 (19) 0.868 -1.044 0 0 1440

Κλειστό Πρόβλημα

(0) 0.868 -1.044 0 69 1440
 (1) 3.324 -3.049 10 0 1440
 (2) 5.941 -4.926 10 0 1440
 (3) 3.154 -0.872 10 0 1440
 (4) 2.717 -0.571 10 0 1440
 (5) 0.745 1.850 10 0 1440
 (6) 3.115 4.367 10 0 1440
 (7) 4.251 3.206 10 192 223
 (8) -2.282 4.617 10 0 1440
 (9) 1.559 -0.582 10 273 300
 (10) -1.675 -0.081 10 286 323
 (11) -2.024 -8.197 10 0 1440
 (12) -5.509 -4.385 10 341 364
 (13) -4.117 -4.202 10 0 1440
 (14) 1.472 -2.372 10 368 404
 (15) 2.161 -1.811 10 379 405
 (16) 2.555 0.367 10 95 127
 (17) -1.794 0.773 10 119 138
 (18) -1.054 1.240 10 159 176
 (19) -2.123 1.449 10 123 151
 (20) -3.895 5.294 10 182 218
 (21) -3.962 5.488 10 224 268
 (22) -0.287 0.079 10 0 1440
 (23) 0.012 -0.464 10 262 303
 (24) -0.805 -2.118 10 0 1440
 (25) -2.736 -5.018 10 0 1440
 (26) 0.395 0.730 10 392 428
 (27) 2.845 1.024 10 0 1440
 (28) -1.512 9.202 10 411 432
 (29) 2.628 -0.599 10 0 1440
 (30) 2.539 4.661 10 0 1440
 (31) 0.868 -1.044 0 0 1440

| Αριθμός πελατών | Αριθμός κόμβων | 1 όχημα Χρόνος (sec) | Χρόνος (min) | Αριθμός καταστάσεων |
|-----------------|----------------|----------------------|--------------|---------------------|
| 5 | 12 | 0,031 | 0,000516667 | 812 |
| 6 | 14 | 0,484 | 0,008066667 | 2918 |
| 7 | 16 | 6,125 | 0,102083333 | 10208 |
| 8 | 18 | 74,549 | 1,242483333 | 34994 |
| 9 | 20 | 912,934 | 15,21556667 | 118100 |

| | | | | |
|----|----|---------|-------------|--------|
| 5 | 12 | 0,016 | 0,000266667 | 230 |
| 6 | 14 | 0,031 | 0,000516667 | 658 |
| 7 | 16 | 0,031 | 0,000516667 | 778 |
| 8 | 18 | 0,313 | 0,005216667 | 2398 |
| 9 | 20 | 0,36 | 0,006 | 2470 |
| 10 | 22 | 0,422 | 0,007033333 | 2692 |
| 11 | 24 | 6,281 | 0,104683333 | 12227 |
| 12 | 26 | 7,344 | 0,1224 | 13303 |
| 13 | 28 | 95,41 | 1,590166667 | 50621 |
| 14 | 30 | 176,361 | 2,93935 | 69583 |
| 15 | 32 | 564,522 | 9,4087 | 111872 |

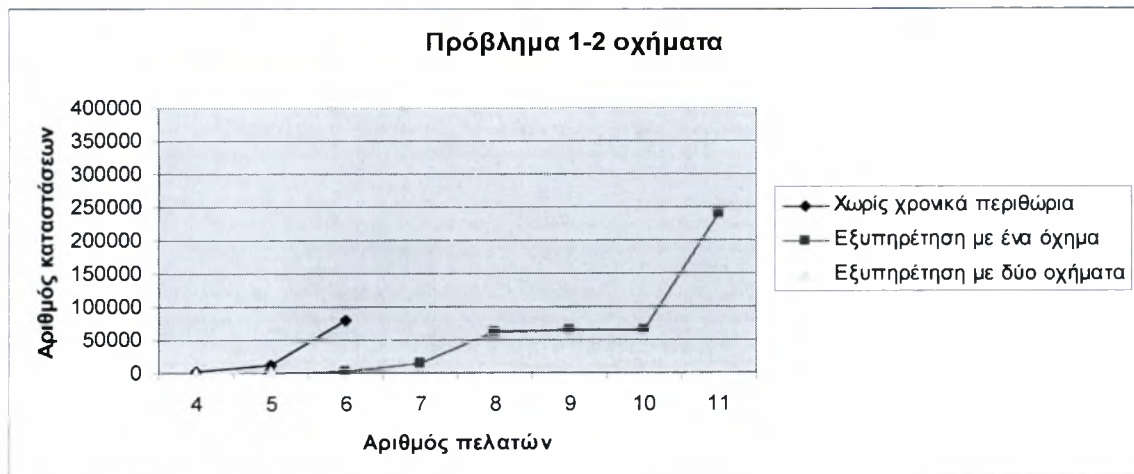
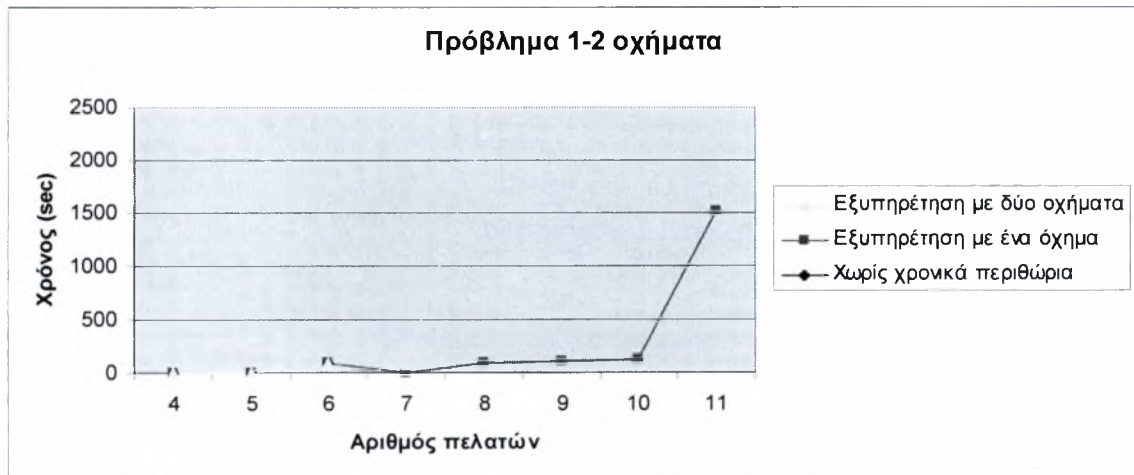


4.3 Αριθμητικά αποτελέσματα περίπτωσης δύο οχημάτων

Πρόβλημα 1

| <u>Ανοικτό Πρόβλημα</u> | <u>Κλειστό Πρόβλημα (ένα όχημα)</u> | <u>Κλειστό Πρόβλημα (δύο οχήματα)</u> |
|-----------------------------|---|---|
| (0) -1.044 2.000 0 0 1440 | | |
| (1) -0.417 -0.157 10 0 1440 | (0) -1.044 2.000 0 83.13 | (0) -1.044 2.000 0 83.13 |
| (2) -9.194 2.759 10 0 1440 | 1440 | 1440 |
| (3) -6.500 7.723 10 0 1440 | (1) -0.417 -0.157 10 0 1440 | (1) -2.067 5.789 10 87 128 |
| (4) -4.094 8.321 10 0 1440 | (2) -9.194 2.759 10 86 114 | (2) 2.377 2.908 10 102 132 |
| (5) -2.973 6.414 10 0 1440 | (3) -6.500 7.723 10 0 1440 | (3) 5.164 0.547 10 0 1440 |
| (6) 0.524 2.226 10 0 1440 | (4) -4.094 8.321 10 148 176 | (4) -4.261 -2.639 10 0 1440 |
| (7) -4.655 9.797 10 0 1440 | (5) -2.973 6.414 10 0 1440 | (5) -0.417 -0.157 10 0 1440 |
| (8) -0.785 3.207 10 0 1440 | (6) 0.524 2.226 10 0 1440 | (6) -9.194 2.759 10 86 114 |
| (9) -1.156 1.161 10 0 1440 | (7) -3.066 0.546 10 0 1440 | (7) -6.500 7.723 10 0 1440 |
| (10) -1.192 1.175 10 0 1440 | (8) -6.741 6.832 10 0 1440 | (8) -4.094 8.321 10 148 175 |
| (11) -5.476 1.437 10 0 1440 | (9) -7.667 9.934 10 272 306 | (9) -5.066 -2.313 10 0 1440 |
| (12) -1.678 1.954 10 0 1440 | (10) -4.138 5.082 10 311 | (10) 1.227 -5.581 10 0 1440 |
| (13) -1.044 2.000 0 0 1440 | 327 | (11) 5.740 2.382 10 127 |
| | (11) -1.317 6.934 10 0 1440 | 170 |
| | (12) -4.655 9.797 10 102 | (12) -2.640 2.953 10 190 |
| | 123 | 206 |
| | (13) -0.785 3.207 10 0 1440 | (13) -4.655 9.797 10 102 |
| | (14) -1.156 1.161 10 219 | 123 |
| | 247 | (14) -0.785 3.207 10 0 1440 |
| | (15) -1.192 1.175 10 0 1440 | (15) -1.156 1.161 10 186 |
| | (16) -5.476 1.437 10 243 | 213 |
| | 273 | (16) -1.192 1.175 10 0 1440 |
| | (17) -1.678 1.954 10 198 | (17) -1.044 2.000 0 0 1440 |
| | 233 | |
| | (18) -4.933 3.337 10 299 | |
| | 332 | |
| | (19) -5.662 7.334 10 285 | |
| | 330 | |
| | (20) 0.435 1.469 10 0 1440 | |
| | (21) -7.110 -1.862 10 0 | |
| | 1440 | |
| | (22) -2.275 5.541 10 336 | |
| | 381 | |
| | (23) -1.044 2.000 0 0 1440 | |

| Αριθμός πελατών | Αριθμός κόμβων | 2 οχήματα Χρόνος (sec) | Χρόνος (min) | Αριθμός καταστάσεων |
|-----------------|----------------|---------------------------|--------------|---------------------|
| 4 | 10 | 0,062 | 0,001033333 | 1634 |
| 5 | 12 | 2,141 | 0,035683333 | 11622 |
| 6 | 14 | 87,229 | 1,453816667 | 80834 |
| 5 | 12 | 0,031 | 0,000516667 | 654 |
| 6 | 14 | 0,312 | 0,0052 | 2954 |
| 7 | 16 | 5,266 | 0,087766667 | 14030 |
| 8 | 18 | 96,614 | 1,610233333 | 63629 |
| 9 | 20 | 110,053 | 1,834216667 | 64481 |
| 10 | 22 | 121,974 | 2,0329 | 64846 |
| 11 | 24 | 1519,361 | 25,32268333 | 240660 |
| 4 | 8 | 0,015 | 0,00025 | 726 |
| 5 | 10 | 0,312 | 0,0052 | 3526 |
| 6 | 12 | 9,969 | 0,16615 | 23336 |
| 7 | 14 | 73,392 | 1,2232 | 69134 |
| 8 | 16 | 2133,483 | 35,55805 | 379868 |



Πρόβλημα 2

Ανοικτό Πρόβλημα

(0) 3.022 2.479 0 0 1440
 (1) 3.708 -0.211 10 0 1440
 (2) 3.594 -1.183 10 0 1440
 (3) -1.431 1.146 10 0 1440
 (4) -5.770 -6.560 10 0 1440
 (5) -1.746 -5.657 10 0 1440
 (6) 5.508 7.224 10 0 1440
 (7) 1.240 0.024 10 0 1440
 (8) -2.931 0.489 10 0 1440
 (9) 5.631 5.873 10 0 1440
 (10) 5.535 4.382 10 0 1440
 (11) 2.796 -1.504 10 0 1440
 (12) 1.948 2.014 10 0 1440
 (13) 3.022 2.479 0 0 1440

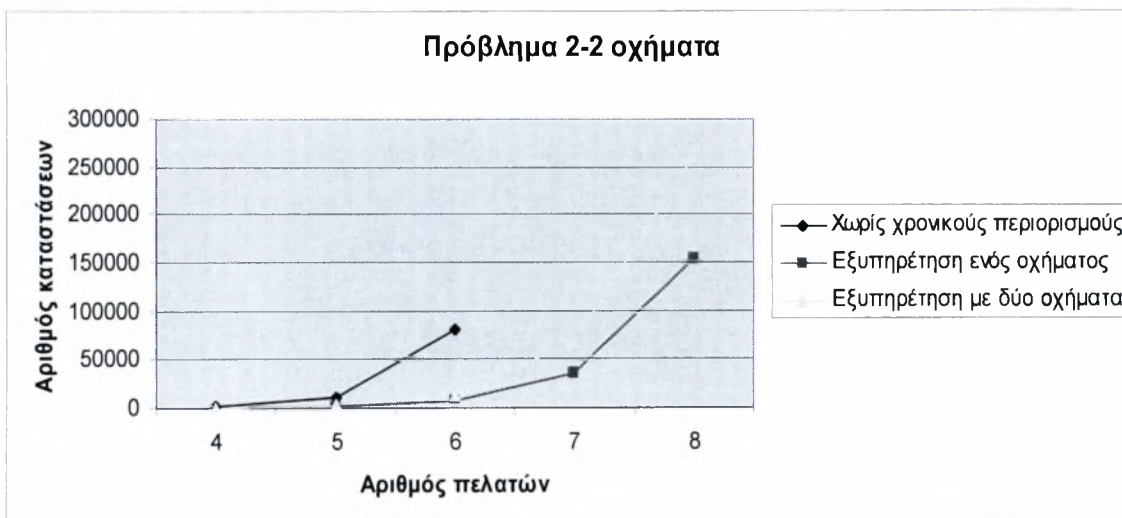
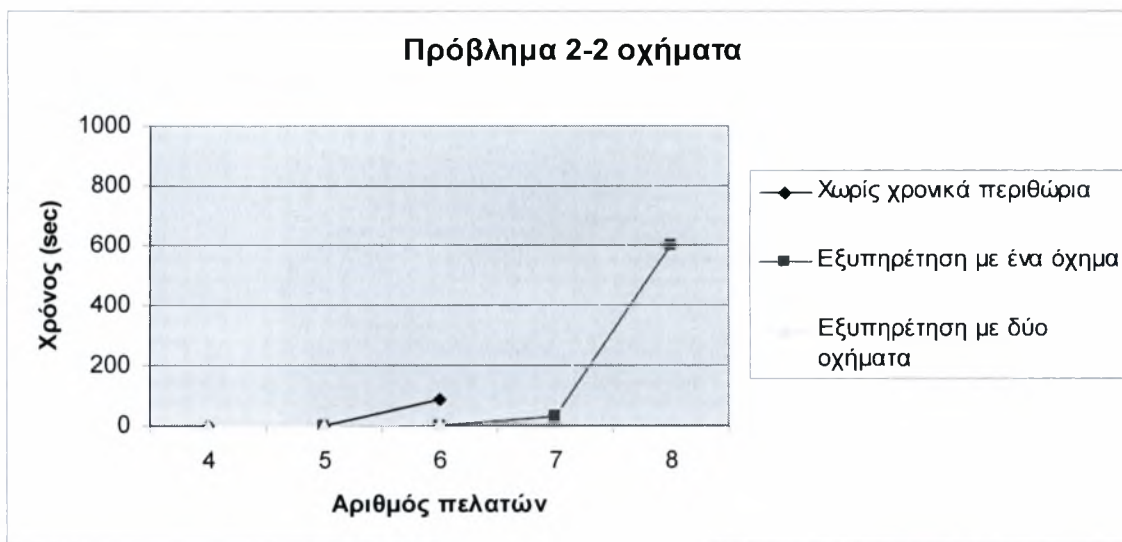
Κλειστό Πρόβλημα
(ένα όχημα)

(0) 3.022 2.479 0 98.25
 1440
 (1) 3.708 -0.211 10 01 440
 (2) 3.594 -1.183 10 86 112
 (3) -1.431 1.146 10 0 1440
 (4) -5.770 -6.560 10 0 1440
 (5) -1.746 -5.657 10 0 1440
 (6) 5.508 7.224 10 0 1440
 (7) 4.813 9.559 10 0 1440
 (8) 4.295 6.870 10 0 1440
 (9) 1.240 0.024 10 118 158
 (10) -2.931 0.489 10 0 1440
 (11) 5.631 5.873 10
 220,241
 (12) 5.535 4.382 10 206
 243
 (13) 2.796 -1.504 10 165
 208
 (14) 1.948 2.014 10 276
 299
 (15) 3.177 0.387 10 289
 325
 (16) 2.546 -0.029 10 299
 343
 (17) 3.022 2.479 0 0 1440

Κλειστό Πρόβλημα
(δύο οχήματα)

(0) 3.022 2.479 0 98.58
 1440
 (1) -0.737 2.439 10 102
 125
 (2) -2.972 2.427 10 0 1440
 (3) -4.000 0.387 10 136
 167
 (4) -7.678 0.594 10 147
 167
 (5) 3.708 -0.211 10 0 1440
 (6) 3.594 -1.183 10 86 113
 (7) -1.431 1.146 10 0 1440
 (8) -5.770 -6.560 10 0 1440
 (9) -3.577 1.414 10 0 1440
 (10) -5.165 -0.034 10 162
 182
 (11) -0.523 -0.208 10 0
 1440
 (12) 9.885 0.126 10 0 1440
 (13) 1.240 0.024 10 118
 158
 (14) -2.931 0.489 10 0 1440
 (15) 5.631 5.873 10 204
 225
 (16) 5.535 4.382 10 192
 229
 (17) 3.022 2.479 0 0 1440

| Αριθμός πελατών | Αριθμός κόμβων | 2 οχήματα Χρονος (sec) | Χρόνος (min) | Αριθμός καταστάσεων |
|-----------------|----------------|---------------------------|--------------|---------------------|
| 4 | 10 | 0,062 | 0,001033333 | 1634 |
| 5 | 12 | 2,203 | 0,036716667 | 11622 |
| 6 | 14 | 86,975 | 1,449583333 | 80834 |
| 5 | 12 | 0,14 | 0,002333333 | 1764 |
| 6 | 14 | 2 | 0,033333333 | 7934 |
| 7 | 16 | 33,191 | 0,553183333 | 36414 |
| 8 | 18 | 599,814 | 9,9969 | 153862 |
| 4 | 8 | 0,016 | 0,000266667 | 830 |
| 5 | 10 | 0,39 | 0,0065 | 3946 |
| 6 | 12 | 3,282 | 0,0547 | 13666 |
| 7 | 14 | 74,081 | 1,234683333 | 66828 |
| 8 | 16 | 928,501 | 15,47501667 | 262248 |



Πρόβλημα 3

Ανοικτό Πρόβλημα

(0) -1.839 0.112 0 0 1440
 (1) -2.447 -0.382 10 0 1440
 (2) 0.141 9.294 10 0 1440
 (3) 1.896 4.009 10 0 1440
 (4) -4.392 6.325 10 0 1440
 (5) -6.828 9.307 10 0 1440
 (6) -8.049 5.821 10 0 1440
 (7) -3.193 8.824 10 0 1440
 (8) -3.917 4.800 10 0 1440
 (9) -6.935 8.041 10 0 1440
 (10) -7.756 5.981 10 0 1440
 (11) -2.962 3.508 10 0 1440
 (12) -5.897 -2.954 10 0
 1440
 (13) -1.839 0.112 0 0 1440

Κλειστό Πρόβλημα
(ένα όχημα)

(0) -1.839 0.112 0 99.04
 1440
 (1) -2.447 -0.382 10 0 1440
 (2) 0.141 9.294 10 0 1440
 (3) 1.896 4.009 10 111 148
 (4) -4.392 6.325 10 146 178
 (5) -6.828 9.307 10 0 1440
 (6) -8.049 5.821 10 223 242
 (7) -6.338 -2.292 10 0 1440
 (8) -4.291 -2.268 10 257
 299
 (9) 3.818 -3.517 10 0 1440
 (10) 7.408 -3.422 10 232
 365
 (11) 6.446 -6.295 10 336
 370
 (12) -3.193 8.824 10 88 125
 (13) -3.917 4.800 10 146
 181
 (14) -6.935 8.041 10 0 1440
 (15) -7.756 5.981 10 0 1440
 (16) -2.962 3.508 10 231
 257
 (17) -5.897 -2.954 10 0
 1440
 (18) 9.001 -4.364 10 296
 327
 (19) 5.883 -6.304 10 0 1440
 (20) -4.618 -3.827 10 367
 400
 (21) -5.568 -3.138 10 0
 1440
 (22) -3.685 -3.371 10 0
 1440
 (23) -1.839 0.112 0 0 1440

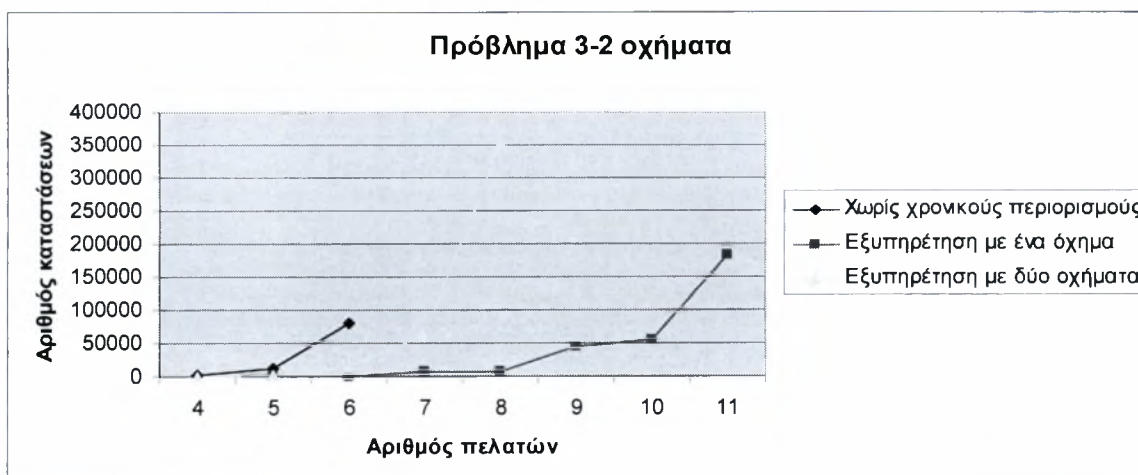
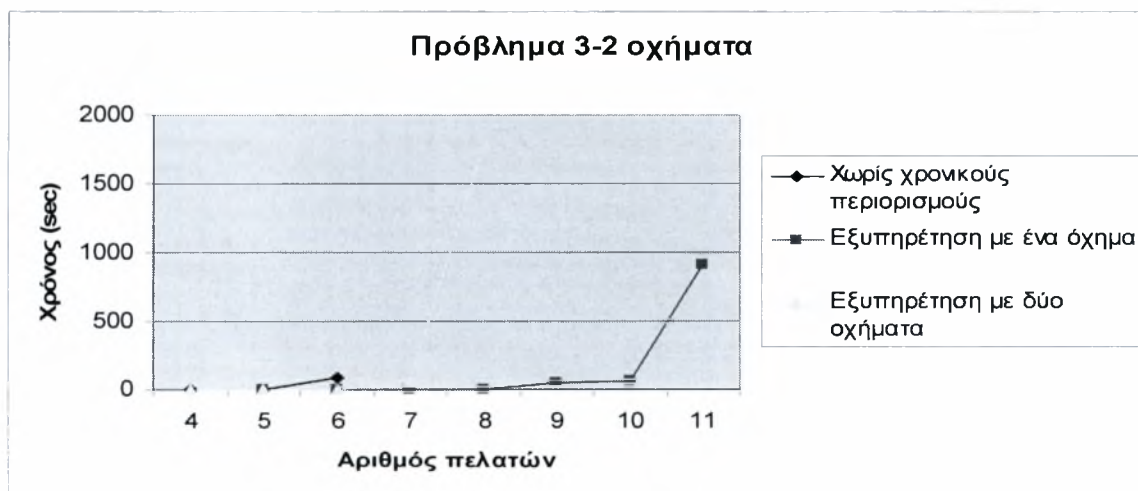
Κλειστό Πρόβλημα
(δύο οχήματα)

(0) -1.839 0.112 0 0 1440
 (1) -5.528 -2.437 10 0 1440
 (2) -9.414 -4.878 10 118
 141
 (3) -4.311 -4.344 10 0 1440
 (4) -3.079 -5.734 10 0 1440
 (5) -2.447 -0.382 10 0 1440
 (6) 0.141 9.294 10 0 1440
 (7) 1.896 4.009 10 111 148
 (8) -4.392 6.325 10 146 178
 (9) -3.744 -4.251 10 133
 155
 (10) -0.392 -6.353 10 0
 1440
 (11) -0.700 2.252 10 187
 229
 (12) 1.370 4.399 10 200
 217
 (13) -3.193 8.824 10 88 125
 (14) -3.917 4.800 10 146
 181
 (15) -6.935 8.041 10 0 1440
 (16) -7.756 5.981 10 0 1440
 (17) -1.84 0.112 0 0 1440

| Αριθμός πελατών | Αριθμός κόμβων | 2 οχήματα Χρόνος (sec) | Χρόνος (min) | Αριθμός καταστάσεων |
|-----------------|----------------|---------------------------|--------------|---------------------|
| 4 | 10 | 0,062 | 0,001033333 | 1634 |
| 5 | 12 | 2,156 | 0,035933333 | 11622 |
| 6 | 14 | 86,96 | 1,449333333 | 80834 |

| | | | | |
|----|----|--------|--------------|--------|
| 5 | 12 | 0,17 | 0,002833333 | 1226 |
| 6 | 14 | 0,091 | 0,001516667 | 1248 |
| 7 | 16 | 1,552 | 0,025866667 | 7012 |
| 8 | 18 | 2,033 | 0,033883333 | 7974 |
| 9 | 20 | 43,883 | 0,731383333 | 45855 |
| 10 | 22 | 61,078 | 1,017966667 | 55288 |
| 11 | 24 | 918,38 | 15,306333333 | 181921 |

| | | | | |
|---|----|----------|--------------|--------|
| 4 | 10 | 0,016 | 0,000266667 | 514 |
| 5 | 12 | 0,125 | 0,002083333 | 2118 |
| 6 | 14 | 3,547 | 0,059116667 | 13912 |
| 7 | 16 | 59,999 | 0,999983333 | 62930 |
| 8 | 18 | 1787,102 | 29,785033333 | 352284 |



Πρόβλημα 4

Ανοικτό Πρόβλημα

(0) -1.228 0.916 0 0 1440
 (1) -1.981 0.092 10 0 1440
 (2) -1.397 2.820 10 0 1440
 (3) -0.235 4.294 10 0 1440
 (4) 0.531 4.922 10 0 1440
 (5) -2.209 5.578 10 0 1440
 (6) 2.084 2.117 10 0 1440
 (7) 2.186 1.814 10 0 1440
 (8) -0.074 5.949 10 0 1440
 (9) -3.218 -1.674 10 0 1440
 (10) 2.258 0.084 10 0 1440
 (11) 0.311 -4.030 10 0 1440
 (12) -0.518 -4.900 10 0
 1440
 (13) -1.228 0.916 0 0 1440

Κλειστό Πρόβλημα
(ένα όχημα)

(0) -1.228 0.916 0 111.21
 1440
 (1) -1.981 0.092 10 95 130
 (2) -1.397 2.820 10 0 1440
 (3) -0.235 4.294 10 99 139
 (4) 0.531 4.922 10 113 150
 (5) -2.209 5.578 10 158 185
 (6) 2.084 2.117 10 178 215
 (7) 0.894 0.287 10 195 228
 (8) 0.749 -5.724 10 267 282
 (9) 1.208 -4.235 10 293 331
 (10) 2.880 -0.858 10 307
 350
 (13) 0.724 1.732 10 0 1440
 (14) 2.186 1.814 10 0 1440
 (15) -0.074 5.949 10 141
 182
 (16) -3.218 -1.674 10 0
 1440
 (17) 2.258 0.084 10 0 1440
 (18) 0.311 -4.030 10 0 1440
 (19) -0.518 -4.900 10 0
 1440
 (20) -1.681 -3.504 10 0
 1440
 (21) 1.214 3.004 10 0 1440
 (22) 5.206 3.033 10 0 1440
 (23) 1.577 1.732 10 0 1440
 (24) -0.650 7.144 10 373
 418
 (25) -1.228 0.916 0 0 1440

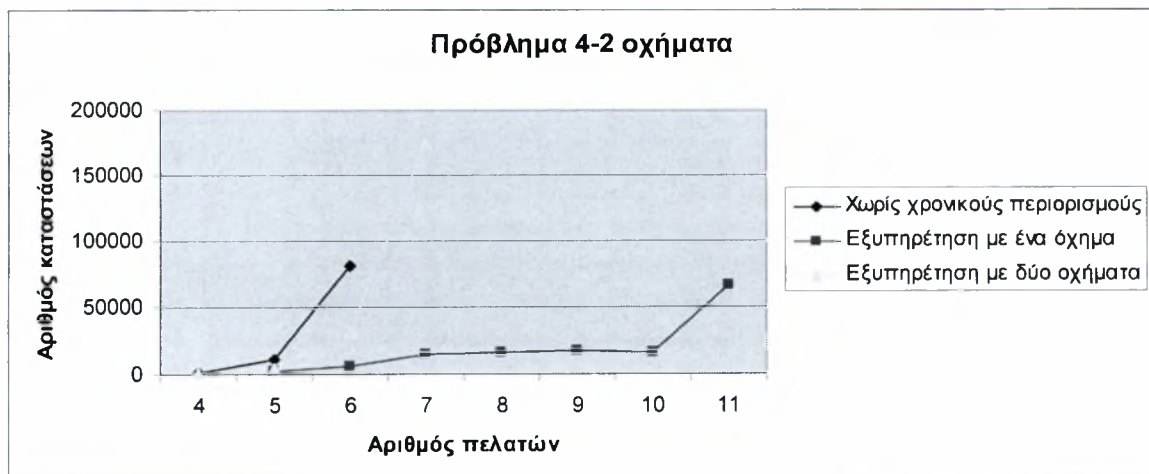
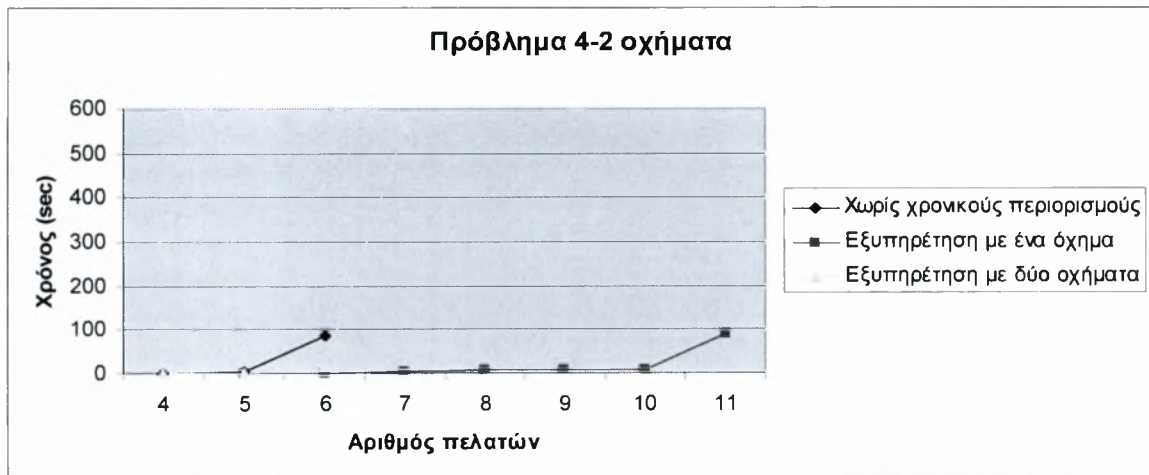
Κλειστό Πρόβλημα
(δύο οχήματα)

(0) -1.228 0.916 0 111.21
 1440
 (1) -1.981 0.092 10 95 130
 (2) -1.397 2.820 10 0 1440
 (3) -0.235 4.294 10 99 139
 (4) 0.531 4.922 10 113 150
 (5) 2.299 0.140 10 0 1440
 (6) 0.668 -2.707 10 0 1440
 (7) -2.617 -4.900 10 108
 153
 (8) -7.924 -5.768 10 0 1440
 (9) 2.186 1.814 10 0 1440
 (10) -0.074 5.949 10 141
 182
 (11) -3.218 -1.674 10 0
 1440
 (12) 2.258 0.084 10 0 1440
 (13) -6.888 -6.454 10 159
 178
 (14) 0.243 -3.052 10 138
 156
 (15) -6.125 -5.137 10 0
 1440
 (16) 1.075 -2.855 10 205
 246
 (17) -1.228 0.916 0 0 1440

| Αριθμός πελατών | Αριθμός κόμβων | 2 οχήματα Χρόνος (sec) | Χρόνος (min) | Αριθμός καταστάσεων |
|-----------------|----------------|---------------------------|--------------|---------------------|
| 4 | 10 | 0,062 | 0,001033333 | 1634 |
| 5 | 12 | 2,187 | 0,03645 | 11622 |
| 6 | 14 | 86,831 | 1,447183333 | 80834 |

| | | | | |
|----|----|----------|-------------|--------|
| 5 | 12 | 0,16 | 0,002666667 | 2534 |
| 6 | 14 | 0,771 | 0,01285 | 5862 |
| 7 | 16 | 4,867 | 0,081116667 | 15192 |
| 8 | 18 | 5,749 | 0,095816667 | 16242 |
| 9 | 20 | 6,74 | 0,112333333 | 16947 |
| 10 | 22 | 6,469 | 0,107816667 | 16137 |
| 11 | 24 | 88,878 | 1,4813 | 66788 |
| 12 | 26 | 3125,254 | 52,08756667 | 449475 |

| | | | | |
|---|----|---------|-------------|--------|
| 4 | 10 | 0,015 | 0,00025 | 742 |
| 5 | 12 | 0,563 | 0,009383333 | 5016 |
| 6 | 14 | 18,705 | 0,31175 | 31374 |
| 7 | 16 | 554,774 | 9,246233333 | 175002 |



Πρόβλημα 5

Ανοικτό Πρόβλημα

(0) 0.868 -1.044 0 0 1440
 (1) 3.324 -3.049 10 0 1440
 (2) 5.941 -4.926 10 0 1440
 (3) 3.154 -0.872 10 0 1440
 (4) 2.717 -0.571 10 0 1440
 (5) 0.745 1.850 10 0 1440
 (6) 3.115 4.367 10 0 1440
 (7) 2.555 0.367 10 0 1440
 (8) -1.794 0.773 10 0 1440
 (9) -1.054 1.240 10 0 1440
 (10) -2.123 1.449 10 0 1440
 (11) -3.895 5.294 10 0 1440
 (12) -3.962 5.488 10 0 1440
 (13) 0.868 -1.044 0 0 1440

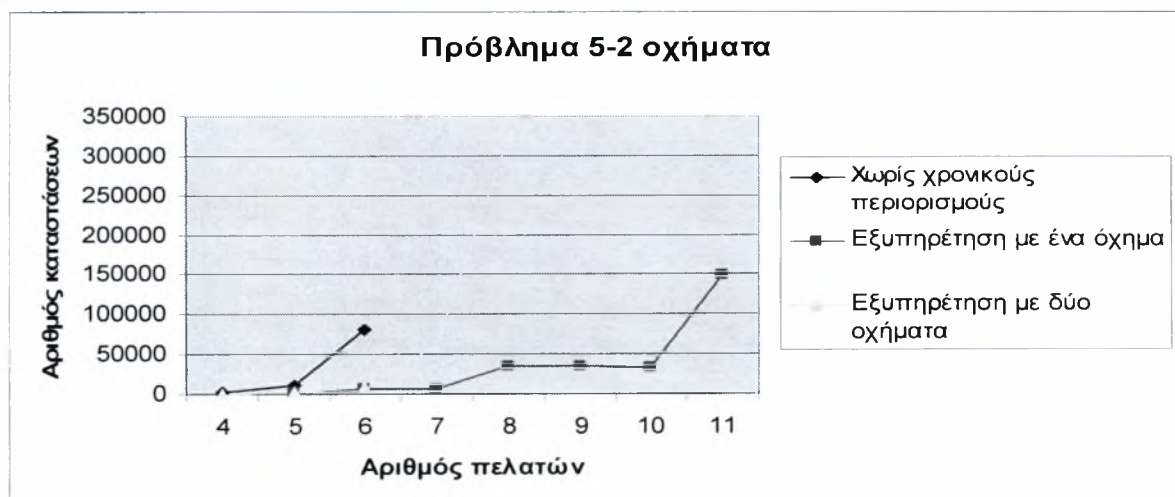
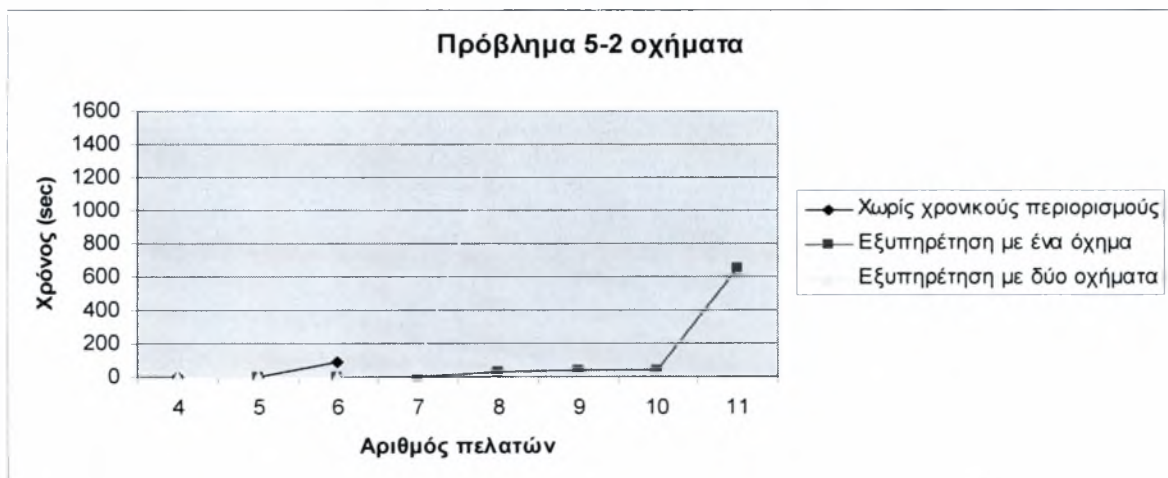
Κλειστό Πρόβλημα
(ένα όχημα)

(0) 0.868 -1.044 0 69 1440
 (1) 3.324 -3.049 10 0 1440
 (2) 5.941 -4.926 10 0 1440
 (3) 3.154 -0.872 10 0 1440
 (4) 2.717 -0.571 10 0 1440
 (5) 0.745 1.850 10 0 1440
 (6) 3.115 4.367 10 0 1440
 (7) 4.251 3.206 10 192 223
 (8) -2.282 4.617 10 0 1440
 (9) 1.559 -0.582 10 273 300
 (10) -1.675 -0.081 10 286
 323
 (11) -2.024 -8.197 10 0
 1440
 (12) 2.555 0.367 10 95 127
 (13) -1.794 0.773 10 119
 138
 (14) -1.054 1.240 10 143
 160
 (15) -2.123 1.449 10 123
 151
 (16) -3.895 5.294 10 182
 218
 (17) -3.962 5.488 10 224
 268
 (18) -0.287 0.079 10 0 1440
 (19) 0.012 -0.464 10 262
 303
 (20) -0.805 -2.118 10 0
 1440
 (21) -2.736 -5.018 10 0
 1440
 (22) 0.395 0.730 10 345
 381
 (23) 0.868 -1.044 0 0 1440

Κλειστό Πρόβλημα
(δύο οχήματα)

(0) 0.868 -1.044 0 69 1440
 (1) 3.324 -3.049 10 0 1440
 (2) 5.941 -4.926 10 0 1440
 (3) 3.154 -0.872 10 0 1440
 (4) 2.717 -0.571 10 0 1440
 (5) -1.744 -7.080 10 75 94
 (6) -4.713 -7.785 10 0 1440
 (7) -1.345 -7.553 10 116
 139
 (8) 3.533 -6.517 10 0 1440
 (9) 2.555 0.367 10 95 127
 (10) -1.794 0.773 10 119
 138
 (11) -1.054 1.240 10 143
 160
 (12) -2.123 1.449 10 123
 151
 (13) -2.106 -4.150 10 0
 1440
 (14) 3.605 2.988 10 160
 187
 (15) 1.349 1.974 10 0 1440
 (16) 3.260 -1.494 10 146
 166
 (17) 0.868 -1.044 0 0 1440

| Αριθμός πελατών | Αριθμός κόμβων | 2 οχήματα Χρόνος (sec) | Χρόνος (min) | Αριθμός καταστάσεων |
|-----------------|----------------|---------------------------|--------------|---------------------|
| 4 | 10 | 0,079 | 0,001316667 | 1634 |
| 5 | 12 | 2,156 | 0,035933333 | 11622 |
| 6 | 14 | 86,784 | 1,4464 | 80834 |
| 5 | 12 | 0,171 | 0,00285 | 1468 |
| 6 | 14 | 1,793 | 0,029883333 | 6968 |
| 7 | 16 | 2,163 | 0,03605 | 7268 |
| 8 | 18 | 34,74 | 0,579 | 34018 |
| 9 | 20 | 39,427 | 0,657116667 | 34122 |
| 10 | 22 | 43,953 | 0,73255 | 33878 |
| 11 | 24 | 647,29 | 10,78816667 | 147985 |
| 4 | 10 | 0,031 | 0,000516667 | 652 |
| 5 | 12 | 0,25 | 0,004166667 | 2968 |
| 6 | 14 | 1,672 | 0,027866667 | 9488 |
| 7 | 16 | 57,111 | 0,95185 | 60814 |
| 8 | 18 | 1495,906 | 24,93176667 | 324202 |



Στις ενότητες της διπλωματικής εργασίας που έχουν προηγηθεί παρουσιάσαμε έναν δυναμικό αλγόριθμο εύρεσης βέλτιστης διαδρομής εξυπηρέτησης για τα προβλήματα παραλαβής και παράδοσης πελατών για τις περιπτώσεις ενός και δύο οχημάτων. Στην προσπάθεια πλήρους παρουσίασης των αλγορίθμων αυτών αλλά και επιβεβαίωσης της ορθής λειτουργίας αυτών, πραγματοποιήθηκε μία σειρά πειραμάτων, τα οποία όπως έχουμε ήδη προαναφέρει βασίστηκαν σε ήδη προϋπάρχοντα [23]. Κατά τη διάρκεια των πειραμάτων αυτών καταλήξαμε σε κάποια συμπεράσματα σχετικά με τη λειτουργία των αλγορίθμων και κυρίως με το χρόνο που χρειάζεται για να καταλήξουν στην βέλτιστη διαδρομή εξυπηρέτησης των πελατών του εκάστοτε προβλήματος..

Από τα αποτελέσματα που παρατίθενται παραπάνω, παρατηρούμε, ότι ο χρόνος αυτός είναι ανάλογος με τον αριθμό των πελατών που εξετάζονται και αντιστρόφως ανάλογος με τους χρονικούς περιορισμούς στους οποίους υπόκεινται οι πελάτες που εξετάζονται. Αυτό σημαίνει ότι η βέλτιστη λύση προκύπτει γρηγορότερα για προβλήματα στα οποία ο αριθμός των πελατών είναι περιορισμένος, καθώς επίσης και για προβλήματα στα οποία οι πελάτες υπόκεινται σε συγκεκριμένους χρονικούς περιορισμούς είτε ως προς το χρόνο εξυπηρέτησης είτε ως προς τα χρονικά περιθώρια που αυτοί απαιτούν να πραγματοποιηθεί η παραλαβή ή η παράδοσή τους. Παρατηρήσαμε προβλήματα στα οποία διατηρώντας τον αριθμό των πελατών σταθερό αλλά στενεύοντας τους χρονικούς περιορισμούς, ο χρόνος που χρειάστηκε για να προκύψει η βέλτιστη διαδρομή ήταν μικρότερος. Το ίδιο παρατηρήσαμε και στις περιπτώσεις που διατηρήσαμε τους χρονικούς περιορισμούς σταθερούς αλλά αυξήσαμε τον αριθμό των πελατών. Η εξάρτηση του χρόνου που εντοπίζεται είναι λογικό αποτέλεσμα, αφού όσο αυξάνεται ο αριθμός των πελατών ή ανοίγουν οι χρονικοί περιορισμοί, αυξάνεται αυτομάτως και ο αριθμός των πιθανών διαδρομών που πρέπει να εξεταστούν ώστε να προκύψει τελικά η

βέλτιστη. Μία επιπλέον μεταβλητή με την οποία έχει άμεση εξάρτηση ο χρόνος που χρειάζεται για να προκύψει η βέλτιστη διαδρομή εξυπηρέτησης των πελατών είναι η χωρητικότητα του/των οχημάτων. Όπως είναι λογικό μειώνοντας τη χωρητικότητα του οχήματος, ο αριθμός των υπό εξέταση πιθανών διαδρομών μειώνεται, με άμεσο επακόλουθο και την μείωση του χρόνου επίλυσης του προβλήματός μας.

Κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης των πειραμάτων προέκυψαν προβληματισμοί για την περαιτέρω βελτίωση του αλγορίθμου. Το βασικότερο σημείο που πρέπει να τονιστεί είναι η αδυναμία αυτού να επιλύσει προβλήματα, στα οποία οι χρονικοί περιορισμοί των πελατών δεν επιτρέπουν μία ενιαία, χωρίς διακοπές διαδρομή. Για να αντιμετωπιστεί η αδυναμία αυτή θα έπρεπε να υπάρχει η δυνατότητα αναμονής των οχημάτων σε έναν κόμβο, προκειμένου να φθάσει ο χρόνος το κατώτερο χρονικό όριο που τον χαρακτηρίζει ώστε να εξυπηρετηθεί. Το κυριότερο πρόβλημα που δημιουργείται από την έλλειψη αυτής της δυνατότητας είναι ότι σε περίπτωση που όλοι οι πελάτες έχουν χρονικούς περιορισμούς, οι οποίοι έχουν ως κατώτερο όριο υψηλότερο από το χρόνο που έχουμε ορίσει ως χρόνο 0 και συνεπώς χρόνο εκκίνησης των οχημάτων, τότε ο αλγόριθμος δεν δύναται να βρει μία βέλτιστη διαδρομή εξυπηρέτησης και χαρακτηρίζει αυτομάτως το πρόβλημά μας ως μη επιλύσιμο.

Παρά την εκθετική μορφή του, ο αλγόριθμος που εισάγεται στην διπλωματική εργασία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την περαιτέρω βελτίωση ευρετικών αλγορίθμων (heuristics). Αυτό θα μπορούσε να γίνει χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο για τα δύο οχήματα που έχουμε ώστε να συγκριθούν μεταξύ τους κατά ζεύγη οι διαδρομές που προκύπτουν από κάποιον ευρετικό αλγόριθμο με αποτέλεσμα την βελτίωση όσο το δυνατόν περισσότερο αυτών. Το αποτέλεσμα ενός πιθανού συνδυασμού των δύο αλγορίθμων θα είχε ως αποτέλεσμα όχι την εύρεση των βέλτιστων διαδρομών αλλά προφανώς την εύρεση διαδρομών των οποίων τα τελικά κόστη εξυπηρέτησης θα ήταν σημαντικά μειωμένα συγκριτικά με αυτά των αρχικών.

Εν κατακλείδι, μπορούμε να πούμε ότι ο αλγόριθμος που εισάγεται στην παρούσα διπλωματική εργασία θέτει μία σταθερή βάση, η οποία μετά από κάποιες επιπλέον προσθήκες, μπορεί να φανεί εξαιρετικά χρήσιμη στην επίλυση των προβλημάτων παραλαβής και παράδοσης πελατών με χρονικούς περιορισμούς, εάν αυτός συνδυαστεί σωστά με τους ήδη υπαρκτούς ευρετικούς αλγορίθμους.

Βιβλιογραφία

- [1] Bodin LD and Sexton T (1986) "The multi-vehicle subscriber dial-a-ride problem". *T IMS Studies in Management Science* 2: 73—86.
- [2] Boerndorfer R, Grottschel M, Klostermeier F and Kuttner C (1997) "Telebus Berlin: vehicle scheduling in a dial-a-ride system". Technical Report SC 97-23, Konrad-Zuse-Zentrum fur Informationstechnik Berlin.
- [3] Van Der Bruggen LJJ, Lenstra JK and Schuur PC (1993) "Variable-depth search for the single-vehicle pickup and delivery problem with time windows". *Transportation Science*, 27 (3): 298-311.
- [4] Cordeau JF and Laporte G (2003) "A Tabu search heuristic for the static multi-vehicle dial-a-ride problem". *Transportation Research Part B* 37: 579—594.
- [5] Cordeau JF and Laporte G (2003) "The dial-a-ride problem: variants, modeling issues and algorithms". *4OR ? Quarterly Journal of the Belgian, French and Italian Operations Research Societies* 1: 89—101.
- [6] Desrosiers J, Dumas Y and Soumis F (1986) "A dynamic programming solution of the large-scale single-vehicle dial-a-ride problem with time windows". *American Journal of Mathematical and Management Sciences* 6: 301-325.

[7] Desrosiers J, Dumas Y, Soumis F, Taillefer S and Villeneuve D (1991) "An algorithm for mini-clustering in handicapped transport". Report G-91-02, Ecole des Hautes Etudes Commerciales, Montreal.

[8] Diana M and Dessouky MM (2004) "A new regret insertion heuristic for solving largescale dial-a-ride problems with time windows". *Transportation Research Part B* 38: 539-557.

[9] Dumas Y, Desrosiers J and Soumis F (1989) "Large-scale multi-vehicle dial-a-ride problems". *Les Cahiers du GERAD* G-89-30.

[10] Dumas Y, Desrosiers J and Soumis F (1991) "The pickup and delivery problem with time windows". *European Journal of Operational Research* 54: 7—22.

[11] Healy P and Moll R (1995) "A new extension of local search applied to the Dial-A-Ride Problem". *European Journal of Operational Research* 83: 83-104.

[12] Ioachim I, Desrosiers J, Dumas Y and Solomon MM (1995) "A request clustering algorithm for door-to-door handicapped transportation". *Transportation Science* 29: 63—78.

[13] Jaw JJ, Odoni AR, Psaraftis HN, and Wilson NHM (1986) "A heuristic algorithm for the multi-vehicle advance request dial-a-ride problem with time windows". *Transportation Research Part B* 20 (3): 243-257.

- [14] Madsen OBG, Ravn HF and Rygaard JM (1995) "A heuristic algorithm for a dial-a-ride routing and scheduling problem with time windows, multiple capacities, and multiple objectives". *Annals of Operations Research* 60: 193-208.
- [15] Psaraftis H (1980) "A dynamic programming solution to the single vehicle many-to-many immediate request dial-a-ride problem". *Transportation Science* 14: 130—154.
- [16] Psaraftis HN (1983) "An exact algorithm for the single vehicle many to- many dial-a-ride problem with time windows". *Transportation Science* 17 (3): 351-357.
- [17] Savelsbergh MWP (1990) "An efficient implementation of local search algorithms for constrained routing problems". *European Journal of Operational Research* 47: 75-85.
- [18] Sexton TR and Bodin L (1985a) "Optimizing single vehicle many-to many operations with desired delivery times: I. Scheduling". *Transportation Science* 19: 378-410.
- [19] Sexton TR and Bodin L (1985b) "Optimizing single vehicle many-to many operations with desired delivery times: I. Routing". *Transportation Science* 19: 411-435.
- [20] Thompson PM and Psaraftis HN (1993) "Cyclic transfer algorithms for multivehicle routing and scheduling problems". *Operations Research* 41 (5): 935-946.
- [21] Toth P and Vigo D (1996) "Fast local search algorithms for the handicapped persons transportation problem". In: Osman IH and Kelly JP (Eds.), *Meta-Heuristics: Theory and Applications*, Kluwer, Boston, 677—690.

[22] Toth P and Vigo D (1997) "Heuristic algorithms for the handicapped persons transportation problem". Transportation Science 31 (1): 60-71.

[23] Stefan Ropke " Problems collected by J. –F. Cordeau"

<http://www.hec.ca/chairedistributique/data/darp/tabu>

Παράρτημα

Το παρακάτω παράρτημα δημιουργήθηκε για να παρατεθούν τα αποτελέσματα των πειραμάτων που χρειάστηκε να γίνουν για να εκπονηθεί η διπλωματική εργασία. Τα αποτελέσματα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μελλοντική έρευνα καθώς και την περαιτέρω βελτίωση του αλγορίθμου αφού προκύπτουν από ήδη ελεγμένα προβλήματα, για τα οποία ο αλγόριθμος στην παρούσα μορφή του μπορεί να εξάγει βέλτιστη διαδρομή εξυπηρέτησης είτε για την περίπτωση του ενός οχήματος, είτε για αυτή των δύο οχημάτων.

Π.1. Αριθμητικά αποτελέσματα περίπτωσης ενός οχήματος

Πρόβλημα 6

Ανοιχτό Πρόβλημα

(0) -0.268 -0.947 0 0 1440
(1) -0.103 -1.484 10 0 1440
(2) 1.028 -2.395 10 0 1440
(3) 0.374 -3.546 10 0 1440
(4) 4.613 -2.042 10 0 1440
(5) 2.051 -1.188 10 0 1440
(6) 9.520 2.423 10 0 1440
(7) 5.818 2.756 10 0 1440
(8) 6.758 1.301 10 0 1440
(9) 3.624 -0.265 10 0 1440
(10) 3.220 -3.984 10 0 1440
(11) 2.929 1.280 10 0 1440
(12) 9.682 2.621 10 0 1440
(13) 3.716 -1.499 10 0 1440
(14) 3.716 -0.084 10 0 1440
(15) 5.337 1.377 10 0 1440
(16) -0.866 -2.511 10 0 1440
(17) -1.322 -2.603 10 0 1440
(18) -6.495 -1.096 10 0 1440
(19) -0.268 -0.947 0 0 1440

Κλειστό Πρόβλημα

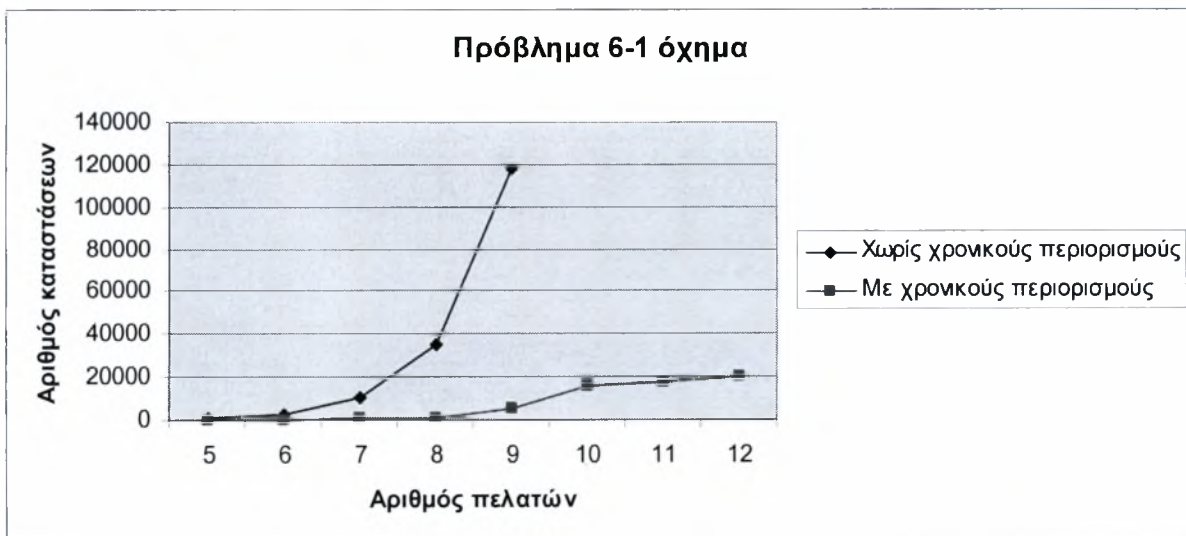
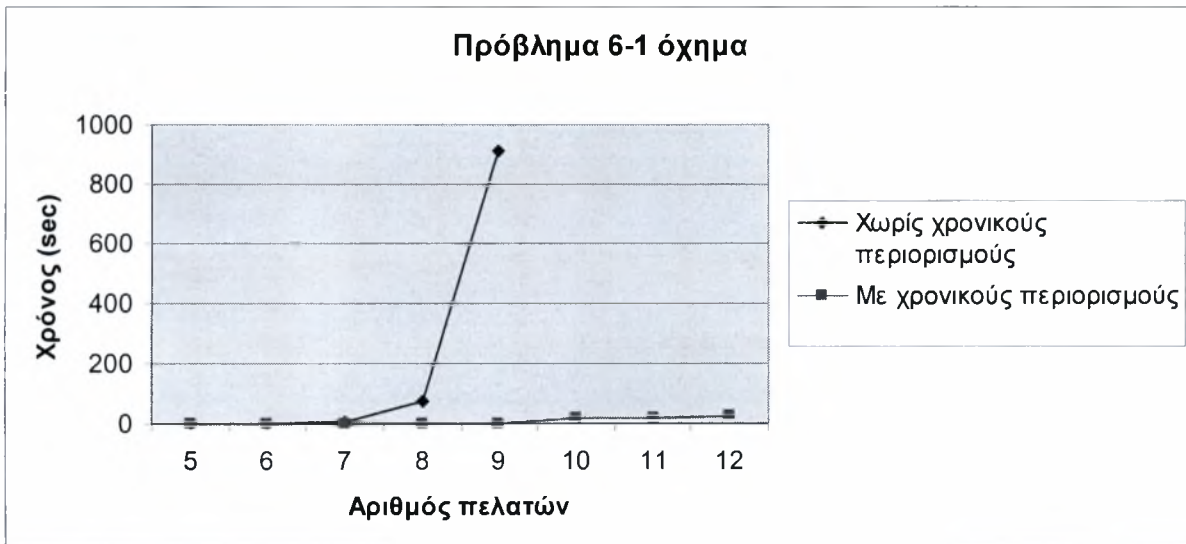
(0) -0.268 -0.947 0 131.4 1440
(1) -0.103 -1.484 10 98 134
(2) 1.028 -2.395 10 0 1440
(3) 0.374 -3.546 10 145 169
(4) 4.613 -2.042 10 165 184
(5) 2.051 -1.188 10 202 223
(6) 9.520 2.423 10 228 259
(7) 5.818 2.756 10 256 281
(8) 6.758 1.301 10 267 309
(9) 3.624 -0.265 10 0 1440
(10) 2.927 -0.649 10 0 1440
(11) -5.770 -1.048 10 352 378
(12) -7.170 -1.145 10 373 390
(13) 3.220 -3.984 10 0 1440
(14) 2.929 1.280 10 209 247
(15) 9.682 2.621 10 0 1440
(16) 3.716 -1.499 10 0 1440
(17) 3.716 -0.084 10 0 1440
(18) 5.337 1.377 10 0 1440
(19) -0.866 -2.511 10 0 1440
(20) -1.322 -2.603 10 0 1440
(21) -6.495 -1.096 10 362 384
(22) -2.436 -2.305 10 398 425
(23) -5.523 -1.503 10 0 1440
(24) 3.843 -0.535 10 0 1440
(25) -0.268 -0.947 0 0 1440

1 όχημα

Αριθμός πελατών Αριθμός κόμβων Χρόνος (sec) Χρόνος (min) Αριθμός πιθανών καταστάσεων

| | | | | |
|---|----|---------|-------------|--------|
| 5 | 12 | 0,047 | 0,000783333 | 812 |
| 6 | 14 | 0,5 | 0,008333333 | 2918 |
| 7 | 16 | 6,079 | 0,101316667 | 10208 |
| 8 | 18 | 74,643 | 1,24405 | 34994 |
| 9 | 20 | 912,299 | 15,20498333 | 118100 |

| | | | | |
|----|----|--------|-------------|-------|
| 5 | 12 | 0 | 0 | 108 |
| 6 | 14 | 0 | 0 | 239 |
| 7 | 16 | 0,16 | 0,002666667 | 469 |
| 8 | 18 | 0,11 | 0,001833333 | 1144 |
| 9 | 20 | 1,735 | 0,028916667 | 5026 |
| 10 | 22 | 17,594 | 0,293233333 | 15851 |
| 11 | 24 | 19,875 | 0,33125 | 17233 |
| 12 | 26 | 23,438 | 0,390633333 | 20241 |



Πρόβλημα 7

Ανοικτό Πρόβλημα

(0) 1.063 0.933 0 0 1440
 (1) -0.469 2.554 10 0 1440
 (2) -3.019 6.777 10 0 1440
 (3) -5.060 -1.642 10 0 1440
 (4) 1.072 -1.879 10 0 1440
 (5) 4.719 -0.547 10 0 1440
 (6) 7.118 1.254 10 0 1440
 (7) 5.787 -1.629 10 0 1440
 (8) 5.309 -1.875 10 0 1440
 (9) 3.154 6.664 10 0 1440
 (10) 1.288 1.692 10 0 1440
 (11) -6.798 -0.375 10 0 1440
 (12) 0.724 0.160 10 0 1440
 (13) -0.358 1.334 10 0 1440
 (14) -1.310 6.216 10 0 1440
 (15) 7.890 1.765 10 0 1440
 (16) 3.163 5.362 10 0 1440
 (17) 3.301 5.896 10 0 1440
 (18) 7.982 2.227 10 0 1440
 (19) 1.063 0.933 0 0 1440

Κλειστό Πρόβλημα

(0) 1.063 0.933 0 79.43 1440
 (1) -0.469 2.554 10 0 1440
 (2) -3.019 6.777 10 0 1440
 (3) -5.060 -1.642 10 0 1440
 (4) 1.072 -1.879 10 167 195
 (5) 4.719 -0.547 10 179 219
 (6) 7.118 1.254 10 0 1440
 (7) 5.787 -1.629 10 0 1440
 (8) 5.309 -1.875 10 230 252
 (9) 3.154 6.664 10 0 1440
 (10) 6.338 1.198 10 325 352
 (11) 4.710 -2.139 10 349 392
 (12) 1.288 1.692 10 127 145
 (13) -6.798 -0.375 10 98 116
 (14) 0.724 0.160 10 155 192
 (15) -0.358 1.334 10 0 1440
 (16) -1.310 6.216 10 0 1440
 (17) 7.890 1.765 10 205 248
 (18) 3.163 5.362 10 297 341
 (19) 3.301 5.896 10 0 1440
 (20) 7.982 2.227 10 313 346
 (21) 6.832 -0.514 10 0 1440
 (22) 2.512 0.767 10 0 1440
 (23) 1.063 0.933 0 0 1440

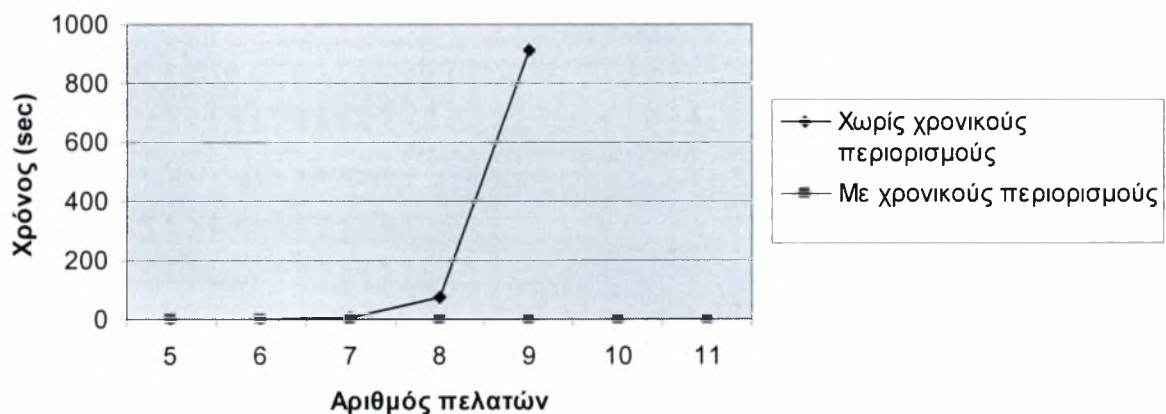
1 όχημα

Αριθμός πελατών Αριθμός κόμβων Χρόνος (sec) Χρόνος (min) Αριθμός πιθανών καταστάσεων

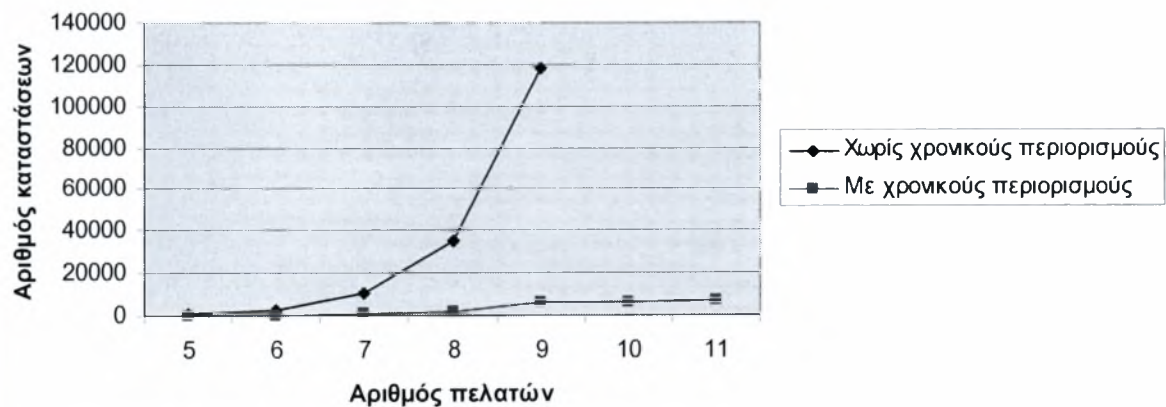
| | | | | |
|---|----|---------|-------------|--------|
| 5 | 12 | 0,031 | 0,000516667 | 812 |
| 6 | 14 | 0,5 | 0,008333333 | 2918 |
| 7 | 16 | 6,14 | 0,102333333 | 10208 |
| 8 | 18 | 74,502 | 1,2417 | 34994 |
| 9 | 20 | 913,425 | 15,22375 | 118100 |

| | | | | |
|----|----|-------|-------------|------|
| 5 | 12 | 0 | 0 | 35 |
| 6 | 14 | 0 | 0 | 255 |
| 7 | 16 | 0,062 | 0,001033333 | 932 |
| 8 | 18 | 0,187 | 0,003116667 | 1689 |
| 9 | 20 | 2,125 | 0,035416667 | 5832 |
| 10 | 22 | 2,375 | 0,039583333 | 6242 |
| 11 | 24 | 2,734 | 0,045566667 | 6712 |

Πρόβλημα 7-1 όχημα



Πρόβλημα 7-1 όχημα



Πρόβλημα 8

Ανοικτό Πρόβλημα

(0) -1.217 -0.009 0 0 1440
 (1) -2.037 -3.190 10 0 1440
 (2) -4.402 -3.994 10 0 1440
 (3) -4.664 -5.295 10 0 1440
 (4) -6.096 -4.792 10 0 1440
 (5) -5.739 -4.526 10 0 1440
 (6) 0.259 -1.500 10 0 1440
 (7) 6.683 -3.055 10 0 1440
 (8) 3.927 1.279 10 0 1440
 (9) 1.976 2.123 10 0 1440
 (10) -4.463 -6.197 10 0 1440
 (11) -3.716 -3.077 10 0 1440
 (12) -7.429 -5.231 10 0 1440
 (13) -6.108 -4.477 10 0 1440
 (14) -0.359 -2.773 10 0 1440
 (15) -0.086 -1.642 10 0 1440
 (16) -4.637 -0.151 10 0 1440
 (17) -8.146 -4.156 10 0 1440
 (18) -7.350 -4.828 10 0 1440
 (19) -1.217 -0.009 0 0 1440

Κλειστό Πρόβλημα

(0) -1.217 -0.009 0 72.37 1440
 (1) -2.037 -3.190 10 0 1440
 (2) -4.402 -3.994 10 82 98
 (3) -4.664 -5.295 10 0 1440
 (4) -6.096 -4.792 10 75 111
 (5) -5.739 -4.526 10 0 1440
 (6) 0.259 -1.500 10 0 1440
 (7) 6.683 -3.055 10 0 1440
 (8) 3.927 1.279 10 0 1440
 (9) 1.976 2.123 10 0 1440
 (10) -1.921 2.375 10 0 1440
 (11) -6.136 -1.846 10 288 306
 (12) -7.018 -3.917 10 313 336
 (13) -5.202 -4.014 10 0 1440
 (14) -4.463 -6.197 10 156 181
 (15) -3.716 -3.077 10 0 1440
 (16) -7.429 -5.231 10 125 148
 (17) -6.108 -4.477 10 0 1440
 (18) -0.359 -2.773 10 170 192
 (19) -0.086 -1.642 10 204 219
 (20) -4.637 -0.151 10 271 304
 (21) -8.146 -4.156 10 301 326
 (22) -7.350 -4.828 10 323 352
 (23) -4.100 -4.304 10 347 365
 (24) 6.121 -1.350 10 0 1440
 (25) -5.099 1.978 10 0 1440
 (26) -3.362 5.033 10 403 429
 (27) -1.217 -0.009 0 0 1440

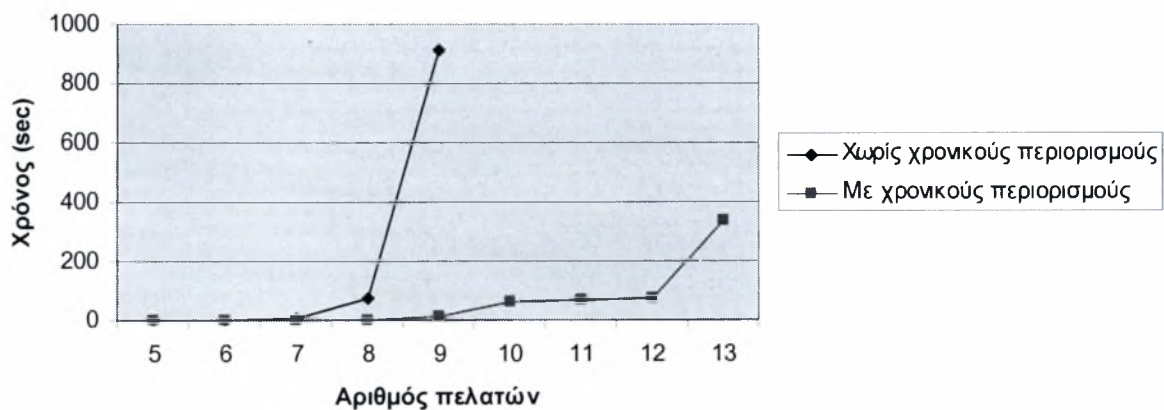
1 όχημα

Αριθμός πελατών Αριθμός κόμβων Χρόνος (sec) Χρόνος (min) Αριθμός πιθανών καταστάσεων

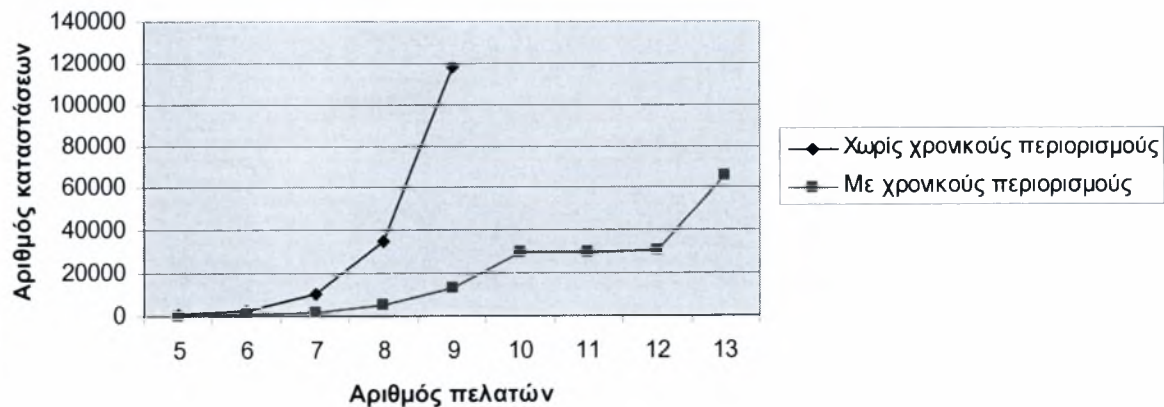
| | | | | |
|---|----|---------|-------------|--------|
| 5 | 12 | 0,032 | 0,000533333 | 812 |
| 6 | 14 | 0,5 | 0,008333333 | 2918 |
| 7 | 16 | 6,094 | 0,101566667 | 10208 |
| 8 | 18 | 74,659 | 1,244316667 | 34994 |
| 9 | 20 | 911,983 | 15,19971667 | 118100 |

| | | | | |
|----|----|---------|-------------|-------|
| 5 | 12 | 0 | 0 | 243 |
| 6 | 14 | 0,031 | 0,000516667 | 661 |
| 7 | 16 | 0,266 | 0,004433333 | 1991 |
| 8 | 18 | 1,797 | 0,02995 | 5317 |
| 9 | 20 | 11,047 | 0,184116667 | 13105 |
| 10 | 22 | 60,659 | 1,010983333 | 29963 |
| 11 | 24 | 66,846 | 1,1141 | 30158 |
| 12 | 26 | 72,72 | 1,212 | 30710 |
| 13 | 28 | 335,277 | 5,58795 | 66050 |

Πρόβλημα 8-1 όχημα



Πρόβλημα 8-1 όχημα



Πρόβλημα 9

Ανοικτό Πρόβλημα

(0) 0.387 -0.260 0 0 1440
 (1) 2.260 -2.836 10 0 1440
 (2) 5.934 -3.186 10 0 1440
 (3) 0.319 -8.865 10 0 1440
 (4) -3.637 -4.816 10 0 1440
 (5) -3.480 -2.220 10 0 1440
 (6) -1.975 -1.028 10 0 1440
 (7) -3.701 0.648 10 0 1440
 (8) -3.795 0.169 10 0 1440
 (9) -5.254 6.011 10 0 1440
 (10) -1.660 -2.933 10 0 1440
 (11) -2.463 -6.870 10 0 1440
 (12) -0.522 -2.311 10 0 1440
 (13) -2.981 -1.241 10 0 1440
 (14) 0.714 2.482 10 0 1440
 (15) 3.174 3.397 10 0 1440
 (16) 1.846 1.973 10 0 1440
 (17) 4.337 0.419 10 0 1440
 (18) 3.395 4.521 10 0 1440
 (19) 0.387 -0.260 0 0 1440

Κλειστό Πρόβλημα

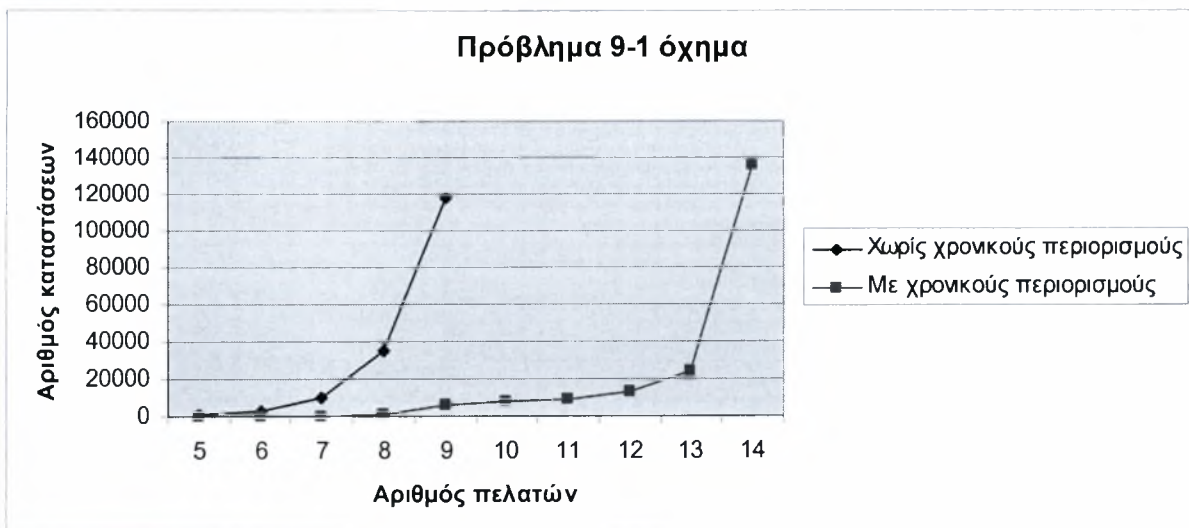
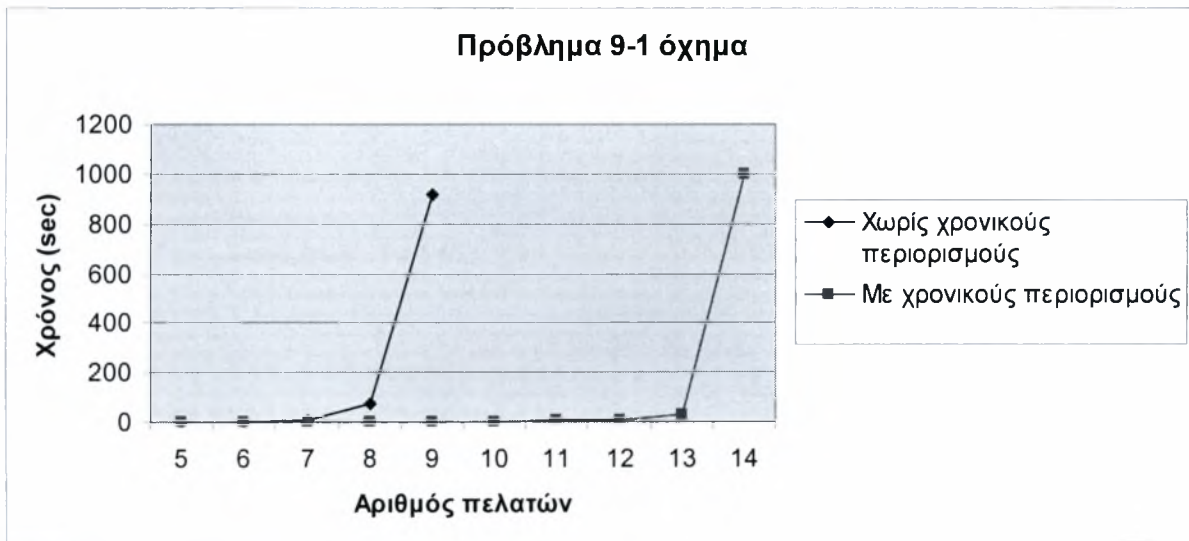
(0) 0.387 -0.260 0 35.22 1440
 (1) 2.260 -2.836 10 0 1440
 (2) 5.934 -3.186 10 0 1440
 (3) 0.319 -8.865 10 0 1440
 (4) -3.637 -4.816 10 0 1440
 (5) -3.480 -2.220 10 136 175
 (6) -1.975 -1.028 10 0 1440
 (7) -3.701 0.648 10 140 168
 (8) -3.795 0.169 10 0 1440
 (9) -5.254 6.011 10 0 1440
 (10) 1.473 2.891 10 216 237
 (11) 4.863 0.302 10 281 304
 (12) 7.326 1.067 10 288 309
 (13) 7.181 2.650 10 290 321
 (14) 8.208 2.706 10 0 1440
 (15) -1.660 -2.933 10 93 115
 (16) -2.463 -6.870 10 72 116
 (17) -0.522 -2.311 10 104 128
 (18) -2.981 -1.241 10 123 151
 (19) 0.714 2.482 10 0 1440
 (20) 3.174 3.397 10 244 280
 (21) 1.846 1.973 10 0 1440
 (22) 4.337 0.419 10 268 283
 (23) 3.395 4.521 10 256 300
 (24) 8.603 3.892 10 0 1440
 (25) 1.970 1.077 10 0 1440
 (26) 2.159 1.614 10 0 1440
 (27) 6.553 1.403 10 0 1440
 (28) -3.944 -0.590 10 381 399
 (29) 0.387 -0.260 0 0 1440

1 όχημα

Αριθμός πελατών Αριθμός κόμβων Χρόνος (sec) Χρόνος (min) Αριθμός πιθανών καταστάσεων

| | | | | |
|---|----|---------|-------------|--------|
| 5 | 12 | 0,031 | 0,000516667 | 812 |
| 6 | 14 | 0,5 | 0,008333333 | 2918 |
| 7 | 16 | 6,156 | 0,1026 | 10208 |
| 8 | 18 | 74,596 | 1,243266667 | 34994 |
| 9 | 20 | 913,063 | 15,21771667 | 118100 |

| | | | | |
|----|----|---------|-------------|--------|
| 5 | 12 | 0 | 0 | 63 |
| 6 | 14 | 0,02 | 0,000333333 | 219 |
| 7 | 16 | 0,01 | 0,000166667 | 314 |
| 8 | 18 | 0,28 | 0,004666667 | 1371 |
| 9 | 20 | 2,484 | 0,0414 | 5903 |
| 10 | 22 | 3,294 | 0,0549 | 7534 |
| 11 | 24 | 4,326 | 0,0721 | 8867 |
| 12 | 26 | 7,832 | 0,130533333 | 12554 |
| 13 | 28 | 32,717 | 0,545283333 | 23907 |
| 14 | 28 | 997,724 | 16,62873333 | 136140 |



Πρόβλημα 10

Ανοικτό Πρόβλημα

(0) -1.437 -2.034 0 0 0 1440
 (1) -3.466 -1.547 10 1 0 1440
 (2) -5.775 -2.775 10 1 0 1440
 (3) -4.926 -4.172 10 1 0 1440
 (4) -2.971 -4.633 10 1 0 1440
 (5) 1.609 -2.789 10 1 0 1440
 (6) 0.166 -0.223 10 1 0 1440
 (7) -5.178 0.728 10 1 0 1440
 (8) -9.616 3.410 10 1 0 1440
 (9) -6.418 6.381 10 1 0 1440
 (10) -5.505 -3.254 10 -1 0 1440
 (11) 2.301 -4.570 10 -1 0 1440
 (12) -0.334 -3.624 10 -1 0 1440
 (13) -1.922 -0.513 10 -1 0 1440
 (14) -9.507 4.429 10 -1 0 1440
 (15) -5.835 1.581 10 -1 0 1440
 (16) -1.894 5.769 10 -1 0 1440
 (17) 0.447 -3.613 10 -1 0 1440
 (18) -5.325 1.410 10 -1 0 1440
 (19) -1.437 -2.034 0 0 0 1440

Κλειστό Πρόβλημα

(0) -1.437 -2.034 0 71.55 1440
 (1) -3.466 -1.547 10 1 0 1440
 (2) -5.775 -2.775 10 1 60 87
 (3) -4.926 -4.172 10 1 0 1440
 (4) -2.971 -4.633 10 1 0 1440
 (5) 1.609 -2.789 10 1 0 1440
 (6) 0.166 -0.223 10 1 0 1440
 (7) -5.178 0.728 10 1 180 219
 (8) -9.616 3.410 10 1 242 270
 (9) -6.418 6.381 10 1 0 1440
 (10) -0.293 2.704 10 1 284 307
 (11) -5.505 -3.254 10 -1 85 102
 (12) 2.301 -4.570 10 -1 0 1440
 (13) -0.334 -3.624 10 -1 103 126
 (14) -1.922 -0.513 10 -1 176 194
 (15) -9.507 4.429 10 -1 172 202
 (16) -5.835 1.581 10 -1 212 232
 (17) -1.894 5.769 10 -1 0 1440
 (18) 0.447 -3.613 10 -1 0 1440
 (19) -5.325 1.410 10 -1 330 368
 (20) -6.144 -1.090 10 -1 0 1440
 (21) -1.437 -2.034 0 0 0 1440

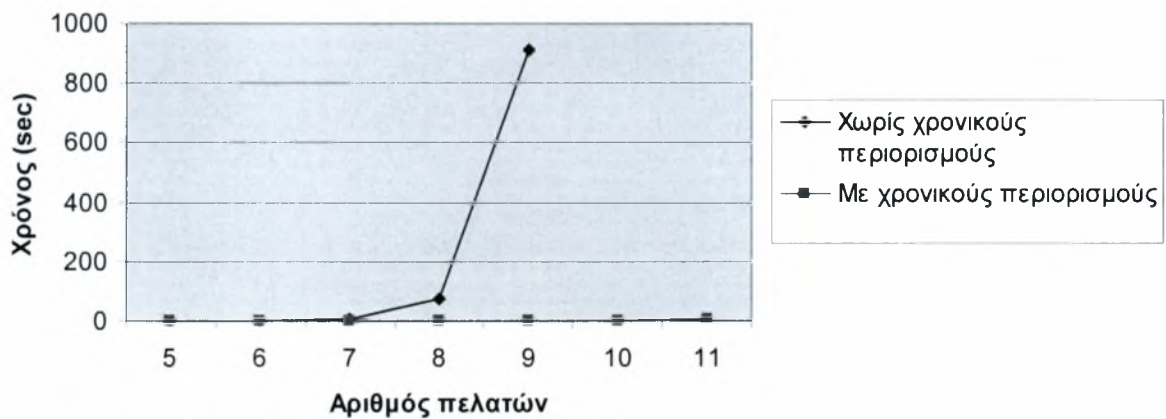
1 όχημα

Αριθμός πελατών Αριθμός κόμβων Χρόνος (sec) Χρόνος (min) Αριθμός πιθανών καταστάσεων

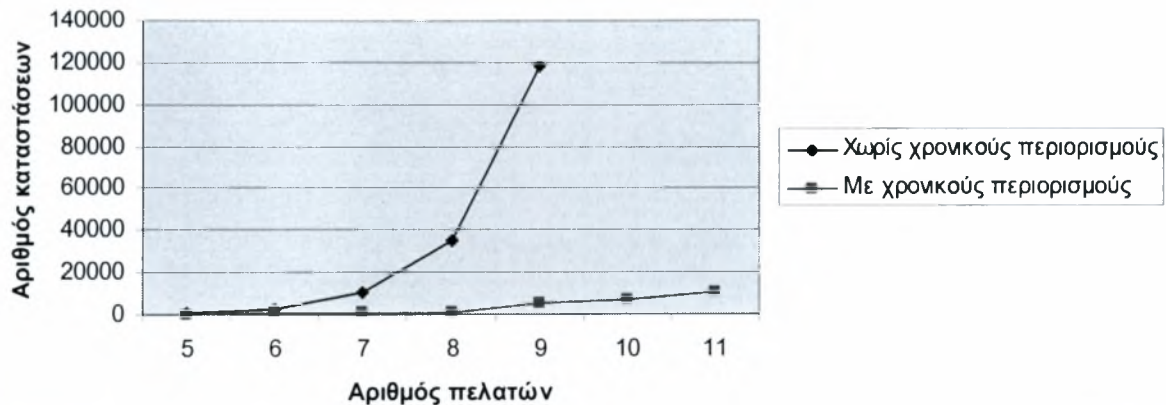
| | | | | |
|---|----|--------|-------------|--------|
| 5 | 12 | 0,047 | 0,000783333 | 812 |
| 6 | 14 | 0,5 | 0,008333333 | 2918 |
| 7 | 16 | 6,11 | 0,101833333 | 10208 |
| 8 | 18 | 74,69 | 1,244833333 | 34994 |
| 9 | 20 | 913,38 | 15,223 | 118100 |

| | | | | |
|----|----|-------|-------------|-------|
| 5 | 12 | 0,01 | 0,000166667 | 233 |
| 6 | 14 | 0,04 | 0,000666667 | 626 |
| 7 | 16 | 0,09 | 0,0015 | 861 |
| 8 | 18 | 0,181 | 0,003016667 | 984 |
| 9 | 20 | 1,702 | 0,028366667 | 5124 |
| 10 | 22 | 2,714 | 0,045233333 | 7043 |
| 11 | 24 | 5,288 | 0,088133333 | 10402 |

Πρόβλημα 10-1 όχημα



Πρόβλημα 10-1 όχημα



Πρόβλημα 11

Ανοικτό Πρόβλημα

(0) -1.044 2.000 0 0 1440
 (1) -0.417 -0.157 10 0 1440
 (2) -3.066 0.546 10 0 1440
 (3) -6.500 7.723 10 0 1440
 (4) -6.741 6.832 10 0 1440
 (5) -9.194 2.759 10 0 1440
 (6) -2.973 6.414 10 0 1440
 (7) -1.317 6.934 10 0 1440
 (8) 1.860 9.672 10 0 1440
 (9) -7.667 9.934 10 0 1440
 (10) -4.655 9.797 10 0 1440
 (11) -4.933 3.337 10 0 1440
 (12) -1.156 1.161 10 0 1440
 (13) -5.662 7.334 10 0 1440
 (14) -0.785 3.207 10 0 1440
 (15) -5.476 1.437 10 0 1440
 (16) -2.275 5.541 10 0 1440
 (17) -1.893 -2.373 10 0 1440
 (18) 0.435 1.469 10 0 1440
 (19) -1.044 2.000 0 0 1440

Κλειστό Πρόβλημα

(0) -1.044 2.000 0 172.6 1440
 (1) -0.417 -0.157 10 0 1440
 (2) -3.066 0.546 10 0 1440
 (3) -6.500 7.723 10 0 1440
 (4) -6.741 6.832 10 0 1440
 (5) -9.194 2.759 10 255 333
 (6) -2.973 6.414 10 0 1440
 (7) -1.317 6.934 10 0 1440
 (8) 1.860 9.672 10 341 377
 (9) -7.667 9.934 10 360 449
 (10) -4.094 8.321 10 374 462
 (11) -4.303 2.045 10 402 455
 (12) -4.655 9.797 10 217 293
 (13) -4.933 3.337 10 163 201
 (14) -1.156 1.161 10 274 329
 (15) -5.662 7.334 10 302 333
 (16) -0.785 3.207 10 0 1440
 (17) -5.476 1.437 10 413 494
 (18) -2.275 5.541 10 388 472
 (19) -1.893 -2.373 10 0 1440
 (20) 0.435 1.469 10 0 1440
 (21) -1.192 1.175 10 0 1440
 (22) -3.793 -2.161 10 0 1440
 (23) -1.044 2.000 0 0 1440

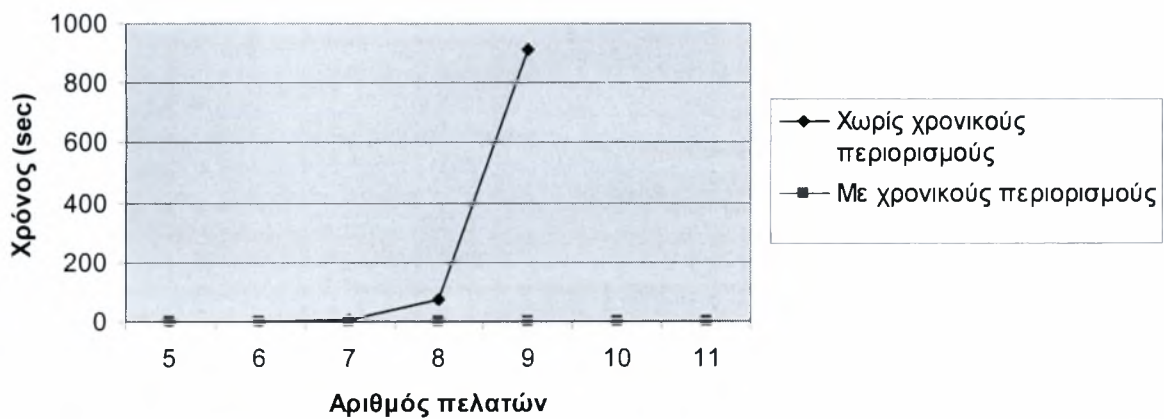
1 όχημα

Αριθμός πελατών Αριθμός κόμβων Χρόνος (sec) Χρόνος (min) Αριθμός πιθανών καταστάσεων

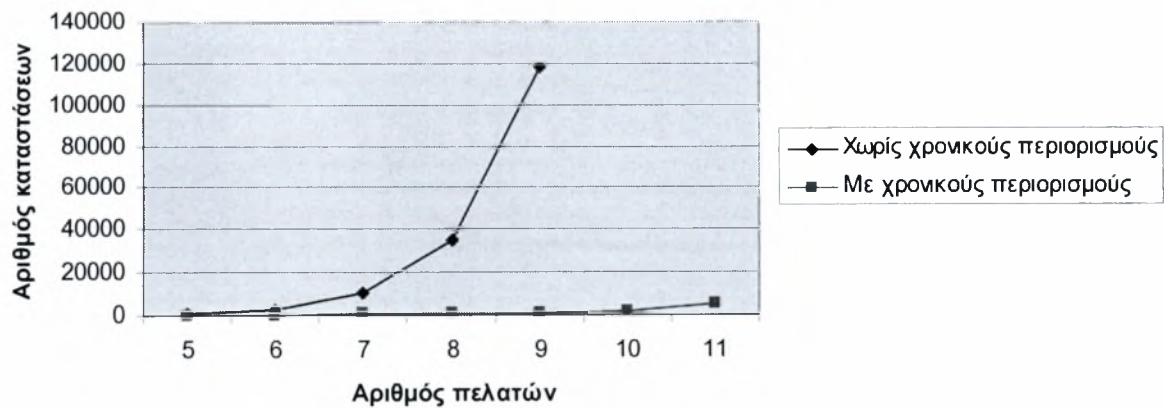
| | | | | |
|---|----|---------|--------------|--------|
| 5 | 12 | 0,047 | 0,000783333 | 812 |
| 6 | 14 | 0,484 | 0,008066667 | 2918 |
| 7 | 16 | 6,094 | 0,101566667 | 10208 |
| 8 | 18 | 74,534 | 1,242233333 | 34994 |
| 9 | 20 | 913,577 | 15,226283333 | 118100 |

| | | | | |
|----|----|-------|-------------|------|
| 5 | 12 | 0 | 0 | 108 |
| 6 | 14 | 0 | 0 | 309 |
| 7 | 16 | 0,042 | 0,0007 | 866 |
| 8 | 18 | 0,058 | 0,000966667 | 965 |
| 9 | 20 | 0,073 | 0,001216667 | 1035 |
| 10 | 22 | 0,28 | 0,004666667 | 2162 |
| 11 | 24 | 1,961 | 0,032683333 | 4980 |

Πρόβλημα 11-1 όχημα



Πρόβλημα 11-1 όχημα



Πρόβλημα 12

Ανοικτό Πρόβλημα

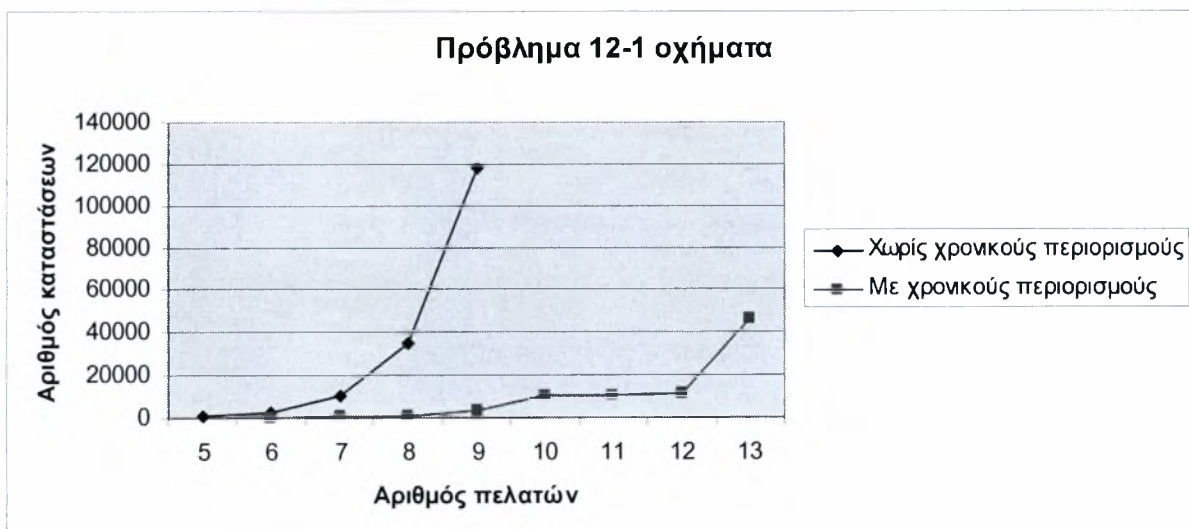
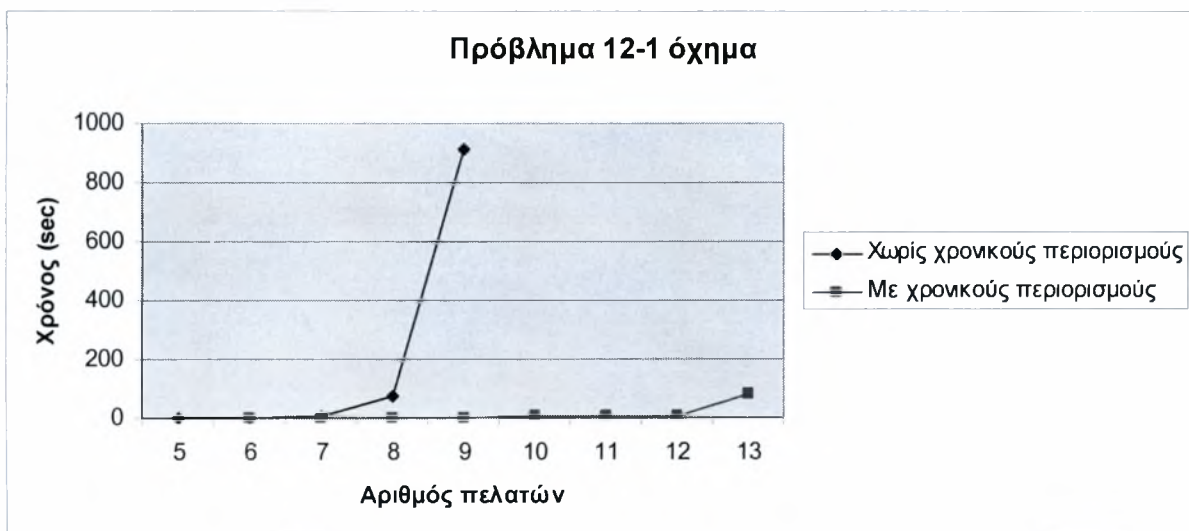
(0) 3.022 2.479 0 0 1440
 (1) 3.617 0.026 10 0 1440
 (2) 5.208 0.969 10 0 1440
 (3) 6.506 0.522 10 0 1440
 (4) 7.776 5.582 10 0 1440
 (5) 8.618 5.934 10 0 1440
 (6) 2.557 3.173 10 0 1440
 (7) 4.883 6.531 10 0 1440
 (8) 4.122 7.792 10 0 1440
 (9) -1.636 9.331 10 0 1440
 (10) 8.259 7.200 10 0 1440
 (11) 1.905 4.197 10 0 1440
 (12) 3.323 4.166 10 0 1440
 (13) 1.836 2.092 10 0 1440
 (14) 6.393 7.854 10 0 1440
 (15) 5.450 7.081 10 0 1440
 (16) 7.631 8.667 10 0 1440
 (17) 5.283 5.068 10 0 1440
 (18) -2.054 1.909 10 0 1440
 (19) 3.022 2.479 0 0 1440

Κλειστό Πρόβλημα

(0) 3.022 2.479 0 125.2 1440
 (1) 3.617 0.026 10 82 142
 (2) 5.208 0.969 10 114 146
 (3) 6.506 0.522 10 138 176
 (4) 7.776 5.582 10 0 1440
 (5) 8.618 5.934 10 0 1440
 (6) 2.557 3.173 10 229 294
 (7) 4.883 6.531 10 0 1440
 (8) 4.122 7.792 10 301 341
 (9) -1.636 9.331 10 0 1440
 (10) -2.337 8.685 10 0 1440
 (11) 6.506 4.088 10 358 422
 (12) 4.504 -0.372 10 386 469
 (13) -2.972 2.427 10 0 1440
 (14) 8.259 7.200 10 0 1440
 (15) 1.905 4.197 10 0 1440
 (16) 3.323 4.166 10 0 1440
 (17) 1.836 2.092 10 141 207
 (18) 6.393 7.854 10 276 341
 (19) 5.450 7.081 10 0 1440
 (20) 7.631 8.667 10 287 329
 (21) 5.283 5.068 10 0 1440
 (22) -2.054 1.909 10 403 474
 (23) 8.552 3.995 10 370 449
 (24) 0.524 0.024 10 0 1440
 (25) -2.120 1.366 10 0 1440
 (26) -5.165 -0.034 10 427 486
 (27) 3.022 2.479 0 0 1440

| Αριθμός πελατών | Αριθμός κόμβων | 1 όχημα Χρόνος (sec) | Χρόνος (min) | Αριθμός καταστάσεων |
|-----------------|----------------|-------------------------|--------------|---------------------|
| 5 | 12 | 0,047 | 0,000783333 | 812 |
| 6 | 14 | 0,485 | 0,008083333 | 2918 |
| 7 | 16 | 6,078 | 0,1013 | 10208 |
| 8 | 18 | 74,58 | 1,243 | 34994 |
| 9 | 20 | 915,61 | 15,26016667 | 118100 |

| | | | | |
|----|----|-------|-------------|-------|
| 6 | 14 | 0,015 | 0,00025 | 413 |
| 7 | 16 | 0,078 | 0,0013 | 1041 |
| 8 | 18 | 0,094 | 0,001566667 | 1054 |
| 9 | 20 | 0,656 | 0,010933333 | 3271 |
| 10 | 22 | 5,093 | 0,084883333 | 10104 |
| 11 | 24 | 5,688 | 0,0948 | 10369 |
| 12 | 26 | 6,391 | 0,106516667 | 11180 |
| 13 | 28 | 80,19 | 1,3365 | 46234 |



Πρόβλημα 13

Ανοικτό Πρόβλημα

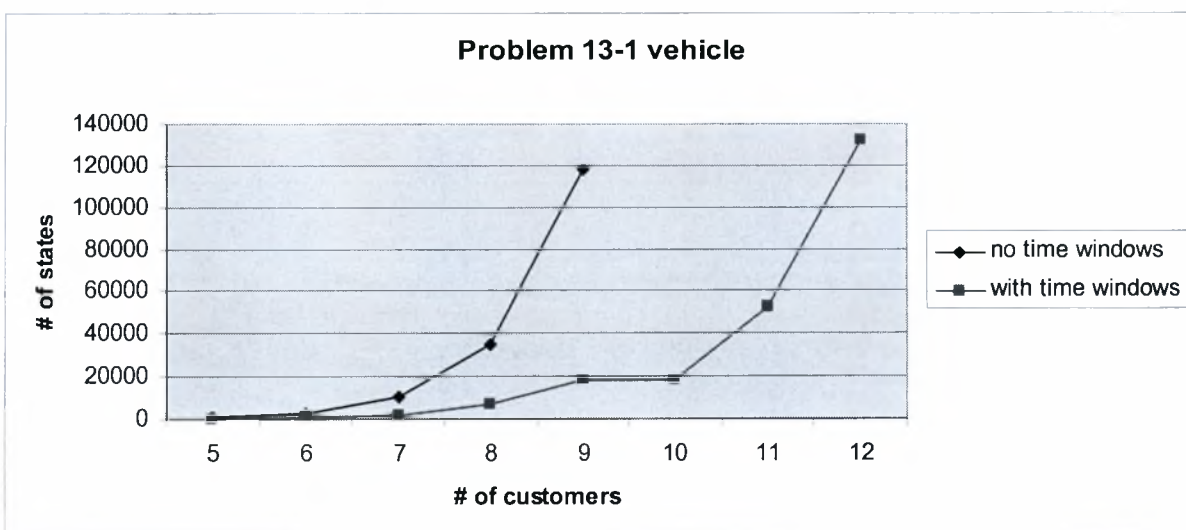
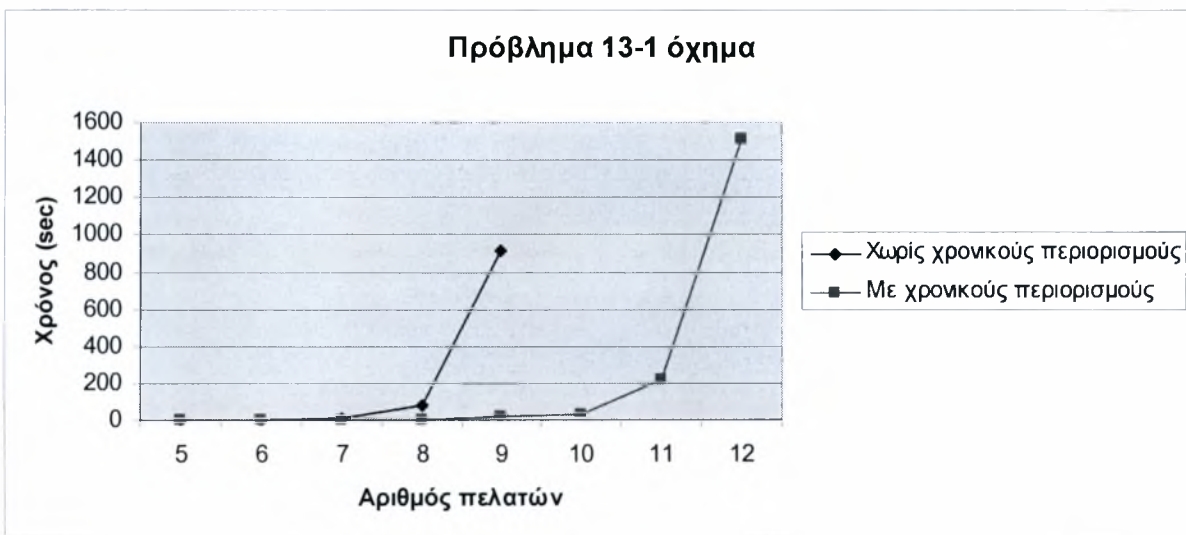
(0) -1.839 0.112 0 0 1440
 (1) 1.284 0.513 10 0 1440
 (2) -1.042 6.036 10 0 1440
 (3) -4.830 5.331 10 0 1440
 (4) -3.079 -5.734 10 0 1440
 (5) 1.555 -3.627 10 0 1440
 (6) 1.544 -1.872 10 0 1440
 (7) 1.031 -1.252 10 0 1440
 (8) 0.208 1.288 10 0 1440
 (9) -0.700 3.824 10 0 1440
 (10) -3.731 5.684 10 0 1440
 (11) 1.265 -4.834 10 0 1440
 (12) -0.368 -6.907 10 0 1440
 (13) 1.370 4.399 10 0 1440
 (14) -1.756 3.749 10 0 1440
 (15) 0.566 1.276 10 0 1440
 (16) -5.590 1.846 10 0 1440
 (17) -0.576 5.403 10 0 1440
 (18) -2.161 3.517 10 0 1440
 (19) -1.839 0.112 0 0 1440

Κλειστό Πρόβλημα

(0) -1.839 0.112 0 34.15 1440
 (1) 1.284 0.513 10 0 1440
 (2) -1.042 6.036 10 0 1440
 (3) -4.830 5.331 10 0 1440
 (4) -3.079 -5.734 10 0 1440
 (5) 1.555 -3.627 10 0 1440
 (6) 1.544 -1.872 10 127 208
 (7) 1.031 -1.252 10 149 194
 (8) 0.208 1.288 10 0 1440
 (9) -0.700 3.824 10 174 239
 (10) -6.147 3.339 10 266 324
 (11) -2.977 0.100 10 0 1440
 (12) 0.983 3.842 10 0 1440
 (13) -3.731 5.684 10 63 116
 (14) 1.265 -4.834 10 117 187
 (15) -0.368 -6.907 10 68 137
 (16) 1.370 4.399 10 123 194
 (17) -1.756 3.749 10 159 219
 (18) 0.566 1.276 10 0 1440
 (19) -5.590 1.846 10 0 1440
 (20) -0.576 5.403 10 129 207
 (21) -2.161 3.517 10 0 1440
 (22) 5.931 5.409 10 0 1440
 (23) 1.482 -8.212 10 345 428
 (24) 3.032 -5.532 10 332 413
 (25) -1.839 0.112 0 0 1440

| Αριθμός πελατών | Αριθμός κόμβων | 1 όχημα Χρόνος (sec) | Χρόνος (min) | Αριθμός καταστάσεων |
|-----------------|----------------|-------------------------|--------------|---------------------|
| 5 | 12 | 0,031 | 0,000516667 | 812 |
| 6 | 14 | 0,484 | 0,008066667 | 2918 |
| 7 | 16 | 6,094 | 0,101566667 | 10208 |
| 8 | 18 | 74,627 | 1,243783333 | 34994 |
| 9 | 20 | 914,257 | 15,23761667 | 118100 |

| | | | | |
|----|----|----------|-------------|--------|
| 5 | 12 | 0 | 0 | 270 |
| 6 | 14 | 0,032 | 0,000533333 | 592 |
| 7 | 16 | 0,125 | 0,002083333 | 1511 |
| 8 | 18 | 3,625 | 0,060416667 | 7398 |
| 9 | 20 | 24,282 | 0,4047 | 18717 |
| 10 | 22 | 26,876 | 0,447933333 | 18735 |
| 11 | 24 | 221,397 | 3,68995 | 52191 |
| 12 | 26 | 1513,793 | 25,22988333 | 132025 |



Πρόβλημα 14

Ανοικτό Πρόβλημα

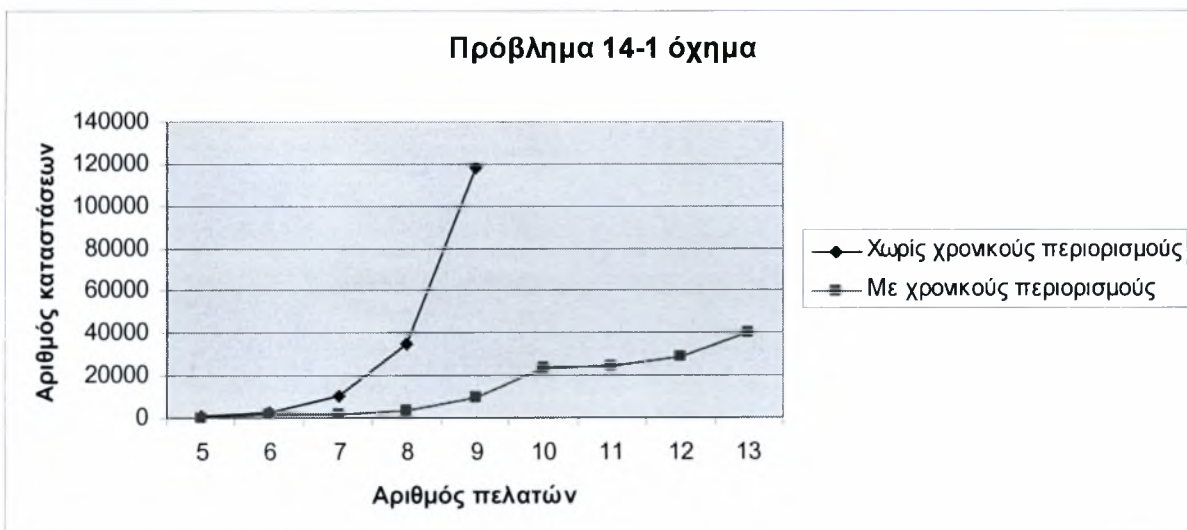
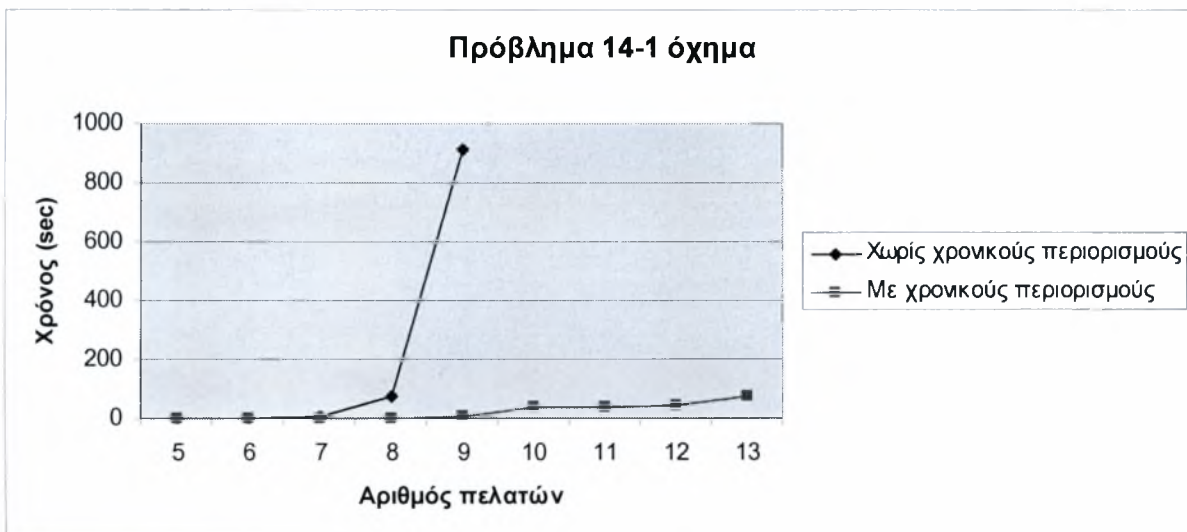
(0) -1.228 0.916 0 0 1440
 (1) 7.226 5.903 10 0 1440
 (2) 3.610 6.494 10 0 1440
 (3) 3.795 7.391 10 0 1440
 (4) 2.729 5.818 10 0 1440
 (5) -2.166 0.164 10 0 1440
 (6) 1.208 -4.235 10 0 1440
 (7) 5.748 3.550 10 0 1440
 (8) 5.804 5.666 10 0 1440
 (9) 1.987 7.752 10 0 1440
 (10) 3.088 2.432 10 0 1440
 (11) -2.908 0.429 10 0 1440
 (12) 7.688 -2.990 10 0 1440
 (13) 2.609 -3.397 10 0 1440
 (14) 9.352 -2.023 10 0 1440
 (15) 5.206 3.033 10 0 1440
 (16) 4.833 9.352 10 0 1440
 (17) 1.370 3.461 10 0 1440
 (18) -0.032 6.824 10 0 1440
 (19) -1.228 0.916 0 0 1440

Κλειστό Πρόβλημα

(0) -1.228 0.916 0 114.9 1440
 (1) 7.226 5.903 10 1 0 1440
 (2) 3.610 6.494 10 1 0 1440
 (3) 3.795 7.391 10 0 1440
 (4) 2.729 5.818 10 148 233
 (5) -2.166 0.164 10 0 1440
 (6) 1.208 -4.235 10 159 219
 (7) 5.748 3.550 10 283 327
 (8) 5.804 5.666 10 0 1440
 (9) 1.987 7.752 10 0 1440
 (10) -0.508 6.160 10 0 1440
 (11) 0.531 4.922 10 357 429
 (12) 2.776 4.871 10 369 417
 (13) 2.084 2.117 10 392 438
 (14) 3.088 2.432 10 135 180
 (15) -2.908 0.429 10 144 191
 (16) 7.688 -2.990 10 188 265
 (17) 2.609 -3.397 10 0 1440
 (18) 9.352 -2.023 10 232 315
 (19) 5.206 3.033 10 0 1440
 (20) 4.833 9.352 10 0 1440
 (21) 1.370 3.461 10 381 449
 (22) -0.032 6.824 10 332 419
 (23) 2.094 -0.565 10 415 502
 (24) 2.258 0.084 10 0 1440
 (25) 3.981 -4.067 10 0 1440
 (26) -0.518 -4.900 10 0 1440
 (27) -1.228 0.916 0 0 1440

| Αριθμός πελατών | Αριθμος κόμβων | 1 όχημα Χρόνος (sec) | Χρόνος (min) | Αριθμός καταστάσεων |
|-----------------|----------------|----------------------|--------------|---------------------|
| 5 | 12 | 0,031 | 0,000516667 | 812 |
| 6 | 14 | 0,5 | 0,008333333 | 2918 |
| 7 | 16 | 6,141 | 0,10235 | 10208 |
| 8 | 18 | 75,456 | 1,2576 | 34994 |
| 9 | 20 | 912,865 | 15,21441667 | 118100 |

| | | | | |
|----|----|--------|-------------|-------|
| 5 | 12 | 0,016 | 0,000266667 | 341 |
| 6 | 14 | 0,11 | 0,001833333 | 1379 |
| 7 | 16 | 0,141 | 0,00235 | 1390 |
| 8 | 18 | 0,922 | 0,015366667 | 3658 |
| 9 | 20 | 5,938 | 0,098966667 | 9446 |
| 10 | 22 | 35,782 | 0,596366667 | 23751 |
| 11 | 24 | 39,735 | 0,66225 | 24918 |
| 12 | 26 | 46,469 | 0,774483333 | 28980 |
| 13 | 28 | 77,142 | 1,2857 | 40512 |



Πρόβλημα 15

Ανοικτό Πρόβλημα

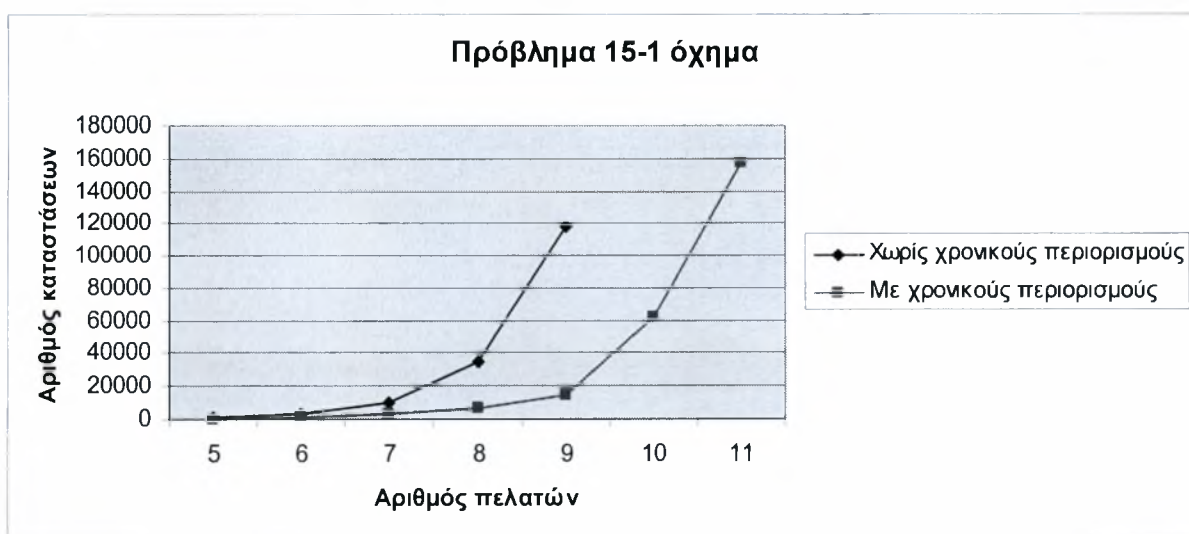
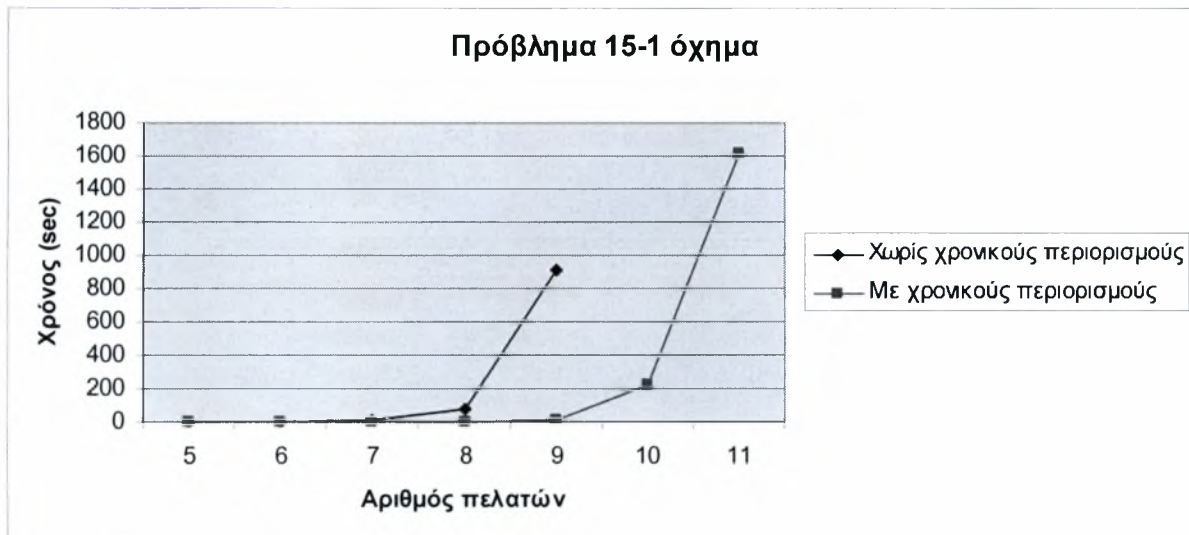
(0) 0.868 -1.044 0 0 1440
 (1) 1.074 -0.467 10 0 1440
 (2) -1.426 -3.025 10 0 1440
 (3) 0.660 -5.458 10 0 1440
 (4) -0.552 -5.195 10 0 1440
 (5) -0.314 -1.384 10 0 1440
 (6) 0.745 1.850 10 0 1440
 (7) 1.022 7.553 10 0 1440
 (8) 8.911 6.212 10 0 1440
 (9) 8.795 9.401 10 0 1440
 (10) 1.383 -7.619 10 0 1440
 (11) -0.893 -4.390 10 0 1440
 (12) 0.480 -0.729 10 0 1440
 (13) -1.851 6.540 10 0 1440
 (14) -0.363 2.543 10 0 1440
 (15) -3.895 5.294 10 0 1440
 (16) 1.960 -1.041 10 0 1440
 (17) -0.586 -0.186 10 0 1440
 (18) 1.137 -0.834 10 0 1440
 (19) 0.868 -1.044 0 0 1440

Κλειστό Πρόβλημα

(0) 0.868 -1.044 0 93.09 1440
 (1) 1.074 -0.467 10 84 118
 (2) -1.426 -3.025 10 0 1440
 (3) 0.660 -5.458 10 64 128
 (4) -0.552 -5.195 10 138 185
 (5) -0.314 -1.384 10 137 196
 (6) 0.745 1.850 10 0 1440
 (7) 1.022 7.553 10 0 1440
 (8) 8.911 6.212 10 222 266
 (9) 8.795 9.401 10 260 313
 (10) 6.917 7.258 10 0 1440
 (11) 4.309 -1.236 10 0 1440
 (12) 1.383 -7.619 10 0 1440
 (13) -0.893 -4.390 10 114 164
 (14) 0.480 -0.729 10 0 1440
 (15) -1.851 6.540 10 0 1440
 (16) -0.363 2.543 10 0 1440
 (17) -3.895 5.294 10 185 263
 (18) 1.960 -1.041 10 264 336
 (19) -0.586 -0.186 10 0 1440
 (20) 1.137 -0.834 10 0 1440
 (21) 4.009 -0.963 10 298 344
 (22) 4.937 -2.559 10 366 452
 (23) 0.868 -1.044 0 0 1440

| Αριθμός πελατών | Αριθμός κόμβων | 1 όχημα Χρόνος (sec) | Χρόνος (min) | Αριθμός καταστάσεων |
|-----------------|----------------|-------------------------|--------------|---------------------|
| 5 | 12 | 0,047 | 0,000783333 | 812 |
| 6 | 14 | 0,484 | 0,008066667 | 2918 |
| 7 | 16 | 6,063 | 0,10105 | 10208 |
| 8 | 18 | 74,502 | 1,2417 | 34994 |
| 9 | 20 | 915,344 | 15,25573333 | 118100 |

| | | | | |
|----|----|----------|-------------|--------|
| 5 | 12 | 0 | 0 | 268 |
| 6 | 14 | 0,094 | 0,001566667 | 1162 |
| 7 | 16 | 0,719 | 0,011983333 | 3315 |
| 8 | 18 | 2,484 | 0,0414 | 6756 |
| 9 | 20 | 11,953 | 0,199216667 | 14596 |
| 10 | 22 | 225,509 | 3,758483333 | 61797 |
| 11 | 24 | 1615,261 | 26,92101667 | 157455 |



Πρόβλημα 17

Ανοικτό Πρόβλημα

(0) 1.063 0.933 0 0 1440
 (1) -7.074 6.224 10 0 1440
 (2) 1.113 7.722 10 0 1440
 (3) 2.680 4.652 10 0 1440
 (4) 3.254 2.310 10 0 1440
 (5) 0.157 0.753 10 0 1440
 (6) -5.145 -3.644 10 0 1440
 (7) -5.601 -1.039 10 0 1440
 (8) 3.375 7.126 10 0 1440
 (9) 3.153 4.894 10 0 1440
 (10) 2.843 -1.921 10 0 1440
 (11) -4.689 -0.336 10 0 1440
 (12) 2.541 -1.170 10 0 1440
 (13) -2.854 -0.348 10 0 1440
 (14) -9.295 6.326 10 0 1440
 (15) 3.141 3.686 10 0 1440
 (16) -1.704 4.977 10 0 1440
 (17) -1.497 3.062 10 0 1440
 (18) -0.914 -2.293 10 0 1440
 (19) 1.063 0.933 0 0 1440

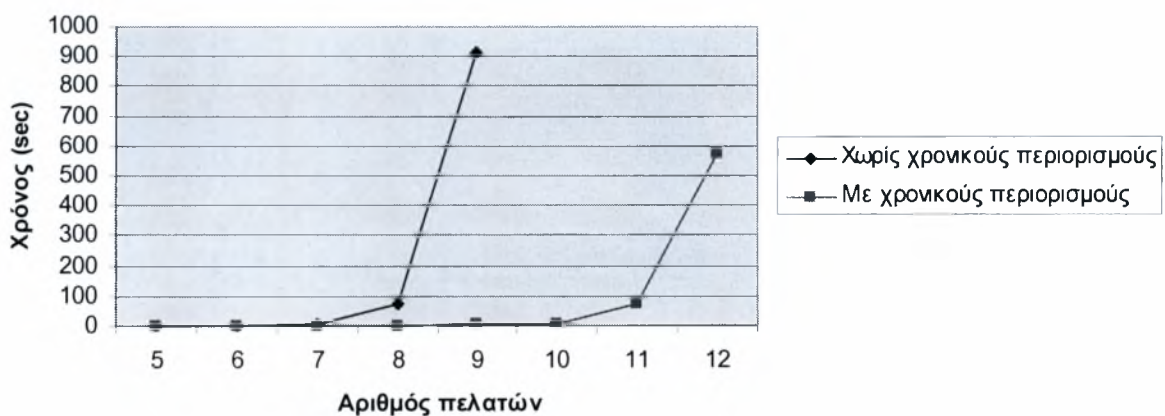
Κλειστό Πρόβλημα

(0) 1.063 0.933 0 81.11 1440
 (1) -7.074 6.224 10 86 131
 (2) 1.113 7.722 10 0 1440
 (3) 2.680 4.652 10 84 159
 (4) 3.254 2.310 10 78 135
 (5) 0.157 0.753 10 141 176
 (6) -5.145 -3.644 10 207 249
 (7) -5.601 -1.039 10 0 1440
 (8) 3.375 7.126 10 0 1440
 (9) 3.153 4.894 10 230 312
 (10) 4.378 3.477 10 308 346
 (11) -5.060 -1.642 10 0 1440
 (12) -3.235 -2.097 10 0 1440
 (13) 2.843 -1.921 10 0 1440
 (14) -4.689 -0.336 10 191 252
 (15) 2.541 -1.170 10 0 1440
 (16) -2.854 -0.348 10 0 1440
 (17) -9.295 6.326 10 0 1440
 (18) 3.141 3.686 10 0 1440
 (19) -1.704 4.977 10 265 301
 (20) -1.497 3.062 10 331 411
 (21) -0.914 -2.293 10 0 1440
 (22) -4.700 -1.747 10 0 1440
 (23) 0.724 0.160 10 405 447
 (24) -3.595 -1.914 10 376 426
 (25) 1.063 0.933 0 0 1440

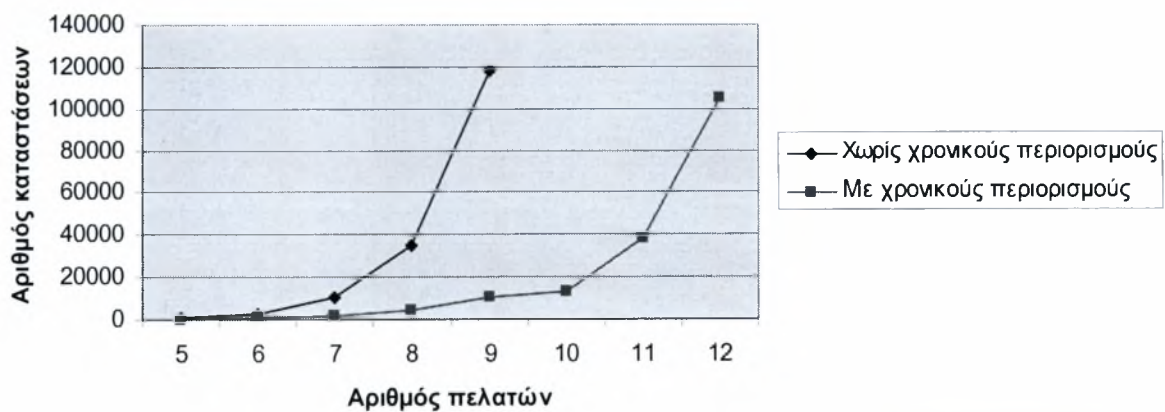
| Αριθμός πελατών | Αριθμός κόμβων | 1 όχημα Χρόνος (sec) | Χρόνος (min) | Αριθμός καταστάσεων |
|-----------------|----------------|-------------------------|--------------|---------------------|
| 5 | 12 | 0,031 | 0,000516667 | 812 |
| 6 | 14 | 0,484 | 0,008066667 | 2918 |
| 7 | 16 | 6,141 | 0,10235 | 10208 |
| 8 | 18 | 74,596 | 1,243266667 | 34994 |
| 9 | 20 | 914,62 | 15,24366667 | 118100 |

| | | | | |
|----|----|---------|-------------|--------|
| 5 | 12 | 0 | 0 | 307 |
| 6 | 14 | 0,012 | 0,0002 | 449 |
| 7 | 16 | 0,125 | 0,002083333 | 1398 |
| 8 | 18 | 1,016 | 0,016933333 | 4101 |
| 9 | 20 | 6,234 | 0,1039 | 10246 |
| 10 | 22 | 8,641 | 0,144016667 | 12962 |
| 11 | 24 | 76,596 | 1,2766 | 38186 |
| 12 | 26 | 575,393 | 9,589883333 | 104667 |

Πρόβλημα 17-1 όχημα



Πρόβλημα 17-1 όχημα



Πρόβλημα 18

Ανοικτό Πρόβλημα

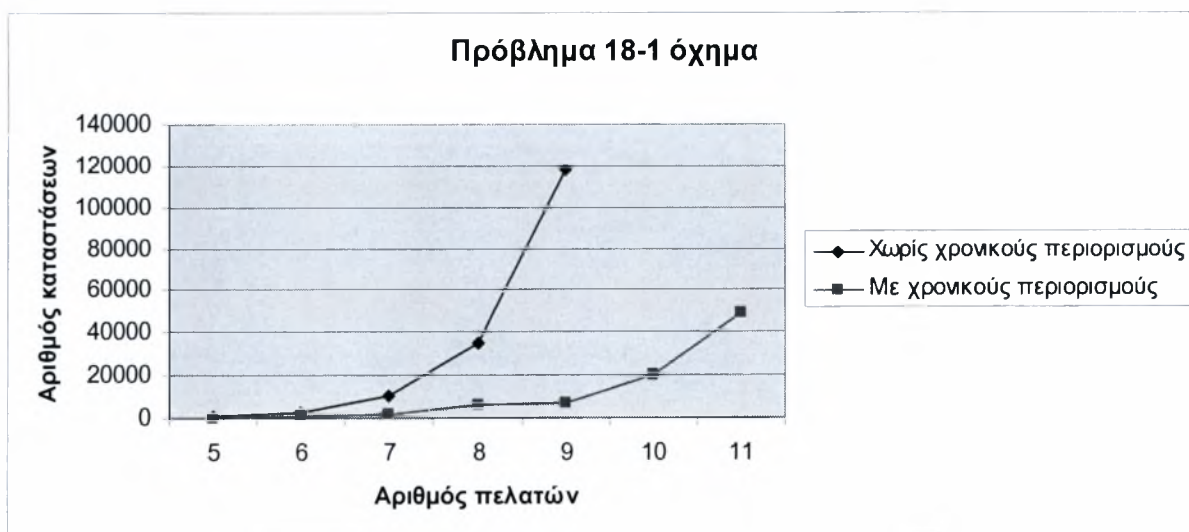
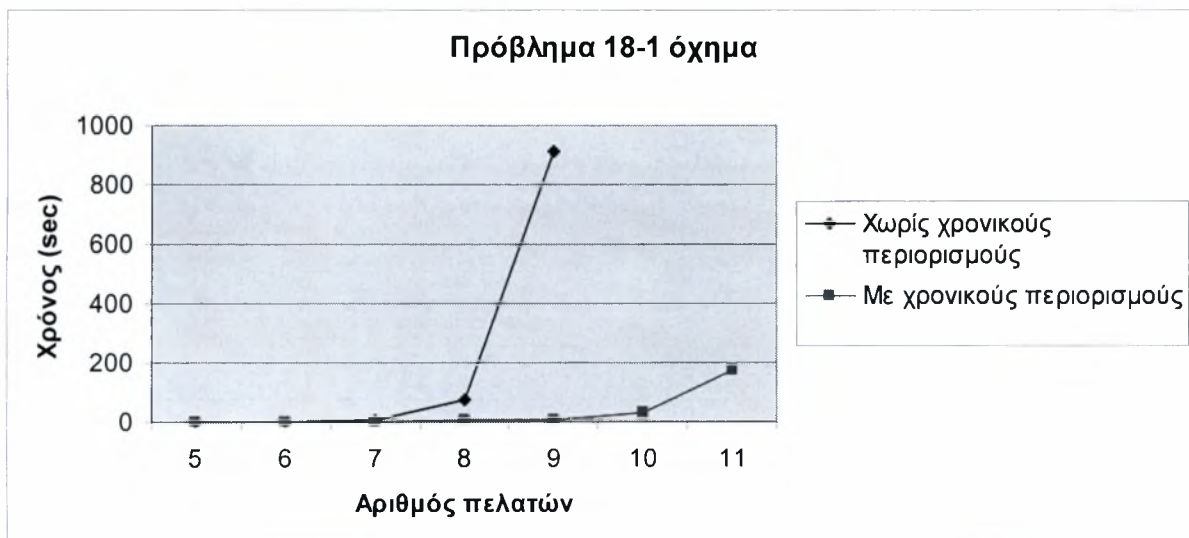
(0) -1.217 -0.009 0 0 1440
 (1) -2.565 -0.037 10 0 1440
 (2) -1.059 -1.663 10 0 1440
 (3) -2.037 -3.190 10 0 1440
 (4) -2.277 -5.087 10 0 1440
 (5) -4.402 -3.994 10 0 1440
 (6) -2.560 -1.887 10 0 1440
 (7) -2.307 -1.266 10 0 1440
 (8) 3.319 1.369 10 0 1440
 (9) 3.494 1.367 10 0 1440
 (10) 3.467 -0.134 10 0 1440
 (11) -1.761 -7.185 10 0 1440
 (12) -4.463 -6.197 10 0 1440
 (13) 1.354 -2.131 10 0 1440
 (14) -3.716 -3.077 10 0 1440
 (15) 4.050 3.234 10 0 1440
 (16) -0.305 7.090 10 0 1440
 (17) -3.026 7.470 10 0 1440
 (18) 5.946 0.123 10 0 1440
 (19) -1.217 -0.009 0 0 1440

Κλειστό Πρόβλημα

(0) -1.217 -0.009 0 80.98 1440
 (1) -2.565 -0.037 10 82 132
 (2) -1.059 -1.663 10 0 1440
 (3) -2.037 -3.190 10 0 1440
 (4) -2.277 -5.087 10 143 230
 (5) -4.402 -3.994 10 134 220
 (6) -2.560 -1.887 10 124 192
 (7) -2.307 -1.266 10 0 1440
 (8) 3.319 1.369 10 0 1440
 (9) 3.494 1.367 10 240 276
 (10) 1.569 5.237 10 0 1440
 (11) 0.255 4.685 10 0 1440
 (12) -3.467 -0.134 10 0 1440
 (13) -1.761 -7.185 10 132 192
 (14) -4.463 -6.197 10 73 132
 (15) 1.354 -2.131 10 0 1440
 (16) -3.716 -3.077 10 0 1440
 (17) 4.050 3.234 10 0 1440
 (18) -0.305 7.090 10 277 331
 (19) -3.026 7.470 10 305 336
 (20) 5.946 0.123 10 0 1440
 (21) 0.095 2.546 10 311 386
 (22) -6.833 -3.428 10 351 401
 (23) -1.217 -0.009 0 0 1440

| Αριθμός πελατών | Αριθμός κόμβων | 1 όχημα Χρόνος (sec) | Χρόνος (min) | Αριθμός καταστάσεων |
|-----------------|----------------|----------------------------|-----------------|---------------------|
| 5 | 12 | 0,047 | 0,000783333 | 812 |
| 6 | 14 | 0,5 | 0,008333333 | 2918 |
| 7 | 16 | 6,079 | 0,101316667 | 10208 |
| 8 | 18 | 74,502 | 1,2417 | 34994 |
| 9 | 20 | 912,764 | 15,21273333 | 118100 |

| | | | | |
|----|----|---------|-------------|-------|
| 5 | 12 | 0 | 0 | 135 |
| 6 | 14 | 0,032 | 0,000533333 | 618 |
| 7 | 16 | 0,282 | 0,0047 | 1942 |
| 8 | 18 | 3,219 | 0,05365 | 6460 |
| 9 | 20 | 3,656 | 0,060933333 | 6781 |
| 10 | 22 | 28,689 | 0,47815 | 19809 |
| 11 | 24 | 174,099 | 2,90165 | 48660 |



Πρόβλημα 19

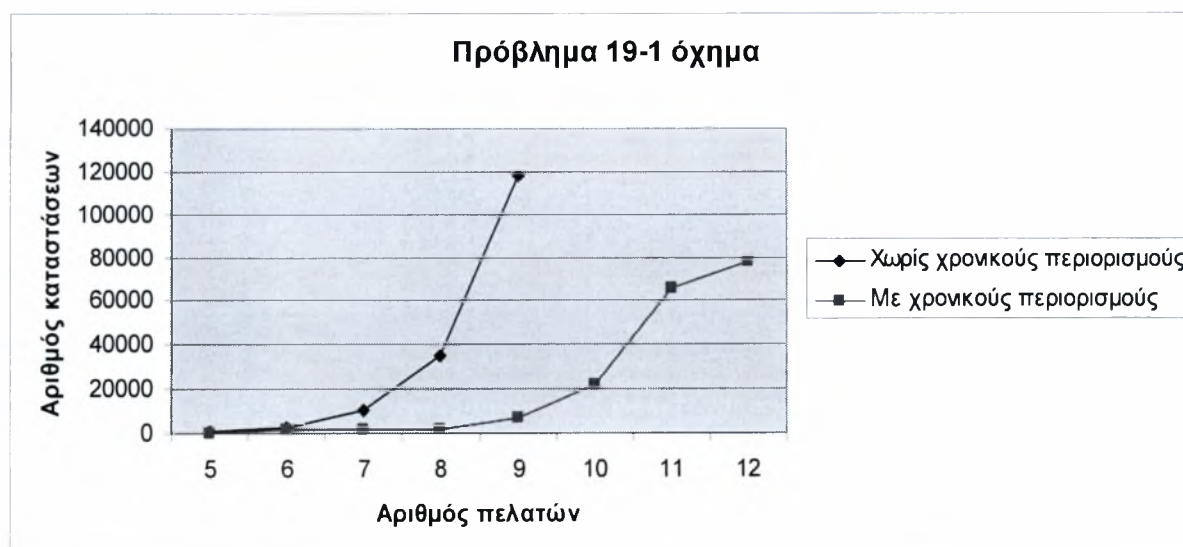
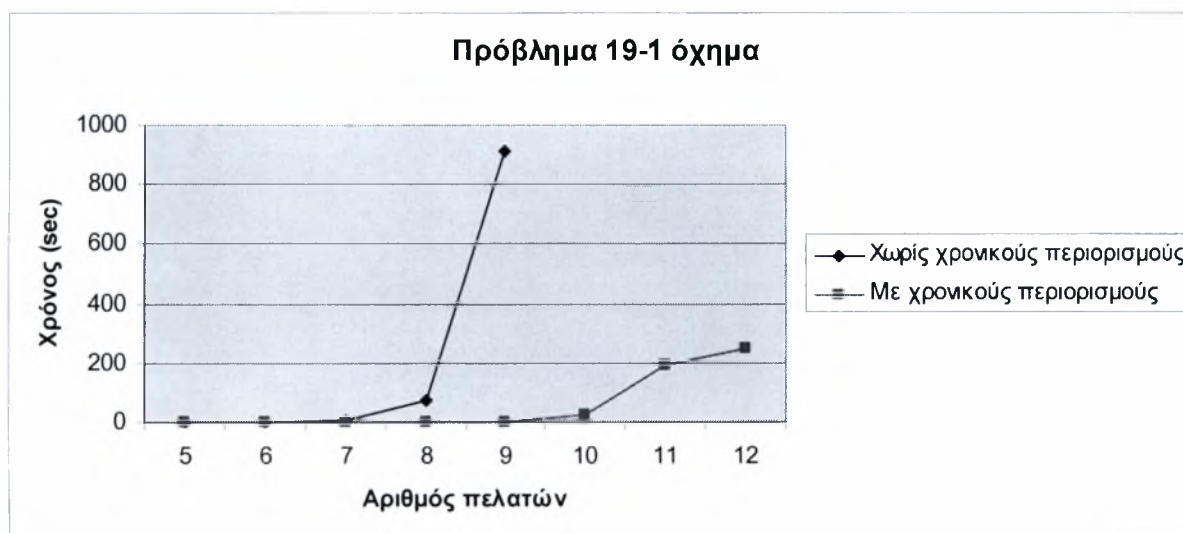
Ανοικτό Πρόβλημα

(0) 0.387 -0.260 0 0 1440
 (1) -1.366 1.864 10 0 1440
 (2) -5.934 1.277 10 0 1440
 (3) -6.452 -1.323 10 0 1440
 (4) -5.467 -1.844 10 0 1440
 (5) -6.608 -3.469 10 0 1440
 (6) -5.403 -5.313 10 0 1440
 (7) 3.356 2.806 10 0 1440
 (8) 5.996 2.431 10 0 1440
 (9) 8.208 2.706 10 0 1440
 (10) -4.282 -3.017 10 0 1440
 (11) 3.491 -0.458 10 0 1440
 (12) -3.936 -5.852 10 0 1440
 (13) 2.378 1.218 10 0 1440
 (14) 4.200 0.015 10 0 1440
 (15) 4.978 0.687 10 0 1440
 (16) -1.072 -0.208 10 0 1440
 (17) 6.420 7.761 10 0 1440
 (18) -3.944 -0.590 10 0 1440
 (19) 0.387 -0.260 0 0 1440

Κλειστό Πρόβλημα

(0) 0.387 -0.260 0 93.88 1440
 (1) -1.366 1.864 10 0 1440
 (2) -5.934 1.277 10 0 1440
 (3) -6.452 -1.323 10 0 1440
 (4) -5.467 -1.844 10 79 135
 (5) -6.608 -3.469 10 0 1440
 (6) -5.403 -5.313 10 0 1440
 (7) 3.356 2.806 10 246 310
 (8) 5.996 2.431 10 242 303
 (9) 8.208 2.706 10 0 1440
 (10) 3.792 6.360 10 0 1440
 (11) 0.283 5.082 10 0 1440
 (12) -5.339 -1.424 10 363 393
 (13) -4.282 -3.017 10 111 177
 (14) 3.491 -0.458 10 161 223
 (15) -0.180 -1.867 10 177 226
 (16) 2.378 1.218 10 0 1440
 (17) 4.200 0.015 10 185 228
 (18) 4.978 0.687 10 161 222
 (19) -1.072 -0.208 10 0 1440
 (20) 6.420 7.761 10 0 1440
 (21) -3.944 -0.590 10 309 392
 (22) -3.936 -5.852 10 356 434
 (23) -3.737 -1.210 10 325 358
 (24) -5.303 -3.318 10 0 1440
 (25) 0.387 -0.260 0 0 1440

| Αριθμός πελατών | Αριθμός κόμβων | 1 όχημα Χρόνος (sec) | Χρόνος (min) | Αριθμός καταστάσεων |
|-----------------|----------------|-------------------------|--------------|---------------------|
| 5 | 12 | 0,031 | 0,000516667 | 812 |
| 6 | 14 | 0,484 | 0,008066667 | 2918 |
| 7 | 16 | 6,094 | 0,101566667 | 10208 |
| 8 | 18 | 74,674 | 1,244566667 | 34994 |
| 9 | 20 | 914,83 | 15,24716667 | 118100 |
| 5 | 12 | 0 | 0 | 318 |
| 6 | 14 | 0,125 | 0,002083333 | 1448 |
| 7 | 16 | 0,14 | 0,002333333 | 1482 |
| 8 | 18 | 0,204 | 0,0034 | 1904 |
| 9 | 20 | 2,437 | 0,040616667 | 7138 |
| 10 | 22 | 23,095 | 0,384916667 | 22245 |
| 11 | 24 | 194,04 | 3,234 | 65258 |
| 12 | 26 | 251,43 | 4,1905 | 78290 |



Πρόβλημα 20

Ανοικτό Πρόβλημα

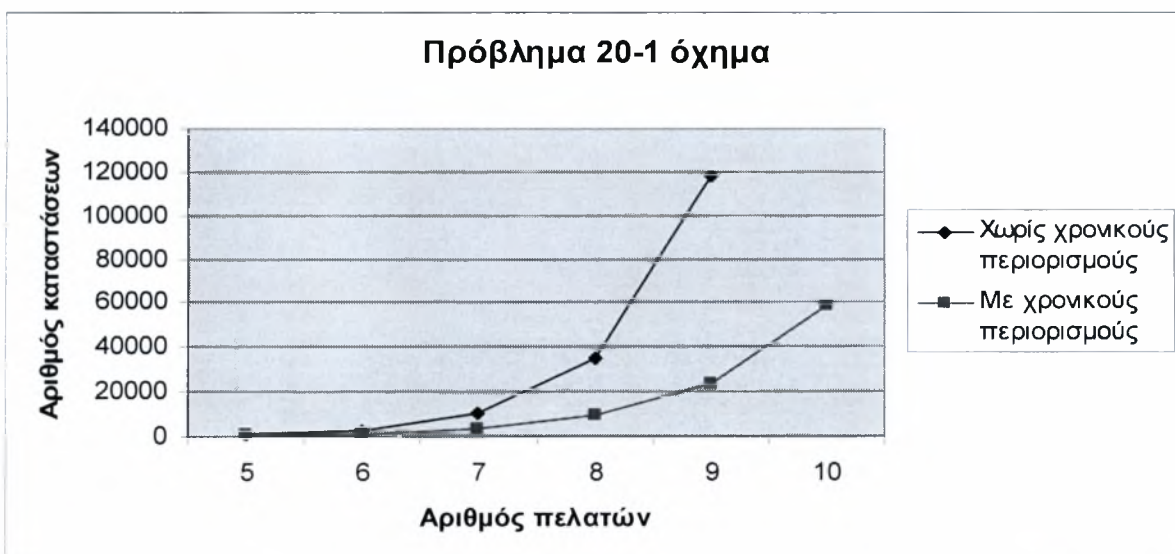
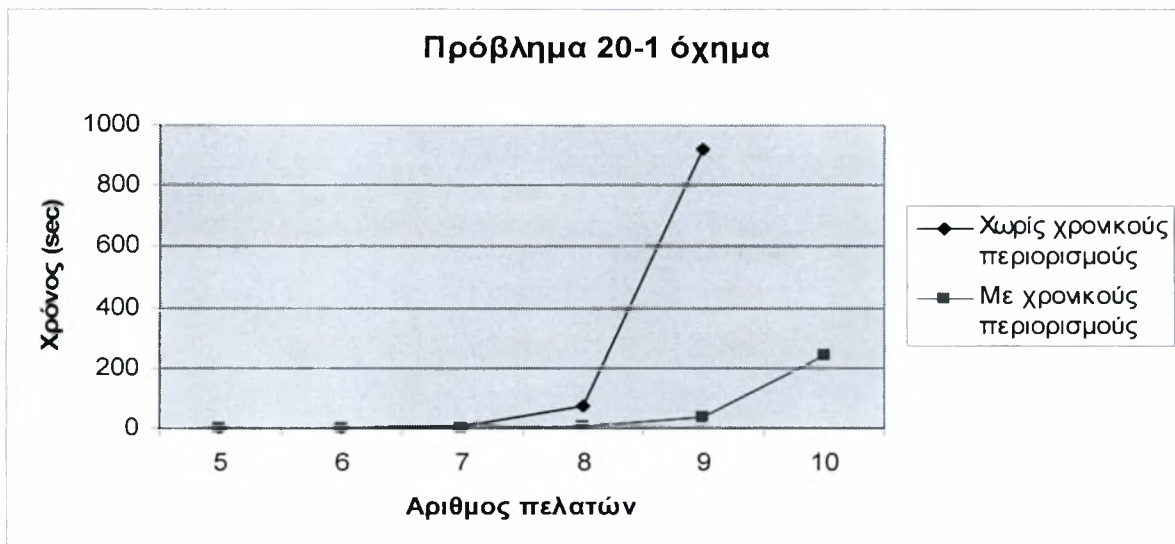
(0) -1.437 -2.034 0 0 1440
 (1) 0.055 0.364 10 0 1440
 (2) -2.186 0.092 10 0 1440
 (3) -7.801 0.127 10 0 1440
 (4) -5.148 -2.325 10 0 1440
 (5) -4.700 -5.556 10 0 1440
 (6) -3.113 -9.385 10 0 1440
 (7) -1.026 -8.177 10 0 1440
 (8) 1.609 -2.789 10 0 1440
 (9) -2.367 -1.529 10 0 1440
 (10) -4.232 -6.060 10 0 1440
 (11) -3.213 -4.507 10 0 1440
 (12) -6.204 -4.344 10 0 1440
 (13) 1.345 -3.216 10 0 1440
 (14) -2.717 -0.446 10 0 1440
 (15) -7.057 -0.704 10 0 1440
 (16) 1.341 -2.230 10 0 1440
 (17) -9.507 4.429 10 0 1440
 (18) -9.692 0.841 10 0 1440
 (19) -1.437 -2.034 0 0 1440

Κλειστό Πρόβλημα

(0) -1.437 -2.034 0 103.9 1440
 (1) 0.055 0.364 10 0 1440
 (2) -2.186 0.092 10 0 1440
 (3) -7.801 0.127 10 105 172
 (4) -5.148 -2.325 10 106 154
 (5) -4.700 -5.556 10 115 187
 (6) -3.113 -9.385 10 195 244
 (7) -1.026 -8.177 10 0 1440
 (8) 1.609 -2.789 10 0 1440
 (9) -2.367 -1.529 10 0 1440
 (10) -9.273 4.489 10 0 1440
 (11) -4.232 -6.060 10 141 214
 (12) -3.213 -4.507 10 128 177
 (13) -6.204 -4.344 10 0 1440
 (14) 1.345 -3.216 10 0 1440
 (15) -2.717 -0.446 10 0 1440
 (16) -7.057 -0.704 10 0 1440
 (17) 1.341 -2.230 10 205 277
 (18) -9.507 4.429 10 295 345
 (19) -9.692 0.841 10 301 387
 (20) 2.519 -2.105 10 403 439
 (21) -1.437 -2.034 0 0 1440

| Αριθμός πελατών | Αριθμός κόμβων | 1 όχημα Χρόνος (sec) | Χρόνος (min) | Αριθμός καταστάσεων |
|-----------------|----------------|----------------------------|-----------------|---------------------|
| 5 | 12 | 0,046 | 0,000766667 | 812 |
| 6 | 14 | 0,485 | 0,008083333 | 2918 |
| 7 | 16 | 6,062 | 0,101033333 | 10208 |
| 8 | 18 | 74,627 | 1,243783333 | 34994 |
| 9 | 20 | 916,857 | 15,28095 | 118100 |

| | | | | |
|----|----|---------|-------------|-------|
| 5 | 12 | 0,01 | 0,000166667 | 645 |
| 6 | 14 | 0,047 | 0,000783333 | 1016 |
| 7 | 16 | 0,781 | 0,013016667 | 3745 |
| 8 | 18 | 5,609 | 0,093483333 | 9696 |
| 9 | 20 | 36,72 | 0,612 | 23627 |
| 10 | 22 | 239,577 | 3,99295 | 58454 |



Π.2. Αριθμητικά Αποτελέσματα Περίπτωσης Δύο οχημάτων

Πρόβλημα 6

Ανοικτό Πρόβλημα

(0) -0.268 -0.947 0 0 1440
 (1) -0.103 -1.484 10 0 1440
 (2) 1.028 -2.395 10 0 1440
 (3) 0.374 -3.546 10 0 1440
 (4) 4.613 -2.042 10 0 1440
 (5) 2.051 -1.188 10 0 1440
 (6) 9.520 2.423 10 0 1440
 (7) 3.220 -3.984 10 0 1440
 (8) 2.929 1.280 10 0 1440
 (9) 9.682 2.621 10 0 1440
 (10) 3.716 -1.499 10 0 1440
 (11) 3.716 -0.084 10 0 1440
 (12) 5.337 1.377 10 0 1440
 (13) -0.268 -0.947 0 0 1440

Κλειστό Πρόβλημα
(ένα όχημα)

(0) -0.268 -0.947 0 131.44
 1440
 (1) -0.103 -1.484 10 98 134
 (2) 1.028 -2.395 10 0 1440
 (3) 0.374 -3.546 10 145 169
 (4) 4.613 -2.042 10 165 184
 (5) 2.051 -1.188 10 202 223
 (6) 9.520 2.423 10 228 259
 (7) 5.818 2.756 10 256 281
 (8) 6.758 1.301 10 267 309
 (9) 3.624 -0.265 10 0 1440
 (10) 2.927 -0.649 10 0 1440
 (11) -5.770 -1.048 10 352
 378
 (12) -7.170 -1.145 10 373
 390
 (13) 3.220 -3.984 10 0 1440
 (14) 2.929 1.280 10 209 247
 (15) 9.682 2.621 10 0 1440
 (16) 3.716 -1.499 10 0 1440
 (17) 3.716 -0.084 10 0 1440
 (18) 5.337 1.377 10 0 1440
 (19) -0.866 -2.511 10 0
 1440
 (20) -1.322 -2.603 10 0
 1440
 (21) -6.495 -1.096 10 362
 384
 (22) -2.436 -2.305 10 398
 425
 (23) -5.523 -1.503 10 0
 1440
 (24) 3.843 -0.535 10 0 1440
 (25) -0.268 -0.947 0 0 1440

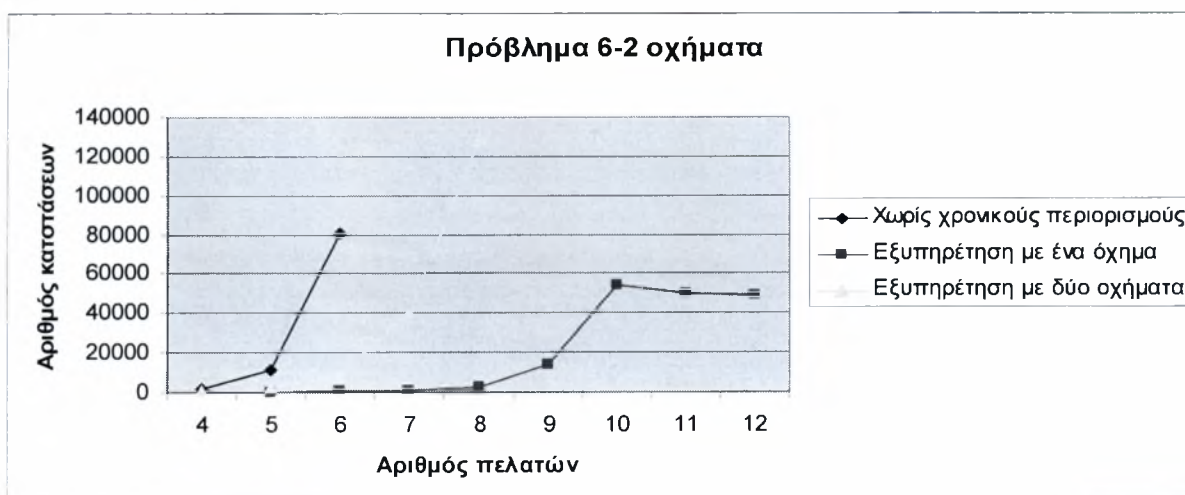
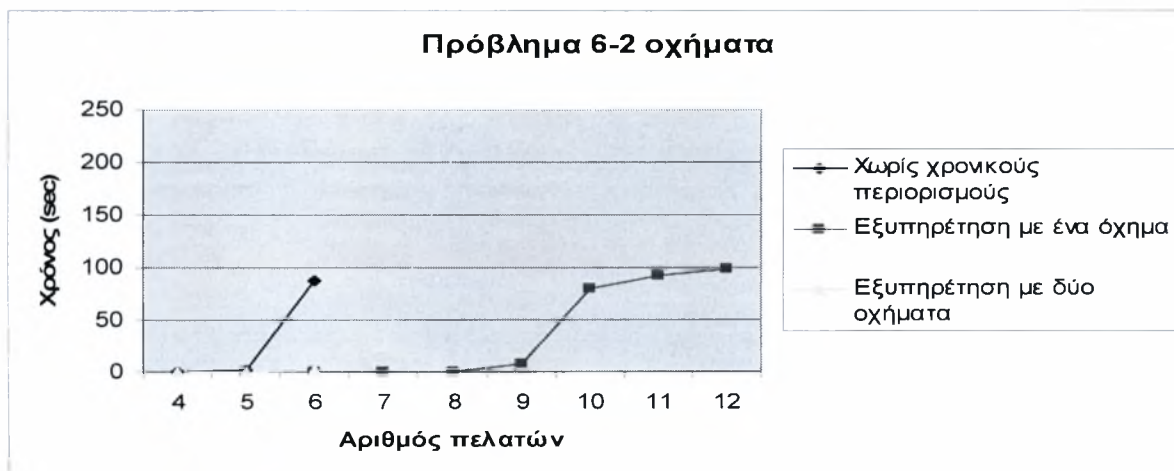
Κλειστό Πρόβλημα
(δύο οχήματα)

(0) -0.268 -0.947 0 131.44 1440
 (1) -0.103 -1.484 10 98 134
 (2) 1.028 -2.395 10 0 1440
 (3) 0.374 -3.546 10 145 169
 (4) 4.613 -2.042 10 165 184
 (5) 1.670 -2.275 10 0 1440
 (6) -4.376 -3.934 10 0 1440
 (7) -6.264 -2.635 10 182 225
 (8) -4.604 -2.256 10 204 240
 (9) 3.220 -3.984 10 0 1440
 (10) 2.929 1.280 10 203 241
 (11) 9.682 2.621 10 0 1440
 (12) 3.716 -1.499 10 0 1440
 (13) -4.993 -3.671 10 160 181
 (14) -4.987 -3.534 10 170 204
 (15) -4.659 -2.227 10 0 1440
 (16) -5.170 -2.645 10 0 1440
 (17) -0.268 -0.947 0 0 1440

| Αριθμός πελατών | Αριθμος κόμβων | 2 οχήματα Χρόνος (sec) | Χρονος (min) | Αριθμός καταστάσεων |
|-----------------|----------------|---------------------------|--------------|---------------------|
| 4 | 10 | 0,063 | 0,00105 | 1634 |
| 5 | 12 | 2,188 | 0,036466667 | 11622 |
| 6 | 14 | 86,8 | 1,446666667 | 80834 |

| | | | | |
|----|----|--------|-------------|-------|
| 5 | 12 | 0 | 0 | 244 |
| 6 | 14 | 0,016 | 0,000266667 | 526 |
| 7 | 16 | 0,078 | 0,0013 | 1014 |
| 8 | 18 | 0,406 | 0,006766667 | 2450 |
| 9 | 20 | 7,265 | 0,121083333 | 14078 |
| 10 | 22 | 79,345 | 1,322416667 | 54453 |
| 11 | 24 | 91,555 | 1,525916667 | 49533 |
| 12 | 26 | 98,822 | 1,647033333 | 49059 |

| | | | | |
|---|----|--------|-------------|--------|
| 4 | 10 | 0,016 | 0,000266667 | 646 |
| 5 | 12 | 0,204 | 0,0034 | 2940 |
| 6 | 14 | 1,312 | 0,021866667 | 8554 |
| 7 | 16 | 23,64 | 0,394 | 40408 |
| 8 | 18 | 208,59 | 3,4765 | 128730 |



Πρόβλημα 7

Ανοικτό Πρόβλημα

(0) 1.063 0.933 0 0 1440
 (1) -0.469 2.554 10 0 1440
 (2) -3.019 6.777 10 0 1440
 (3) -5.060 -1.642 10 0 1440
 (4) 1.072 -1.879 10 0 1440
 (5) 4.719 -0.547 10 0 1440
 (6) 7.118 1.254 10 0 1440
 (7) 1.288 1.692 10 0 1440
 (8) -6.798 -0.375 10 0 1440
 (9) 0.724 0.160 10 0 1440
 (10) -0.358 1.334 10 0 1440
 (11) -1.310 6.216 10 0 1440
 (12) 7.890 1.765 10 0 1440
 (13) 1.063 0.933 0 0 1440

Κλειστό Πρόβλημα
(ένα όχημα)

(0) 1.063 0.933 0 79.43
 1440
 (1) -0.469 2.554 10 0 1440
 (2) -3.019 6.777 10 0 1440
 (3) -5.060 -1.642 10 0 1440
 (4) 1.072 -1.879 10 167 195
 (5) 4.719 -0.547 10 179 219
 (6) 7.118 1.254 10 0 1440
 (7) 5.787 -1.629 10 0 1440
 (8) 5.309 -1.875 10 230 252
 (9) 3.154 6.664 10 0 1440
 (10) 6.338 1.198 10 325 352
 (11) 4.710 -2.139 10 349
 392
 (12) 1.288 1.692 10 127 145
 (13) -6.798 -0.375 10 98
 116
 (14) 0.724 0.160 10 155 192
 (15) -0.358 1.334 10 0 1440
 (16) -1.310 6.216 10 0 1440
 (17) 7.890 1.765 10 205 248
 (18) 3.163 5.362 10 297 341
 (19) 3.301 5.896 10 0 1440
 (20) 7.982 2.227 10 313 346
 (21) 6.832 -0.514 10 0 1440
 (22) 2.512 0.767 10 0 1440
 (23) 1.063 0.933 0 0 1440

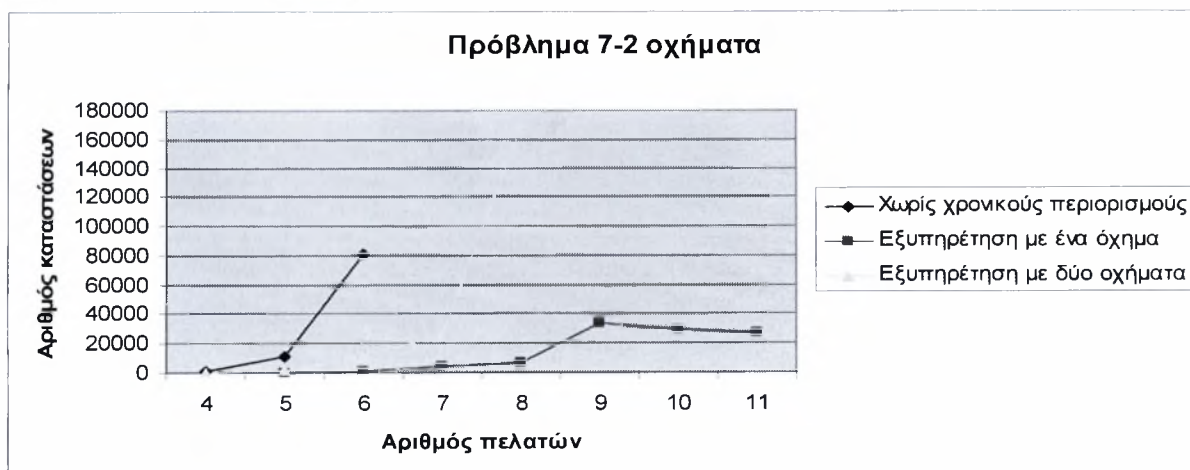
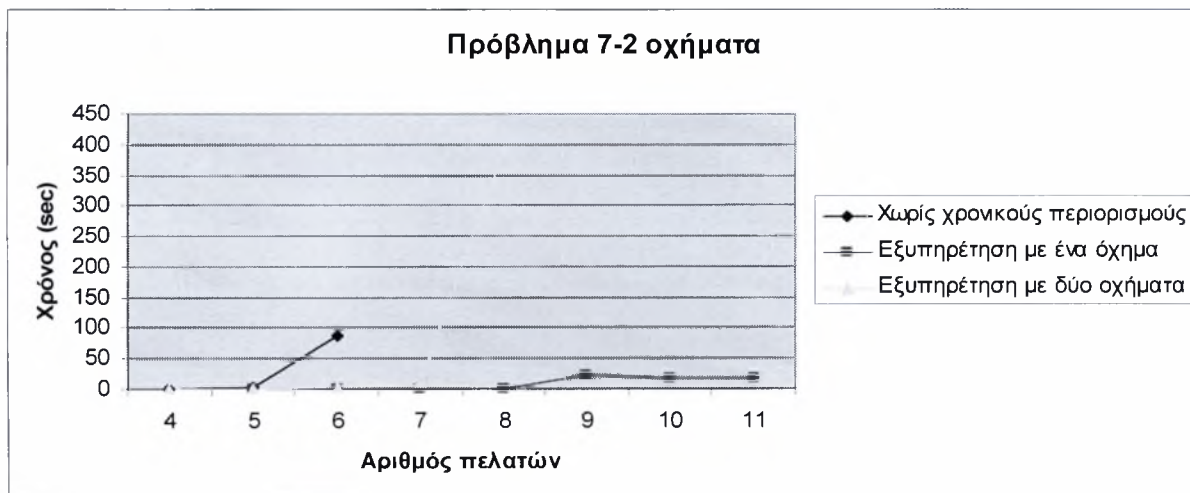
Κλειστό Πρόβλημα
(δύο οχήματα)

(0) 1.063 0.933 0 79.43 1440
 (1) -0.469 2.554 10 0 1440
 (2) -3.019 6.777 10 0 1440
 (3) -5.060 -1.642 10 0 1440
 (4) 1.072 -1.879 10 167 195
 (5) 4.378 3.477 10 83 105
 (6) 5.488 -4.117 10 0 1440
 (7) 3.646 -2.264 10 113 131
 (8) -3.235 -2.097 10 0 1440
 (9) 1.288 1.692 10 127 144
 (10) -6.798 -0.375 10 98 116
 (11) 0.724 0.160 10 155 192
 (12) -0.358 1.334 10 0 1440
 (13) -4.700 -1.747 10 0 1440
 (14) -2.276 4.550 10 183 198
 (15) -4.943 6.060 10 0 1440
 (16) -3.595 -1.914 10 141 172
 (17) 1.063 0.933 0 0 1440

| Αριθμός πελατών | Αριθμός κόμβων | 2 οχήματα Χρόνος (sec) | Χρόνος (min) | Αριθμός καταστάσεων |
|-----------------|----------------|---------------------------|--------------|---------------------|
| 4 | 10 | 0,063 | 0,00105 | 1634 |
| 5 | 12 | 2,157 | 0,03595 | 11622 |
| 6 | 14 | 86,721 | 1,44535 | 80834 |

| | | | | |
|----|----|--------|-------------|-------|
| 5 | 12 | 0 | 0 | 102 |
| 6 | 14 | 0,045 | 0,00075 | 782 |
| 7 | 16 | 0,504 | 0,0084 | 3984 |
| 8 | 18 | 1,18 | 0,019666667 | 6316 |
| 9 | 20 | 21,129 | 0,35215 | 34257 |
| 10 | 22 | 17,451 | 0,29085 | 29174 |
| 11 | 24 | 17,275 | 0,287916667 | 26722 |

| | | | | |
|---|----|---------|-------------|--------|
| 4 | 10 | 0,015 | 0,00025 | 382 |
| 5 | 12 | 0,219 | 0,00365 | 2770 |
| 6 | 14 | 2,5 | 0,041666667 | 11682 |
| 7 | 16 | 10,218 | 0,1703 | 25328 |
| 8 | 18 | 391,711 | 6,528516667 | 167188 |



Πρόβλημα 8

Ανοικτό Πρόβλημα

(0) -1.217 -0.009 0 0 1440
 (1) -2.037 -3.190 10 0 1440
 (2) -4.402 -3.994 10 0 1440
 (3) -4.664 -5.295 10 0 1440
 (4) -6.096 -4.792 10 0 1440
 (5) -5.739 -4.526 10 0 1440
 (6) 0.259 -1.500 10 0 1440
 (7) -4.463 -6.197 10 0 1440
 (8) -3.716 -3.077 10 0 1440
 (9) -7.429 -5.231 10 0 1440
 (10) -6.108 -4.477 10 0 1440
 (11) -0.359 -2.773 10 0 1440
 (12) -0.086 -1.642 10 0 1440
 (13) -1.217 -0.009 0 0 1440

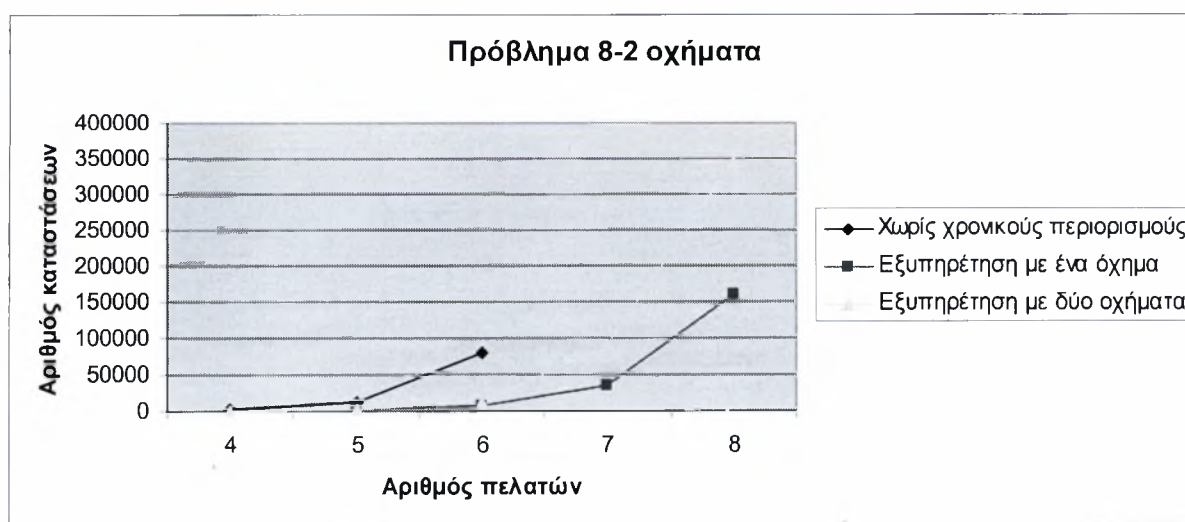
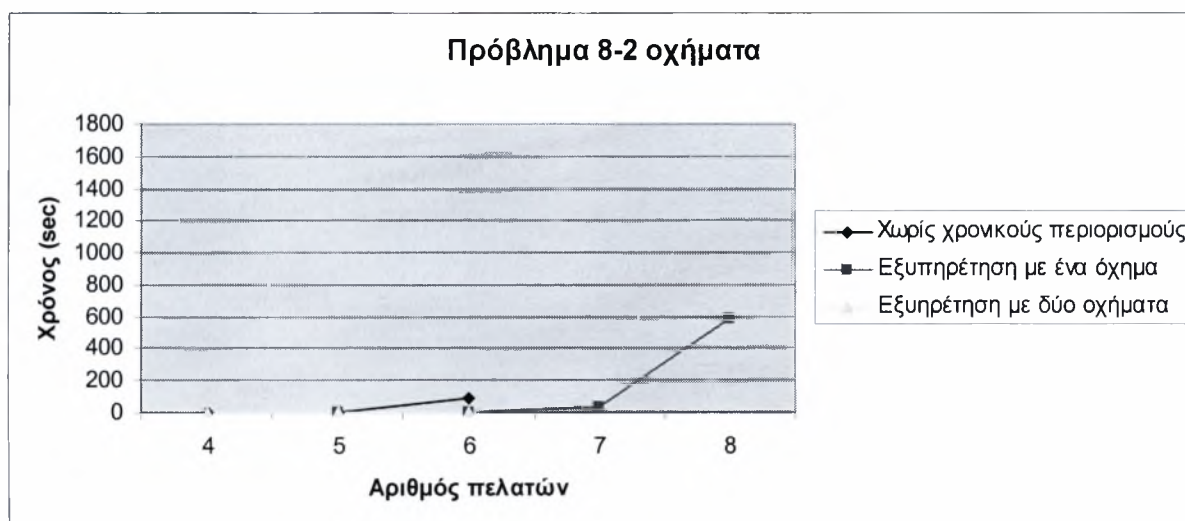
Κλειστό Πρόβλημα
(ένα οχήμα)

(0) -1.217 -0.009 0 72.37
 1440
 (1) -2.037 -3.190 10 0 1440
 (2) -4.402 -3.994 10 82 98
 (3) -4.664 -5.295 10 0 1440
 (4) -6.096 -4.792 10 75 111
 (5) -5.739 -4.526 10 0 1440
 (6) 0.259 -1.500 10 0 1440
 (7) 6.683 -3.055 10 0 1440
 (8) 3.927 1.279 10 0 1440
 (9) -4.463 -6.197 10 156
 181
 (10) -3.716 -3.077 10 0
 1440
 (11) -7.429 -5.231 10 125
 148
 (12) -6.108 -4.477 10 0
 1440
 (13) -0.359 -2.773 10 170
 192
 (14) -0.086 -1.642 10 204
 219
 (15) -4.637 -0.151 10 255
 288
 (16) -8.146 -4.156 10 270
 295
 (17) -1.217 -0.009 0 0 1440

Κλειστό Πρόβλημα
(δύο οχήματα)

(0) -1.217 -0.009 0 72.37 1440
 (1) -2.037 -3.190 10 0 1440
 (2) -4.402 -3.994 10 82 98
 (3) -4.664 -5.295 10 0 1440
 (4) -6.096 -4.792 10 75 111
 (5) -1.059 -1.663 10 0 1440
 (6) 0.894 -0.372 10 0 1440
 (7) 3.515 1.262 10 0 1440
 (8) 4.584 -3.683 10 114 155
 (9) -4.463 -6.197 10 145 170
 (10) -3.716 -3.077 10 0 1440
 (11) -7.429 -5.231 10 125 148
 (12) -6.108 -4.477 10 0 1440
 (13) -1.761 -7.185 10 143 164
 (14) -2.453 -3.173 10 157 199
 (15) 0.235 -8.181 10 130 149
 (16) -4.202 5.399 10 0 1440
 (17) -1.217 -0.009 0 0 1440

| Αριθμός πελατών | Αριθμός κόμβων | 2 οχήματα Χρόνος (sec) | Χρόνος (min) | Αριθμός καταστάσεων |
|-----------------|----------------|---------------------------|--------------|---------------------|
| 4 | 10 | 0,062 | 0,001033333 | 1634 |
| 5 | 12 | 2,156 | 0,035933333 | 11622 |
| 6 | 14 | 86,737 | 1,445616667 | 80834 |
| 5 | 12 | 0,108 | 0,0018 | 1726 |
| 6 | 14 | 1,755 | 0,02925 | 7848 |
| 7 | 16 | 29,825 | 0,497083333 | 35006 |
| 8 | 18 | 586,312 | 9,771866667 | 159674 |
| 4 | 10 | 0,016 | 0,000266667 | 472 |
| 5 | 12 | 0,187 | 0,003116667 | 2744 |
| 6 | 14 | 2,796 | 0,0466 | 12152 |
| 7 | 16 | 126,388 | 2,106466667 | 90762 |
| 8 | 18 | 1668,424 | 27,80706667 | 345806 |



Πρόβλημα 9

Ανοικτό Πρόβλημα

(0) 0.387 -0.260 0 0 1440
 (1) 2.260 -2.836 10 0 1440
 (2) 5.934 -3.186 10 0 1440
 (3) 0.319 -8.865 10 0 1440
 (4) -3.637 -4.816 10 0 1440
 (5) -3.480 -2.220 10 0 1440
 (6) -1.975 -1.028 10 0 1440
 (7) -1.660 -2.933 10 0 1440
 (8) -2.463 -6.870 10 0 1440
 (9) -0.522 -2.311 10 0 1440
 (10) -2.981 -1.241 10 0 1440
 (11) 0.714 2.482 10 0 1440
 (12) 3.174 3.397 10 0 1440
 (13) 0.387 -0.260 0 0 1440

Κλειστό Πρόβλημα
(ένα όγημα)

(0) 0.387 -0.260 0 35.22
 1440
 (1) 2.260 -2.836 10 0 1440
 (2) 5.934 -3.186 10 0 1440
 (3) 0.319 -8.865 10 0 1440
 (4) -3.637 -4.816 10 0 1440
 (5) -3.480 -2.220 10 136
 175
 (6) -1.975 -1.028 10 0 1440
 (7) -3.701 0.648 10 140 168
 (8) -3.795 0.169 10 0 1440
 (9) -5.254 6.011 10 0 1440
 (10) 1.473 -2.891 10 216 237
 (11) 4.863 0.302 10 281 304
 (12) 7.326 1.067 10 288 309
 (13) 7.181 2.650 10 290 321
 (14) 8.208 2.706 10 0 1440
 (15) -1.660 -2.933 10 93
 115
 (16) -2.463 -6.870 10 72
 116
 (17) -0.522 -2.311 10 104
 128
 (18) -2.981 -1.241 10 123
 151
 (19) 0.714 2.482 10 0 1440
 (20) 3.174 3.397 10 244 280
 (21) 1.846 1.973 10 0 1440
 (22) 4.337 0.419 10 268 283
 (23) 3.395 4.521 10 256 300
 (24) 8.603 3.892 10 0 1440
 (25) 1.970 1.077 10 0 1440
 (26) 2.159 1.614 10 0 1440
 (27) 6.553 1.403 10 0 1440
 (28) -3.944 -0.590 10 381
 399
 (29) 0.387 -0.260 0 0 1440

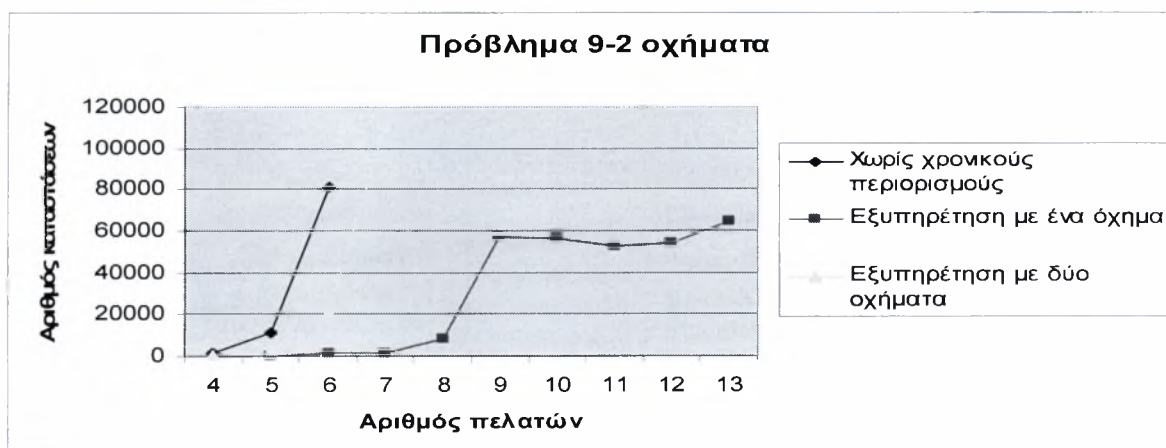
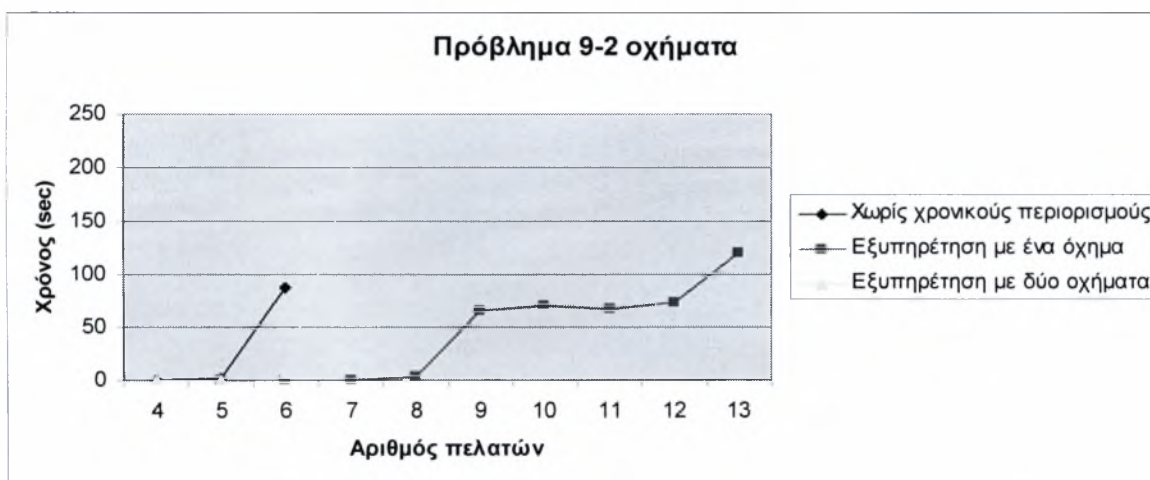
Κλειστό Πρόβλημα
(δύο ογήματα)

(0) 0.387 -0.260 0 35.22 1440
 (1) 2.260 -2.836 10 0 1440
 (2) 5.934 -3.186 10 0 1440
 (3) 0.319 -8.865 10 0 1440
 (4) -3.637 -4.816 10 0 1440
 (5) -1.531 5.171 10 40 57
 (6) -0.076 4.134 10 52 91
 (7) 4.106 2.293 10 0 1440
 (8) 1.446 -0.297 10 0 1440
 (9) -1.660 -2.933 10 93 115
 (10) -2.463 -6.870 10 72 116
 (11) -0.522 -2.311 10 104 128
 (12) -2.981 -1.241 10 123 151
 (13) -0.649 -2.942 10 0 1440
 (14) 5.750 1.633 10 0 1440
 (15) 2.388 0.981 10 92 135
 (16) 0.487 -6.959 10 131 155
 (17) 0.387 -0.260 0 0 1440

| Αριθμός πελατών | Αριθμός κόμβων | 2 οχήματα Χρονος (sec) | Χρόνος (min) | Αριθμός καταστάσεων |
|-----------------|----------------|------------------------------|-----------------|---------------------|
| 4 | 10 | 0,062 | 0,001033333 | 1634 |
| 5 | 12 | 2,141 | 0,035683333 | 11622 |
| 6 | 14 | 86,721 | 1,44535 | 80834 |

| | | | | |
|----|----|---------|-------------|--------|
| 5 | 12 | 0,03 | 0,0005 | 268 |
| 6 | 14 | 0,281 | 0,004683333 | 1314 |
| 7 | 16 | 0,32 | 0,005333333 | 1532 |
| 8 | 18 | 2,613 | 0,04355 | 8474 |
| 9 | 20 | 65,655 | 1,09425 | 57057 |
| 10 | 22 | 69,63 | 1,1605 | 56243 |
| 11 | 24 | 66,546 | 1,1091 | 52156 |
| 12 | 26 | 74,156 | 1,235933333 | 54326 |
| 13 | 28 | 120,172 | 2,002866667 | 64638 |
| 14 | 30 | 3644,2 | 60,73666667 | 444412 |

| | | | | |
|---|----|---------|-------------|--------|
| 4 | 10 | 0,015 | 0,00025 | 662 |
| 5 | 12 | 0,266 | 0,004433333 | 3218 |
| 6 | 14 | 7,781 | 0,129683333 | 21084 |
| 7 | 16 | 194,935 | 3,248916667 | 110948 |



Πρόβλημα 10

Ανοικτό Πρόβλημα

(0) -1.437 -2.034 0 0 1440
 (1) -3.466 -1.547 10 0 1440
 (2) -5.775 -2.775 10 0 1440
 (3) -4.926 -4.172 10 0 1440
 (4) -2.971 -4.633 10 0 1440
 (5) 1.609 -2.789 10 0 1440
 (6) 0.166 -0.223 10 0 1440
 (7) -5.505 -3.254 10 0 1440
 (8) 2.301 -4.570 10 0 1440
 (9) -0.334 -3.624 10 0 1440
 (10) -1.922 -0.513 10 0 1440
 (11) -9.507 4.429 10 0 1440
 (12) -5.835 1.581 10 0 1440
 (13) -1.437 -2.034 0 0 1440

Κλειστό Πρόβλημα
(ένα όχημα)

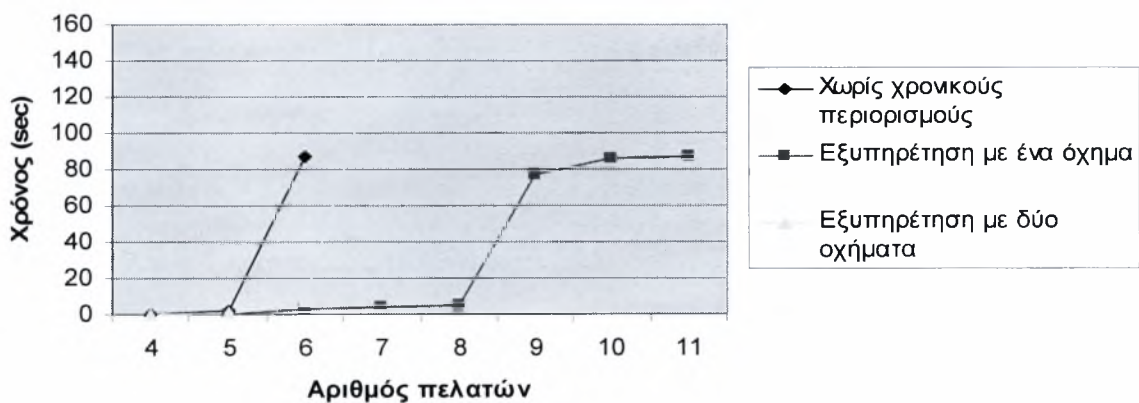
(0) -1.437 -2.034 0 71.55
 1440
 (1) -3.466 -1.547 10 0 1440
 (2) -5.775 -2.775 10 60 87
 (3) -4.926 -4.172 10 0 1440
 (4) -2.971 -4.633 10 0 1440
 (5) 1.609 -2.789 10 0 1440
 (6) 0.166 -0.223 10 0 1440
 (7) -5.178 0.728 10 180 219
 (8) -9.616 3.410 10 242 270
 (9) -6.418 6.381 10 0 1440
 (10) -0.293 2.704 10 284
 307
 (11) -5.505 -3.254 10 85
 102
 (12) 2.301 -4.570 10 0 1440
 (13) -0.334 -3.624 10 103
 126
 (14) -1.922 -0.513 10 176
 194
 (15) -9.507 4.429 10 172
 202
 (16) -5.835 1.581 10 212
 232
 (17) -1.894 5.769 10 0 1440
 (18) 0.447 -3.613 10 0 1440
 (19) -5.325 1.410 10 330
 368
 (20) -6.144 -1.090 10 0
 1440
 (21) -1.437 -2.034 0 0 1440

Κλειστό Πρόβλημα
(δύο οχήματα)

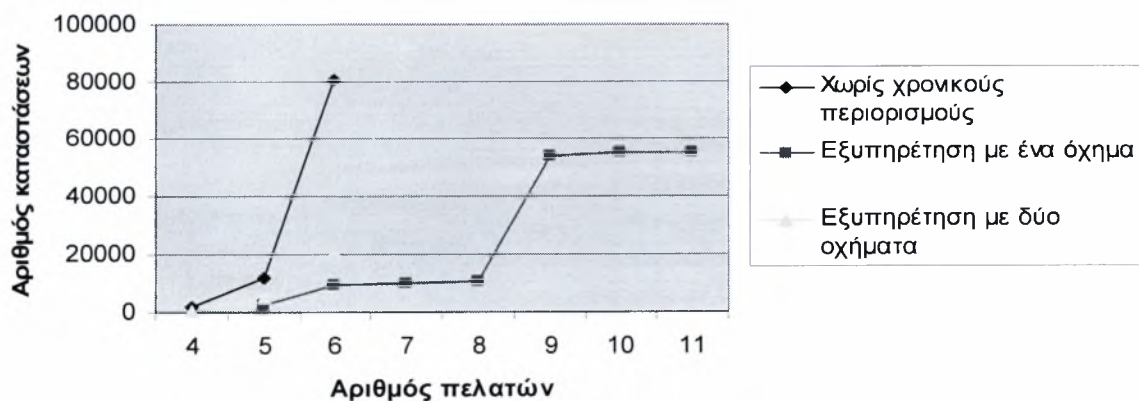
(0) -1.437 -2.034 0 71.55 1440
 (1) -3.466 -1.547 10 0 1440
 (2) -5.775 -2.775 10 60 87
 (3) -4.926 -4.172 10 0 1440
 (4) -2.971 -4.633 10 0 1440
 (5) -2.186 0.092 10 0 1440
 (6) 0.055 0.364 10 0 1440
 (7) 0.110 -1.462 10 0 1440
 (8) -3.756 -4.173 10 0 1440
 (9) -5.505 -3.254 10 85 102
 (10) 2.301 -4.570 10 0 1440
 (11) -0.334 -3.624 10 103 126
 (12) -1.922 -0.513 10 161 179
 (13) -3.213 -4.507 10 136 157
 (14) -4.232 -6.060 10 124 165
 (15) -3.987 -5.338 10 113 136
 (16) -2.638 1.378 10 162 178
 (17) -1.437 -2.034 0 0 1440

| Αριθμός πελατών | Αριθμός κόμβων | 2 οχήματα Χρόνος (sec) | Χρόνος (min) | Αριθμός καταστάσεων |
|-----------------|----------------|---------------------------|--------------|---------------------|
| 4 | 10 | 0,062 | 0,001033333 | 1634 |
| 5 | 12 | 2,204 | 0,036733333 | 11622 |
| 6 | 14 | 86,722 | 1,445366667 | 80834 |
| 5 | 12 | 0,3 | 0,005 | 2232 |
| 6 | 14 | 3,264 | 0,0544 | 9526 |
| 7 | 16 | 3,925 | 0,065416667 | 10156 |
| 8 | 18 | 4,799 | 0,079983333 | 10438 |
| 9 | 20 | 76,72 | 1,278666667 | 53970 |
| 10 | 22 | 85,633 | 1,427216667 | 55280 |
| 11 | 24 | 86,995 | 1,449916667 | 54955 |
| 4 | 10 | 0,031 | 0,000516667 | 784 |
| 5 | 12 | 0,515 | 0,008583333 | 4770 |
| 6 | 14 | 7,734 | 0,1289 | 20384 |
| 7 | 16 | 150,479 | 2,507983333 | 93184 |

Πρόβλημα 10-2 οχήματα



Πρόβλημα 10-2 οχήματα



Πρόβλημα 11

Ανοικτό Πρόβλημα

(0) -1.044 2.000 0 0 1440
 (1) -0.417 -0.157 10 0 1440
 (2) -3.066 0.546 10 0 1440
 (3) -6.500 7.723 10 0 1440
 (4) -6.741 6.832 10 0 1440
 (5) -9.194 2.759 10 0 1440
 (6) -2.973 6.414 10 0 1440
 (7) 0.435 1.469 10 0 1440
 (8) -4.933 3.337 10 0 1440
 (9) -1.156 1.161 10 0 1440
 (10) -5.662 7.334 10 0 1440
 (11) -0.785 3.207 10 0 1440
 (12) -5.476 1.437 10 0 1440
 (13) -1.044 2.000 0 0 1440

Κλειστό Πρόβλημα
(ένα ογήμα)

(0) -1.044 2.000 0 172.66
 1440
 (1) -0.417 -0.157 10 0 1440
 (2) -3.066 0.546 10 0 1440
 (3) -6.500 7.723 10 0 1440
 (4) -6.741 6.832 10 0 1440
 (5) -9.194 2.759 10 255 333
 (6) -2.973 6.414 10 0 1440
 (7) -1.317 6.934 10 0 1440
 (8) 1.860 9.672 10 341 377
 (9) -7.667 9.934 10 360 449
 (10) -4.094 8.321 10 374
 462
 (11) -4.303 2.045 10 402
 455
 (12) -4.655 9.797 10 217
 293
 (13) -4.933 3.337 10 163
 201
 (14) -1.156 1.161 10 274
 329
 (15) -5.662 7.334 10 302
 333
 (16) -0.785 3.207 10 0 1440
 (17) -5.476 1.437 10 413
 494
 (18) -2.275 5.541 10 388
 472
 (19) -1.893 -2.373 10 0
 1440
 (20) 0.435 1.469 10 0 1440
 (21) -1.192 1.175 10 0 1440
 (22) -3.793 -2.161 10 0
 1440
 (23) -1.044 2.000 0 0 1440

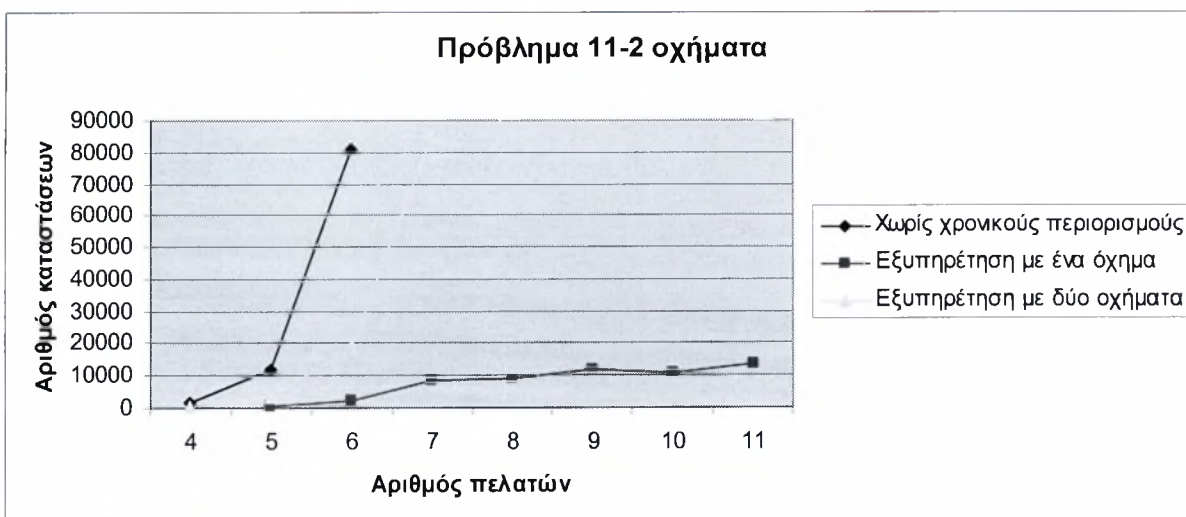
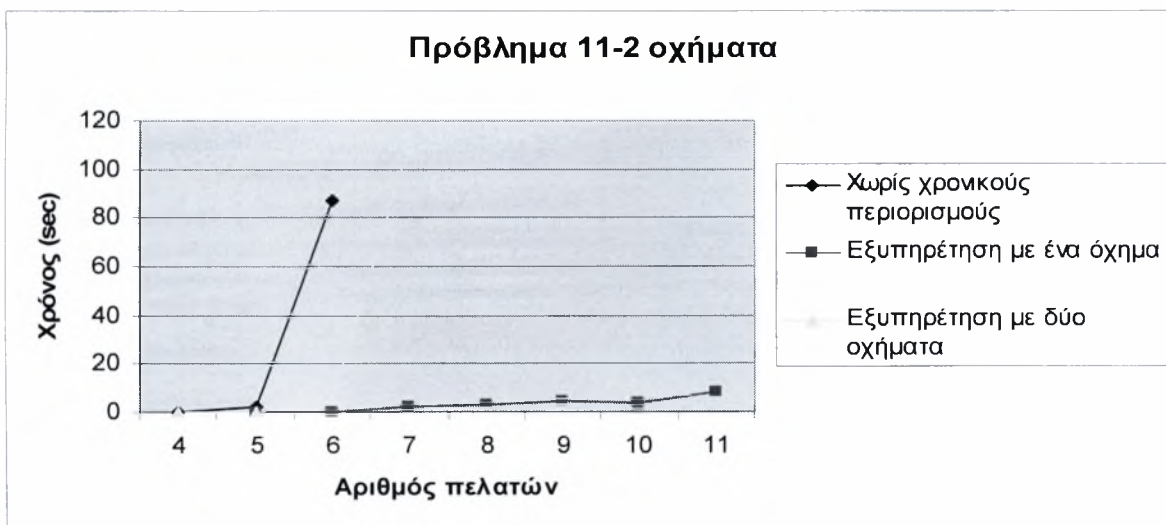
Κλειστό Πρόβλημα
(δύο ογήματα)

(0) -1.044 2.000 0 172.66 1440
 (1) -0.417 -0.157 10 0 1440
 (2) -3.066 0.546 10 0 1440
 (3) -6.500 7.723 10 0 1440
 (4) -6.741 6.832 10 0 1440
 (5) -2.067 5.789 10 127 199
 (6) -4.138 5.082 10 187 246
 (7) -6.512 3.021 10 201 288
 (8) -4.655 9.797 10 217 293
 (9) -4.933 3.337 10 163 202
 (10) -1.156 1.161 10 259 314
 (11) -5.662 7.334 10 276 307
 (12) -5.066 -2.313 10 0 1440
 (13) -7.110 -1.862 10 0 1440
 (14) 1.188 -2.493 10 0 1440
 (15) -1.044 2.000 0 0 1440

| Αριθμός πελατών | Αριθμός κόμβων | 2 οχήματα Χρόνος (sec) | Χρόνος (min) | Αριθμός καταστάσεων |
|-----------------|----------------|---------------------------|--------------|---------------------|
| 4 | 10 | 0,062 | 0,001033333 | 1634 |
| 5 | 12 | 2,172 | 0,0362 | 11622 |
| 6 | 14 | 86,707 | 1,445116667 | 80834 |

| | | | | |
|----|----|-------|-------------|-------|
| 5 | 12 | 0,015 | 0,00025 | 466 |
| 6 | 14 | 0,172 | 0,002866667 | 1994 |
| 7 | 16 | 2,328 | 0,0388 | 8674 |
| 8 | 18 | 2,75 | 0,045833333 | 8910 |
| 9 | 20 | 4,532 | 0,075533333 | 11853 |
| 10 | 22 | 4,112 | 0,068533333 | 10759 |
| 11 | 24 | 8,049 | 0,13415 | 13234 |

| | | | | |
|---|----|--------|-------------|-------|
| 4 | 10 | 0,015 | 0,00025 | 690 |
| 5 | 12 | 0,296 | 0,004933333 | 3512 |
| 6 | 14 | 5,25 | 0,0875 | 18284 |
| 7 | 16 | 108,95 | 1,815833333 | 84826 |



Πρόβλημα 12

Ανοικτό Πρόβλημα

(0) 3.022 2.479 0 0 1440
 (1) 3.617 0.026 10 0 1440
 (2) 5.208 0.969 10 0 1440
 (3) 6.506 0.522 10 0 1440
 (4) 7.776 5.582 10 0 1440
 (5) 8.618 5.934 10 0 1440
 (6) 2.557 3.173 10 0 1440
 (7) 8.259 7.200 10 0 1440
 (8) 1.905 4.197 10 0 1440
 (9) 3.323 4.166 10 0 1440
 (10) 1.836 2.092 10 0 1440
 (11) 6.393 7.854 10 0 1440
 (12) 5.450 7.081 10 0 1440
 (13) 3.022 2.479 0 0 1440

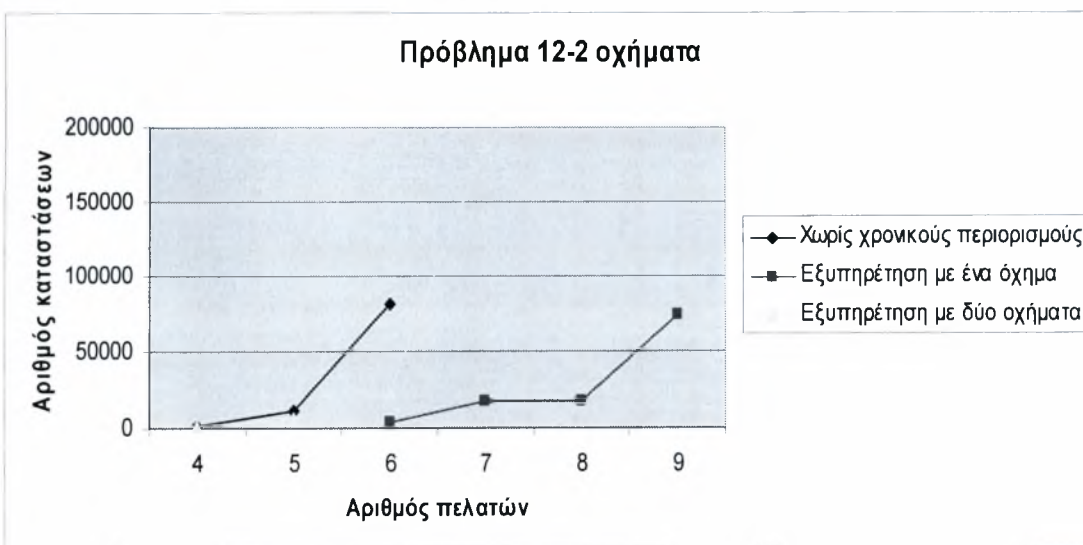
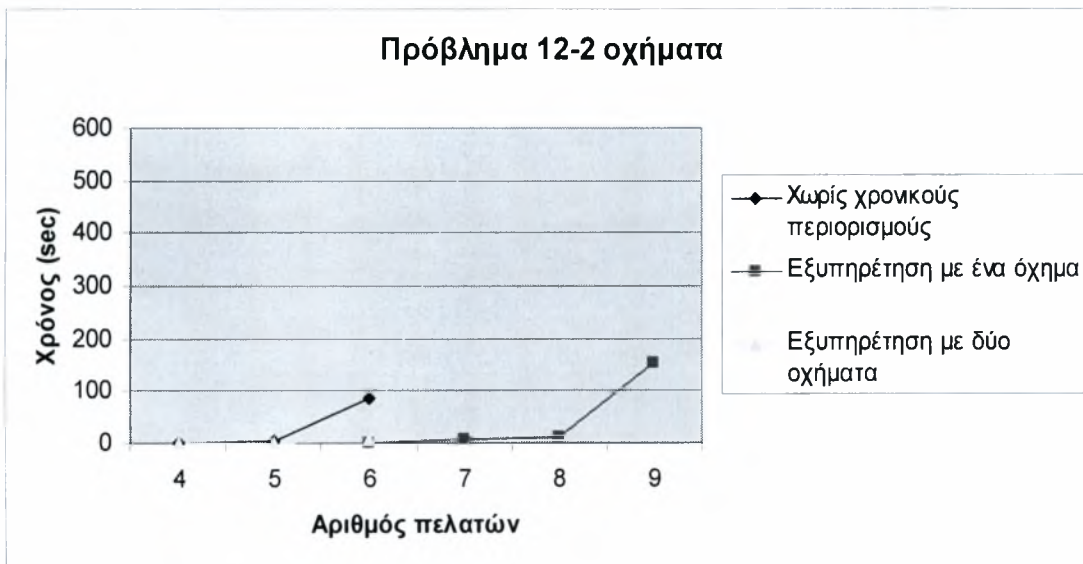
Κλειστό Πρόβλημα
(ένα όχημα)

(0) 3.022 2.479 0 125.24
 1440
 (1) 3.617 0.026 10 82 142
 (2) 5.208 0.969 10 114 146
 (3) 6.506 0.522 10 138 176
 (4) 7.776 5.582 10 0 1440
 (5) 8.618 5.934 10 0 1440
 (6) 2.557 3.173 10 229 294
 (7) 4.883 6.531 10 0 1440
 (8) 4.122 7.792 10 301 341
 (9) -1.636 9.331 10 0 1440
 (10) 8.259 7.200 10 0 1440
 (11) 1.905 4.197 10 0 1440
 (12) 3.323 4.166 10 0 1440
 (13) 1.836 2.092 10 141 207
 (14) 6.393 7.854 10 276 341
 (15) 5.450 7.081 10 0 1440
 (16) 7.631 8.667 10 287 329
 (17) 5.283 5.068 10 0 1440
 (18) -2.054 1.909 10 353
 424
 (19) 3.022 2.479 0 0 1440

Κλειστό Πρόβλημα
(δύο οχήματα)

(0) 3.022 2.479 0 125.24 1440
 (1) 3.617 0.026 10 82 142
 (2) 5.208 0.969 10 114 146
 (3) 6.506 0.522 10 138 176
 (4) 7.776 5.582 10 0 1440
 (5) -4.000 0.387 10 132 177
 (6) 0.386 -2.318 10 118 193
 (7) 1.201 -0.796 10 170 222
 (8) 8.259 7.200 10 0 1440
 (9) 1.905 4.197 10 0 1440
 (10) 3.323 4.166 10 0 1440
 (11) 1.836 2.092 10 141 208
 (12) -0.523 -0.208 10 0 1440
 (13) 4.986 0.104 10 0 1440
 (14) 3.144 -0.700 10 0 1440
 (15) 3.022 2.479 0 0 1440

| Αριθμός πελατών | Αριθμός κόμβων | 2 οχήματα Χρόνος (sec) | Χρόνος (min) | Αριθμός καταστάσεων |
|-----------------|----------------|---------------------------|--------------|---------------------|
| 4 | 10 | 0,062 | 0,001033333 | 1634 |
| 5 | 12 | 2,157 | 0,03595 | 11622 |
| 6 | 14 | 86,862 | 1,4477 | 80834 |
| 6 | 14 | 0,531 | 0,00885 | 4122 |
| 7 | 16 | 8,297 | 0,138283333 | 17402 |
| 8 | 18 | 9,579 | 0,15965 | 17428 |
| 9 | 20 | 152,802 | 2,5467 | 73399 |
| 4 | 10 | 0,031 | 0,000516667 | 1148 |
| 5 | 12 | 0,813 | 0,01355 | 6360 |
| 6 | 14 | 9,25 | 0,154166667 | 24058 |
| 7 | 16 | 531,546 | 8,8591 | 187236 |



Πρόβλημα 13

Ανοικτό Πρόβλημα

(0) -1.839 0.112 0 0 1440
 (1) 1.284 0.513 10 0 1440
 (2) -1.042 6.036 10 0 1440
 (3) -4.830 5.331 10 0 1440
 (4) -3.079 -5.734 10 0 1440
 (5) 1.555 -3.627 10 0 1440
 (6) 1.544 -1.872 10 0 1440
 (7) -3.731 5.684 10 0 1440
 (8) 1.265 -4.834 10 0 1440
 (9) -0.368 -6.907 10 0 1440
 (10) 1.370 4.399 10 0 1440
 (11) -1.756 3.749 10 0 1440
 (12) 0.566 1.276 10 0 1440
 (13) -1.839 0.112 0 0 1440

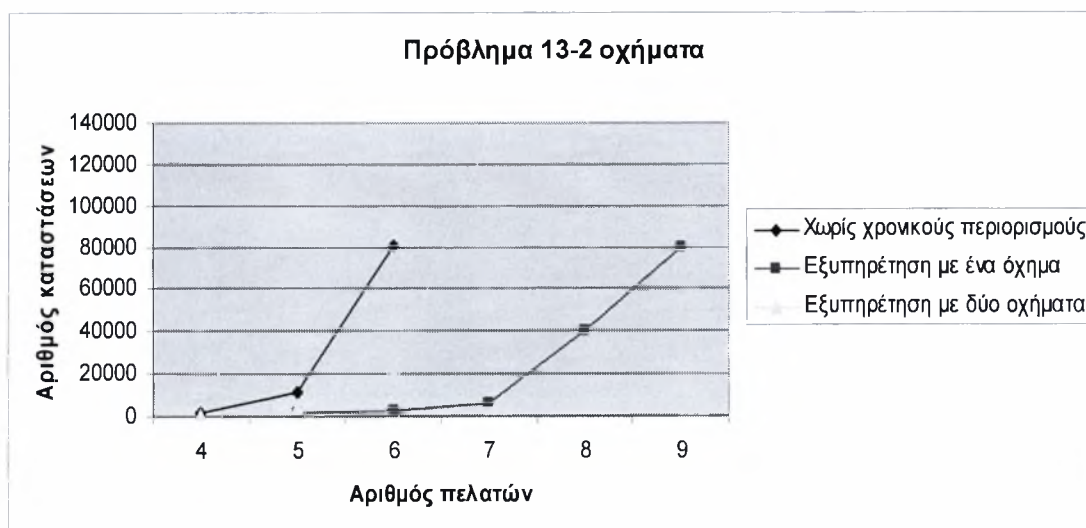
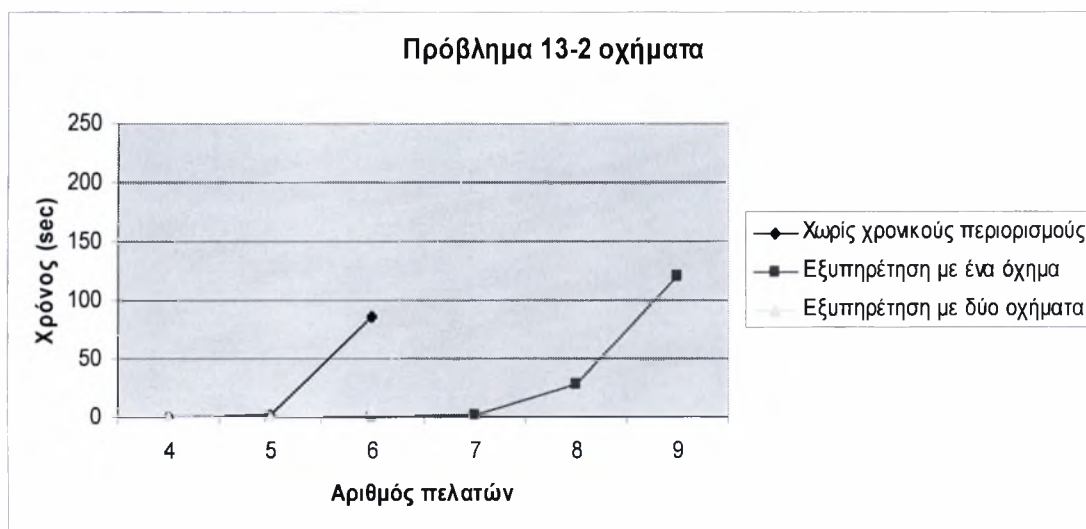
Κλειστό Πρόβλημα
(ένα όχημα)

(0) -1.839 0.112 0 34.15
 1440
 (1) 1.284 0.513 10 0 1440
 (2) -1.042 6.036 10 0 1440
 (3) -4.830 5.331 10 0 1440
 (4) -3.079 -5.734 10 0 1440
 (5) 1.555 -3.627 10 0 1440
 (6) 1.544 -1.872 10 127 208
 (7) 1.031 -1.252 10 149 194
 (8) 0.208 1.288 10 0 1440
 (9) -0.700 3.824 10 174 239
 (10) -3.731 5.684 10 63 116
 (11) 1.265 -4.834 10 117
 187
 (12) -0.368 -6.907 10 68
 137
 (13) 1.370 4.399 10 123 194
 (14) -1.756 3.749 10 159
 219
 (15) 0.566 1.276 10 0 1440
 (16) -5.590 1.846 10 0 1440
 (17) -0.576 5.403 10 129
 207
 (18) -2.161 3.517 10 0 1440
 (19) -1.839 0.112 0 0 1440

Κλειστό Πρόβλημα
(δύο οχήματα)

(0) -1.839 0.112 0 34.15 1440
 (1) 1.284 0.513 10 0 1440
 (2) -1.042 6.036 10 0 1440
 (3) -4.830 5.331 10 0 1440
 (4) -3.079 -5.734 10 0 1440
 (5) 8.120 -7.474 10 0 1440
 (6) 9.084 -8.354 10 57 96
 (7) 6.446 -6.295 10 71 126
 (8) -3.731 5.684 10 63 116
 (9) 1.265 -4.834 10 117 187
 (10) -0.368 -6.907 10 68 137
 (11) 1.370 4.399 10 123 194
 (12) 0.172 -2.045 10 88 149
 (13) -3.299 -3.400 10 0 1440
 (14) -3.685 -3.371 10 0 1440
 (15) -1.839 0.112 0 0 1440

| Αριθμός πελατών | Αριθμός κόμβων | 2 οχήματα Χρόνος (sec) | Χρόνος (min) | Αριθμός καταστάσεων |
|-----------------|----------------|---------------------------|--------------|---------------------|
| 4 | 10 | 0,063 | 0,00105 | 1634 |
| 5 | 12 | 2,103 | 0,03505 | 11622 |
| 6 | 14 | 86,66 | 1,444333333 | 80834 |
| 5 | 12 | 0,14 | 0,002333333 | 1930 |
| 6 | 14 | 0,266 | 0,004433333 | 3048 |
| 7 | 16 | 0,938 | 0,015633333 | 6044 |
| 8 | 18 | 27,597 | 0,45995 | 40642 |
| 9 | 20 | 120,021 | 2,00035 | 79510 |
| 4 | 10 | 0,015 | 0,00025 | 668 |
| 5 | 12 | 0,406 | 0,006766667 | 4350 |
| 6 | 14 | 6,047 | 0,100783333 | 20270 |
| 7 | 16 | 229,143 | 3,81905 | 132584 |



Πρόβλημα 14

Ανοικτό Πρόβλημα

(0) -1.228 0.916 0 0 1440
 (1) 7.226 5.903 10 0 1440
 (2) 3.610 6.494 10 0 1440
 (3) 3.795 7.391 10 0 1440
 (4) 2.729 5.818 10 0 1440
 (5) -2.166 0.164 10 0 1440
 (6) 1.208 -4.235 10 0 1440
 (7) 3.088 2.432 10 0 1440
 (8) -2.908 0.429 10 0 1440
 (9) 7.688 -2.990 10 0 1440
 (10) 2.609 -3.397 10 0 1440
 (11) 9.352 -2.023 10 0 1440
 (12) 5.206 3.033 10 0 1440
 (13) -1.228 0.916 0 0 1440

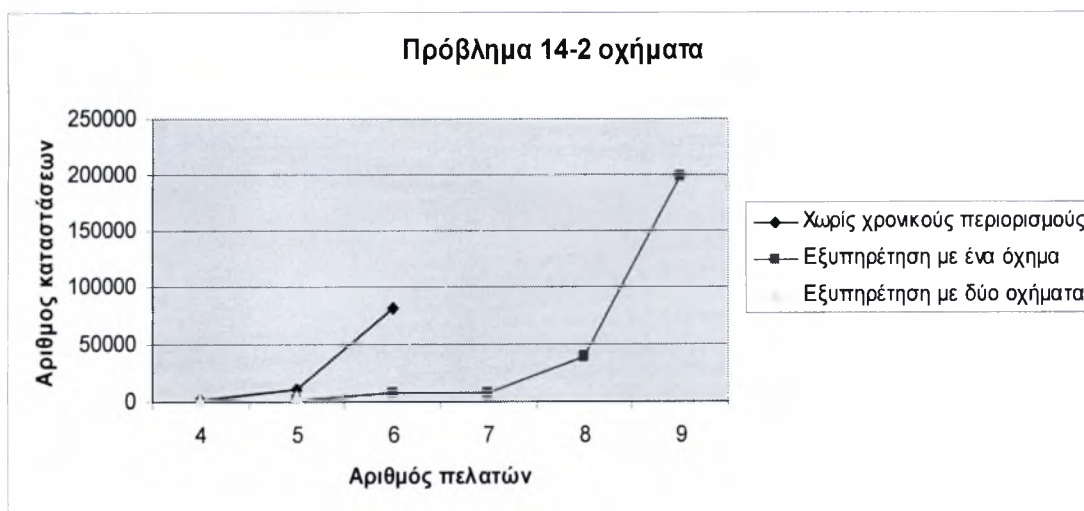
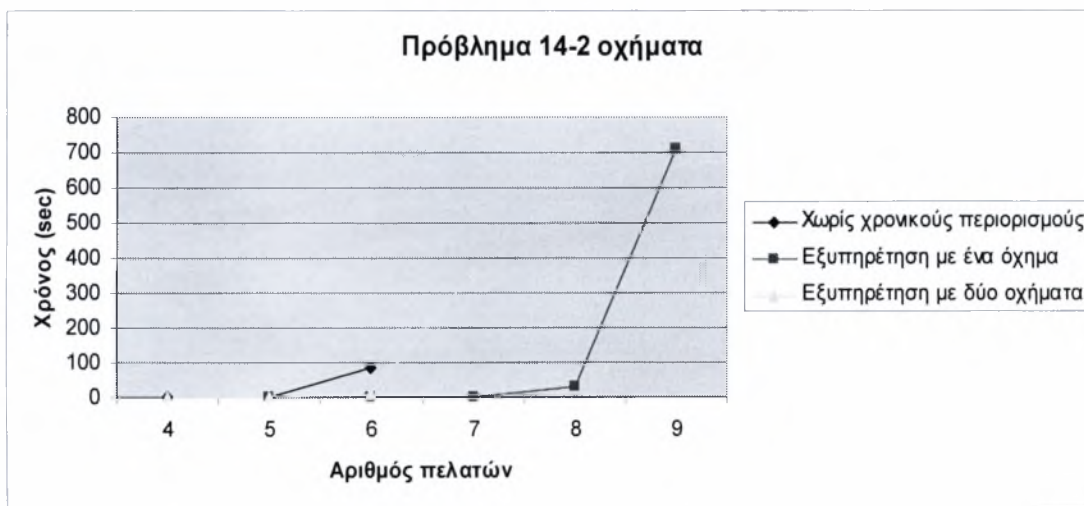
Κλειστό Πρόβλημα
(ένα όχημα)

(0) -1.228 0.916 0 114.98
 1440
 (1) 7.226 5.903 10 0 1440
 (2) 3.610 6.494 10 0 1440
 (3) 3.795 7.391 10 0 1440
 (4) 2.729 5.818 10 148 233
 (5) -2.166 0.164 10 0 1440
 (6) 1.208 -4.235 10 159 219
 (7) 5.748 3.550 10 283 327
 (8) 5.804 5.666 10 0 1440
 (9) 1.987 7.752 10 0 1440
 (10) 3.088 2.432 10 135 180
 (11) -2.908 0.429 10 144
 191
 (12) 7.688 -2.990 10 188
 265
 (13) 2.609 -3.397 10 0 1440
 (14) 9.352 -2.023 10 232
 315
 (15) 5.206 3.033 10 0 1440
 (16) 4.833 9.352 10 0 1440
 (17) 1.370 3.461 10 348 416
 (18) -0.032 6.824 10 332
 419
 (19) -1.228 0.916 0 0 1440

Κλειστό Πρόβλημα
(δύο οχήματα)

(0) -1.228 0.916 0 114.98 1440
 (1) 7.226 5.903 10 0 1440
 (2) 3.610 6.494 10 0 1440
 (3) 3.795 7.391 10 0 1440
 (4) 2.729 5.818 10 148 233
 (5) -0.090 -5.494 10 124 163
 (6) 0.749 -5.724 10 73 146
 (7) 1.850 -5.115 10 0 1440
 (8) 3.088 2.432 10 135 180
 (9) -2.908 0.429 10 144 192
 (10) 7.688 -2.990 10 188 265
 (11) 2.609 -3.397 10 0 1440
 (12) -1.678 4.344 10 0 1440
 (13) 1.214 3.004 10 0 1440
 (14) -4.004 2.744 10 181 226
 (15) -1.228 0.916 0 0 1440

| Αριθμός πελατών | Αριθμός κόμβων | 2 πελάτες Χρόνος (sec) | Χρόνος (min) | Αριθμός καταστάσεων |
|-----------------|----------------|---------------------------|--------------|---------------------|
| 4 | 10 | 0,062 | 0,001033333 | 1634 |
| 5 | 12 | 2,156 | 0,035933333 | 11622 |
| 6 | 14 | 86,748 | 1,4458 | 80834 |
| 5 | 12 | 0,093 | 0,00155 | 1800 |
| 6 | 14 | 1,125 | 0,01875 | 7730 |
| 7 | 16 | 1,438 | 0,023966667 | 7752 |
| 8 | 18 | 28,298 | 0,471633333 | 39150 |
| 9 | 20 | 712,173 | 11,86955 | 198101 |
| 4 | 10 | 0,016 | 0,000266667 | 810 |
| 5 | 12 | 0,453 | 0,00755 | 4548 |
| 6 | 14 | 12,171 | 0,20285 | 27058 |
| 7 | 16 | 362,267 | 6,037783333 | 158608 |



Πρόβλημα 15

Ανοικτό Πρόβλημα

(0) 0.868 -1.044 0 0 1440
 (1) 1.074 -0.467 10 0 1440
 (2) -1.426 -3.025 10 0 1440
 (3) 0.660 -5.458 10 0 1440
 (4) -0.552 -5.195 10 0 1440
 (5) -0.314 -1.384 10 0 1440
 (6) 0.745 1.850 10 0 1440
 (7) 1.383 -7.619 10 0 1440
 (8) -0.893 -4.390 10 0 1440
 (9) 0.480 -0.729 10 0 1440
 (10) -1.851 6.540 10 0 1440
 (11) -0.363 2.543 10 0 1440
 (12) -3.895 5.294 10 0 1440
 (13) 0.868 -1.044 0 0 1440

Κλειστό Πρόβλημα
(ένα οχήμα)

(0) 0.868 -1.044 0 93.09
 1440
 (1) 1.074 -0.467 10 84 118
 (2) -1.426 -3.025 10 0 1440
 (3) 0.660 -5.458 10 64 128
 (4) -0.552 -5.195 10 138
 185
 (5) -0.314 -1.384 10 137
 196
 (6) 0.745 1.850 10 0 1440
 (7) 1.022 7.553 10 0 1440
 (8) 8.911 6.212 10 222 266
 (9) 8.795 9.401 10 260 313
 (10) 6.917 7.258 10 0 1440
 (11) 1.383 -7.619 10 0 1440
 (12) -0.893 -4.390 10 114
 164
 (13) 0.480 -0.729 10 0 1440
 (14) -1.851 6.540 10 0 1440
 (15) -0.363 2.543 10 0 1440
 (16) -3.895 5.294 10 185
 263
 (17) 1.960 -1.041 10 264
 336
 (18) -0.586 -0.186 10 0
 1440
 (19) 1.137 -0.834 10 0 1440
 (20) 4.009 -0.963 10 298
 344
 (21) 0.868 -1.044 0 0 1440

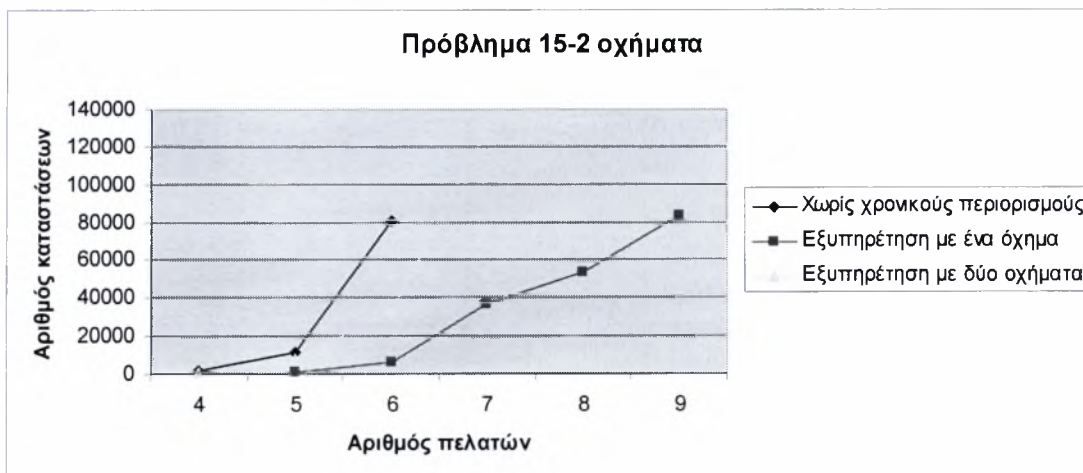
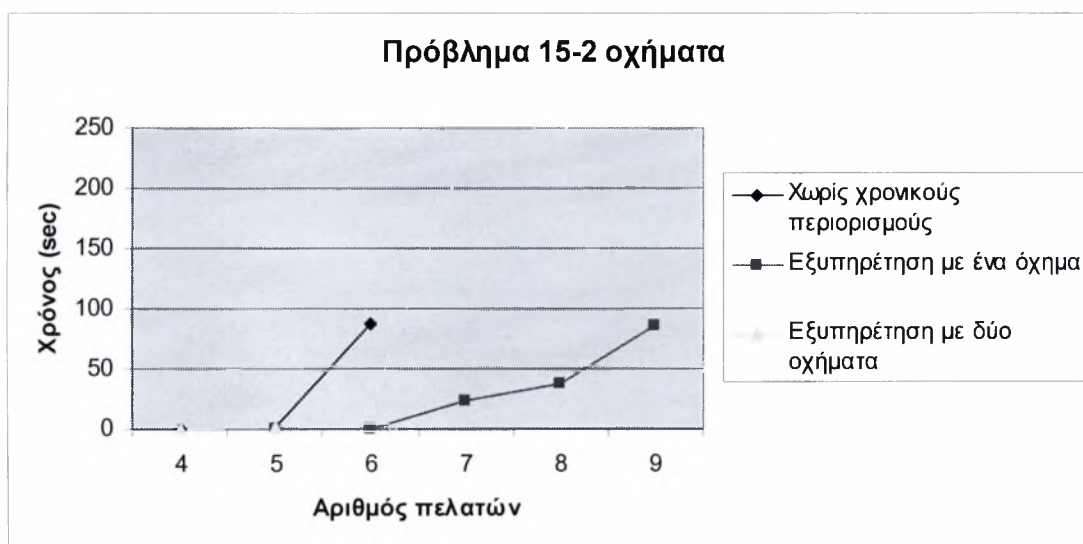
Κλειστό Πρόβλημα
(δύο οχήματα)

(0) 0.868 -1.044 0 93.09 1440
 (1) 1.074 -0.467 10 84 118
 (2) -1.426 -3.025 10 0 1440
 (3) 0.660 -5.458 10 64 128
 (4) -0.552 -5.195 10 138 185
 (5) 1.559 -0.582 10 93 125
 (6) 1.127 2.066 10 0 1440
 (7) 3.347 2.003 10 118 185
 (8) 1.383 -7.619 10 0 1440
 (9) -0.893 -4.390 10 114 164
 (10) 0.480 -0.729 10 0 1440
 (11) -1.851 6.540 10 0 1440
 (12) -0.805 -2.118 10 0 1440
 (13) 3.416 -3.846 10 134 187
 (14) -3.152 3.459 10 0 1440
 (15) 0.868 -1.044 0 0 1440

| Αριθμός πελατών | Αριθμός κόμβων | 2 οχήματα Χρόνος (sec) | Χρόνος (min) | Αριθμός καταστάσεων |
|-----------------|----------------|---------------------------|--------------|---------------------|
| 4 | 10 | 0,063 | 0,00105 | 1634 |
| 5 | 12 | 2,204 | 0,036733333 | 11622 |
| 6 | 14 | 86,769 | 1,44615 | 80834 |

| | | | | |
|----|----|----------|-------------|--------|
| 5 | 12 | 0,031 | 0,000516667 | 888 |
| 6 | 14 | 0,73 | 0,012166667 | 6158 |
| 7 | 16 | 24,126 | 0,4021 | 36738 |
| 8 | 18 | 38,251 | 0,637516667 | 53690 |
| 9 | 20 | 86,377 | 1,439616667 | 83279 |
| 10 | 22 | 2425,207 | 40,42011667 | 460775 |

| | | | | |
|---|----|---------|-------------|--------|
| 4 | 10 | 0,047 | 0,000783333 | 1096 |
| 5 | 12 | 1,047 | 0,01745 | 7448 |
| 6 | 14 | 17,14 | 0,285666667 | 33522 |
| 7 | 16 | 230,467 | 3,841116667 | 128538 |



Πρόβλημα 17

Ανοικτό Πρόβλημα

(0) 1.063 0.933 0 0 1440
 (1) -7.074 6.224 10 0 1440
 (2) 1.113 7.722 10 0 1440
 (3) 2.680 4.652 10 0 1440
 (4) 3.254 2.310 10 0 1440
 (5) 0.157 0.753 10 0 1440
 (6) -5.145 -3.644 10 0 1440
 (7) 2.843 -1.921 10 0 1440
 (8) -4.689 -0.336 10 0 1440
 (9) 2.541 -1.170 10 0 1440
 (10) -2.854 -0.348 10 0 1440
 (11) -9.295 6.326 10 0 1440
 (12) 3.141 3.686 10 0 1440
 (13) 1.063 0.933 0 0 1440

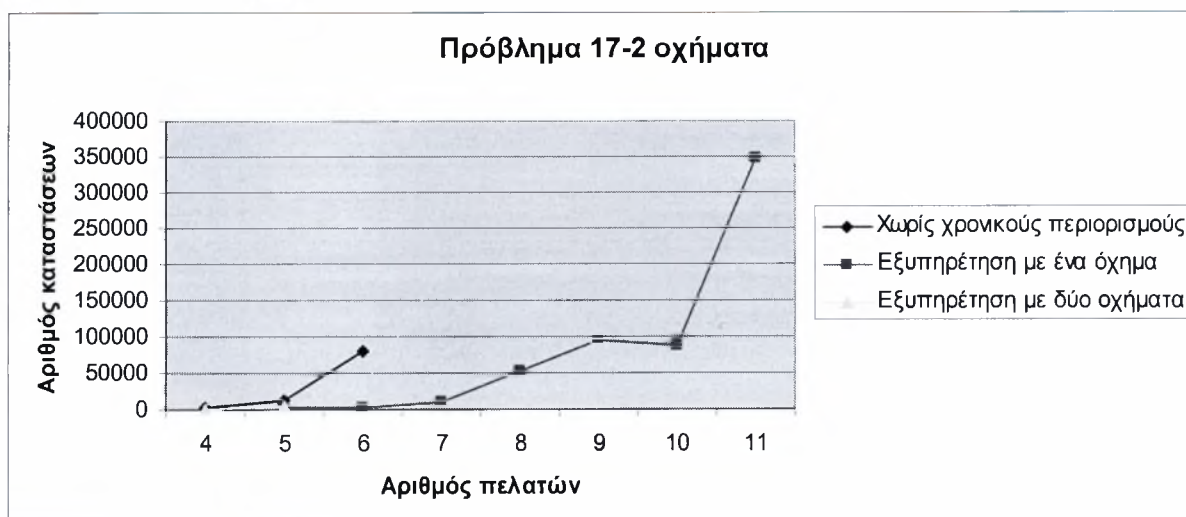
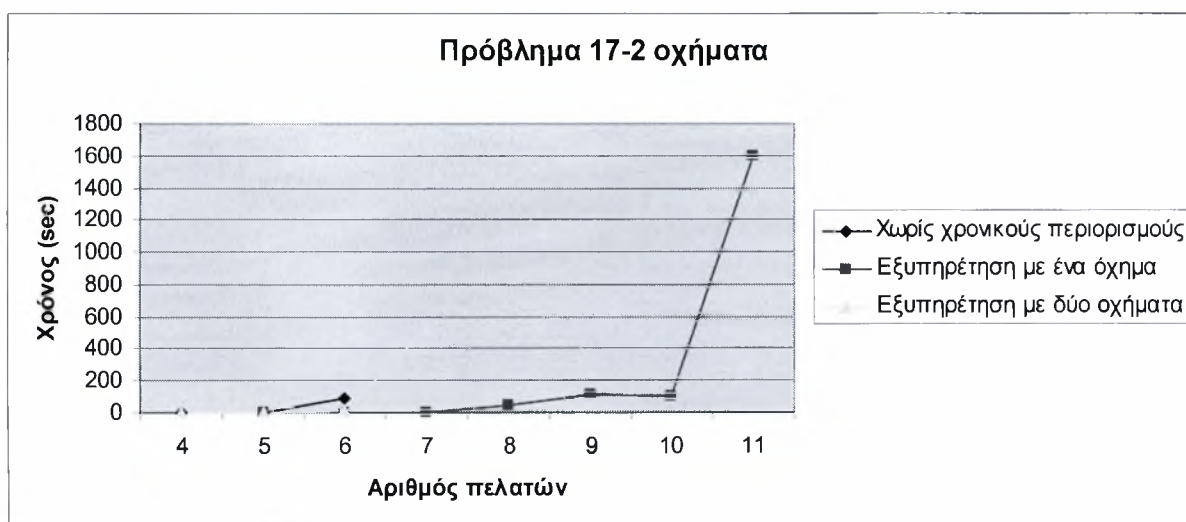
Κλειστό Πρόβλημα
(ένα όχημα)

(0) 1.063 0.933 0 81.11
 1440
 (1) -7.074 6.224 10 86 131
 (2) 1.113 7.722 10 0 1440
 (3) 2.680 4.652 10 84 159
 (4) 3.254 2.310 10 78 135
 (5) 0.157 0.753 10 141 176
 (6) -5.145 -3.644 10 207
 249
 (7) -5.601 -1.039 10 0 1440
 (8) 3.375 7.126 10 0 1440
 (9) 3.153 4.894 10 230 312
 (10) 4.378 3.477 10 308 346
 (11) -5.060 -1.642 10 0
 1440
 (12) 2.843 -1.921 10 0 1440
 (13) -4.689 -0.336 10 191
 252
 (14) 2.541 -1.170 10 0 1440
 (15) -2.854 -0.348 10 0
 1440
 (16) -9.295 6.326 10 0 1440
 (17) 3.141 3.686 10 0 1440
 (18) -1.704 4.977 10 265
 301
 (19) -1.497 3.062 10 331
 411
 (20) -0.914 -2.293 10 0
 1440
 (21) -4.700 -1.747 10 0
 1440
 (22) 0.724 0.160 10 387 429
 (23) 1.063 0.933 0 0 1440

Κλειστό Πρόβλημα
(δύο οχήματα)

(0) 1.063 0.933 0 81.11 1440
 (1) -7.074 6.224 10 86 131
 (2) 1.113 7.722 10 0 1440
 (3) 2.680 4.652 10 84 159
 (4) 3.254 2.310 10 78 135
 (5) 5.488 -4.117 10 0 1440
 (6) 1.268 -5.747 10 0 1440
 (7) 1.072 -1.879 10 95 169
 (8) 2.843 -1.921 10 0 1440
 (9) -4.689 -0.336 10 187 248
 (10) 2.541 -1.170 10 0 1440
 (11) -2.854 -0.348 10 0 1440
 (12) -2.276 4.550 10 153 223
 (13) 0.920 -1.860 10 82 152
 (14) -0.358 1.334 10 0 1440
 (15) 1.063 0.933 0 0 1440

| Αριθμός πελατών | Αριθμός κόμβων | 2 οχήματα Χρόνος (sec) | Χρόνος (min) | Αριθμός καταστάσεων |
|-----------------|----------------|---------------------------|--------------|---------------------|
| 4 | 10 | 0,063 | 0,00105 | 1634 |
| 5 | 12 | 2,157 | 0,03595 | 11622 |
| 6 | 14 | 86,705 | 1,445083333 | 80834 |
| 5 | 12 | 0,109 | 0,001816667 | 1822 |
| 6 | 14 | 0,156 | 0,0026 | 2202 |
| 7 | 16 | 2,359 | 0,039316667 | 10786 |
| 8 | 18 | 46,299 | 0,77165 | 53290 |
| 9 | 20 | 115,895 | 1,931583333 | 96127 |
| 10 | 22 | 104,379 | 1,73965 | 88558 |
| 11 | 24 | 1598,8 | 26,64666667 | 347673 |
| 4 | 10 | 0,031 | 0,000516667 | 858 |
| 5 | 12 | 0,671 | 0,011183333 | 5560 |
| 6 | 14 | 14,516 | 0,241933333 | 30372 |
| 7 | 16 | 530,781 | 8,84635 | 188920 |



Πρόβλημα 8

Ανοικτό Πρόβλημα

(0) -1.217 -0.009 0 0 1440
 (1) -2.565 -0.037 10 0 1440
 (2) -1.059 -1.663 10 0 1440
 (3) -2.037 -3.190 10 0 1440
 (4) -2.277 -5.087 10 0 1440
 (5) -4.402 -3.994 10 0 1440
 (6) -2.560 -1.887 10 0 1440
 (7) -3.467 -0.134 10 0 1440
 (8) -1.761 -7.185 10 0 1440
 (9) -4.463 -6.197 10 0 1440
 (10) 1.354 -2.131 10 0 1440
 (11) -3.716 -3.077 10 0 1440
 (12) 4.050 3.234 10 0 1440
 (13) -1.217 -0.009 0 0 1440

Κλειστό Πρόβλημα
(ένα όχημα)

(0) -1.217 -0.009 0 80.98
 1440
 (1) -2.565 -0.037 10 82 132
 (2) -1.059 -1.663 10 0 1440
 (3) -2.037 -3.190 10 0 1440
 (4) -2.277 -5.087 10 143
 230
 (5) -4.402 -3.994 10 134
 220
 (6) -2.560 -1.887 10 124
 192
 (7) -2.307 -1.266 10 0 1440
 (8) 3.319 1.369 10 0 1440
 (9) 3.494 1.367 10 240 276
 (10) 1.569 5.237 10 0 1440
 (11) -3.467 -0.134 10 0
 1440
 (12) -1.761 -7.185 10 132
 192
 (13) -4.463 -6.197 10 73
 132
 (14) 1.354 -2.131 10 0 1440
 (15) -3.716 -3.077 10 0
 1440
 (16) 4.050 3.234 10 0 1440
 (17) -0.305 7.090 10 277
 331
 (18) -3.026 7.470 10 305
 336
 (19) 5.946 0.123 10 0 1440
 (20) 0.095 2.546 10 311 386
 (21) -1.217 -0.009 0 0 1440

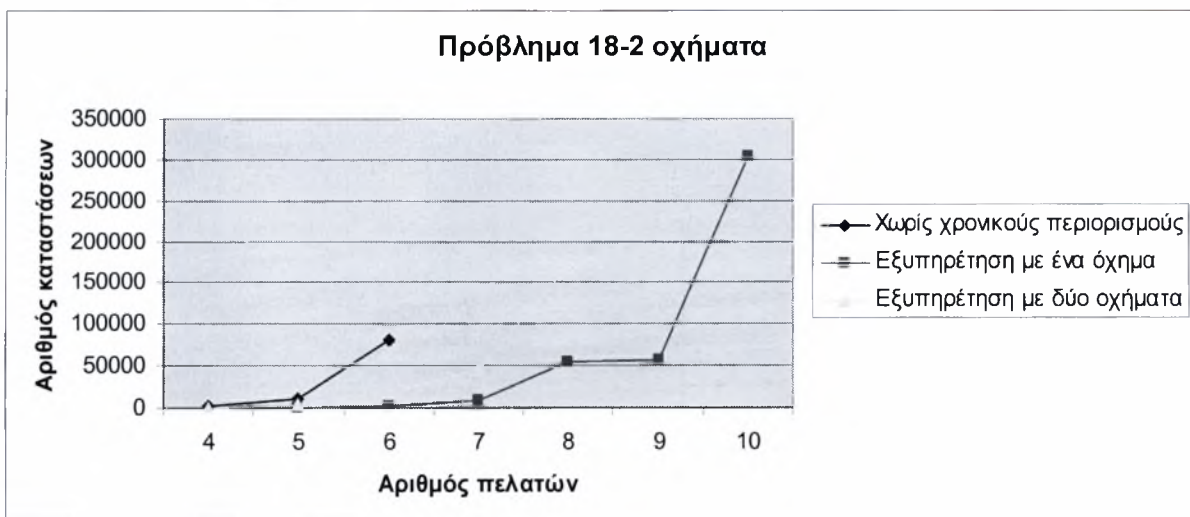
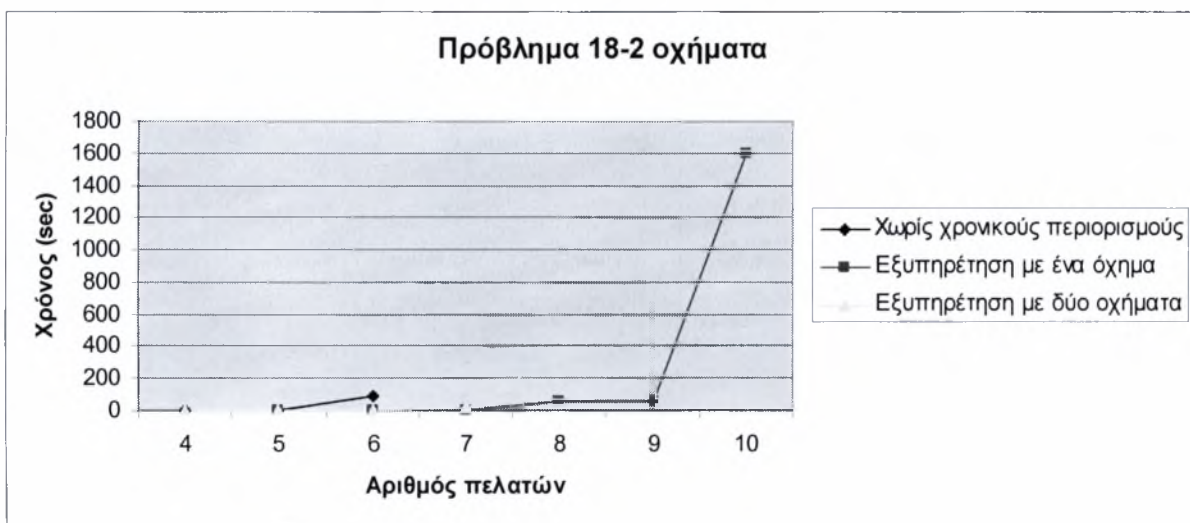
Κλειστό Πρόβλημα
(δύο οχήματα)

(0) -1.217 -0.009 0 80.98 1440
 (1) -2.565 -0.037 10 82 132
 (2) -1.059 -1.663 10 0 1440
 (3) -2.037 -3.190 10 0 1440
 (4) -2.277 -5.087 10 143 230
 (5) 0.506 -1.435 10 0 1440
 (6) 0.259 -1.500 10 0 1440
 (7) -2.213 -1.707 10 115 186
 (8) -3.301 1.099 10 128 195
 (9) -3.467 -0.134 10 0 1440
 (10) -1.761 -7.185 10 132 192
 (11) -4.463 -6.197 10 73 132
 (12) 1.354 -2.131 10 0 1440
 (13) -2.676 1.481 10 139 174
 (14) -0.086 -1.642 10 103 138
 (15) 7.366 3.294 10 0 1440
 (16) 6.119 -5.987 10 0 1440
 (17) -1.217 -0.009 0 0 1440

| Αριθμός πελατών | Αριθμός κόμβων | 2 οχήματα Χρόνος (sec) | Χρόνος (min) | Αριθμός καταστάσεων |
|-----------------|----------------|---------------------------|--------------|---------------------|
| 4 | 10 | 0,063 | 0,00105 | 1634 |
| 5 | 12 | 2,203 | 0,036716667 | 11622 |
| 6 | 14 | 86,691 | 1,44485 | 80834 |

| | | | | |
|----|----|----------|-------------|--------|
| 5 | 12 | 0 | 0 | 348 |
| 6 | 14 | 0,14 | 0,002333333 | 1770 |
| 7 | 16 | 2,063 | 0,034383333 | 8648 |
| 8 | 18 | 53,954 | 0,899233333 | 55254 |
| 9 | 20 | 61,815 | 1,03025 | 56185 |
| 10 | 22 | 1595,936 | 26,59893333 | 303850 |

| | | | | |
|---|----|---------|-------------|--------|
| 4 | 10 | 0,031 | 0,000516667 | 724 |
| 5 | 12 | 0,579 | 0,00965 | 5098 |
| 6 | 14 | 4,328 | 0,072133333 | 16850 |
| 7 | 16 | 27,922 | 0,465366667 | 46002 |
| 8 | 18 | 337,857 | 5,63095 | 168780 |



Πρόβλημα 19

Ανοικτό Πρόβλημα

(0) 0.387 -0.260 0 0 1440
 (1) -1.366 1.864 10 0 1440
 (2) -5.934 1.277 10 0 1440
 (3) -6.452 -1.323 10 0 1440
 (4) -5.467 -1.844 10 0 1440
 (5) -6.608 -3.469 10 0 1440
 (6) -5.403 -5.313 10 0 1440
 (7) -4.282 -3.017 10 0 1440
 (8) 3.491 -0.458 10 0 1440
 (9) -3.936 -5.852 10 0 1440
 (10) 2.378 1.218 10 0 1440
 (11) 4.200 0.015 10 0 1440
 (12) 4.978 0.687 10 0 1440
 (13) 0.387 -0.260 0 0 1440

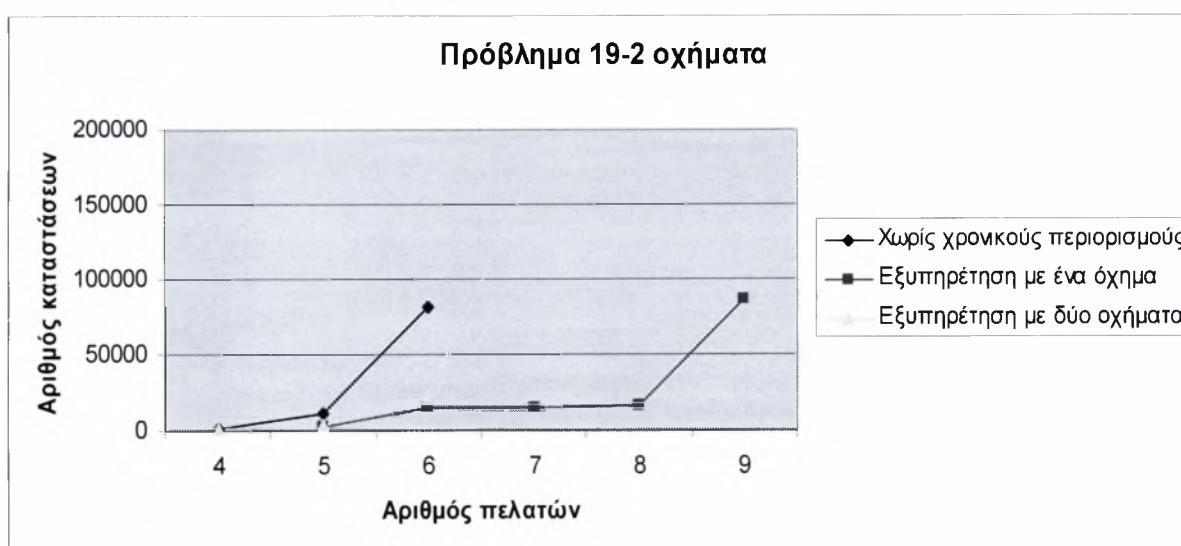
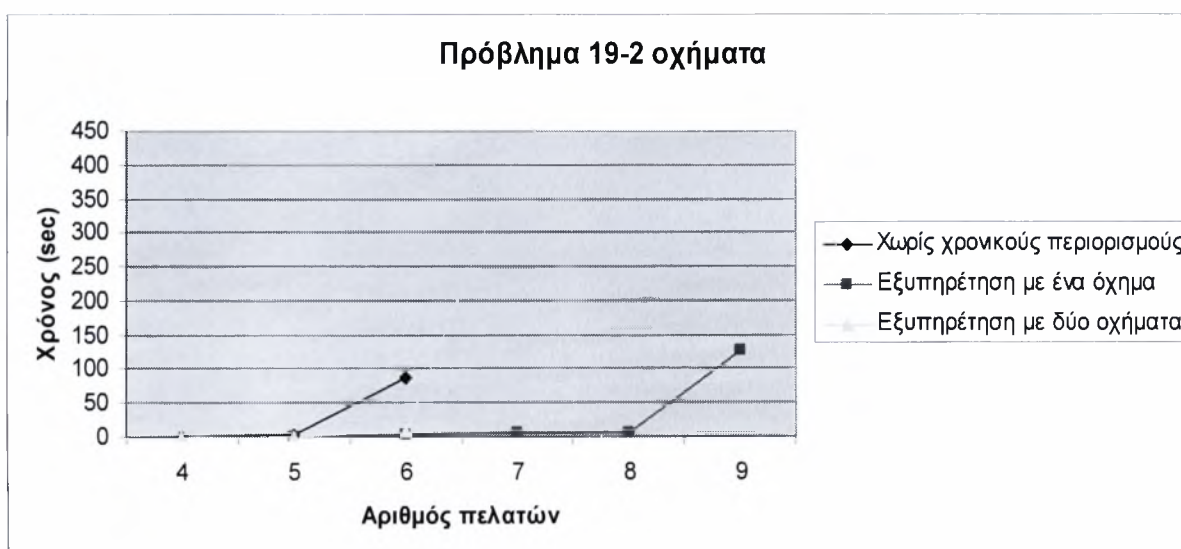
Κλειστό Πρόβλημα
(ένα όχημα)

(0) 0.387 -0.260 0 93.88
 1440
 (1) -1.366 1.864 10 0 1440
 (2) -5.934 1.277 10 0 1440
 (3) -6.452 -1.323 10 0 1440
 (4) -5.467 -1.844 10 79 135
 (5) -6.608 -3.469 10 0 1440
 (6) -5.403 -5.313 10 0 1440
 (7) 3.356 2.806 10 246 310
 (8) 5.996 2.431 10 242 303
 (9) 8.208 2.706 10 0 1440
 (10) -4.282 -3.017 10 111
 177
 (11) 3.491 -0.458 10 161
 223
 (12) -0.180 -1.867 10 177
 226
 (13) 2.378 1.218 10 0 1440
 (14) 4.200 0.015 10 185 228
 (15) 4.978 0.687 10 161 222
 (16) -1.072 -0.208 10 0
 1440
 (17) 6.420 7.761 10 0 1440
 (18) -3.944 -0.590 10 309
 392
 (19) 0.387 -0.260 0 0 1440

Κλειστό Πρόβλημα
(δύο οχήματα)

(0) 0.387 -0.260 0 93.88 1440
 (1) -1.366 1.864 10 0 1440
 (2) -5.934 1.277 10 0 1440
 (3) -6.452 -1.323 10 0 1440
 (4) -5.467 -1.844 10 79 135
 (5) -2.296 -2.173 10 0 1440
 (6) 1.003 -6.374 10 101 133
 (7) 1.884 -3.802 10 105 137
 (8) -4.282 -3.017 10 111 177
 (9) 3.491 -0.458 10 161 223
 (10) -0.180 -1.867 10 160 209
 (11) 2.378 1.218 10 0 1440
 (12) 2.027 -0.500 10 138 218
 (13) 1.609 -0.249 10 0 1440
 (14) -0.293 1.322 10 0 1440
 (15) 0.387 -0.260 0 0 1440

| Αριθμός πελατών | Αριθμός κόμβων | 2 οχήματα Χρόνος (sec) | Χρόνος (min) | Αριθμός καταστάσεων |
|-----------------|----------------|---------------------------|--------------|---------------------|
| 4 | 10 | 0,062 | 0,001033333 | 1634 |
| 5 | 12 | 2,205 | 0,03675 | 11622 |
| 6 | 14 | 86,878 | 1,447966667 | 80834 |
| 5 | 12 | 0,203 | 0,003383333 | 2532 |
| 6 | 14 | 4,079 | 0,067983333 | 14910 |
| 7 | 16 | 5,047 | 0,084116667 | 15006 |
| 8 | 18 | 6,016 | 0,100266667 | 16292 |
| 9 | 20 | 125,754 | 2,0959 | 86057 |
| 4 | 10 | 0,016 | 0,000266667 | 722 |
| 5 | 12 | 0,328 | 0,005466667 | 3780 |
| 6 | 14 | 7,563 | 0,12605 | 22438 |
| 7 | 16 | 422,744 | 7,045733333 | 174392 |



Πρόβλημα 20

Ανοικτό Πρόβλημα

(0) -1.437 -2.034 0 0 1440
 (1) 0.055 0.364 10 0 1440
 (2) -2.186 0.092 10 0 1440
 (3) -7.801 0.127 10 0 1440
 (4) -5.148 -2.325 10 0 1440
 (5) -4.700 -5.556 10 0 1440
 (6) -3.113 -9.385 10 0 1440
 (7) -4.232 -6.060 10 0 1440
 (8) -3.213 -4.507 10 0 1440
 (9) -6.204 -4.344 10 0 1440
 (10) 1.345 -3.216 10 0 1440
 (11) -2.717 -0.446 10 0 1440
 (12) -7.057 -0.704 10 0 1440
 (13) -1.437 -2.034 0 0 1440

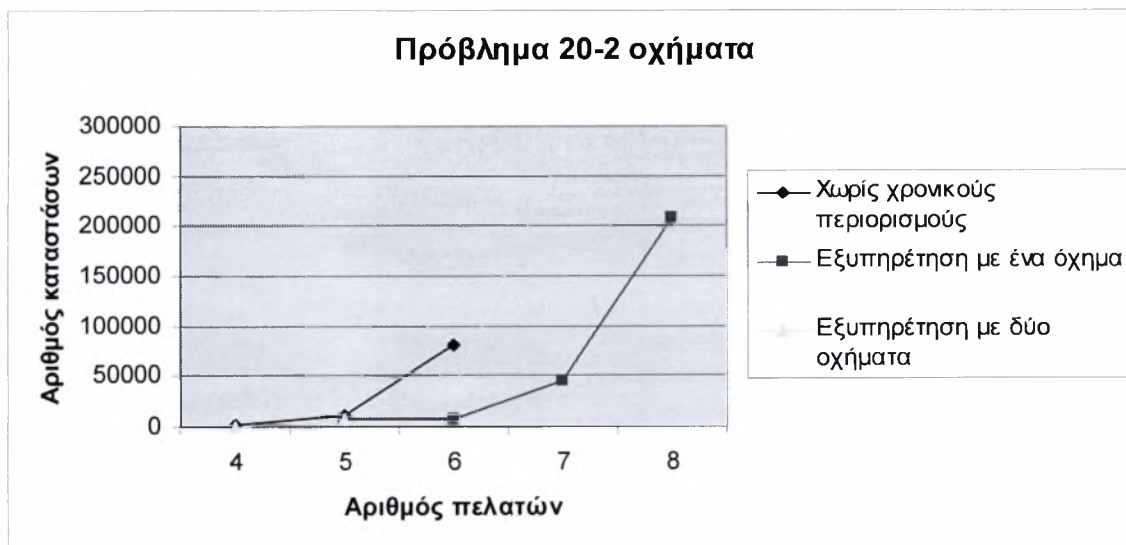
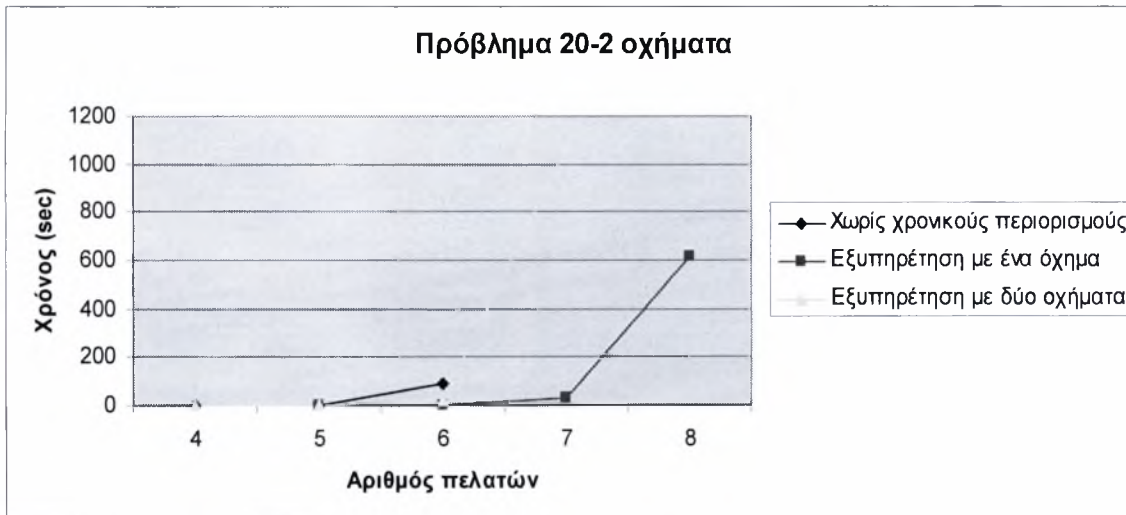
Κλειστό Πρόβλημα
(ένα όχημα)

(0) -1.437 -2.034 0 103.9
 1440
 (1) 0.055 0.364 10 0 1440
 (2) -2.186 0.092 10 0 1440
 (3) -7.801 0.127 10 105 172
 (4) -5.148 -2.325 10 106
 154
 (5) -4.700 -5.556 10 115
 187
 (6) -3.113 -9.385 10 195
 244
 (7) -1.026 -8.177 10 0 1440
 (8) 1.609 -2.789 10 0 1440
 (9) -4.232 -6.060 10 141
 214
 (10) -3.213 -4.507 10 128
 177
 (11) -6.204 -4.344 10 0
 1440
 (12) 1.345 -3.216 10 0 1440
 (13) -2.717 -0.446 10 0
 1440
 (14) -7.057 -0.704 10 0
 1440
 (15) 1.341 -2.230 10 205
 277
 (16) -9.507 4.429 10 295
 345
 (17) -1.437 -2.034 0 0 1440

Κλειστό Πρόβλημα
(δύο οχήματα)

(0) -1.437 -2.034 0 103.90 1440
 (1) 0.055 0.364 10 0 1440
 (2) -2.186 0.092 10 0 1440
 (3) -7.801 0.127 10 105 172
 (4) -5.148 -2.325 10 106 154
 (5) -1.515 -2.548 10 104 161
 (6) -3.281 -0.385 10 117 187
 (7) -2.280 0.566 10 0 1440
 (8) -4.232 -6.060 10 141 214
 (9) -3.213 -4.507 10 128 177
 (10) -6.204 -4.344 10 0 1440
 (11) 1.345 -3.216 10 0 1440
 (12) 4.058 -5.449 10 0 1440
 (13) 4.704 -4.125 10 0 1440
 (14) 6.907 -9.713 10 173 225
 (15) -1.437 -2.034 0 0 1440

| Αριθμός πελατών | Αριθμός κόμβων | 2 οχήματα Χρόνος (sec) | Χρόνος (min) | Αριθμός καταστάσεων |
|-----------------|----------------|---------------------------|--------------|---------------------|
| 4 | 10 | 0,063 | 0,00105 | 1634 |
| 5 | 12 | 2,172 | 0,0362 | 11622 |
| 6 | 14 | 86,847 | 1,44745 | 80834 |
| 5 | 12 | 0,922 | 0,015366667 | 7144 |
| 6 | 14 | 1,344 | 0,0224 | 8412 |
| 7 | 16 | 29,282 | 0,488033333 | 45172 |
| 8 | 18 | 614,524 | 10,24206667 | 208426 |
| 4 | 10 | 0,016 | 0,000266667 | 786 |
| 5 | 12 | 0,859 | 0,014316667 | 6912 |
| 6 | 14 | 21,422 | 0,357033333 | 37748 |
| 7 | 16 | 1065,215 | 17,75358333 | 278178 |



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000074750



