



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ  
ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

*Ανάπτυξη Μεθοδολογίας Βελτιστοποίησης της Τιμολόγησης  
Συγκοινωνιακών Υπηρεσιών με εφαρμογή στο χώρο  
στάθμευσης-μετεπιβίβασης Συγγρού-Φιξ*

**Διπλωματική εργασία**

**Αργυροπούλου Ευσταθία**

**Επιβλέποντες:** Καρλαύτης Ματθαίος, Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π

Ρόκος Κωνσταντίνος, Λέκτορας Ε.Μ.Π

Αθήνα, Μάρτιος 2009

**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
**ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΤΟΜΕΑΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΕΧΝΙΚΩΝ**  
**ΕΡΓΩΝ**

Διπλωματική εργασία

*Ανάπτυξη Μεθοδολογίας Βελτιστοποίησης της Τιμολόγησης*  
*Συγκοινωνιακών Υπηρεσιών με εφαρμογή στο χώρο*  
*Στάθμευσης-μετεπιβίβασης Συγγρού-Φιξ*

Αργυροπούλου Ευσταθία

Επιβλέποντες : Καρλαύτης Ματθαίος, Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π  
Ρόκος Κωνσταντίνος, Λέκτορας Ε.Μ.Π

Αθήνα, Μάρτιος 2009

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Ευχαριστώ θερμά τους επιβλέποντες καθηγητές μου κ.Καρλαύτη Ματθαίο και κ.Ρόκο Κων/νο για τη βοήθεια που παρείχαν στην εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Η υποστήριξη τους σε επιστημονικά θέματα, η πολύτιμη καθοδήγηση και το κλίμα συνεργασίας που διαμόρφωσαν αποτέλεσαν τις βασικές συνιστώσες για την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα και τον κ.Κεπαπτσόγλου Κων/νο, επιστημονικό συνεργάτη του Ε.Μ.Π, ο οποίος με τη μεγάλη εμπειρία του πάνω σε τεχνικά ζητήματα και ιδιαίτερα στο αντικείμενο της εργασίας παρείχε πολύτιμες συμβουλές σε καίρια σημεία της.

Αργυροπούλου Ευσταθία

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια η ανάγκη για μετακίνηση έχει αυξηθεί και συνεπώς η σημασία της στάθμευσης είναι μεγάλη κυρίως στις μητροπολιτικές περιοχές. Έντονο πρόβλημα παρατηρείται στις κεντρικές περιοχές που αποτελούν πόλο έλξης μετακινούμενων καθώς συγκεντρώνουν πλήθος δραστηριοτήτων (εμπορικά, διοικητικά κέντρα και χώρους εργασίας). Οι χώροι στάθμευσης όμως δεν καλύπτουν τις ανάγκες στάθμευσης όλων των οχημάτων με αποτέλεσμα να παρατηρείται το φαινόμενο της παράνομης στάθμευσης που εντείνει την κυκλοφοριακή συμφόρηση στο οδικό δίκτυο των κεντρικών περιοχών.

Για την αποφυγή αυτών των φαινομένων, το σχετικά περιορισμένο δίκτυο γραμμών του Μετρό σε σχέση με το μέγεθος και τις μεταφορικές ανάγκες της πόλης καθιστά επιτακτική τη δημιουργία χώρων στάθμευσης–μετεπιβίβασης έτσι ώστε να επιτρέπεται η μετεπιβίβαση των χρηστών του μετρό από και προς άλλα μέσα μεταφοράς όπως λεωφορεία, τραμ, ταξί, ΙΧ οχήματα και δίκυκλα. Το δίκτυο της Αττικό μετρό για παράδειγμα έχει ήδη κατασκευάσει 6 σταθμούς μετεπιβίβασης σε παρακείμενους χώρους σταθμών του μετρό, συνολικής χωρητικότητας 2.100 θέσεων Ι.Χ. οχημάτων και προβλέπει την κατασκευή και άλλων μελλοντικά. Από αυτούς, οι σταθμοί Συγγρού-Φιξ και Χαλάνδρι όπου η στάθμευση είναι ελεγχόμενη, διαχειρίζεται ιδιωτική εταιρία ενώ στους υπόλοιπους χώρους η στάθμευση είναι μη ελεγχόμενη.

Για τη βιωσιμότητα όμως των χώρων αυτών σημαντικό ρόλο παίζει η τιμολογιακή πολιτική που ακολουθείται. Έναυσμα της παρούσας εργασίας αποτέλεσε το γεγονός ότι η ισχύουσα τιμολόγηση των χώρων στάθμευσης είναι προϊόν «εμπειρικής προσέγγισης» και σύγκρισης με τη τιμολόγηση άλλων ανταγωνιστικών χώρων στάθμευσης με παρόμοια χαρακτηριστικά. Με την εργασία αυτή γίνεται λοιπόν μια πρώτη προσπάθεια παρουσίασης μιας μεθοδολογίας βελτιστοποίησης της τιμολόγησης χώρων στάθμευσης–μετεπιβίβασης (park&ride) που ως τώρα δεν υπήρχε, με εφαρμογή της στο χώρο

στάθμευσης Συγγρού-Φιξ. Με τον συνδυασμό των παραμέτρων της ζήτησης, του κόστους και της διάρκειας στάθμευσης διαμορφώθηκαν σενάρια τιμολόγησης που αξιολογήθηκαν σύμφωνα με τη μεθοδολογία (κριτήριο) του λόγου ωφελειών-κόστους. Μέσω του λόγου ωφελειών-κόστους, που τέθηκε ως συνάρτηση καταλληλότητας του γενετικού αλγορίθμου που αποτελεί μέθοδο βελτιστοποίησης, υπολογίστηκαν οι χρεώσεις του κάθε σεναρίου που εξετάστηκε έτσι ώστε ο λόγος αυτός να προκύπτει βέλτιστος. Τα σενάρια διαμορφώθηκαν έτσι ώστε να στοχεύουν κυρίως στη προσέλκυση–πριμοδότηση των πελατών που ανήκουν στην κατηγορία χρηστών του μετρό αλλά και στην οικονομική βιωσιμότητα του χώρου στάθμευσης με ταυτόχρονη όμως ικανοποίηση των απαιτήσεων που έθεσε η ΑΤΤΙΚΟ ΜΕΤΡΟ όσον αφορά το μέσο ωριαίο κόστος της στάθμευσης για τους χρήστες μετρό καθώς και για τους λοιπούς χρήστες.

# Περιεχόμενα

<b>Κεφάλαιο 1</b> .....	1
<b>Εισαγωγή</b> .....	1
1.1 Η σημασία της τιμής στάθμευσης στην επιλογή μέσου.....	1
1.2 Αντικείμενο.....	7
1.3 Δομή.....	8
<b>Κεφάλαιο 2</b> .....	11
<b>Βιβλιογραφική Ανασκόπηση</b> .....	11
2.1 Εισαγωγή.....	11
2.2 Πρόβλεψη της ζήτησης των χώρων στάθμευσης μετεπιβίβασης...	12
2.3 Διερεύνηση των προτιμήσεων των χρηστών και των επιδράσεων των σταθμών-μετεπιβίβασης στα συστήματα συγκοινωνιών και τις συνθήκες κυκλοφορίας.....	17
2.4 Ανάλυση κόστους και οικονομική αποδοτικότητα των χώρων των σταθμών-μετεπιβίβασης.....	22
2.5 Επίλυση με Γενετικούς Αλγορίθμους.....	26
2.6 Περιγραφή του λόγου ωφελειών-κόστους (CBA).....	28
2.7 Συμπεράσματα.....	30
<b>Κεφάλαιο 3</b> .....	32
<b>Προσέγγιση και Μεθοδολογία Επίλυσης</b> .....	32
3.1 Οι συγκοινωνιακο-οικονομικοί παράμετροι που επηρεάζουν το πρόβλημα.....	32
3.1.1 Έσοδα.....	33
3.1.2 Έξοδα.....	35
3.2 Προσέγγιση του προβλήματος.....	36
3.2.1 Μαθηματικές Τεχνικές προβλημάτων βελτιστοποίησης.....	39
3.3 Περιγραφή των Γενετικών Αλγορίθμων.....	40
3.3.1 Πλεονεκτήματα των Γενετικών Αλγορίθμων.....	44
3.3.2 Διαδικασίες Γενετικών Αλγορίθμων και Τελεστές Απεικόνισης στο μοντέλο της εργασίας.....	47
3.3.3 Ανάλυση ευαισθησίας παραμέτρων του Γενετικού Αλγορίθμου.....	49
3.4 Μεθοδολογία Επίλυσης του προβλήματος.....	52
3.4.1 Περιγραφή των χαρακτηριστικών του σταθμού-μετεπιβίβασης Συγγρού-Φιξ.....	52

3.4.2	Αναλυτική περιγραφή του μοντέλου επίλυσης.....	56
3.4.2.1	Αναπαράσταση συμβολοσειράς.....	58
3.4.2.2	Περιορισμοί.....	61
3.4.2.3	Εκτίμηση της ζήτησης.....	62
3.4.2.4	Εκτίμηση του κόστους.....	64
3.4.2.5	Υπολογισμός των εσόδων.....	65
3.4.2.6	Αξιολόγηση σεναρίων τιμολόγησης.....	66

**Κεφάλαιο 4.....** 70

**Επεξεργασία.....** 70

4.1	Σενάριο τιμολόγησης #1.....	71
4.1.1	Περιορισμοί τιμολόγησης.....	75
4.1.2	Συνολικά Έσοδα.....	76
4.1.3	Υπολογισμός των παραμέτρων τιμολόγησης του σεναρίου #1.....	76
4.1.4	Λόγος ωφελειών-κόστους σεναρίου τιμολόγησης #1.....	81
4.2	Σενάριο τιμολόγησης #2.....	81
4.2.1	Υπολογισμός εξόδων.....	84
4.2.2	Περιορισμοί τιμολόγησης.....	85
4.2.3	Συνολικά Έσοδα.....	86
4.2.4	Υπολογισμός των παραμέτρων τιμολόγησης του σεναρίου #2.....	87
4.2.5	Λόγος ωφελειών-κόστους σεναρίου τιμολόγησης #2.....	91
4.3	Σενάριο Τιμολόγησης #3.....	92
4.3.1	Υπολογισμός εξόδων.....	94
4.3.2	Περιορισμοί Τιμολόγησης.....	95
4.3.3	Συνολικά Έσοδα του σεναρίου τιμολόγησης #3.....	96
4.3.4	Υπολογισμός των παραμέτρων τιμολόγησης του σεναρίου #3.....	97
4.3.5	Λόγος ωφελειών-κόστους του σεναρίου τιμολόγησης #3.....	98
4.4	Συγκεντρωτική παρουσίαση των σεναρίων τιμολόγησης	102
4.5	Σχηματική Απεικόνιση των αποτελεσμάτων.....	110

**Κεφάλαιο 5.....** 115

**Συμπεράσματα και περιοχές περαιτέρω έρευνας.....** 115

5.1	Συμπεράσματα.....	115
5.2	Περιοχές περαιτέρω έρευνας.....	119

<b>Βιβλιογραφία.....</b>	<b>122</b>
<b>Παράρτημα.....</b>	<b>126</b>
Πανόραμα σχέσεων.....	127
Παρουσίαση αποτελεσμάτων σεναρίων τιμολόγησης που μελετήθηκαν.....	131



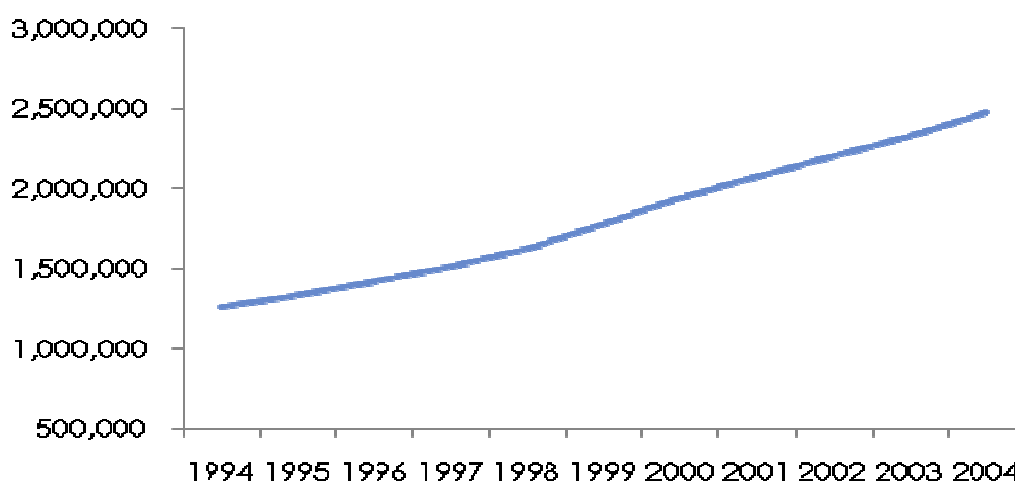
# ***ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1***

## **Εισαγωγή**

### **1.1 Η σημασία της τιμής στάθμευσης στην επιλογή μέσου**

Στη σύγχρονη εποχή είναι γεγονός ότι οι μεταφορικές ανάγκες των πολιτών είναι μεγάλες και διαρκώς αυξάνονται. Πρώτο μέσο μεταφοράς στις προτιμήσεις των μετακινούμενων αποτελεί το ιδιωτικό όχημα ΙΧ όπως μαρτυρά ο υψηλός δείκτης ιδιοκτησίας Ι.Χ (Φραντζεσκάκης, 2002). Το επίπεδο εξυπηρέτησης όμως που προσφέρει το Ι.Χ εξαρτάται κατά ένα μεγάλο βαθμό από την εξασφάλιση επαρκών χώρων στάθμευσης κοντά στους τόπους κατοικίας, εργασίας και κέντρα δραστηριοτήτων (εμπορικά κέντρα, χώροι αναψυχής κτλ) του ιδιοκτήτη του (Φραντζεσκάκης, 2002). Παρατηρείται επίσης ότι η ζήτηση για στάθμευση αυξάνεται διαρκώς, κυρίως στις μητροπολιτικές περιοχές, τόσο ως συνέπεια της ραγδαίας αύξησης του δείκτη ιδιοκτησίας όσο και λόγω των περιορισμένων χώρων για στάθμευση. Ο αριθμός των χώρων στάθμευσης είναι κατά κανόνα ανεπαρκής και έτσι δημιουργείται καθημερινά το φαινόμενο της παράνομης στάθμευσης, η οποία δυσχεραίνει την κυκλοφορία όλων των μέσων

του οδικού δικτύου. Συγκεκριμένα, το αυτοκίνητο είναι το μέσο μεταφοράς που προτιμάται από τους κατοίκους της Αττικής με ποσοστό 49% του συνολικού αριθμού μετακινήσεων ενώ τα μέσα μαζικής μεταφοράς έρχονται δεύτερα με ποσοστό 40% των συνολικών μετακινήσεων το οποίο βασίζεται σε στοιχεία της ΕΣΥΕ. Όπως φαίνεται και από το παρακάτω σχήμα παρουσιάστηκε αύξηση των συνολικών ιδιωτικών οχημάτων στην Αττική μεταξύ 1994 και 2004 με συνολικό ρυθμό ετήσιας αύξησης 6,3% ενώ τα αυτοκίνητα ιδιωτικής χρήσης διπλασιάστηκαν μεταξύ 1994 και 2004: Από 1 εκ. σε 2 εκ.



**Σχήμα1.1:** Εξέλιξη του αριθμού ιδιωτικών οχημάτων στην Αττική 1994-2007

**Πηγή:** ΕΣΥΕ

Η μείωση της κυκλοφορίας Ι.Χ. με παράλληλη μετατόπιση στις αστικές συγκοινωνίες είναι επιτεύξιμη, αλλά όμως είναι δύσκολη η σημαντική ελάττωση της χρήσης τους διότι παρέχουν μεγαλύτερη ανεξαρτησία στις μετακινήσεις. Στο πλαίσιο αυτό είναι επιτακτική η ανάγκη ανάπτυξης «συνδυασμένων μετακινήσεων», οι οποίες βασίζονται στη μετεπιβίβαση των χρηστών σε μέσα μαζικής μεταφοράς και σε Ι.Χ. διότι ο χρήστης συνδυάζει

την άνεση της μετακίνησης από τον τόπο προέλευσης (την οικία του) ως το σταθμό του μέσου σταθερής τροχιάς και την ταχύτητα του μέσου σταθερής τροχιάς για την πρόσβαση στον τελικό προορισμό του. (Στην παρούσα εργασία θεωρείται ότι στον εξεταζόμενο χώρο στάθμευσης –μετεπιβίβασης Συγγρού-Φιξ ο τόπος προέλευσης του χρήστη είναι η κατοικία). Η διαδικασία αυτή πρέπει να γίνεται με ταχύτητα, ασφάλεια και αξιοπιστία ώστε να είναι ελκυστική η χρήση συνδυασμένων μετακινήσεων από τους μετακινούμενους.

Στο πλαίσιο της βελτίωσης των κυκλοφοριακών και περιβαλλοντικών συνθηκών αλλά κυρίως της προσέλκυσης περισσότερων επιβατών στα σύγχρονα μεταφορικά συστήματα οι χώροι στάθμευσης μετεπιβίβασης (park-and-ride) παίζουν σημαντικό ρόλο καθώς οι μετακινούμενοι προτιμούν να επιλέγουν μεταφορικά μέσα που μπορούν να συνδυάσουν με τη χρήση των ΙΧ τους. Για τον λόγο αυτό κοντά σε σταθμούς μετρό χωροθετούνται χώροι στάθμευσης μετεπιβίβασης με στόχο οι επιβάτες να μπορούν να απολαμβάνουν μεν τα πλεονεκτήματα της γρήγορης μετακίνησης αλλά και την άνεση δε του να έχουν πρόσβαση στους σταθμούς με τα ΙΧ τους.

Συνοπτικά οι σταθμοί αυτοί μπορούν να παρέχουν θέσεις στάθμευσης σε διάφορες κατηγορίες χρηστών που μπορούν να χωριστούν στις εξής :

1. στους μετακινούμενους των μέσων μαζικής μεταφοράς και ιδιαίτερα του (μετρό) που συνδυάζουν και το ιδιωτικό τους όχημα για τη μεταφορά τους
2. σε αυτούς που σταθμεύουν για να εξυπηρετήσουν τις ανάγκες τους στην περιοχή ή σε διάφορες υπηρεσίες της περιοχής
3. στους μόνιμους κατοίκους που επιθυμούν να σταθμεύουν τις νυχτερινές κυρίως ώρες

Το σύστημα ΜΕΤΡΟ της Αθήνας διαθέτει ήδη χώρους στάθμευσης-μετεπιβίβασης, οι οποίοι βρίσκονται σε λειτουργία, κοντά σε τέσσερις σταθμούς του:

- Σταθμός Δουκίσσης Πλακεντίας- Χαλανδρίου
- Σταθμός Εθνικής Άμυνας
- Σταθμός Κατεχάκη
- Σταθμός Συγγρού-Φιξ

Όμως λόγω της έλλειψης διαθέσιμων εκτάσεων για κατασκευή άλλων χώρων στάθμευσης, του υψηλού κόστους κτήσης γης, της μικρής δυναμικότητας των χώρων αυτών αλλά και του μεγάλου αριθμού κυκλοφορούντων οχημάτων στην περιοχή του Λεκανοπεδίου, οι χώροι αυτοί μπορούν να εξυπηρετήσουν κατά τις ώρες αιχμής περιορισμένο αριθμό Ι.Χ. Παρόλα αυτά, αποτελούν διέξοδο αντί της χρήσης ΙΧ για έναν αριθμό επιβατών που κατευθύνονται συχνά προς το κέντρο της πόλης και προτιμούν το Μετρό.

Η χρήση των χώρων αυτών καταμερίζεται σε μετακινούμενους με διαφορετικά χαρακτηριστικά και μέσα μεταφοράς. Στα σημαντικά πλεονεκτήματα τους περιλαμβάνεται το ικανοποιητικό επίπεδο ασφαλείας που παρέχεται καθώς και η πιθανότητα της ελεύθερης στάθμευσης από τους χρήστες του μετρό ως «επιβράβευση» για την επιλογή τους, στο πλαίσιο προώθησης μιας πολιτικής για προσέλκυση επιβατών στα μέσα μαζικής μεταφοράς.

Σημαντικό ρόλο λοιπόν στην ανάπτυξη και διατήρηση τέτοιων χώρων στάθμευσης παίζει η τιμολογιακή πολιτική που θα ακολουθηθεί για τη χρήση τους διότι το ύψος του κόμιστρου που καταβάλλεται μπορεί να είναι διαφορετικό ανά περίπτωση. Για παράδειγμα άλλοτε προσφέρονται υπηρεσίες

στάθμευσης χωρίς καμία χρέωση, με χρέωση ή μόνο με τη χρήση του μεταφορικού συστήματος που βρίσκεται πλησίον των χώρων αυτών. Σημειώνεται ότι η τιμολόγηση της στάθμευσης μπορεί να επηρεάζει αναμφισβήτητα τη ζήτηση αλλά λόγω της σημαντικής ανεπάρκειας διαθέσιμων χώρων στις αστικές περιοχές, η ελαστικότητα ως προς τη τιμολόγηση συχνά είναι μηδενική. Αναμφίβολα οι χρήστες τέτοιων συστημάτων (π.χ μετρό) προτιμούν τις δωρεάν ή χαμηλές χρεώσεις των χώρων στάθμευσης. Παρόλα αυτά οι ευνοϊκές χρεώσεις προς τους χρήστες σε αρκετές περιπτώσεις μπορούν να οδηγήσουν σε προβληματική διαχείριση των σταθμών αυτών κυρίως για τους δύο εξής λόγους :

- Οι θέσεις στάθμευσης καλύπτονται από τις πρωινές ακόμη ώρες από μετακινούμενους που τις χρειάζονται για πολλές ώρες και έτσι αποκλείεται η χρήση τους από αυτούς που φτάνουν αργότερα κατά τη διάρκεια της ημέρας .
- Οι χρήστες των σταθμών δεν συμμετέχουν στα έξοδα συντήρησης και διατήρησης αυτών των εγκαταστάσεων διότι το αναλαμβάνουν ιδιωτικές εταιρείες .

Εύκολα λοιπόν συμπεραίνεται από τα παραπάνω ότι η επιλογή της κατάλληλης τιμολόγησης εξαρτάται κυρίως από τη ζήτηση για στάθμευση και καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την ελκυστικότητα των μέσων αλλά και την κατάλληλη διαχείριση των σταθμών. Οι παράγοντες που προσδιορίζουν την ελαστικότητα της ζήτησης σε σχέση με την τιμή είναι οι εξής (Τσαμπούλας, 2004):

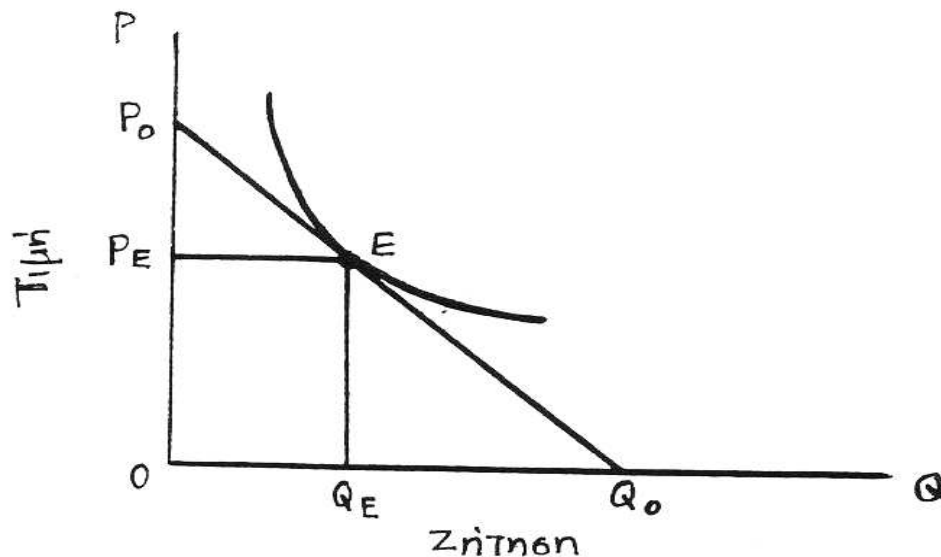
1. Η φύση της ανάγκης που ικανοποιείται από την αγορά του αγαθού. Η ζήτηση τείνει να είναι ανελαστική εάν η ανάγκη είναι επιτακτική. Για παράδειγμα οι μετακινήσεις με σκοπό την εργασία είναι ανελαστικές όσον αφορά την τιμή όπως έχει αποδειχθεί, σε αντίθεση με τις μετακινήσεις με σκοπό τη ψυχαγωγία που είναι ελαστικές.

2. Ο βαθμός ικανοποίησης από την αγορά του αγαθού. Εάν η ικανοποίηση εξαντλείται με την κατανάλωση ορισμένης ποσότητας ενός αγαθού, η ζήτηση για το αγαθό αυτό τείνει να είναι πιο ελαστική. Το ύψος της τιμής για παράδειγμα που είναι διατεθειμένος να πληρώσει ένας οδηγός για τη στάθμευση του ΙΧ του εξαρτάται από τη διάρκεια που επιθυμεί να σταθμεύσει. Για το λόγο αυτό στους χώρους στάθμευσης η τιμή ανά ώρα στάθμευσης καθορίζεται υψηλότερη για περιστασιακούς μετακινούμενους στην περιοχή σε σχέση με τους συχνούς μετακινούμενους που έχουν συνήθως ως τόπο προορισμού την εργασία τους.

3. Το ύψος του εισοδήματος σε σχέση με την τιμή του αγαθού. Εάν η δαπάνη για ένα αγαθό είναι πολύ μικρή σε σχέση με το εισόδημα του καταναλωτή, η ζήτηση του αγαθού αυτού είναι ανελαστική. Όπως συμβαίνει με τη ζήτηση μετακινήσεων με τα ΜΜΜ για τα χαμηλά εισοδήματα και με τη ζήτηση μετακινήσεων με τα Ι.Χ για τα υψηλότερα εισοδήματα.

4. Η τυχόν ύπαρξη υποκατάστατων. Η ζήτηση ενός αγαθού είναι ελαστική όταν υπάρχουν συγγενή υποκατάστατα για το αγαθό αυτό (για παράδειγμα η μετακίνηση με ΜΜΜ μπορεί να θεωρηθεί ελαστική γιατί υπάρχει η δυνατότητα χρήσης και άλλων μέσων όπως TAXI που μπορεί να αποτελέσει υποκατάστατο λόγω της χαμηλής τιμής του και της πολλαπλής μίσθωσης.

5. Η ύπαρξη συμπληρωματικών αγαθών. Τα αγαθά αυτά χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό για την ικανοποίηση μιας ανάγκης (η μετακίνηση με ΙΧ και η στάθμευση). Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται η σχέση που ισχύει γενικά μεταξύ της τιμής ενός προϊόντος και της ζήτησης για αυτό.



**Σχήμα 1.2** Ευθεία τιμής -ζήτησης και καμπύλη χρησιμότητας

Η τιμολόγηση λοιπόν αποτελεί αναμφισβήτητο εργαλείο των αρμόδιων αρχών στη διαχείριση των χώρων στάθμευσης μετεπιβίβασης διότι μπορεί είτε να δημιουργεί κίνητρα είτε να αποθαρρύνει τη χρήση τους σε πολλές κατηγορίες μετακινούμενων.

## 1.2 Αντικείμενο

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η βελτιστοποίηση της τιμολόγησης των σταθμών μετεπιβίβασης με βάση την ανάπτυξη ενός μοντέλου που θα αξιολογεί ορισμένα εξελισσόμενα σενάρια τιμολόγησης

επιλέγοντας το βέλτιστο και παράλληλα θα είναι ελκυστικό στους χρήστες του χώρου του σταθμού στο δίκτυο του μετρό. Η εφαρμογή της μεθοδολογίας αυτής σε ένα υφιστάμενο σταθμό μετεπιβίβασης, το σταθμό Συγγρού-Φιξ, πραγματοποιείται για την εξαγωγή συμπερασμάτων τα οποία μπορούν να παρέχουν μια ολοκληρωμένη εικόνα του προγράμματος τιμολόγησης. Η πρωτοτυπία της μεθοδολογίας αυτής έγκειται στο ότι στους υπάρχοντες χώρους στάθμευσης αλλά και στους χώρους στάθμευσης-μετεπιβίβασης η τιμολόγηση πραγματοποιείται εμπειρικά σύμφωνα κυρίως με την τιμολόγηση άλλων ανταγωνιστικών χώρων στάθμευσης της περιοχής. Μέσα όμως από την παρούσα εργασία αναπτύσσονται σενάρια τιμολόγησης που συνδυάζουν τα στοιχεία της ζήτησης, το κόστος και την κατανομή της διάρκειας στάθμευσης και αξιολογούνται με βάση το κριτήριο του λόγου ωφελειών-κόστους. Οι υπολογιστικές διαδικασίες (computational procedures) πραγματοποιούνται μέσω γενετικών αλγορίθμων (genetic algorithms) που αποτελούν μέθοδο βελτιστοποίησης. Μέσω του λόγου ωφελειών-κόστους, που αποτελεί συνάρτηση καταλληλότητας του γενετικού αλγορίθμου υπολογίζονται οι χρεώσεις του κάθε σεναρίου που εξετάζεται ώστε ο λόγος αυτός να είναι βέλτιστος.

### 1.3 Δομή

Στο κείμενο που ακολουθεί έχει αποτυπωθεί η διαδικασία, με την οποία προσεγγίζεται το θέμα της βελτιστοποίησης της τιμολόγησης σε σταθμούς μετεπιβίβασης. Η διάταξη των θεματικών ενοτήτων της διπλωματικής εργασίας είναι η εξής :



**Στο δεύτερο Κεφάλαιο** περιλαμβάνεται η βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετικά με την εξέταση των χαρακτηριστικών, τη διαχείριση σταθμών μετεπιβίβασης διαφόρων χωρών του κόσμου καθώς επίσης και την πρόβλεψη της ζήτησης αλλά και των συνεπειών χρήσης τους. Επίσης στο κεφάλαιο αυτό δίνεται η γενική περιγραφή των γενετικών αλγορίθμων και του λόγου ωφελειών-κόστους που θα χρησιμοποιηθούν στο μοντέλο της εργασίας.

**Στο τρίτο κεφάλαιο** προσεγγίζεται το πρόβλημα και παρουσιάζεται η μεθοδολογία επίλυσης. Στο πλαίσιο αυτό παρουσιάζονται αναλυτικά τα πλεονεκτήματα των Γ.Α (γενετικών αλγορίθμων), οι διαδικασίες και οι τελεστές απεικόνισής τους στο μοντέλο της εργασίας. Επίσης περιγράφεται αναλυτικά το μοντέλο του προβλήματος που θα χρησιμοποιηθεί και θα αξιολογεί τα σενάρια τιμολόγησης ώστε η χρέωση που υπολογίζεται να θεωρείται ελκυστική από τους χρήστες αλλά ταυτόχρονα να εξασφαλίζεται και η οικονομική βιωσιμότητα του σταθμού.

**Στο τέταρτο Κεφάλαιο** γίνεται η επεξεργασία του μοντέλου και παρουσιάζονται αναλυτικά τρία σενάρια τιμολόγησης με τα αποτελέσματα τους (χρέωση και τιμή του λόγου ωφελειών-κόστους που υπολογίστηκε) εκ των οποίων το ένα αποτελεί το βασικό σενάριο τιμολόγησης που θεωρεί αύξηση ζήτησης κατά ποσοστό 1% και αύξηση κόστους κατά 3% στα έτη 2008-2012. Επίσης στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι λόγοι των ωφελειών-κόστους όλων των σεναρίων τιμολόγησης που εξετάστηκαν και απεικονίζονται σχηματικά ορισμένα από τα σπουδαιότερα αποτελέσματα.

**Στο πέμπτο κεφάλαιο** διατυπώνονται τα τελικά συμπεράσματα της παρούσας διπλωματικής εργασίας και προτείνονται περιοχές περαιτέρω μελέτης και εφαρμογής.

Στο τέλος παρατίθεται παράρτημα με τους πίνακες των αποτελεσμάτων όλων των σεναρίων τιμολόγησης που εξετάστηκαν στη διπλωματική εργασία.

# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**

## **Βιβλιογραφική Ανασκόπηση**

### **2.1 Εισαγωγή**

Στη βιβλιογραφία υπάρχει σημαντικός αριθμός δημοσιευμένων εργασιών, οι οποίες εξετάζουν το αντικείμενο της διαχείρισης των χώρων στάθμευσης και μετεπιβίβασης. Γενικά ο όρος χώρος στάθμευσης μετεπιβίβασης «park -and-ride facilities» αναφέρεται στις εγκαταστάσεις που ανάλογα με τη χωροθέτηση και το μέγεθος τους περιλαμβάνουν (Ι.Φραντζεσκάκης, 1980) :

- χώρους στάθμευσης ΙΧ αυτοκινήτων
- χώρους στάθμευσης δίκυκλων (μοτοσικλετών και ποδηλάτων )
- τερματικούς σταθμούς λεωφορείων
- Σταθμούς μέσων σταθερής τροχιάς

Η υπάρχουσα βιβλιογραφία παρουσιάζεται δομημένη σε θεματικές υποενότητες που αφορούν κυρίως χώρους στάθμευσης ΙΧ οχημάτων για μετεπιβίβαση στα μέσα μαζικής μεταφοράς (MMM). Οι υποενότητες αφορούν στα εξής θέματα :

- Πρόβλεψη της ζήτησης των χώρων στάθμευσης μετεπιβίβασης
- Διερεύνηση των προτιμήσεων των χρηστών και των επιδράσεων των σταθμών μετεπιβίβασης στα συστήματα συγκοινωνιών και τις συνθήκες κυκλοφορίας
- Ανάλυση κόστους και οικονομικής αποδοτικότητας των χώρων των σταθμών μετεπιβίβασης

Οι έρευνες στόχευαν στην εξέταση των χαρακτηριστικών και τη διαχείριση των χώρων στάθμευσης μετεπιβίβασης ώστε να δείξουν τη σημαντική επίδραση τους στα σύγχρονα συστήματα μαζικών μεταφορών. Όπως αναπτύσσεται λεπτομερέστερα παρακάτω, ο υπολογισμός της ζήτησης και η ανάλυση του κόστους των χώρων στάθμευσης μετεπιβίβασης αποτελούν αναμφισβήτητα κρίσιμα στοιχεία για την επιτυχημένη διαχείριση των εγκαταστάσεων αυτών.

## **2.2 Πρόβλεψη της ζήτησης των χώρων στάθμευσης μετεπιβίβασης**

Σημαντικός αριθμός ερευνητών έχει διερευνήσει το θέμα της ζήτησης και ειδικότερα της πρόβλεψής της στους χώρους στάθμευσης μετεπιβίβασης.

Αρκετές μελέτες ασχολήθηκαν με την ανάπτυξη μοντέλων πρόβλεψης τα οποία είναι καθοριστικά για τη διαχείριση των σταθμών και κυρίως για την επιλογή κατάλληλης τιμολόγησης της χρήσης των χώρων στάθμευσης μετεπιβίβασης. Οι **Hunt JD κ.α (1993)** ανέπτυξαν μοντέλο πρόβλεψης του όγκου που θα εξυπηρετούν εγκαταστάσεις στάθμευσης (park&ride) του Έντμοντον στον Καναδά, πληθυσμού 850,000 κατοίκων όταν η μελλοντική επέκταση του προαστιακού σιδηροδρόμου (light rail transit) που σχεδιάζεται θα πραγματοποιούνταν. Οι συγγραφείς αναφέρουν ότι όπου υπάρχει πρόσβαση στα μέσα μαζικής μεταφοράς με ΙΧ η κατασκευή και λειτουργία των σταθμών στάθμευσης – μετεπιβίβασης μπορεί να ωφελήσει και να ενισχύσει το ρόλο των δημοσίων συγκοινωνιών. Η παραπάνω δήλωση αποδείχθηκε ορθή μετά τη λειτουργία της νέας γραμμής επέκτασης του προαστιακού δικτύου παρά τους περιορισμούς στους επιλεχθέντες προορισμούς για την εκτίμηση της ζήτησης. Καθώς οι απαιτήσεις για τη δημιουργία περισσότερων χώρων στάθμευσης –μετεπιβίβασης αυξάνουν, γίνεται και πιο έντονη η ανάγκη για ακρίβεια στις προβλέψεις ζήτησης.

Στην έρευνά τους, οι **Hendricks και Outwater (1998)** αναφέρουν ότι αρχικά η πρόβλεψη ζήτησης για στάθμευση πραγματοποιούνταν βάση μιας τεχνικής που καθόριζε την περιοχή σχεδιασμού κάθε εγκατάστασης και υπολόγιζε τη ζήτηση χωρίς να λαμβάνει υπόψη τη χωρητικότητα του χώρου στάθμευσης. Αυτές όμως οι απλοϊκές υποθέσεις δεν είναι πλέον κατάλληλες για τα σύγχρονα μεγέθη ζήτησης. Οι μελετητές επίσης αναφέρουν ότι στην Ουάσιγκτον (ΗΠΑ) τα δώδεκα μεγαλύτερα ‘park -and-ride lots’ λειτουργούν με πλήρωση 95 τοις εκατό και σύμφωνα με έρευνα που διενεργήθηκε παρατηρείται σημαντική μείωση της ζήτησης στους χώρους στάθμευσης που παρουσιάζουν πλήρωση κοντά στο 100 τοις εκατό. Η ανάλυση ζήτησης έγινε

στα πλαίσια ενός έργου για βελτίωση της χωρητικότητας των χώρων στάθμευσης μετεπιβίβασης και συγκεκριμένα για δεκαεπτά χώρους. Για την εκτίμηση της ζήτησης χρησιμοποιήθηκε τεχνική που καθορίζει τις ενδιάμεσες στάσεις μετακίνησης όπως μπορούν να χαρακτηριστούν οι εγκαταστάσεις στάθμευσης των σταθμών μετεπιβίβασης και λήφθηκαν υπόψη συγκεκριμένες μεταβλητές όπως ασφάλεια ή παροχές -ανέσεις που προσφέρονται στις εγκαταστάσεις αυτές. Ο συνδυασμός των αποτελεσμάτων των ερευνών και της εφαρμογής του μοντέλου πρόβλεψης χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό αλλαγών της ζήτησης για στάθμευση λόγω της αυξημένης χωρητικότητας και την επιβολή κομίστρου στους χρήστες. Επιπλέον εξετάστηκαν διάφορα ύψη κομίστρου που πρέπει να καταβληθούν από τους χρήστες και συγκρίθηκαν με τα αποτελέσματα έρευνας δηλωθείσας προτίμησης (stated preference). Συμπερασματικά το έργο των μελετητών οδήγησε σε διαφορετικά αποτελέσματα από άλλα παλαιότερα μοντέλα πρόβλεψης εξαιτίας της επίδρασης των στοιχείων της χωρητικότητας αλλά και των κόμιστρων που επιβάλλονται στους χρήστες.

Κατά γενική ομολογία οι χώροι στάθμευσης μετεπιβίβασης(P&R) μπορούν να βελτιώσουν την προσβασιμότητα των πόλεων. Σύμφωνα όμως με τους **Bos κ.α (2003)** στην Ολλανδία δεν ισχύει αυτό. Είναι απαραίτητο η κατασκευή των χώρων στάθμευσης να γίνεται με βάση τις προτιμήσεις των χρηστών των οχημάτων προκειμένου οι χώροι να είναι ελκυστικοί ως προς τους χρήστες διότι τα διάφορα χαρακτηριστικά τους έχουν διαφορετική βαρύτητα και επηρεάζουν ποικιλοτρόπως τις επιλογές τους. Προκειμένου λοιπόν να προσδιοριστούν τα παραπάνω, οι ερευνητές χρησιμοποίησαν τη διαδικασία της Ιεράρχησης (Hierarchical Information Integration) η οποία είναι μια προέκταση της τεχνικής της δηλωθείσας προτίμησης και μπορεί να χρησιμοποιήσει μεγάλο πλήθος χαρακτηριστικών σε σχέση με άλλα μοντέλα.

Τα αποτελέσματα της είναι έγκυρα εφόσον η στάθμιση των κριτηρίων γίνεται από μια ομάδα ερευνητών.

Για την εφαρμογή της μεθόδου πραγματοποιήθηκαν τα εξής τρία πειράματα :

- ένα πείραμα για την αξιολόγηση της ποιότητας των υπηρεσιών των χώρων στάθμευσης –μετεπιβίβασης
- ένα πείραμα για την αξιολόγηση της ποιότητας των μέσων μαζικής μεταφοράς
- ένα πείραμα στο οποίο οι ερωτούμενοι καλούνται να επιλέξουν ανάμεσα σε P&R ,χρήση του οχήματος τους και εναλλακτικά μέσων μαζικής μεταφοράς

Οι Bos D.M. κ.α παρουσιάζουν στην ερευνά τους λοιπόν τα αποτελέσματα των μοντέλων με βάση τα παραπάνω πειράματα και περιγράφουν πως τα μοντέλα αυτά μπορούν να εφαρμοσθούν για την πρόβλεψη των χώρων στάθμευσης –μετεπιβίβασης.

Η **Hole (2004)** στην ερευνητική της εργασία προέβλεψε τη ζήτηση μιας εγκατάστασης στάθμευσης –μετεπιβίβασης που επρόκειτο να κατασκευαστεί για τη χρήση της από εργαζόμενους του Πανεπιστημίου του Αγ.Ανδρέα (Σκωτία, Ηνωμένο Βασίλειο) προκειμένου να μειωθεί ο αριθμός των εργαζομένων που χρησιμοποιούν το όχημα τους και να ενισχυθούν οι φιλικοί προς το περιβάλλον τρόποι μετακίνησης όπως λεωφορείο ,ποδήλατο και περπάτημα (travel plan). Αποτελεσματικός τρόπος μείωσης της χρήσης του οχήματος στον εργασιακό χώρο είναι η κατασκευή P&R εκτός της περιοχής και η σύνδεση με το χώρο εργασίας μέσω τακτικής λεωφορειακής γραμμής καθώς το υπάρχον δημόσιο δίκτυο μεταφοράς είναι ανεπαρκές στην εξεταζόμενη περίπτωση. Η πρόβλεψη έγινε με βάση τη τεχνική της δηλωθείσας προτίμησης και όχι αποκαλυπτόμενης προτίμησης καθώς δεν

υπήρχε διαθέσιμη πληροφορία αφού το έργο δεν είχε κατασκευαστεί. Τα αποτελέσματα της πρόβλεψης έδειξαν ότι είναι μικρό το ποσοστό των εργαζομένων που είναι διατεθειμένοι να χρησιμοποιήσουν ένα απομακρυσμένο χώρο στάθμευσης αντί αυτού του χώρου εργασίας τους εκτός από την περίπτωση που εισαχθεί χρέωση για τη στάθμευση στον εργασιακό χώρο. Αυτό υποστηρίζουν άλλωστε και προηγούμενες έρευνες πάνω στο σχεδιασμό ταξιδιού (**Rye 2002**) και σύμφωνα με τον (**Porter 1999**) η χρέωση αποτελεί μέσο που αποτρέπει τη στάθμευση στον εργασιακό χώρο.

Αντίθετα με ότι συμβαίνει με τα άλλα μέσα μαζικής μεταφοράς και ιδιαίτερα με τα λεωφορεία όπως αναφέρθηκε παραπάνω, σύμφωνα με τους **Liu κ.α (2006)** τα συστήματα P&R είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος προσέλκυσης οδηγών οχημάτων στα μεταφορικά συστήματα υψηλών ταχυτήτων, συντελεί στη μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης στο κέντρο της πόλης και βελτιώνει την αποτελεσματικότητα του σιδηροδρόμου. Σύμφωνα με την έρευνα που έλαβε χώρα στο Πεκίνο παρατηρείται αύξηση της ιδιοκτησίας των οχημάτων η οποία όμως δε δημιουργεί σημαντικό πρόβλημα στις μεγάλες λεωφόρους λόγω του καλά σχεδιασμένου συστήματος των χώρων στάθμευσης-μετεπιβίβασης. Η μελέτη περιγράφει μια έρευνα δηλωθείσας προτίμησης μελλοντικών χρηστών ενός χώρου στάθμευσης-μετεπιβίβασης που σχεδιάζεται στο Πεκίνο και αντικείμενό της είναι ο προσδιορισμός της ανταπόκρισης των μελλοντικών χρηστών ενός τέτοιου χώρου. Θεωρείται ότι είναι σημαντικός ο προσδιορισμός του τρόπου μεταφοράς όταν αναπτύσσεται ένα μοντέλο επιλογής τρόπου μετακίνησης. Προκειμένου να μοντελοποιηθούν οι προτιμήσεις των χρηστών, δείγμα της έρευνας χωρίζεται σε χρήστες οχημάτων των σταθμών μετεπιβίβασης και σε χρήστες επιλογής.



Τα χαρακτηριστικά των ομάδων αυτών αναλύονται και οι προτιμήσεις τους λαμβάνονται υπόψη στα μοντέλα επιλογής. Τα μοντέλα αυτά έχουν αναπτυχθεί βασισμένα σε ένα δείγμα χρηστών επιλογής και τα αποτελέσματα τους δείχνουν βελτιώσεις για την καλύτερη κατανόηση των ανεξαρτήτων μεταβλητών και της ακρίβειάς τους. Η μελέτη αυτή παρέχει ένα χρήσιμο εργαλείο για την πρόσφορα και τη ζήτηση των χώρων στάθμευσης-μετεπιβίβασης και παρουσιάζει αναλύσεις των επιπτώσεων που έχουν οι προτιμήσεις των χρηστών στα μοντέλα συμπεριφοράς.

### **2.3 Διερεύνηση των προτιμήσεων των χρηστών και των επιδράσεων των σταθμών μετεπιβίβασης στα συστήματα συγκοινωνιών και τις συνθήκες κυκλοφορίας**

Ο **Al Kazily (1991)** ανέλυσε τη χρήση των σταθμών μετεπιβίβασης στην περιοχή του Σακραμέντο (ΗΠΑ) όπου χρησιμοποιούνται 38 χώροι στάθμευσης μετεπιβίβασης με ποσοστό πλήρωσης από 0-100%. Ως πρώτο βήμα στην εύρεση κατάλληλων χώρων (με βάση το μέγεθός τους) για την τοποθέτηση αυτών, αναλύθηκαν οι ήδη υπάρχοντες σταθμοί εξυπηρέτησης και το μέγεθος κατάληψής τους μετρήθηκε σε δύο μέρες εντός Ιουνίου 1988 και Μαΐου 1989 με την ταυτόχρονη διεξαγωγή μιας έρευνας των χρηστών του χώρου στάθμευσης. Οι πολυσύχναστοι χώροι στάθμευσης αποδείχτηκε ότι έχουν τα προσδοκώμενα επιθυμητά χαρακτηριστικά σαφώς οριοθετημένων διαδρόμων μετακίνησης.

Πολλοί εξυπηρετούνται με ομαδική χρήση επιβατικών αυτοκινήτων (car pooling) και δύο βρέθηκαν να χρησιμοποιούνται από τακτικούς επιβάτες που ταξιδεύουν από το Σακραμέντο στο χώρο εργασίας τους που βρίσκεται σε άλλες πόλεις. Οι σταθμοί που δεν παρουσιάζουν υψηλά ποσοστά κατάληψης

υστερούν σε ορισμένα χαρακτηριστικά διότι συνήθως είναι τοποθετημένοι μακριά από άλλους σταθμούς ή πολύ κοντά ή πολύ μακριά από την περιοχή του Σακραμέντο. Προκειμένου να εξακριβωθούν τα όρια της περιοχής που εξυπηρετείται, οι ερωτηθέντες της έρευνας που διεξήχθη το Μάιο του 1989, καλούνταν να απαντήσουν το μέγεθος της απόστασης που διήνυσαν μέχρι να φτάσουν στους συγκεκριμένους χώρους στάθμευσης. Τα αποτελέσματα είχαν ως εξής:

- Ο τόπος διαμονής του 60% των ερωτηθέντων απέχει 8,05χλμ από το σταθμό.
- Οι θέσεις μερικών χώρων εξυπηρέτησης καταλαμβάνονται από ποσοστό μεγαλύτερο του 79% των ερωτηθέντων που προέρχονται από απόσταση 12,075χλμ.

Οι πολυσύχναστοι σταθμοί καταλαμβάνονται δηλαδή από χρήστες που διαμένουν 8,05χλμ μακριά. Σύμφωνα με την παραπάνω έρευνα, η ανάλυση χρήσης των χώρων στάθμευσης για την εξυπηρέτηση της περιοχής του Σακραμέντο συνεχίζεται έχοντας ως στόχο την ανάπτυξη ενός δείκτη εξυπηρέτησης περιοχών που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πρόβλεψη νέων χώρων στάθμευσης-μετεπιβίβασης.

Στην Ισπανία, ο **Gonzales και Cristobal Pinto (2002)**, εξέτασαν το μεταφορικό σύστημα της Μαδρίτης, την επιβατική του κίνηση και τους χώρους στάθμευσης-μετεπιβίβασης που σχετίζονται με τον προαστιακό σιδηρόδρομο. Ως κύριο αντικείμενό τους όρισαν την επίδραση των χώρων στάθμευσης-μετεπιβίβασης στα Μέσα Μαζικής Μεταφοράς της Μαδρίτης και γενικότερα όλης της Ισπανίας.

Στο ίδιο συμπέρασμα κατέληξαν και οι **Shirgaokar και Deakin (2005)** καθώς οι χώροι στάθμευσης- μετεπιβίβασης έχουν σημαντική επίδραση στο μεταφορικό σύστημα στην περιοχή της ακτής του Σαν Φρανσίσκο στην Καλιφόρνια όπως αποδείχτηκε από μια λεπτομερή μελέτη πάνω στους χρήστες και στους χώρους των σταθμών μετεπιβίβασης. Στην έρευνα αυτή, χρησιμοποιήθηκαν τρεις χώροι στάθμευσης που εξυπηρετούν τον προαστιακό σιδηρόδρομο στην ακτή. Οι χρήστες αυτών των σταθμών χωρίζονται σε δυο κατηγορίες: Η μια κατηγορία περιλαμβάνει τους χρήστες δημόσιων συγκοινωνιών και η άλλη περιλαμβάνει τους επιβάτες ομαδικής χρήσης ΙΧ.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι περισσότεροι χρήστες κατευθύνονταν προς τους σταθμούς αυτοκινήτων και πραγματοποιούσαν μακριά ταξίδια με σκοπό την εργασία τους περισσότερο από 48,3χλμ σε μια διαδρομή. Αλλά προέκυψε ότι οι χρήστες ανησυχούν για την ασφάλεια των υπαίθριων χώρων στάθμευσης, την έλλειψη φωτισμού και την ποιότητα των μέσων μεταφοράς που προσφέρεται στην περιοχή.

Παρόλα αυτά όμως η ανάλυση με βάση τις πληροφορίες που προέρχονται από τους χρήστες οδήγησε στο συμπέρασμα ότι οι περισσότερες ανησυχίες περιστοιχίζονται γύρω από την τήρηση του προγράμματος των δημόσιων λεωφορείων παρά την συχνότητα τους ή την ασφάλεια των υπαίθριων χώρων στάθμευσης. Οι συμμετέχοντες εξέφρασαν όμως την προθυμία τους να πληρώνουν για στάθμευση σε χώρο που είναι φραγμένος, που παρέχεται αστυνόμευση, είναι καλά φωτισμένος και έχει στέγαστρα αναμονής των χρηστών. Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής παρέχουν μια βάση για μελλοντικές βελτιωτικές επεμβάσεις των χώρων στάθμευσης-μετεπιβίβασης σύμφωνα με τις προτιμήσεις των χρηστών.

Οι επιδράσεις των σταθμών αυτών που εξυπηρετούνταν από λεωφορειακές γραμμές στην κυκλοφοριακή συμφόρηση μελετήθηκαν από τον **Parkhurst (2004)**. Στην έρευνά του αυτή απέδειξε ότι οι σταθμοί μετεπιβίβασης βοήθησαν στην αναχαίτιση της κυκλοφορίας στις αστικές περιοχές, στις περισσότερες περιπτώσεις που αναλύθηκαν στην έρευνά του.

Σύμφωνα με την **Li κ.α (2007)**, παρουσιάζεται μια μεγάλη ανάπτυξη των συστημάτων των μητροπολιτικών σιδηροδρόμων στις μεγάλες ασιατικές πόλεις όπως Χονγκ Κονγκ, Σαγκάη και Κίνα, όπου οι τοπικές αρχές αναπτύσσουν σταθμούς μετεπιβίβασης για να ενισχύσουν τη χρήση των μητροπολιτικών σταθμών από τους μετακινούμενους που μέχρι πρότινος χρησιμοποιούσαν τα ιδιωτικά τους οχήματα για τη μεταφορά τους στις κεντρικές περιοχές. Ένα μαθηματικό πρότυπο ισορροπίας συστήματος χρησιμοποιήθηκε για να μοντελοποιήσει υπηρεσίες χώρων στάθμευσης μετεπιβίβασης σε ένα πολύτροπο σύστημα μεταφορών. Οι μετακινούμενοι μπορούν να χωριστούν σε τρεις κατηγορίες: χρήστες ΙΧ, πεζοί που χρησιμοποιούν το δίκτυο του μετρό και χρήστες των χώρων στάθμευσης-μετεπιβίβασης. Το προτεινόμενο μοντέλο λαμβάνει υπόψη του την επιλογή μέσου του μετακινούμενου, διαδρομή, σημεία μετεπιβίβασης και την επιλογή του τρόπου στάθμευσης. Τα αποτελέσματα της ελαστικής ζήτησης συνδέονται άμεσα με την απουσία άνεσης στα οχήματα του μετρό. Το πρόβλημα που προκύπτει διαμορφώνεται ως ένα ισοδύναμο πρόβλημα κυμαινόμενων ανισοτήτων. Τα αποτελέσματα από τη χρήση των νέων σταθμών μετεπιβίβασης, έδειξαν ότι μπορούν να οδηγήσουν σε μια θετική, ουδέτερη ή ακόμη και αρνητική κοινωνική επίπτωση και η αποτελεσματικότητά τους εξαρτάται από τα επίπεδα τιμολόγησης, το πλήθος των θέσεων στάθμευσης στις κεντρικές περιοχές καθώς επίσης και τη συχνότητα των δρομολογίων του μετρό και το ύψος του κομίστρου.

Σύμφωνα με τον **R.E.C.M και κ.α (2002)**, η σωστή τοποθέτηση των σταθμών μετεπιβίβασης στους αστικούς οικισμούς είναι σημαντική για την αποτελεσματικότητά τους. Παρόλα αυτά, οι θέσεις των σταθμών εξαρτώνται από πολιτικές παρεμβάσεις, γεγονός που οδηγεί σε επιλογές τοποθέτησης που δεν εξυπηρετούν τους χρήστες. Στην έρευνα αυτή, περιγράφεται η βέλτιστη επιλογή θέσης ενός μεγάλου σταθμού μετεπιβίβασης στον οικισμό της Χάγης στην Ολλανδία. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε συνεργασία με τις διοικητικές αρχές της πόλης στοχεύοντας στην εύρεση της καλύτερης τοποθεσίας σύμφωνα με τις προτιμήσεις των επιβατών. Προς την κατεύθυνση αυτή διενεργήθηκε έρευνα δηλωμένης προτίμησης για τον προσδιορισμό των προτιμήσεων των εργαζομένων της Χάγης που κατοικούσαν σε ορισμένη απόσταση από το κέντρο της. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η προτιμώμενη τοποθεσία δεν συνέπιπτε με τις προτιμήσεις των επιβατών.

Στην εργασία των **Wambalaba κ.α (2000)** αξιολογείται η επίδραση των χώρων στάθμευσης μετεπιβίβασης μικτής χρήσης (shared park and ride). Το είδος αυτό των χώρων στάθμευσης περιλαμβάνει θέσεις στάθμευσης για μόνιμους κατοίκους και μετακινούμενους που χρησιμοποιούν κυρίως το δίκτυο του μετρό. Η έρευνά τους είχε στόχο να προσδιορίσει τα κυριότερα οφέλη των προμηθευτών αλλά και των χρηστών αυτών των χώρων στάθμευσης. Η έρευνα έδειξε ότι τα εμπορικά κέντρα επωφελούνται αν επιτρέψουν οι διαθέσιμες εκτάσεις τους να χρησιμοποιηθούν ως χώροι στάθμευσης διότι αυξάνονται οι μετακινούμενοι επιβάτες. Επιπλέον η τοπική κοινότητα αποκτά ευκολότερη πρόσβαση σε δημόσιες συγκοινωνίες και ελαχιστοποιείται η κυκλοφοριακή συμφόρηση.

Το ποσοστό των χώρων στάθμευσης μετεπιβίβασης σε λεωφορεία στα όρια των αστικών περιοχών του Ηνωμένου Βασιλείου έχει αυξηθεί τα

τελευταία χρόνια. Στην έρευνά του ο **Parkhurst (2004)** απέδειξε ότι με την απαγόρευση των ΙΧ όρια της αστικής περιοχής και την ύπαρξη χώρων στάθμευσης μετεπιβίβασης σε λεωφορεία που έχουν προορισμό το κέντρο η κυκλοφοριακή συμφόρηση αποφεύχθηκε. Παρόλα αυτά όμως δημιουργήθηκε πρόσθετη κυκλοφοριακή συμφόρηση εκτός αστικής περιοχής μεγαλύτερη από αυτή που αποφεύχθηκε στον αστικό χώρο καθώς παρουσιάστηκε τελικά ανακατανομή της .

#### **2.4 Ανάλυση κόστους και οικονομική αποδοτικότητα των χώρων των σταθμών μετεπιβίβασης**

Ο **Turnbull (2003)** ασχολήθηκε με την αποτελεσματική χρήση των χώρων στάθμευσης-μετεπιβίβασης και αξιολόγησε την σύγχρονη κατάστασή τους στις Ηνωμένες Πολιτείες. Προέβαλε ποικίλα πρακτικά ζητήματα όπως η τοποθεσία, ο σχεδιασμός, η διαχείριση και η συντήρηση των χώρων στάθμευσης. Επίσης στην αναφορά του παρέχονται πληροφορίες για θέματα ασφαλείας των σταθμών και γίνεται περιγραφή ενός προγράμματος ζήτησης του συστήματος που οδηγεί στην αποδοτικότητά τους.

Στην εργασία τους οι **Rutherford και κ.α (1986)**, αναφέρουν ότι αξιολόγηση οικονομικής αποδοτικότητας και ανάλυση κόστους ωφελειών έλαβε χώρα σε ένα σύστημα σταθμών μετεπιβίβασης που αποτελείται από 26 υπαίθριους σταθμούς στην περιοχή του Σιάτλ (ΗΠΑ). Οι δαπάνες και οι ωφέλειες εξετάστηκαν από την πλευρά του χρήστη, την κοινότητα στο σύνολό της και τις δημόσιες εταιρείες-οργανισμούς συγκοινωνιακής υποδομής. Σύμφωνα με την έρευνα που πραγματοποιήθηκε και με βάση τις πληροφορίες της δημιουργήθηκε ένα μοντέλο υπολογισμού των συνολικών δαπανών ενός

ταξιδιού με τη χρήση ή χωρίς των χώρων στάθμευσης μετεπιβίβασης. Αυτά τα έξοδα ταξιδιού συγκρίθηκαν μεταξύ τους ως προς το χρόνο μετακίνησης, τα προσωπικά χιλιόμετρα διάνυσης, το κυκλοφοριακό φόρτο, τις εκπομπές των οχημάτων, τα ατυχήματα και την κατανάλωση ενέργειας. Τα γενικά αποτελέσματα έδειξαν ότι το σύστημα των σταθμών μετεπιβίβασης του Σιάτλ είναι αποδοτικό διότι το ταξίδι αποδείχτηκε 11,6% φθηνότερο από το αντίστοιχο ταξίδι χωρίς τη χρήση των σταθμών μετεπιβίβασης. Γενικά, η έρευνα έδειξε ότι οι χώροι στάθμευσης είχαν μια ελαφρά αρνητική επίδραση στους χρήστες όσον αφορά το χρόνο μετακίνησης αλλά όλοι οι παραπάνω εξεταζόμενοι δείκτες μειώθηκαν προς όφελος των χρηστών.

Η έρευνα των **Wang και κ.α (2004)** αναφέρεται στη επιλογή βέλτιστης τοποθεσίας ενός χώρου στάθμευσης μετεπιβίβασης σε μια γραμμική πόλη. Οι κατοικίες είναι ομοιόμορφα κατανεμημένες από το κέντρο στο εξωτερικό σύνορο της πόλης και όλες οι μετακινήσεις γίνονται με προέλευση την κατοικία και προορισμό το κέντρο. Δυο δρόμοι ταχείας κυκλοφορίας εκ των οποίων ο ένας με κυκλοφοριακή συμφόρηση και ο άλλος όχι αξιολογούνται σε όλα τα τμήματά τους κατά μήκος του οδοστρώματος κυκλοφορίας.

Στην μελέτη τους οι **Luca D’Acerno και κ.α (2006)** εισήγαγαν μοντέλα βελτιστοποίησης που αφορούν στην τιμολόγηση της στάθμευσης στον αστικό χώρο. Σύμφωνα με την έρευνά τους, οι στρατηγικές τιμολόγησης στάθμευσης αποτελούν σημαντικό εργαλείο για τη μείωση της χρήσης του Ι.Χ και την αύξηση της χρήσης των μέσων μαζικής μεταφοράς. Εξαιτίας μάλιστα της προτίμησης των χρηστών στο Ι.Χ παρατηρούνται υψηλά επίπεδα κυκλοφοριακής συμφόρησης. Προκειμένου λοιπόν να στρέψουν τους μετακινούμενους στα ΜΜΜ και να αυξηθεί το επίπεδο εξυπηρέτησης που

προσφέρει το σύστημα δημόσιων συγκοινωνιών, οι μελετητές προτείνουν στρατηγικές τιμολόγησης στάθμευσης ως μέτρο διαχείρισης της ζήτησης για μετακίνηση στις περιοχές που παρουσιάζουν έντονο πρόβλημα συμφόρησης. Αυτές οι στρατηγικές χρησιμοποιούνται πιο συχνά από την επιβολή διοδίων στα οδικά δίκτυα καθώς η εφαρμογή τους δεν απαιτεί υψηλό κόστος επένδυσης και εξελιγμένα τεχνολογικά μέσα. Η πρωτοτυπία της συγκεκριμένης έρευνας έγκειται στην τιμολόγηση της στάθμευσης ανάλογα με την προέλευση και τον προορισμό της μετακίνησης (origin –destination parking pricing policy) καθότι σχεδόν όλες οι στρατηγικές τιμολόγησης βασίζονται μόνο στη ζώνη προορισμού του μετακινούμενου με χρέωση στις κεντρικές ζώνες να είναι υψηλότερη από αυτή στις προαστιακές ζώνες. Η αντικειμενική συνάρτηση που χρησιμοποιήθηκε στο μοντέλο αναπαριστά το συνολικό κοινωνικό κόστος που οφείλεται στο μεταφορικό σύστημα και εμπεριέχει τους εξής όρους: κόστος διαχείρισης του μεταφορικού συστήματος, έσοδα των τοπικών αρχών που προκύπτουν από τη στάθμευση, έξοδα των χρηστών και εξωτερικά έξοδα (ρύπανση της ατμόσφαιρας, ηχορύπανση ,ποιότητα ζωής) που προσδιορίζονται μέσω αναλυτικής και σύνθετης προσέγγισης. Οι ερευνητές σχεδίασαν εκτός από την προτεινόμενη στρατηγική με βάση την προέλευση και τον προορισμό και ένα γενικό μοντέλο βελτιστοποίησης τιμολόγησης της στάθμευσης για την παραδοσιακή στρατηγική τιμολόγησης με βάση τον προορισμό. Έπειτα από τη διαδικασία βελτιστοποίησης με μετα ευρευστικούς αλγόριθμους (meta-heuristic algorithms) βρέθηκε λύση, η οποία εξετάστηκε στα πλαίσια ενός μικρού δικτύου και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η στρατηγική με βάση το ζεύγος προέλευση –προορισμός μειώνει το χρόνο μετακίνησης στο οδικό δίκτυο, το



κοινωνικό κόστος και το ποσοστό προσβασιμότητας παρόλο που οδηγεί σε μείωση των μετακινούμενων χρηστών. Συμπερασματικά τα αποτελέσματα της βελτιστοποίησης έδειξαν ότι :

- Η βελτίωση στην τιμή της αντικειμενική συνάρτησης για την στρατηγική της στάθμευσης με βάση τον προορισμό –προέλευση είναι αποτέλεσμα της χρήσης λιγότερων περιορισμών στο πρόβλημα
- Η προσβασιμότητα είναι καλύτερη με εφαρμογή της στρατηγικής τιμολόγησης προέλευσης-προορισμού καθώς το γενικευμένο κόστος μετακίνησης με άλλα μέσα μεταφοράς προκύπτει πιο χαμηλό σε σύγκριση με τη στρατηγική με βάση τον προορισμό.

## 2.5 Επίλυση με Γενετικούς αλγορίθμους

Τα τελευταία τριάντα χρόνια παρατηρείται συνεχόμενη ανάπτυξη συστημάτων επίλυσης προβλημάτων βασισμένων στις αρχές της Φυσικής Εξέλιξης. Τα συστήματα αυτού του είδους, λειτουργούν διατηρώντας έναν πληθυσμό κωδικοποιημένων πιθανών λύσεων του προβλήματος που πρέπει να επιλυθεί και εφαρμόζονται πάνω σε αυτόν διάφορες διαδικασίες εμπνευσμένες από τη βιολογική εξέλιξη. Έτσι τα συστήματα αυτά δημιουργούν συνεχώς νέους πληθυσμούς πιθανών λύσεων εξελίσσοντάς τους προηγούμενους πληθυσμούς. Οι γενετικοί αλγόριθμοι αποτελούν γενική μεθοδολογία βελτιστοποίησης η οποία παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα τα οποία παρουσιάζονται εκτενέστερα σε επόμενο κεφάλαιο. Οι Γενετικοί αλγόριθμοι εισήχθησαν το **1975** από τον **John Holland** και αργότερα από τους **Fogel, Rechenberg, Schwefel και τον Goldberg (1989)**

και αποτελούν μια μέθοδο αναζήτησης βέλτιστων λύσεων σε συστήματα που μπορούν να περιγραφούν ως μαθηματικό πρόβλημα. Είναι χρήσιμοι σε προβλήματα που περιέχουν πολλές παραμέτρους / διαστάσεις και δεν υπάρχει αναλυτική μέθοδος που να μπορεί να βρει το βέλτιστο συνδυασμό τιμών για τις μεταβλητές ώστε το υπό εξέταση σύστημα να αντιδρά με όσο το δυνατόν βέλτιστο τρόπο καθώς πολλές φορές οι παραδοσιακές τεχνικές βελτιστοποίησης δεν μπορούν να βρουν λύση σε προβλήματα σύνθετα με μεγάλο υπολογιστικό φόρτο. Η μέθοδος των γενετικών αλγορίθμων λοιπόν χρησιμοποιείται ευρέως στην επίλυση προβλημάτων βελτιστοποίησης και η μεγάλη επιτυχία τους οφείλεται κυρίως στο μεγάλο μέγεθος πληθυσμού που μπορούν να διαχειριστούν (**Harik κ.α 1997**).

Η βασική ιδέα λοιπόν είναι η μίμηση των μηχανισμών της βιολογικής εξέλιξης που απαντώνται στη φύση. Ο (**Michalewicz, 1996**) αναφέρει ως χαρακτηριστικό παράδειγμα την αναπαραγωγή των λαγών και την εξέλιξη τους από γενιά σε γενιά. Αν παρατηρήσουμε ένα συγκεκριμένο πληθυσμό από λαγούς σε ένα οικοσύστημα είναι φυσικό κάποιοι από αυτούς να είναι πιο γρήγοροι και πιο εύστροφοι από τους άλλους άρα έχουν περισσότερες πιθανότητες να επιβιώσουν στο φυσικό τους περιβάλλον (να ξεφεύγουν από τα αρπακτικά ζώα) από ότι κάποιοι πιο αργοί ή λιγότερο έξυπνοι λαγοί. Στη φύση όμως τελικά καταφέρνουν να επιβιώσουν και λαγοί εξαιτίας άλλων παραγόντων όπως είναι η τύχη.

Όλοι οι λαγοί που θα καταφέρουν να επιβιώσουν θα αρχίσουν να αναπαράγονται και οι νέες γενιές που θα προκύψουν θα συνδυάζουν χαρακτηριστικά με διάφορους τρόπους των μελών της προηγούμενης γενιάς. Συνεπώς μερικοί λαγοί θα αναμειχθούν με κάποιους γρήγορους, κάποιοι γρήγοροι με άλλους γρήγορους ή εύστροφοι με μη εύστροφοι δημιουργώντας

σταδιακά έναν πληθυσμό που απαρτίζεται από λαγούς που κατά μέσο όρο είναι εξυπνότεροι και ταχύτεροι από τους προγόνους τους. Αντίστοιχες αλλαγές δημιουργούνται και στον ανταγωνιστικό ως προς αυτά πληθυσμό που είναι τα αρπακτικά προκειμένου να μπορούν να αντεπεξέλθουν στα νέα δεδομένα.

## 2.6 Περιγραφή του λόγου κόστους –ωφελειών (CBA)

Στην παρούσα διπλωματική εργασία η αξιολόγηση του κάθε σεναρίου τιμολόγησης γίνεται με βάση το κριτήριο του λόγου ωφελειών-κόστους που βασίζεται στον υπολογισμό των συνολικών ωφελειών προς τις συνολικές δαπάνες με βάση την παρούσα αξία τους. Η ιδέα αυτού του οικονομικού υπολογισμού ανήκε στον **Jules Dupuit**, έναν Γάλλο μηχανικό αλλά οι βασικές αρχές του λόγου ωφελειών-κόστους (cost –benefit analysis) καθιερώθηκαν από τον Βρετανό οικονομολόγο Alfred Marshall.

Η μέθοδος αυτή βασίζεται στον υπολογισμό του κριτηρίου που είναι ο λόγος,  $\lambda$ , των συνολικών ωφελειών προς τις συνολικές δαπάνες. Οι ωφέλειες και οι δαπάνες υπολογίζονται με βάση είτε τη παρούσα αξία τους είτε την ισοδύναμη σταθερά αξία τους. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιείται ο λόγος της παρούσας αξίας. Εάν συμβολιστεί το αρχικό κόστος κατασκευής του έργου  $K_0$ , η παρούσα αξία ετήσιας δαπάνης κατασκευής έτους  $t$  ως  $K'_t$ , η παρούσα αξία ετήσιας συντήρησης έτους  $t$  ως  $(\Sigma t)$  και η παρούσα αξία ετήσιας ωφέλειας έτους  $t$  ως  $B'_t$  τότε, ο λόγος ωφέλειας-κόστους εκφράζεται από τη σχέση (Τσαμπούλας, 2004):

$$\lambda = \frac{\sum_{t=1}^{t=n} (B'_t - \Sigma t)}{K_0 + \sum_{t=1}^{t=n} K'_t} \quad (2.1)$$

Πολλές φορές χρησιμοποιείται και ο λόγος των ωφελειών προς το συνολικό αρχικό κόστος της επένδυσης :

$$\lambda' = \frac{\sum_{t=1}^{t=n} B_t}{K_0 + \sum_{t=1}^n (K'_t + \Sigma_t)} \quad (2.2)$$

Χρησιμοποιώντας τις παραπάνω σχέσεις , λόγος μεγαλύτερος του "1" ( $\lambda > 1$  ή  $\lambda' > 1$ ) σημαίνει ότι το συγκεκριμένο έργο έχει παρούσα αξία ωφελειών μεγαλύτερη της παρούσας αξίας των δαπανών, οπότε και γίνεται αποδεκτό. Σε περίπτωση που έχουμε να συγκρίνουμε εναλλακτικές λύσεις ή σενάρια όπως συμβαίνει στην παρούσα διπλωματική εργασία η εναλλακτική λύση j που έχει τον μεγαλύτερο λόγο θεωρείται η βέλτιστη από οικονομική άποψη.

Τα κυριότερα μειονεκτήματα της μεθόδου αυτής είναι:

- Τα αποτελέσματα της μεθόδου είναι ικανοποιητικά μόνο για έργα, που απαιτούν υψηλό κεφάλαιο επένδυσης στην αρχή και μηδαμινές σχεδόν ετήσιες δαπάνες, ενώ τα αποτελέσματα τείνουν να υποτιμήσουν την αποδοτικότητα ενός έργου όταν παρουσιάζει υψηλές ετήσιες δαπάνες.
- Προκειμένου να συγκριθούν διάφορα έργα ή εναλλακτικές λύσεις, θα πρέπει να καταβληθεί προσπάθεια ώστε σ'όλες τις περιπτώσεις οι υπολογισμοί των δαπανών (είτε ετησίων είτε αρχικών) και ωφελειών να γίνονται με τον ίδιο τρόπο.

Προκειμένου να γίνει σύγκριση εναλλακτικών λύσεων ή έργων, θα πρέπει ο χρόνος οικονομικής αξιολόγησης να είναι κοινός για όλες τις περιπτώσεις. Στη παρούσα εργασία ως χρόνος οικονομικής αξιολόγησης θεωρούνται 5 έτη 2008-2012.

## 2.7 Συμπεράσματα

Ολοκληρώνοντας την ανάλυση των βιβλιογραφικών αναφορών που χρησιμοποιηθήκαν ως θεωρητικό υπόβαθρο για την παρούσα διπλωματική εργασία, προκύπτουν ορισμένα χρήσιμα συμπεράσματα. Όπως αναλύθηκε και στο εισαγωγικό κεφάλαιο η αύξηση της χρήσης των ΙΧ τα τελευταία χρόνια οδήγησε στο σχεδιασμό και την κατασκευή νέων χώρων στάθμευσης. Σε μια προσπάθεια όμως να αποτραπεί η κυκλοφοριακή συμφόρηση στις κεντρικές περιοχές λόγω της αυξημένης χρήσης των ΙΧ είναι αναγκαία η δημιουργία χώρων στάθμευσης μετεπιβίβασης που θα επιτρέπουν στους μετακινούμενους τη μετεπιβίβαση από τα ΙΧ τους στα ΜΜΜ και αντίστροφα. Σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη τους παίζουν η πρόβλεψη της ζήτησης, η τιμολόγηση αλλά και η οικονομική αποδοτικότητα. Στην παρούσα διπλωματική εργασία εξετάστηκαν σενάρια τιμολόγησης που το καθένα αξιολογήθηκε με βάση το κριτήριο του λόγου κόστους –ωφελειών που βασίζεται στον υπολογισμό των συνολικών ωφελειών προς τις συνολικές δαπάνες με βάση την παρούσα αξία τους. Κρίθηκε επίσης σκόπιμη η χρήση των γενετικών αλγορίθμων, οι οποίοι ανήκουν στην κατηγορία των εξελικτικών αλγορίθμων και αποτελούν γενική μεθοδολογία βελτιστοποίησης, προκειμένου να υπολογιστεί το βέλτιστο σενάριο τιμολόγησης (για τα δεδομένα που τίθενται στο μοντέλο) των χώρων στάθμευσης –μετεπιβίβασης με συγκεκριμένη εφαρμογή στο σταθμό Συγγρού –Φιξ.

Το πρόβλημα βελτιστοποίησης της τιμολόγησης χρήσης υποδομών και συγκεκριμένα των χώρων στάθμευσης-μετεπιβίβασης δεν έχει μελετηθεί ιδιαίτερα κατά το παρελθόν όπως μαρτυρά η περιορισμένη βιβλιογραφία πάνω στο θέμα-σε αντίθεση με την πρόβλεψη ζήτησης ενός χώρου στάθμευσης- διότι τις περισσότερες φορές η τιμολόγηση ενός σταθμού πραγματοποιείται «εμπειρικά» και σύμφωνα με την τιμολόγηση άλλων ανταγωνιστικών προς αυτόν χώρων στάθμευσης με παρόμοια χαρακτηριστικά. Η διαπίστωση αυτή αποτέλεσε και το ερέθισμα για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας ως προσπάθεια βελτιστοποίησης του τρόπου τιμολόγησης των σύγχρονων συστημάτων υποδομής των μεταφορών.

# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**

## **Προσέγγιση και Μεθοδολογία Επίλυσης**

### **3.1 Οι συγκοινωνιακο-οικονομικοί παράμετροι που επηρεάζουν το πρόβλημα**

Η σημασία της στάθμευσης είναι μεγάλη κυρίως στις μητροπολιτικές περιοχές καθώς η ανάγκη για μετακίνηση έχει αυξηθεί τα τελευταία χρόνια. Έντονο πρόβλημα παρατηρείται στις κεντρικές περιοχές που αποτελούν πόλο έλξης μετακινούμενων καθώς συγκεντρώνουν πλήθος δραστηριοτήτων. Οι χώροι στάθμευσης όμως δεν καλύπτουν τις ανάγκες στάθμευσης όλων των οχημάτων με αποτέλεσμα να παρατηρείται το φαινόμενο της παράνομης στάθμευσης που εντείνει την κυκλοφοριακή συμφόρηση στο οδικό δίκτυο των κεντρικών περιοχών.

Για την αποφυγή αυτών, το δίκτυο του Μετρό κατασκευάζει χώρους στάθμευσης– μετεπιβίβασης ώστε οι χρήστες του μετρό να μετεπιβιβάζονται από και προς άλλα μέσα μεταφοράς όπως λεωφορεία, τραμ, ταξί, ΙΧ οχήματα και δίκυκλα. Το δίκτυο του Αττικό μετρό έχει ήδη κατασκευάσει 6 σταθμούς μετεπιβίβασης σε παρακείμενους χώρους σταθμών του μετρό, συνολικής χωρητικότητας 2.100 θέσεων Ι.Χ. οχημάτων και προβλέπει την κατασκευή

και άλλων μελλοντικά. Μόνο στους σταθμούς Συγγρού-Φιξ και Χαλάνδρι η στάθμευση είναι ελεγχόμενη και τη διαχειρίζεται ιδιωτική εταιρία ενώ στους υπόλοιπους χώρους η στάθμευση είναι μη ελεγχόμενη. Απαραίτητη για τη σωστή λειτουργία και βιωσιμότητα του σταθμού παίζει ρόλο η εφαρμογή μιας ορθολογικής τιμολόγησης που εξαρτάται από ορισμένες παραμέτρους. Στην παρούσα διπλωματική εργασία καταstrώνεται ένα μοντέλο βελτιστοποίησης της τιμολόγησης σταθμών μετεπιβίβασης και συγκεκριμένα του σταθμού Συγγρού –Φιξ που χρησιμοποιεί ως δεδομένα τη ζήτηση και το κόστος του σταθμού που έχουν προκύψει έπειτα από μελέτη δύο ετών. Το κάθε σενάριο αξιολογείται με το λόγο ωφελειών-κόστους που το επηρεάζουν από καθαρά συγκοινωνιακή πλευρά οι παρακάτω παράμετροι οι οποίες αναλύονται στη συνέχεια:

- ❖ Έσοδα
- ❖ Έξοδα
- ❖ Λόγος ωφελειών-κόστους όπου τα οφέλη και το κόστος εκφράζονται με την καθαρά παρούσα αξία τους PV

### 3.1.1 ΕΣΟΔΑ

Τα έσοδα ενός χώρου στάθμευσης εξαρτώνται από:

- Ζήτηση στάθμευσης
- Εναλλαγή στάθμευσης
- Τέλη στάθμευσης που εξαρτώνται από:



α) το ποσό που είναι διατεθειμένοι να πληρώνουν εκείνοι που σταθμεύουν. Το ποσό αυτό εξαρτάται από τη σχέση προσφοράς και ζήτησης και αυξάνεται καθώς πλησιάζουμε προς το κέντρο μιας πόλης. Εξαρτάται επίσης από τα τέλη στάθμευσης που έχουν καθοριστεί από γειτονικούς ανταγωνιστικούς χώρους στάθμευσης.

β) Οι συνολικές δαπάνες δημιουργίας, λειτουργίας και συντήρησης του χώρου στάθμευσης που αντιστοιχούν σε μια θέση στάθμευσης και οι δαπάνες αυτές αυξάνονται εγγύτερα προς το κέντρο της πόλης κυρίως εξαιτίας της αύξησης του κόστους γης. Επίσης μεταβάλλονται ανάλογα με το βαθμό εξυπηρέτησης που προσφέρει ο χώρος στάθμευσης.

γ) Η πολιτική λειτουργίας του χώρου στάθμευσης. Αν ο χώρος ανήκει σε ιδιώτη είναι επιθυμητή η μεγιστοποίηση του κέρδους και επομένως ο καθορισμός των μέγιστων τελών στάθμευσης που εξασφαλίζουν μια ικανοποιητική πληρότητα στο χώρο. Αν ο χώρος ανήκει σε Δημόσιο Φορέα, τότε βασικό κριτήριο καθορισμού των τελών στάθμευσης αποτελεί πέρα από την κατά το δυνατό αύξηση του κέρδους η γενικότερη συγκοινωνιακή πολιτική. Για παράδειγμα σε ένα χώρο στάθμευσης στην περίμετρο κεντρικής περιοχής όπως στην περίπτωση του Συγγρού –Φιξ, ο καθορισμός χαμηλών χρεώσεων για μακροχρόνια στάθμευση ενθαρρύνει τη μετεπιβίβαση από το ιδιωτικό αυτοκίνητο, που θα σταθμεύσει στο χώρο, προς τα κατάλληλα μέσα μαζικών δημόσιων μεταφορών που τον συνδέουν με το κέντρο της πόλης. Η πολιτική του δικτύου του Αττικού Μετρό είναι πρώτιστα η εξυπηρέτηση των χρηστών του μετρό και η επίτευξη της οικονομικής βιωσιμότητας των σταθμών με τη μέγιστη δυνατή διάρκεια. Για την επίτευξη αυτών των στόχων, ο ιδιωτικός φορέας εκμετάλλευσης στόχευσε στην

παροχή κινήτρων όπως είναι οι χαμηλές χρεώσεις, ιδιαίτερα για μεγάλη διάρκεια στάθμευσης, μόνο στους χρήστες του μετρό. Οι υπόλοιποι χρήστες αποφασίστηκε ότι θα πρέπει να πληρώνουν υψηλό κόμιστρο προκειμένου να χρησιμοποιήσουν το χώρο στάθμευσης. Ο σταθμός αυτός αποφασίστηκε να λειτουργεί 24 ώρες το 24ωρο για όλες τις ημέρες της εβδομάδας. Η χρέωση για το Σαββατοκύριακο αποφασίστηκε να είναι χαμηλή για όλες τις κατηγορίες χρηστών, έχοντας ως στόχο την προσέλκυση καταναλωτών που επιθυμούν να προσεγγίσουν την κεντρική περιοχή της Αθήνας για τις αγορές τους. Αντίθετα οι βραδινές χρεώσεις του Σαββατοκύριακου είναι υψηλές προκειμένου να αποφευχθεί η ολονύχτια στάθμευση από κατοίκους της περιοχής που χρησιμοποίησαν στη διάρκεια της ημέρας το δίκτυο του μετρό.

### **3.1.2 ΕΞΟΔΑ**

Τα έξοδα ενός χώρου στάθμευσης προκύπτουν από:

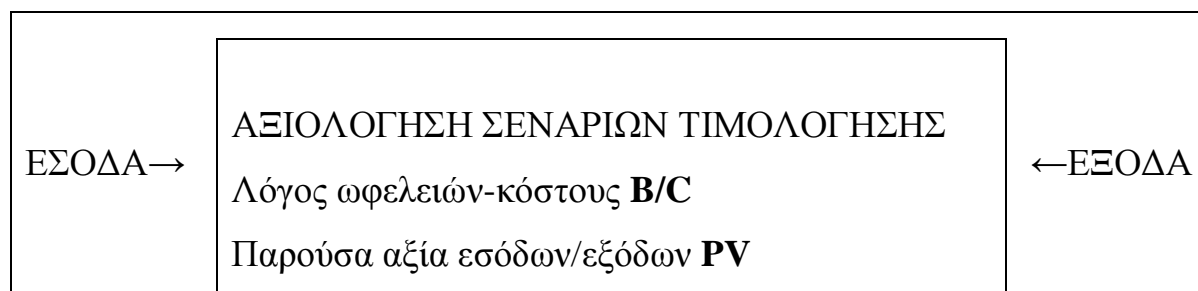
#### **Έξοδα Διαχείρισης**

- προσωπικό (Διοικητικό- Ασφάλειας)
- Δαπάνες κοινωφελών εγκαταστάσεων (utilities)
- Ασφάλιση

#### **Έξοδα Συντήρησης**

- Προσωπικό (τεχνικοί – συνεργεία καθαρισμού)
- Εξοπλισμός

Στο κάθε σενάριο τιμολόγησης που εξετάζεται, υπολογίζεται η παρούσα αξία των εσόδων και των εξόδων του σταθμού Συγγρού-Φιξ για 5 έτη (2008-2012) και έπειτα υπολογίζεται ο λόγος ωφελειών- κόστους (B/C). Η σχέση αυτή σχηματικά απεικονίζεται ως εξής:



**Σχήμα 3.1** Σχέση συγκοινωνιακό-οικονομικών παραμέτρων

### 3.2. Προσέγγιση του προβλήματος

Το παραπάνω πρόβλημα αποτελεί μία περίπτωση προβλημάτων βελτιστοποίησης τα οποία μπορούν να επιλυθούν με πολλές τεχνικές όπως είναι ο Γραμμικός, Ακέραιος, Δυναμικός, μη Γραμμικός Προγραμματισμός και οι Ευρεστικές Μέθοδοι. Στην παρούσα εργασία κρίθηκε απαραίτητη η δημιουργία ενός μοντέλου που θα αξιολογείται με διαδικασίες ευρεστικών αλγορίθμων. Στην εργασία λοιπόν για το κάθε σενάριο τιμολόγησης υπολογίζεται ο βέλτιστος λόγος ωφελειών-κόστους που αντιστοιχεί στις βέλτιστες χρεώσεις στάθμευσης με στόχο την πριμοδότηση των χρηστών του Μετρό και την οικονομική αποδοτικότητα του χώρου στάθμευσης. Οι γενετικοί αλγόριθμοι πλεονεκτούν στη λύση προβλημάτων αναζήτησης και κυρίως βελτιστοποίησης από τις παραδοσιακές μεθόδους. Αυτό οφείλεται στο ότι διαφέρουν σε βασικά σημεία από αυτές και τα κυριότερα χαρακτηριστικά που τους διαφοροποιούν είναι σύμφωνα με τον **Goldberg (1989)** τα εξής:

**Οι Γ.Α. δουλεύουν με μία κωδικοποίηση του συνόλου τιμών που μπορούν να λάβουν οι μεταβλητές και όχι με τις ίδιες μεταβλητές του προβλήματος.**

Έστω για παράδειγμα το εξής πρόβλημα βελτιστοποίησης : Σε ένα μαύρο κουτί με πέντε δυαδικούς διακόπτες (on-off) ζητείται ο συνδυασμός  $s$  των διακοπών που θα μεγιστοποιεί την έξοδο  $f(s)$ . Με τις παραδοσιακές μεθόδους, το μέγιστο θα εντοπιζόταν με «παίξιμο» των διακοπών με τυχαίο ψάξιμο από συνδυασμό σε συνδυασμό διότι ο τύπος της συνάρτησης  $f(s)$  δεν είναι γνωστός. Αντίθετα με τους γενετικούς αλγορίθμους δεν συμβαίνει κάτι τέτοιο καθώς οι διακόπτες μπορούν και κωδικοποιούνται ως συμβολοσειρές (διανύσματα). Έτσι μπορεί να θεωρηθεί ότι η συμβολοσειρά έχει μήκος πέντε όπου ο κάθε διακόπτης αντιστοιχεί σε μία θέση. Μια τυχαία δυαδική κωδικοποίηση είναι 11100 που αντιστοιχεί στους τρεις πρώτους διακόπτες να είναι ανοικτοί και οι δύο τελευταίοι διακόπτες να είναι κλειστοί αν υποθέσουμε ότι το 0 αντιστοιχεί στο off και το 1 αντιστοιχεί στο on. Το παραπάνω πρόβλημα όπως και όλα τα προβλήματα που επιλύονται με γενετικούς αλγορίθμους μπορεί να κωδικοποιηθεί με οποιοδήποτε τρόπο γεγονός που επιτρέπει στους αλγορίθμους να κάνουν παράλληλη επεξεργασία δεδομένων.

**Οι Γ.Α. κάνουν αναζήτηση σε πολλά σημεία ταυτόχρονα και όχι μόνο σε ένα.**

Σε πολλές μεθόδους βελτιστοποίησης η επεξεργασία γίνεται βήμα προς βήμα, πηγαίνοντας προσεκτικά από σημείο σε σημείο του πεδίου ορισμού του προβλήματος. Η διαδικασία αυτή όμως ενέχει κινδύνους και ο κυριότερος από αυτούς είναι ο περιορισμός της αναζήτησης σε μία περιοχή τοπικού ακροτάτου που δεν είναι ολικό. Οι Γ.Α. εξαλείφουν αυτόν τον κίνδυνο ενεργώντας ταυτόχρονα πάνω σε ένα ευρύ σύνολο σημείων (συμβολοσειρών)

έτσι μπορούν να “ανεβαίνουν” ταυτόχρονα πολλούς λόφους (hill-climbing) εκμεταλλευόμενοι πολύ καλά την πληροφορία, ελαχιστοποιώντας έτσι την πιθανότητα να βρουν μια λάθος κορυφή. Ένας γενετικός αλγόριθμος δηλαδή αρχίζει το ψάξιμό του από ένα πληθυσμό συνδυασμών συμβολοσειρών (όπως στο προηγούμενο παράδειγμα) και κατόπιν παράγει διαδοχικά καινούριους.

Στη συνέχεια δημιουργούνται νέοι πληθυσμοί κατά τη διαδικασία αυτή που συγκλίνουν στην επιθυμητή λύση και έτσι επιλέγοντας ένα πληθυσμό που να καλύπτει αντιπροσωπευτικά ένα μεγάλο εύρος τιμών μπορούν να προκύψουν ικανοποιητικά αποτελέσματα σε αντίθεση με τις παραδοσιακές μεθόδους που θα έκαναν αναζήτηση από σημείο σε σημείο.

### **Οι Γ.Α. χρησιμοποιούν μόνο την αντικειμενική συνάρτηση και καμιά επιπρόσθετη πληροφορία.**

Πολλές μέθοδοι αναζήτησης απαιτούν αρκετές βοηθητικές πληροφορίες για τη συνάρτηση που επεξεργάζονται. Οι αλγόριθμοι δεν χρησιμοποιούν τέτοιου είδους πληροφορίες αλλά μόνο την πληροφορία που περιέχεται στην αντικειμενική συνάρτηση γεγονός που τους κάνει πολύ ευέλικτους. Με την πάροδο των χρόνων όμως έχουν αναπτυχθεί νέες μορφές αλγορίθμων που αξιοποιούν τις βοηθητικές πληροφορίες (knowledge-based genetic algorithms).

### **Οι Γ.Α. χρησιμοποιούν πιθανοθεωρητικούς κανόνες μετάβασης και όχι ντετερμινιστικούς.**

Η χρήση πιθανοτικών κανόνων μετάβασης είναι κυρίαρχο γνώρισμα των γενετικών αλγορίθμων χωρίς αυτό όμως να δηλώνει ότι όλη η διαδικασία βασίζεται στην τύχη. Ωστόσο η διαδικασία που δεν μπορεί να δώσει πολύ καλά αποτελέσματα αναγκάζεται να συμπεριλάβει το στοιχείο της τύχης με συνήθη εφαρμογή σε προβλήματα πειραματικής προσέγγισης.

### 3.2.1 Μαθηματικές Τεχνικές προβλημάτων βελτιστοποίησης

Η μαθηματική διατύπωση όλων των προβλημάτων βελτιστοποίησης ακολουθεί την εξής γενική μορφή διατύπωσης όλων των προτύπων μαθηματικού προγραμματισμού:

$$\begin{aligned} & \text{Min or max } f(x_1, \dots, x_n) \\ & \text{s.t } g_i(x_1, \dots, x_n) \begin{cases} \leq \\ = \\ \geq \end{cases} b_i, \quad i=1, \dots, n \end{aligned} \quad (3.1)$$

όπου  $f, g_1, \dots, g_n$  είναι οι δοσμένες συναρτήσεις των μεταβλητών απόφασης  $x_1, \dots, x_n$  και  $b_1, \dots, b_n$  είναι οι παράμετροι των περιορισμών. Οι μαθηματικές τεχνικές διακρίνονται σε δύο κατηγορίες :

α) αυτές που απαιτούν η αντικειμενική συνάρτηση και οι περιορισμοί να έχουν μία συγκεκριμένη μορφή όπως είναι ο Γραμμικός, Δυναμικός, Ακέραιος και μη Γραμμικός Προγραμματισμός.

β) αυτές οι μέθοδοι που δεν υπάρχει συγκεκριμένη απαίτηση και ονομάζονται ευρεστικές και ακολουθούν μια διαδικασία διαρκούς αναζήτησης μέχρι τη βελτιστοποίηση της ζητούμενης συνάρτησης.

### 3.3 Περιγραφή των Γενετικών Αλγορίθμων

Μια από τις σημαντικότερες ευρεστικές μεθόδους είναι οι Γενετικοί Αλγόριθμοι που η πρώτη τους εμφάνιση χρονολογείται στις αρχές του 1950, όταν διάφοροι επιστήμονες από το χώρο της βιολογίας αποφάσισαν να χρησιμοποιήσουν υπολογιστές στην προσπάθεια τους να προσομοιώσουν πολύπλοκα βιολογικά συστήματα. Οι Γενετικοί Αλγόριθμοι βασίζονται στις αρχές της Βιολογικής Εξέλιξης και της Κληρονομικότητας και απεικονίζουν μία ομάδα υποψήφιων λύσεων (αρχικός πληθυσμός) στην περιοχή εφικτότητας του προβλήματος. Χρησιμοποιούν ορολογία δανεισμένη από το χώρο της Φυσικής Γενετικής και αναφέρονται σε άτομα (**individuals**) ή γενότυπους (**genotypes**) μέσα σε έναν πληθυσμό. Κάθε άτομο ή γενότυπος αποτελείται από χρωμοσώματα (**chromosomes**) αλλά απλοποιητικά αναφερόμαστε συνήθως σε άτομα με ένα μόνο χρωμόσωμα. Τα χρωμοσώματα αποτελούνται από γονίδια (**genes**) που είναι διατεταγμένα σε γραμμική ακολουθία και κάθε ένα από αυτά τα γονίδια επηρεάζει την κληρονομικότητα ενός ή περισσοτέρων χαρακτηριστικών. Τα γονίδια όπως είναι γνωστό επηρεάζουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά γνωρίσματα του ατόμου που βρίσκονται σε συγκεκριμένες θέσεις του χρωμοσώματος (*loci*) και κάθε χαρακτηριστικό γνώρισμα του ατόμου έχει τη δυνατότητα να εμφανιστεί με διάφορες μορφές, ανάλογα με την κατάσταση στην οποία βρίσκεται το συγκεκριμένο γονίδιο που το επηρεάζει. Οι τιμές αυτές του χαρακτηριστικού γνωρίσματος που μπορεί να πάρει το γονίδιο ονομάζονται αλληλόμορφα ενός γονιδίου (**alleles**)<sup>1</sup>. Το κάθε άτομο αναπαριστά μια πιθανή λύση σε ένα πρόβλημα και η «αποκωδικοποίηση» ενός συγκεκριμένου χρωμοσώματος ονομάζεται **φαινότυπος (phenotype)**. Στους γενετικούς αλγορίθμους αναφερόμαστε στην ιδέα της εξέλιξης μέσω **φυσικής επιλογής (selection)**<sup>2</sup>, **διασταύρωσης (crossover)**<sup>3</sup> και **γενετικής μετάλλαξης**

(**mutation**)<sup>4</sup>, που αποτελούν τους γενετικούς τελεστές οι οποίοι περιγράφονται λεπτομερώς παρακάτω.

<sup>1</sup> Στη βιολογία **αλληλόμορφα** ενός γονιδίου καλούνται διαφορετικές αλληλουχίες DNA που έχουν την ίδια θέση σ'ένα ζευγάρι ομόλογων χρωμοσωμάτων και κωδικοποιούν την έκφραση διαφορετικών παραλλαγών ενός χαρακτηριστικού. Στον άνθρωπο τα αλληλόμορφα ενός γονιδίου είναι υπεύθυνα για παράδειγμα για το χρώμα των ματιών (σκουρόχρωμη ή ανοιχτόχρωμη ίριδα), τα αλληλόμορφα ενός άλλου γονιδίου για το σχήμα του λοβού του αυτιού και πολλά άλλα.

<sup>2</sup> **Φυσική επιλογή** είναι η διαδικασία εξέλιξης των ειδών μέσω της οποίας οι οργανισμοί που είναι καλύτερα προσαρμοσμένοι στο περιβάλλον αφήνουν περισσότερους απογόνους από εκείνους που είναι λιγότερο προσαρμοσμένοι. Η θεωρία της φυσικής επιλογής διατυπώθηκε επίσημα το 1858 από τους Κάρολο Δαρβίνο και τον Alfred Russel Wallace, που πραγματοποιούσαν εκείνη την περίοδο ανεξάρτητες μεταξύ τους έρευνες. Στηρίζεται στην παρατήρηση πως ορισμένες διαφορές μεταξύ των ατόμων σε ένα πληθυσμό είναι κληρονομήσιμες.

<sup>3</sup> Στη βιολογία, **διασταύρωση** είναι η ανάμιξη του γενετικού κώδικα(DNA) των δύο γονέων κατά την αναπαραγωγή. Το αποτέλεσμα είναι ένας νέος γενετικός κώδικας που αποτελείται από μέρος των και των δύο. Ένας τρόπος διασταύρωσης είναι ο ενιαίου τύπου, όπου μια σειρά γενετικού κώδικα κομμένη σ'ένα σημείο από κάθε γονέα ενώνεται σε μία και περνάει στον απόγονο.



<sup>4</sup> Στη βιολογία, με τον όρο **γενετική μετάλλαξη** χαρακτηρίζεται οποιαδήποτε μεταβολή που μπορεί να συμβεί στο γενετικό υλικό ενός οργανισμού.

Γενικά ο αλγόριθμος λειτουργεί ως εξής:

Καθορίζεται ο αρχικός πληθυσμός που τον αποτελεί ένα σύνολο πιθανών λύσεων. Κάθε πιθανή λύση κωδικοποιείται σε μία συμβολοσειρά (διάνυσμα ή χρωμόσωμα) και κάθε μια συμβολοσειρά (χρωμόσωμα) αποτελείται από γονίδια που αντιστοιχούν σε παραμέτρους του αρχικού προβλήματος. Οι συμβολοσειρές αξιολογούνται με βάση τη συνάρτηση καταλληλότητας (fitness function) που στην παρούσα εργασία είναι ο λόγος ωφελειών-κόστους (B/C ratio). Αν κάποιο διάνυσμα δίνει τη βέλτιστη λύση ή αν υπάρχει άλλο κριτήριο (πχ χρόνος εκτέλεσης αλγορίθμου, ποσοστό βελτίωσης λύσης) ο αλγόριθμος ολοκληρώνεται. Με βάση την καταλληλότητά τους, οι συμβολοσειρές επιλέγονται για τη δημιουργία απογόνων με την εφαρμογή τριών γενετικών τελεστών :

- α) **επιλογή γονέων (φυσική επιλογή)** που εγγυάται ότι τα χρωμοσώματα με την καλύτερη καταλληλότητα θα μεταβιβάζονται στους μελλοντικούς πληθυσμούς
- β) **τελεστής διασταύρωσης** που με τη χρήση του ο γενετικός αλγόριθμος συνδυάζει γονίδια από χρωμοσώματα δύο γονέων και παράγει δύο νέα χρωμοσώματα (απογόνους), τα οποία έχουν μεγάλη πιθανότητα να έχουν καλύτερη καταλληλότητα από τους γονείς τους
- γ) **μετάλλαξη** που επιτρέπει να ελεγχθούν νέες πιθανές περιοχές εφικτότητας διότι αλλάζει αυθαίρετα ένα ή περισσότερα γονίδια ενός

συγκεκριμένου χρωμοσώματος και έτσι εξυπηρετεί την εισαγωγή νέων πιθανών λύσεων

Οι γενετικοί αλγόριθμοι πρέπει να αντιμετωπίζονται ως μια ιδεατή προσομοίωση μιας φυσικής διαδικασίας καθώς οι τελεστές αποτελούν απεικόνιση διαδικασιών της βιολογίας. Οι πιο ικανές λύσεις για ένα συγκεκριμένο πρόβλημα συνεχίζουν να εξελίσσονται και ανασυνδυάζονται τυχαία μέχρις ότου να επιβιώσουν οι καλύτερες και παρατηρείται συνήθως ότι όσο περισσότερες γενιές περνούν τόσο καλύτερες λύσεις βρίσκονται (Holland 1975, Goldberg 1989).

Ένα πρόβλημα που επιλύεται με τη βοήθεια των γενετικών αλγορίθμων πρέπει να αποτελείται από τα εξής :

- ❖ Μια γενετική αναπαράσταση των πιθανών λύσεων του προβλήματος (συμβολοσειρά)
- ❖ Έναν τρόπο δημιουργίας ενός αρχικού πληθυσμού από πιθανές λύσεις (αρχικοποίηση)
- ❖ Μια αντικειμενική συνάρτηση αξιολόγησης των μελών του πληθυσμού
- ❖ Γενετικούς τελεστές για τη δημιουργία νέων λύσεων
- ❖ Τιμές για τις διάφορες παραμέτρους που χρησιμοποιεί ο γενετικός αλγόριθμος όπως μέγεθος πληθυσμού, πιθανότητες εφαρμογής των γενετικών τελεστών.

### 3.3.1 Πλεονεκτήματα Γενετικών Αλγορίθμων

Μερικά από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα που έχει η χρήση των Γενετικών Αλγορίθμων για την επίλυση προβλημάτων είναι τα εξής (Λυκοθανάσης 1999) :

- **Μπορούν να επιλύουν δύσκολα προβλήματα γρήγορα και αξιόπιστα**

Ένας από τους σημαντικότερους λόγους χρήσης των Γ.Α είναι η μεγάλη τους αποδοτικότητα διότι προβλήματα που έχουν πολλές ,δύσκολα προσδιορισμένες λύσεις μπορούν να αντιμετωπιστούν καλύτερα .Επιπλέον συναρτήσεις που παρουσιάζουν μεγάλες διακυμάνσεις και καθιστούν ανεπαρκείς άλλες μεθόδους για την εύρεση των ακροτάτων τους για τους αλγορίθμους δεν αποτελούν σημεία δυσχέρειας .

- **Μπορούν εύκολα να συνεργαστούν με τα υπάρχοντα μοντέλα και συστήματα**

Οι Γ.Α προσφέρουν το σημαντικό πλεονέκτημα της χρήσης τους με προσθετικό τρόπο στα μοντέλα που χρησιμοποιούνται σήμερα χωρίς να υπάρχει ανάγκη επανασχεδίασής τους. Μπορούν να συνεργαστούν με τον υπάρχοντα κώδικα διότι χρησιμοποιούν μόνο πληροφορίες της διαδικασίας ή συνάρτησης που πρόκειται να βελτιστοποιήσουν χωρίς να ενδιαφέρει άμεσα ο ρόλος της μέσα στο σύστημα ή η όλη δομή του συστήματος .

- **Είναι εύκολα επεκτάσιμοι και εξελίξιμοι**

Σε πολλές εφαρμογές ,έχουν αναφερθεί λειτουργίες των Γ.Α που δεν είναι δανεισμένες από τη φύση ή που έχουν υποστεί σημαντικές αλλαγές πάντα προς όφελος της απόδοσης .Παραλλαγές στο βασικό

σχήμα δεν είναι απλά αναγκαίες αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις επιβάλλονται.

- **Μπορούν να συμμετέχουν σε υβριδικές μορφές με άλλες μεθόδους**

Η ισχύς των Γ.Α είναι μεγάλη αλλά σε μερικές ειδικές περιπτώσεις προβλημάτων όπου άλλες μέθοδοι συμβαίνει να έχουν πολύ υψηλή αποδοτικότητα, λόγω εξειδίκευσης, υπάρχει η δυνατότητα χρησιμοποίησης ενός υβριδικού σχήματος Γ.Α με άλλη μέθοδο χάρη στην μεγάλη ευελιξία που παρουσιάζουν.

- **Εφαρμόζονται σε πολλά περισσότερα πεδία από κάθε άλλη μέθοδο**

Το χαρακτηριστικό που τους εξασφαλίζει αυτό το πλεονέκτημα είναι η ελευθερία επιλογής των κριτηρίων που καθορίζουν την επιλογή μέσα στο τεχνικό περιβάλλον. Έτσι Γ.Α μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην οικονομία, στο σχεδιασμό μηχανών και στην επίλυση μαθηματικών εξισώσεων .

- **Δεν απαιτούν περιορισμούς στις συναρτήσεις που επεξεργάζονται**

Οι αλγόριθμοι υπερέχουν έναντι πολλών παραδοσιακών μεθόδων που θεωρούνται δύσκαμπτες και ακατάλληλες για πολλά προβλήματα διότι δεν απαιτούν περιορισμούς στις συναρτήσεις που επεξεργάζονται όπως πχ ύπαρξη παραγόντων, συνέχειας με αποτέλεσμα να καθίστανται κατάλληλοι για μεγάλο φάσμα προβλημάτων .

- **Δεν ενδιαφέρει η σημασία της υπό εξέταση πληροφορίας**

Οι Γ.Α αντιλαμβάνονται μόνο τη σημασία της αντικειμενικής συνάρτησης ανεξάρτητα από τη φύση του προβλήματος .Αυτό βέβαια

δεν σημαίνει ότι όλα τα προβλήματα μπορούν να επιλυθούν με τη βοήθεια των αλγορίθμων. Στις περιπτώσεις όμως που αυτό συμβαίνει, αιτία είναι η φύση του χώρου που ερευνούν και όχι το πληροφοριακό περιεχόμενο του προβλήματος.

- **Έχουν από τη φύση τους το στοιχείο του παραλληλισμού**

Οι Γ.Α σε κάθε τους βήμα επεξεργάζονται μεγάλες ποσότητες πληροφορίας αφού κάθε άτομο θεωρείται αντιπρόσωπος πολλών άλλων. Η αναλογία αυτή έχει υπολογιστεί και έχει βρεθεί ότι 10 άτομα αντιπροσωπεύουν περίπου 1000. Είναι προφανές λοιπόν ότι μπορούν να καλύψουν με αποδοτικό ψάξιμο μεγάλους χώρους σε μικρούς χρόνους.

- **Είναι μια μέθοδος που κάνει ταυτόχρονα εξερεύνηση του χώρου αναζήτησης και εκμετάλλευση της ήδη επεξεργασμένης πληροφορίας**

Ο συνδυασμός αυτός σπάνια συναντάται σε οποιαδήποτε άλλη μέθοδο. Με το τυχαίο ψάξιμο γίνεται καλή εξερεύνηση του χώρου αλλά δεν γίνεται εκμετάλλευση της πληροφορίας. Αντίθετα με το hill-climbing γίνεται καλή εκμετάλλευση της πληροφορίας αλλά όχι καλή εξερεύνηση. Τα δύο παραπάνω χαρακτηριστικά είναι ανταγωνιστικά και το επιθυμητό είναι να συνυπάρχουν και τα δύο προς όφελος της όλης διαδικασίας. Οι Γενετικοί Αλγόριθμοι επιτυγχάνουν τον βέλτιστο συνδυασμό εξερεύνησης και εκμετάλλευσης γεγονός που τους κάνει ιδιαίτερα αποδοτικούς και ελκυστικούς στη χρήση τους.

- **Επιδέχονται παράλληλη υλοποίηση**

Οι Γενετικοί Αλγόριθμοι μπορούν να εκμεταλλευτούν τα πλεονεκτήματα των παράλληλων μηχανών διότι λόγω της φύσης τους μπορούν να δεχτούν παράλληλη υλοποίηση. Το χαρακτηριστικό τους αυτό αυξάνει ακόμη περισσότερο την απόδοση τους ενώ σπάνια συναντάται σε ανταγωνιστικές μεθόδους.

### **3.3.2 Διαδικασίες Γενετικών Αλγορίθμων και Τελεστές Απεικόνισης στο μοντέλο της εργασίας**

Στην παρούσα διπλωματική εργασία για την ανάπτυξη της βελτιστοποίησης της τιμολόγησης χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Επίλυσης Γενετικών Αλγορίθμων για το Microsoft excel Evolver 4.0 που έχει τη δυνατότητα να βρίσκει τη βέλτιστη λύση σε προβλήματα που δεν μπορούν να επιλυθούν με γραμμικό ή μη γραμμικό προγραμματισμό.

#### **Διασταύρωση**

Η διασταύρωση χρησιμοποιείται για τη δημιουργία του νέου πληθυσμού από τον υπάρχοντα (ή τον αρχικό). Από τα αρχικά διανύσματα, έχουν επιλεγεί τα καλύτερα και πρέπει να διασταυρωθούν ώστε να προκύψει ο νέος πληθυσμός (**Gen και Cheng, 1999**). Στην ομοιόμορφη διασταύρωση που χρησιμοποιείται, για κάποια συγκεκριμένη προκαθορισμένη πιθανότητα (crossover rate), επιλέγεται το ποσοστό των στοιχείων κάθε διανύσματος που θα διασταυρωθεί. Τα στοιχεία του κάθε διανύσματος που θα διασταυρωθούν επιλέγονται τυχαία. Λόγου χάρη, πιθανότητα διασταύρωσης 0.4 σημαίνει ότι

θα διασταυρωθεί το 40% των στοιχείων του κάθε διανύσματος και για τα δύο διανύσματα [1 3 5 7 9] και [2 4 6 8 10] μια πιθανή διασταύρωση θα είναι τα δύο νέα διανύσματα [2 3 10 7 9] και [1 4 6 8 5]. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε **πιθανότητα διασταύρωσης 0.2** που επιλέχθηκε έπειτα από ανάλυση ευαισθησίας γύρω από τις παραμέτρους του γενετικού αλγορίθμου όπως παρουσιάζεται παρακάτω.

### Μετάλλαξη

Η μετάλλαξη πραγματοποιείται με μια συγκεκριμένη πιθανότητα (mutation rate). Για κάθε στοιχείο καθενός διανύσματος (γονίδιο) παράγεται ένας τυχαίος αριθμός (από 0 έως 1), ο οποίος συγκρίνεται με την πιθανότητα μετάλλαξης. Αν είναι μικρότερος της πιθανότητας αυτής, το στοιχείο του διανύσματος (γονίδιο) αντικαθίσταται από τυχαίο αριθμό που ανήκει στο εύρος τιμών των στοιχείων του διανύσματος. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε **πιθανότητα μετάλλαξης 0.1** που επιλέχθηκε έπειτα από ανάλυση ευαισθησίας γύρω από τις παραμέτρους του γενετικού αλγορίθμου όπως παρουσιάζεται παρακάτω.

### Αντικατάσταση πληθυσμού

Αφού αξιολογηθούν, αναπαραχθούν και μεταλλαχθούν τα διανύσματα του πληθυσμού, πρέπει να δημιουργηθεί ο νέος πληθυσμός, ο οποίος και θα χρησιμοποιηθεί για την επανάληψη της διαδικασίας του γενετικού αλγόριθμου. Για τον νέο πληθυσμό, τα χειρότερα διανύσματα του παλαιού πληθυσμού αντικαθίστανται από τα καλύτερα νέα και δημιουργείται ο νέος πληθυσμός. Πρόκειται για την πιο διαδεδομένη μέθοδο αντικατάστασης (Eiben και Smith, 2003) σε γενετικό αλγόριθμο.

## Περιορισμοί

Οι περιορισμοί του αρχικού προτύπου ελέγχονται εσωτερικά από το γενετικό αλγόριθμο και στην παρούσα εργασία λαμβάνονται από το λογισμικό ως σκληρές μεταβλητές (hard constraints) δηλαδή κάθε λύση που δεν ικανοποιεί έστω και έναν από αυτούς απορρίπτεται.

## Τερματισμός Αλγορίθμου

Ο αλγόριθμος τερματίζεται όταν δεν μπορεί να βρεθεί λύση η οποία να βελτιώνεται περισσότερο από 1% μετά από 6000 επαναλήψεις (stopping condition).

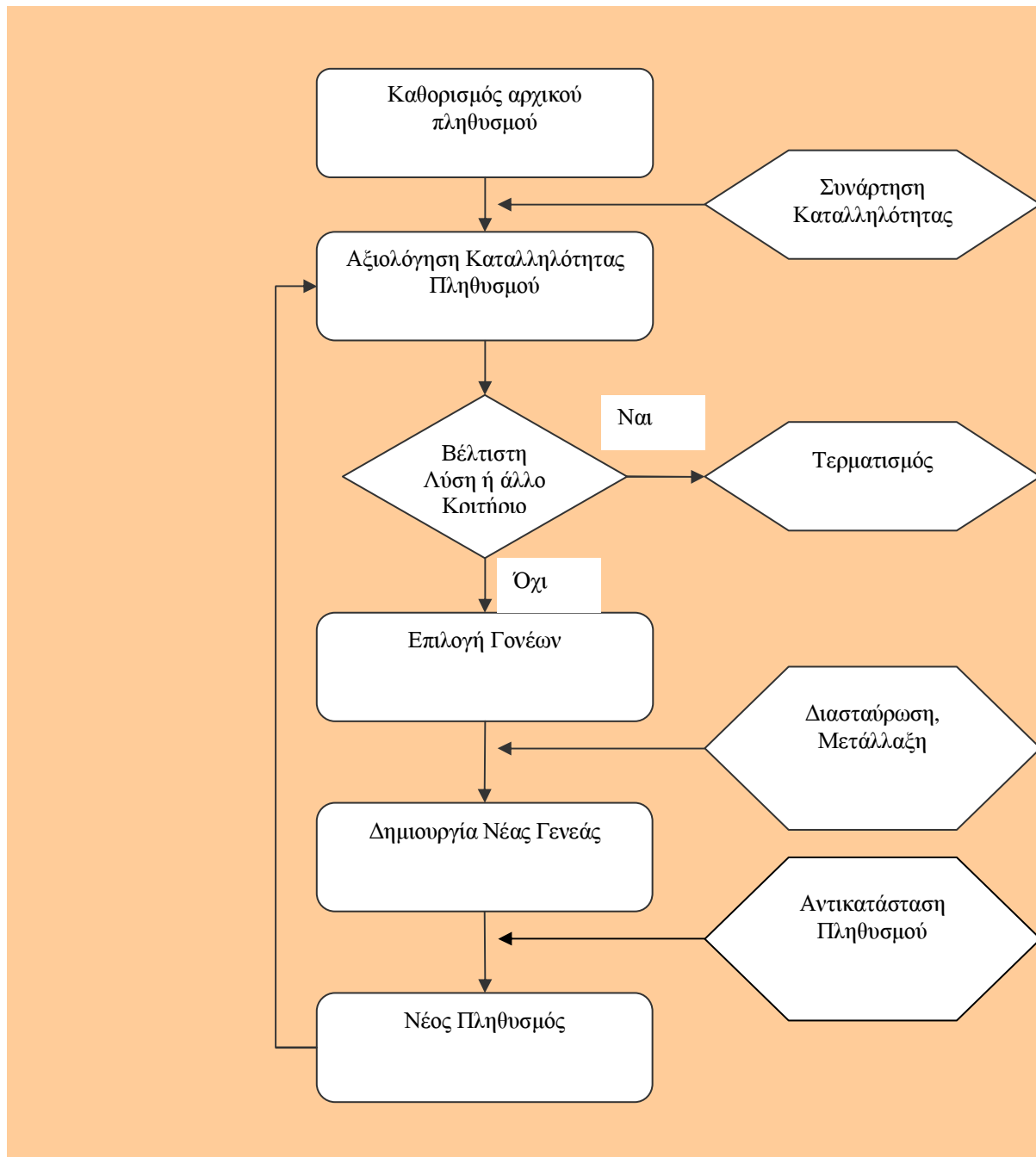
### 3.3.3 Ανάλυση ευαισθησίας παραμέτρων του γενετικού αλγορίθμου

Πριν τη διαδικασία υπολογισμού του βέλτιστου λόγου κόστους –ωφελειών με τη μέθοδο των γενετικών αλγορίθμων είναι απαραίτητη η επιλογή του ποσοστού των στοιχείων κάθε διανύσματος που θα διασταυρωθεί δηλαδή η πιθανότητα διασταύρωσης και η πιθανότητα μετάλλαξης. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά για διάφορους συνδυασμούς τιμών διασταύρωσης και μετάλλαξης οι αντίστοιχοι λόγοι ωφελειών-κόστους που προκύπτουν από την υπολογιστική διαδικασία και έπειτα επιλέγεται ο συνδυασμός που αντιστοιχεί στο βέλτιστο λόγο αφού όπως φαίνεται τα αποτελέσματα διαφέρουν ελάχιστα μεταξύ τους. Στην ανάλυση ευαισθησίας της πιθανότητας της μετάλλαξης και της διασταύρωσης ως πληθυσμός λύσεων επιλέγεται το πλήθος  $n=40$ .



Πίνακας 3.1 : Ανάλυση ευαισθησίας παραμέτρων

Πιθανότητα διασταύρωσης	Πιθανότητα Μετάλλαξης	B/C	Πιθανότητα διασταύρωσης	Πιθανότητα Μετάλλαξης	B/C
0,1	0,02	0.944	0,4	0,05	0.954
0,1	0,05	0.931	0,5	0,01	0.919
0,1	0,1	0.955	0,5	0,02	0.920
0,1	0,01	0.941	0,5	0,10	0.958
0,2	0,02	0.935	0,5	0,10	0.958
<b>0,2</b>	<b>0,1</b>	0.961	0,6	0,01	0.859
0,2	0,01	0.951	0,6	0,1	0.923
0,3	0,1	0.960	0,2	0,05	0.928
0,3	0,01	0.926	0,3	0,05	0.948
0,3	0,02	0.933			
0,4	0,01	0.947			
0,4	0,02	0.911			
0,4	0,1	0.951			



**Σχήμα 3.2:** Η δομή του Γενετικού Αλγόριθμου

**Πηγή:** Eiben , Smith (2003) “ Introduction to Evolutionary Computing”

Στο σχήμα 3.2 απεικονίζονται οι γενικές διαδικασίες ενός τυπικού γενετικού αλγορίθμου και οι τελεστές απεικόνισης του που περιγράφηκαν παραπάνω.

### 3.4 Μεθοδολογία επίλυσης του προβλήματος

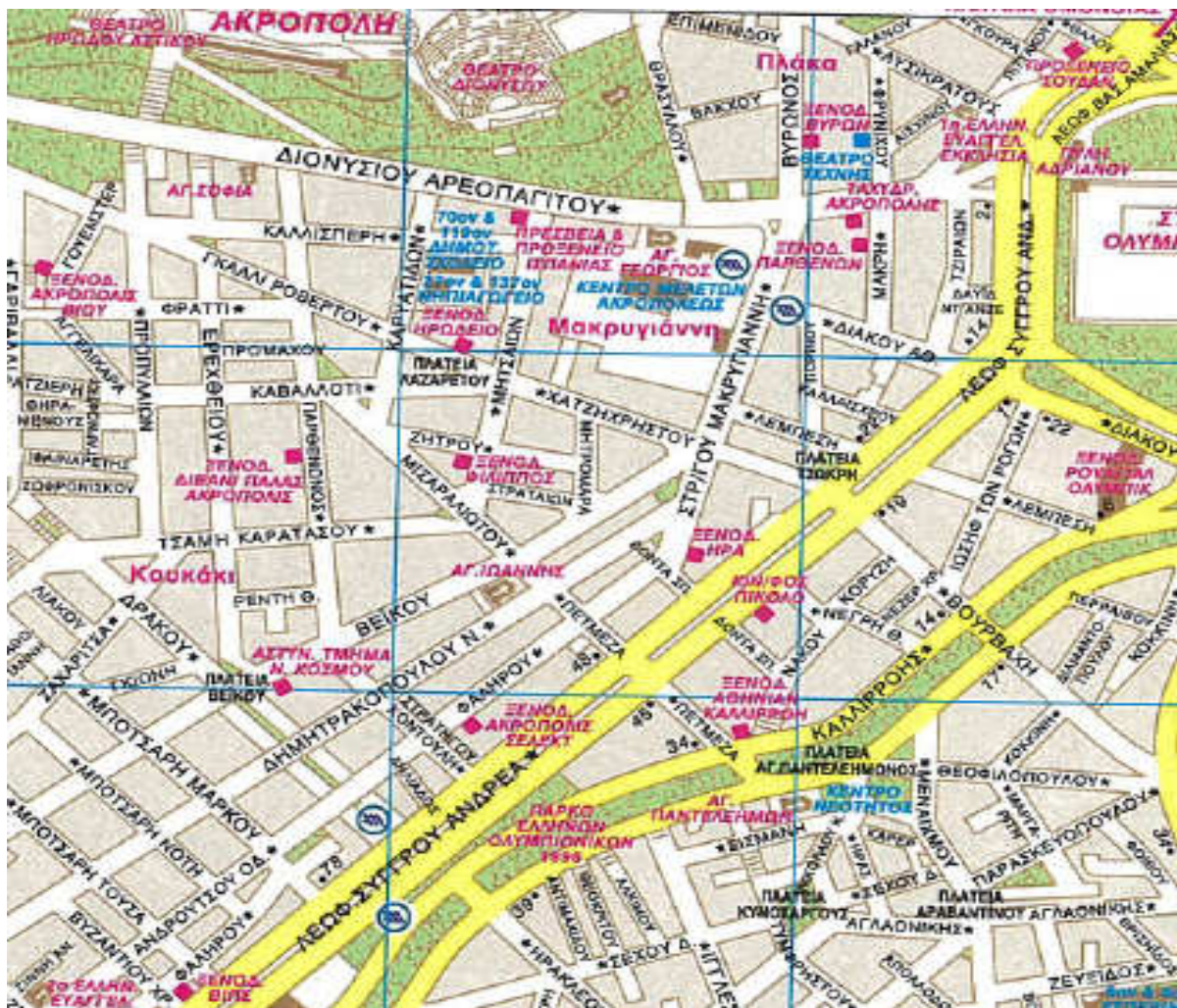
#### 3.4.1 Περιγραφή των χαρακτηριστικών του σταθμού μετεπιβίβασης Συγγρού-Φιξ

Το μοντέλο βελτιστοποίησης της τιμολόγησης των σταθμών μετεπιβίβασης που παρουσιάζεται στην παρούσα διπλωματική εργασία θα χρησιμοποιήσει δεδομένα που έχουν προκύψει έπειτα από μελέτη δύο ετών ενός υφιστάμενου σταθμού μετεπιβίβασης του δικτύου αττικού μετρό, τον σταθμό μετεπιβίβασης Φιξ, που βρίσκεται στα όρια του κέντρου της Αθήνας. Ο συγκεκριμένος σταθμός μετεπιβίβασης έχει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που τον διαχωρίζουν από τις υπόλοιπες εγκαταστάσεις στάθμευσης που βρίσκονται κοντά σε σταθμούς του δικτύου του μετρό κοντά στα προάστια της Αθήνας. Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του συνοψίζονται στα εξής:

- Ο χώρος στάθμευσης του Φιξ βρίσκεται κοντά στο κέντρο της Αθήνας σε απόσταση λιγότερη από 2 χλμ.
- Η πρόσβαση στο σταθμό Φιξ πραγματοποιείται μέσω της λεωφόρου Συγγρού (ταχείας κυκλοφορίας).
- Ο σταθμός βρίσκεται στα όρια του δακτυλίου στον οποίο επιτρέπεται η διέλευση οχημάτων ανάλογα με την ημέρα.
- Η περιοχή γύρω από το σταθμό είναι πυκνοκατοικημένη και έχει έναν αρκετά μεγάλο αριθμό από εμπορικά κέντρα και χώρους αναψυχής με

αποτέλεσμα οι ανάγκες στάθμευσης να εκτείνονται καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας και νύχτας για όλη την εβδομάδα.

- Η διαθεσιμότητα χώρων στάθμευσης είναι περιορισμένη στους κατοίκους της περιοχής καθώς οι υπάρχοντες χώροι σε ακτίνα 2 χλμ από τον σταθμό του Φιξ έχουν χωρητικότητα περίπου 1000 θέσεων παρά την οδό, με συνήθη κατάσταση την παράνομη στάθμευση.
- Αποτελείται από 6 υπόγεια επίπεδα χωρητικότητας 642 θέσεων και συνδέεται απευθείας μέσω υπόγειας διόδου με τον ομώνυμο σταθμό του μετρό



Σχήμα 3.3: Μετρό του Συγγρού –Φιξ και σταθμός μετεπιβίβασης

Από τα παραπάνω είναι προφανές ότι ο σταθμός Φιξ εξαιτίας της τοποθεσίας και των χαρακτηριστικών του έχει τη δυνατότητα να εξυπηρετεί διαφορετικά είδη χρηστών του μετρό τα οποία μπορούν να χωριστούν σε τρεις κατηγορίες:

- 1.Χρήστες του μετρό που συνδυάζουν το μετρό και το ιδιωτικό τους όχημα προκειμένου να φτάσουν στον προορισμό τους
- 2.Άλλοι χρήστες που σταθμεύουν στον σταθμό μετεπιβίβασης και έχουν πρόσβαση στις γειτονικές δραστηριότητες
- 3.Μόνιμοι κάτοικοι της περιοχής που έχουν τη δυνατότητα να σταθμεύσουν στο χώρο του σταθμού μετεπιβίβασης.

Η πολιτική του δικτύου της Αττικό Μετρό είναι πρώτιστα η εξυπηρέτηση των χρηστών του μετρό και η επίτευξη της οικονομικής βιωσιμότητας των σταθμών με τη μέγιστη δυνατή διάρκεια. Για την επίτευξη αυτών των στόχων, ο ιδιωτικός φορέας εκμετάλλευσης στόχευσε στην παροχή κινήτρων όπως είναι οι χαμηλές χρεώσεις, ιδιαίτερα για μεγάλη διάρκεια στάθμευσης, μόνο στους χρήστες του μετρό. Οι υπόλοιποι χρήστες αποφασίστηκε ότι θα πρέπει να πληρώνουν υψηλό κόμιστρο προκειμένου να χρησιμοποιήσουν το χώρο στάθμευσης. Ο σταθμός αυτός αποφασίστηκε να λειτουργεί 24 ώρες το 24ωρο για όλες τις ημέρες της εβδομάδας. Η χρέωση για το Σαββατοκύριακο αποφασίστηκε να είναι χαμηλή για όλες τις κατηγορίες χρηστών, έχοντας ως στόχο την προσέλκυση καταναλωτών που επιθυμούν να προσεγγίσουν την κεντρική περιοχή της Αθήνας για τις αγορές τους. Αντίθετα οι βραδινές χρεώσεις του Σαββατοκύριακου είναι υψηλές προκειμένου να αποφευχθεί η ολονύχτια στάθμευση από κατοίκους της περιοχής που χρησιμοποίησαν στη διάρκεια της ημέρας το δίκτυο του μετρό.

Η αρχή διαχείρισης του δικτύου του Αττικού Μετρό έχει καθιερώσει μια σειρά από κανονισμούς λοιπόν που ισχύουν στο χώρο στάθμευσης του σταθμού μετεπιβίβασης Συγγρού-Φιξ οι οποίοι είναι οι εξής :

- Λειτουργία του χώρου στάθμευσης 24ώρες /24ωρο για τις 7 ημέρες της εβδομάδας
- Διαφορετικά επίπεδα τιμολόγησης για τις διάφορες κατηγορίες χρηστών στη διάρκεια των εργάσιμων ημερών
  - ❖ Χαμηλότερες χρεώσεις για τους χρήστες του μετρό
  - ❖ Υψηλότερες χρεώσεις για τους υπόλοιπους χρήστες
  - ❖ Σταθερές χρεώσεις για τους κατοίκους (στην παρούσα εργασία δεν λαμβάνονται υπόψη οι μόνιμοι κάτοικοι ως κατηγορία)
- Ενιαία τιμολόγηση για όλες τις κατηγορίες χρηστών το Σαβ/κο
- Η τιμολόγηση προκύπτει ως συνάρτηση της διάρκειας στάθμευσης
  - ❖ Στάθμευση μικρής διάρκειας :0-7 ώρες
  - ❖ Στάθμευση μεγάλης διάρκειας :7-11 ώρες
  - ❖ Στάθμευση πολύ μεγάλης διάρκειας : > 11 ώρες

Συνοψίζοντας, η ομαλή και ορθολογική εφαρμογή μιας τιμολόγησης για το χώρο στάθμευσης Συγγρού –Φιξ είναι αναγκαίο να συνυπολογίζει:

- α)την εξυπηρέτηση και προσέλκυση των χρηστών του Μετρό
- β)την οικονομική αποδοτικότητα του σταθμού.

Στα πλαίσια λοιπόν των παραπάνω κρίνονται αναγκαία μέσω της τιμολόγησης:

- Η προσέλκυση –πριμοδότηση χρηστών του Μετρό
- Η μερική αποθάρρυνση πελατών εκτός των ωρών αιχμής όπως μόνιμα σταθμεύοντες κατά τις απογευματινές και βραδινές ώρες
- Η αποκόμιση εσόδων από άλλες κατηγορίες πελατών εκτός των ωρών αιχμής όπως μόνιμα σταθμεύοντες κατά τις απογευματινές και βραδινές ώρες

Με βάση τα παραπάνω χαρακτηριστικά του σταθμού μετεπιβίβασης και τους στόχους που έχει θέσει η αρχή διαχείρισης του σταθμού κρίθηκε στην παρούσα εργασία απαραίτητη η χρήση της μεθόδου των **ευρεστικών αλγορίθμων** για την εύρεση της βέλτιστης τιμολόγησης στο κάθε σενάριο. Πρόκειται για μία πρωτότυπη προσέγγιση στο θέμα της τιμολόγησης καθώς η τιμολόγηση πολλών χώρων στάθμευσης γίνεται με εμπειρικό τρόπο με βάση το κόμιστρο που είναι διατεθειμένος να πληρώσει ο χρήστης αλλά κυρίως με βάση τη τιμολόγηση άλλων ανταγωνιστικών χώρων στάθμευσης της περιοχής.

### 3.4.2 Αναλυτική περιγραφή του μοντέλου επίλυσης

Το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η κατάστρωση ενός μοντέλου βελτιστοποίησης της τιμολόγησης των σταθμών μετεπιβίβασης ώστε να εξασφαλίζονται συγκεκριμένες απαιτήσεις οικονομικής αποδοτικότητας και ελκυστικότητας του χώρου στους χρήστες του Μετρό. Συγκεκριμένα το μοντέλο αυτό χρησιμοποιεί δεδομένα που έχουν προκύψει

έπειτα από μελέτη δύο ετών (2006, 2007) ενός υφιστάμενου σταθμού του δικτύου του αττικού μετρό, τον σταθμό μετεπιβίβασης Συγγρού-Φιξ, που βρίσκεται στα όρια του κέντρου της Αθήνας. Τα δεδομένα αυτά αφορούν στη ζήτηση στάθμευσης κατά το έτος 2008 που υπολογίζεται από το μέσο όρο ζήτησης των δύο προηγούμενων ετών (2006-2007) και το κόστος του σταθμού (τις δαπάνες λειτουργίας του σταθμού συμπεριλαμβανομένων και των δαπανών συντήρησης). Με τη βοήθεια των γενετικών αλγορίθμων που αποτελούν μέθοδο εξελικτικής βελτιστοποίησης, για το κάθε σενάριο τιμολόγησης που θεωρεί διαφορετικό ποσοστό αύξησης της ζήτησης στάθμευσης και κόστους για τον σταθμό για τα έτη (2009-2012) υπολογίζεται:

- ❖ η βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης δηλαδή του λόγου κόστους –ωφελειών που συμπίπτει με την συνάρτηση καταλληλότητας
- ❖ η παρούσα αξία των ωφελειών του σταθμού
- ❖ οι τιμές των παραμέτρων της συνάρτησης κόστους  $a_{jm}$ ,  $b_{jm}$ ,  $c_{jm}$ ,  $d_{jm}$ ,  $e_{jm}$  (στοιχεία της συμβολοσειράς του γενετικού αλγορίθμου) που με αντικατάσταση τους στη συνάρτηση προκύπτουν οι χρεώσεις για τους χρήστες του σταθμού για τις διάφορες ώρες στάθμευσης τους

Υποθέτοντας ότι υπάρχει γραμμική σχέση μεταξύ χρέωσης και της διάρκειας στάθμευσης η παρακάτω συνάρτηση περιγράφει το κόστος στάθμευσης  $c_{jm}$  για κάθε χρήστη που συμβολίζεται ως κατηγορία  $j$  (με εξαίρεση τους μόνιμους κατοίκους) την ημέρα που συμβολίζεται με τον δείκτη  $m$  :

$$C_{jm}(t) = \begin{cases} a_{jm} * (t-1) + b_{jm}, & t \in (0, 7) \\ c_{jm} + d_{jm} * (t-1), & t \in [7, 11) \\ e_{jm}, & t \geq 11 \end{cases} \quad (3.2)$$



Ο δείκτης  $j$  αντιπροσωπεύει την κατηγορία χρηστών:

- 1: αναφέρεται στους χρήστες μετρό
- 2: αναφέρεται στους λοιπούς χρήστες

Ο δείκτης  $m$  αντιπροσωπεύει την κατηγορία ημέρας που μετακινούνται οι χρήστες :

- 1: αναφέρεται στις καθημερινές ημέρες
- 2: αναφέρεται στα Σαβ/κα

$a_{jm}, b_{jm}, c_{jm}, d_{jm}, e_{jm}$  : παράμετροι εξίσωσης προς υπολογισμό

### 3.4.2.1 Αναπαράσταση Συμβολοσειράς

Στόχος της διαδικασίας βελτιστοποίησης είναι ο καθορισμός των τιμών των παραμέτρων τιμολόγησης  $a_{jm}, b_{jm}, c_{jm}, d_{jm}, e_{jm}$ , (όπου ο δείκτης  $j$  αναφέρεται στην κατηγορία χρηστών και ο δείκτης  $m$  αναφέρεται στην κατηγορία ημέρας) για τις οποίες ο λόγος ωφελειών –κόστους (  $B/C$ ) μεγιστοποιείται λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμούς που περιγράφονται παρακάτω. Σε κάθε σενάριο τιμολόγησης που δημιουργείται αντιστοιχεί μια συμβολοσειρά της μορφής :

$$[a_{11} \ b_{11} \ c_{11} \ d_{11} \ e_{11} \ a_{22} \ b_{22} \ c_{22} \ d_{22} \ e_{22} \ a_{21} \ b_{21} \ c_{21} \ d_{21} \ e_{21} \ a_{12} \ b_{12} \ c_{12} \ d_{12} \ e_{12} ] \quad (3.3)$$

όπου  $a_{jm}, b_{jm}$  : παράμετροι της εξίσωσης κόστους για στάθμευση ( $t > 7h$ )

$c_{jm}, d_{jm}$  : παράμετροι της εξίσωσης κόστους για στάθμευση ( $t : 7-11h$ )

$e_{jm}$  : παράμετρος της εξίσωσης κόστους για στάθμευση ( $t > 11h$ )

**Πίνακας 3.2:** Παράμετροι εξίσωσης προς υπολογισμό της συνάρτησης του κόστους

<b>Συνάρτηση κόστους</b> $c = a_{jm} * (t-1) + b_{jm}$					
<b>Χρήστες μετρό</b>			<b>Λοιποί Χρήστες</b>		
<b>Καθημερινές</b>			<b>Καθημερινές</b>		
<b>t (ώρες)</b>	<b>a<sub>jm</sub></b>	<b>b<sub>jm</sub></b>	<b>t(ώρες)</b>	<b>a<sub>jm</sub></b>	<b>b<sub>jm</sub></b>
<7h	a <sub>11</sub>	b <sub>11</sub>	<7h	a <sub>21</sub>	b <sub>21</sub>
7-11h	c <sub>11</sub>	d <sub>11</sub>	7-11h	c <sub>21</sub>	d <sub>21</sub>
>11h		e <sub>11</sub>	>11h		e <sub>21</sub>
<b>Σαβ/κα</b>			<b>Σαβ/κα</b>		
<b>t(ώρες)</b>	<b>a<sub>jm</sub></b>	<b>b<sub>jm</sub></b>	<b>t(ώρες)</b>	<b>a<sub>jm</sub></b>	<b>b<sub>jm</sub></b>
<7h	a <sub>12</sub>	b <sub>12</sub>	<7h	a <sub>22</sub>	b <sub>22</sub>
7-11h	c <sub>12</sub>	d <sub>12</sub>	7-11h	c <sub>22</sub>	d <sub>22</sub>
>11h		e <sub>12</sub>	>11h		e <sub>22</sub>

Το κόστος ανάλογα με τη διάρκεια στάθμευσης για τον κάθε χρήστη του χώρου στάθμευσης-μετεπιβίβασης ορίζεται από τη συνάρτηση κόστους που έχει ως παραμέτρους τα  $a_{jm}$  και  $b_{jm}$  του παραπάνω πίνακα. Οι παράμετροι αυτές προσδιορίζονται έπειτα από υπολογιστική διαδικασία των γενετικών αλγορίθμων. Η συνάρτηση κόστους είναι της μορφής  $c = a_{jm} * (t-1) + b_{jm}$  όπου:

- $c$  :κόστος στάθμευσης σε ευρώ (€)
- $a_{jm}$ : παράμετρος που υπολογίζεται σενάριο τιμολόγησης εκφρασμένη σε ευρώ (€) και πολλαπλασιάζεται με τις ώρες στάθμευσης ( $t-1$ ) του χρήστη
- $b_{jm}$ : παράμετρος που υπολογίζεται σε κάθε σενάριο τιμολόγησης εκφρασμένη σε ευρώ (€)

Συγκεκριμένα:

Το κόστος στάθμευσης των **χρηστών του μετρό τις καθημερινές ημέρες:**

- για διάρκεια στάθμευσης  $< 7h$  (ώρες) προκύπτει από τη σχέση  

$$c = a_{11} * (t-1) + b_{11}$$
 όπου  $t-1$  οι ώρες στάθμευσης
- για διάρκεια στάθμευσης  $7-11h$  (ώρες) προκύπτει από τη σχέση  

$$c = c_{11} * (t-1) + d_{11}$$
 όπου  $t-1$  οι ώρες στάθμευσης.
- για διάρκεια στάθμευσης  $> 11h$  (μακροχρόνια στάθμευση) προκύπτει από το κόστος στάθμευσης μέχρι την 11<sup>η</sup> ώρα συν την «πάγια» χρέωση που ισούται με τη παράμετρο  $e_{11}$ .

Το κόστος στάθμευσης των **χρηστών του μετρό τα Σαβ/κα:**

- για διάρκεια στάθμευσης  $< 7h$  (ώρες) προκύπτει από τη σχέση  

$$c = a_{12} * (t-1) + b_{12}$$
- για διάρκεια στάθμευσης  $7-11h$  (ώρες) προκύπτει από τη σχέση  

$$c = c_{12} * (t-1) + d_{12}$$
- για διάρκεια στάθμευσης  $> 11h$  (ώρες) προκύπτει από το κόστος στάθμευσης μέχρι την 11η ώρα συν τη χρέωση που αντιστοιχεί στην τιμή της παραμέτρου  $e_{12}$

Αντίστοιχα το κόστος στάθμευσης των **λοιπών χρηστών τις καθημερινές ημέρες:**

- για διάρκεια στάθμευσης  $< 7h$  (ώρες) προκύπτει από τη σχέση  

$$c = a_{21} * (t-1) + b_{21}$$
- για διάρκεια στάθμευσης  $7-11h$  (ώρες) προκύπτει από τη σχέση  

$$c = c_{21} * (t-1) + d_{21}$$

- για διάρκεια στάθμευσης  $>11h$  (ώρες) προκύπτει από το κόστος στάθμευσης μέχρι την 11η ώρα συν τη χρέωση που αντιστοιχεί στην τιμή της παραμέτρου  $e_{21}$

Το κόστος στάθμευσης των **λοιπών χρηστών τα Σαβ/κα:**

- για διάρκεια στάθμευσης  $<7h$  (ώρες) προκύπτει από τη σχέση  
 $c = a_{22} * (t-1) + b_{22}$
- για διάρκεια στάθμευσης 7-11h (ώρες) προκύπτει από τη σχέση  
 $c = c_{22} * (t-1) + d_{22}$
- για διάρκεια στάθμευσης  $>11h$  (ώρες) προκύπτει από το κόστος στάθμευσης μέχρι την 11<sup>η</sup> ώρα συν τη χρέωση που αντιστοιχεί στην τιμή της παραμέτρου  $e_{22}$

### 3.4.2.2 Περιορισμοί

Οι παράμετροι υπολογισμού της συνάρτησης του κόστους του παραπάνω πίνακα έχουν τους εξής περιορισμούς :

**Πίνακας 3.3 :** Περιορισμοί των παραμέτρων της συνάρτησης κόστους

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΑΝΩ ΟΡΙΟ	ΚΑΤΩ ΟΡΙΟ	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΑΝΩ ΟΡΙΟ	ΚΑΤΩ ΟΡΙΟ
$a_{11}$	0	2	$a_{12}$	0	2
$b_{11}$	0	5	$b_{12}$	0	5
$c_{11}$	0	2	$c_{12}$	0	2
$d_{11}$	0	5	$d_{12}$	0	5
$e_{11}$	0	5	$e_{12}$	0	5
$a_{21}$	0	2	$a_{22}$	0	2
$b_{21}$	0	5	$b_{22}$	0	5
$c_{21}$	0	2	$c_{22}$	0	2
$d_{21}$	0	5	$d_{22}$	0	5
$e_{21}$	0	5	$e_{22}$	0	5

Δηλαδή η χρέωση για τους χρήστες του μετρό και τους λοιπούς χρήστες για στάθμευση

❖ <7hr

❖ 7-11 hr

Όλες τις ημέρες να μην ξεπερνά την πρώτη ώρα στάθμευσης το ποσό των 5 €, τη δεύτερη ώρα στάθμευσης το ποσό των 7€, την τρίτη ώρα στάθμευσης το ποσό των 9€ κ.τ.λ

Το μέσο κόστος /hr των χρηστών του μετρό να μην ξεπερνά το ποσό του 1€ τις εργάσιμες ημέρες

Το μέσο κόστος/hr των λοιπών χρηστών να μην ξεπερνά τα 2€ τις εργάσιμες ημέρες

Το μέσο κόστος /hr των χρηστών του μετρό και των λοιπών χρηστών να μην ξεπερνά το ποσό του 0.5€τα Σαβ/κα

Το μέσο κόστος χρέωσης /hr για στάθμευση των λοιπών χρηστών <7hr τις εργάσιμες ημέρες να είναι μεγαλύτερο από το μέσο κόστος χρέωσης/hr για στάθμευση των λοιπών χρηστών >7hr τις εργάσιμες ημέρες

### 3.4.2.3 Εκτίμηση της ζήτησης

Στην παρούσα εργασία η ημερήσια ζήτηση  $D_m$  (όπου ο δείκτης  $m$  αναφέρεται σε μια τυπική ημέρα στάθμευσης) και η κατανομή των χρηστών (μετρό και λοιπών)  $p_{jt}$  μέσα στη διάρκεια της ημέρας (ώρες στάθμευσης 1-11 ώρες) θεωρούνται γνωστά σύμφωνα με μετρήσεις στα δύο πρώτα χρόνια λειτουργίας του χώρου στάθμευσης του σταθμού Συγγρού –Φιξ (2006-2007).

Στο μοντέλο της παρούσας εργασίας η ημερήσια ζήτηση για τα 2 έτη μετατράπηκε σε μέση μηνιαία για το έτος 2008 και θεωρείται ότι αυξάνεται με ποσοστά 1% ,2% ,3%, 4% για κάθε σενάριο.

Γίνεται η υπόθεση ότι η **κατανομή των χρηστών** (μετρό και λοιπών) μέσα στη διάρκεια της ημέρας (ώρες στάθμευσης 1-11 ώρες) είναι αυτή των δύο παρακάτω πινάκων. Στο κάθε σενάριο τιμολόγησης χρησιμοποιούνται ως δεδομένα στους υπολογισμούς και οι δύο πίνακες κατανομής χρηστών και υπολογίζονται δύο διαφορετικοί λόγοι ωφελειών –κόστους και χρεώσεις χρηστών.

**Πίνακας 3.4** :Κατανομή χρηστών με διάρκεια στάθμευσης (α)

Ημέρ/ώρες	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	>11
<b>Εργάσιμες ημέρες (ποσοστιαία κατανομή χρηστών)</b>												
Χρήστες Μετρό(%)	5	15	15	15	12	10	10	10	2	2	2	2
Λοιποί χρήστες(%)	20	15	10	10	10	8	12	5	5	2	2	1
<b>Σαβ/κα (ποσοστιαία κατανομή χρηστών)</b>												
Χρήστες Μετρό(%)	5	10	15	15	15	10	8	5	5	5	5	2
Λοιποί χρήστες(%)	5	10	15	15	15	10	5	5	5	5	5	5

Πίνακας 3.5 Κατανομή χρηστών με διάρκεια στάθμευσης #2

Ημέρες/ώρες	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	>11
<b>Εργάσιμες ημέρες (ποσοστιαία κατανομή χρηστών)</b>												
Χρήστες μετρό(%)	5	15	15	15	12	12	10	10	2	2	1	1
Λοιποί χρήστες(%)	20	15	10	10	10	8	12	5	5	2	2	1
<b>Σαβ/κα(ποσοστιαία κατανομή χρηστών)</b>												
Χρήστες μετρό(%)	5	10	15	15	15	10	8	8	5	5	2	2
Λοιποί χρήστες(%)	5	10	15	15	15	10	5	5	5	5	5	5

#### 3.4.2.4 Εκτίμηση του κόστους

Τα έξοδα της εγκατάστασης στάθμευσης του σταθμού μετεπιβίβασης με βάση την έρευνα που διεξήχθη χωρίζονται στις 2 παρακάτω κατηγορίες :

##### Έξοδα Διαχείρισης

προσωπικό (Διοικητικό-Ασφάλειας)

Δαπάνες κοινής ωφέλειας

Ασφάλιση

##### Έξοδα Συντήρησης

Προσωπικό (τεχνικοί-συνεργεία καθαρισμού)

Εξοπλισμός

Στο μοντέλο της εργασίας, το κόστος της διαχείρισης και της συντήρησης εκτιμήθηκε με βάση το κόστος άλλων εγκαταστάσεων στάθμευσης στις κεντρικές περιοχές της Αθήνας με χαρακτηριστικά παρόμοια με αυτά του χώρου στάθμευσης του σταθμού Συγγρού–Φιξ. Το κόστος κατασκευής παραλείπεται καθώς ο υπάρχων χώρος στάθμευσης έχει τεθεί σε λειτουργία και ενδιαφέρει η παρούσα φάση διαχείρισης του σταθμού οπότε οι δαπάνες κατασκευής και αποπληρωμής δανείων δεν λαμβάνονται υπόψη στο μοντέλο. Έτσι τα μηνιαία στοιχεία κόστους του σταθμού μετατρέπονται σε ετήσια για το έτος 2008 και με βάση τα σενάρια που δημιουργούνται γίνεται η παραδοχή ότι παρουσιάζουν αύξηση κατά 4%, 5%, 6%, 7%, 10% και μείωση κατά 5% και 10% στα επόμενα 5 έτη μέχρι το 2012. Έπειτα για το κάθε σενάριο από τα παραπάνω υπολογίζεται ο δείκτης παρούσας αξίας (PV) του κόστους των 5 ετών με παράμετρο το συντελεστή προεξόφλησης κεφαλαίου που λαμβάνεται ίσος με 5%.

### 3.4.2.5 Υπολογισμός των εσόδων

Τα συνολικά ημερήσια έσοδα  $P_{d,m}$  για την ημέρα  $m$  υπολογίζονται ως συνάρτηση της συνολικής ημερήσιας ζήτησης  $D_m$  και του ποσοστού ζήτησης που αντιστοιχεί στην κατηγορία χρηστών  $j$  με διάρκεια στάθμευσης  $t$   $p_{jt}$  ως εξής:

$$P_{d,m} = \sum_j \sum_t C_{jm}(t) * p_{jt} * D_m \quad (3.4)$$

Όπου  $\sum_j \sum_t C_{jm}(t)$ : το σύνολο του κόστους στάθμευσης

**Ο δείκτης  $j$**  αντιπροσωπεύει την κατηγορία χρηστών:

**1:** αναφέρεται στους χρήστες μετρό

**2:** αναφέρεται στους λοιπούς χρήστες



Ο δείκτης  $m$  αντιπροσωπεύει την κατηγορία ημέρας που μετακινούνται οι χρήστες :

1: αναφέρεται στις καθημερινές ημέρες

2: αναφέρεται στα Σαβ/κα

$t$ : χρονική διάρκεια στάθμευσης σε ώρες

Χρησιμοποιώντας την παραπάνω εξίσωση (3.4) τα μηνιαία έσοδα  $P_m$  και τα ετήσια  $P_y$  υπολογίζονται από τις δύο παρακάτω εξισώσεις :

$$P_m = 22 * P_{d,1} + 8 * P_{d,2} \quad (3.5)$$

$$P_y = 12 * P_m \quad (3.6)$$

Όπου:  $P_{d,1}$ : τα ημερήσια έσοδα στις καθημερινές ημέρες

$P_{d,2}$ : τα ημερήσια έσοδα τα Σαβ/κα

$P_m$ : τα μηνιαία έσοδα

$P_y$ : ετήσια έσοδα

Έτσι για το κάθε σενάριο υπολογίζονται τα έσοδα του σταθμού με βάση τις χρεώσεις για τα έτη 2008, 2009, 2010, 2011, 2012 και υπολογίζεται ο δείκτης παρούσας αξίας (PV) των εσόδων των 5 ετών λαμβάνοντας τον συντελεστή προεξόφλησης 5% (για όλες τις κατηγορίες χρηστών και ημερών).

### 3.4.2.6 Αξιολόγηση σεναρίων τιμολόγησης

Η συνάρτηση καταλληλότητας (fitness function) που συμπίπτει στην παρούσα εργασία με την αντικειμενική συνάρτηση χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της κάθε λύσης που παράγεται από το γενετικό αλγόριθμο. Η συνάρτηση καταλληλότητας παίρνει ως είσοδο μια αποκωδικοποιημένη συμβολοσειρά και επιστρέφει μια τιμή που είναι ανάλογη του πόσο καλά λύνει το πρόβλημα

η συγκεκριμένη συμβολοσειρά. Προφανώς, όσο καλύτερη τιμή λαμβάνει η συνάρτηση καταλληλότητας, τόσο καλύτερη είναι και η λύση. Για το κάθε σενάριο τιμολόγησης ο λόγος ωφελειών –κόστους (B/C) αποτελεί τη συνάρτηση καταλληλότητας και για την εύρεση του εκάστοτε λόγου ωφελειών-κόστους έγιναν οι εξής παραδοχές :

- ❖ Ο λόγος ωφελειών –κόστους εκτιμάται για χρονική περίοδο 5 ετών
- ❖ Ο συντελεστής προεξόφλησης είναι σταθερός  $r=5\%$
- ❖ Τα έξοδα  $C_t$  μεταβάλλονται ετησίως με ποσοστό  $r_c$  στα έτη 2008-2012

**Πίνακας 3.6:** Ποσοστά μεταβολής των ετήσιων εξόδων  $r_c$  ανά σενάριο

<b>Ποσοστά μεταβολής των ετήσιων εξόδων <math>r_c</math> ανά σενάριο τιμολόγησης</b>	
3%	-5%
4%	-10%
5%	
6%	
7%	
10%	

- ❖ Τα έσοδα  $P_t$  μεταβάλλονται ανάλογα με το ποσοστό αύξησης της ζήτησης  $r_p$  στα διάφορα σενάρια τιμολόγησης.

**Πίνακας 3.7:** Ποσοστά αύξησης της ζήτησης  $r_p$  ανά σενάριο τιμολόγησης

<b>Ποσοστά αύξησης της ζήτησης <math>r_p</math> ανά σενάριο τιμολόγησης</b>
1%
2%
3%
4%

Τελικώς υπολογίζεται η συνάρτηση του λόγου ωφελειών–κόστους ως εξής:

$$B/C = \frac{[\sum Pt * (1+r_p)^T / (1+r)^T]}{[\sum Ct * (1+r_c)^T / (1+r)^T]} \quad (3.7)$$

Όπου:

**ΣPt:** το σύνολο των ετησίων εσόδων στα έτη 2008-2012

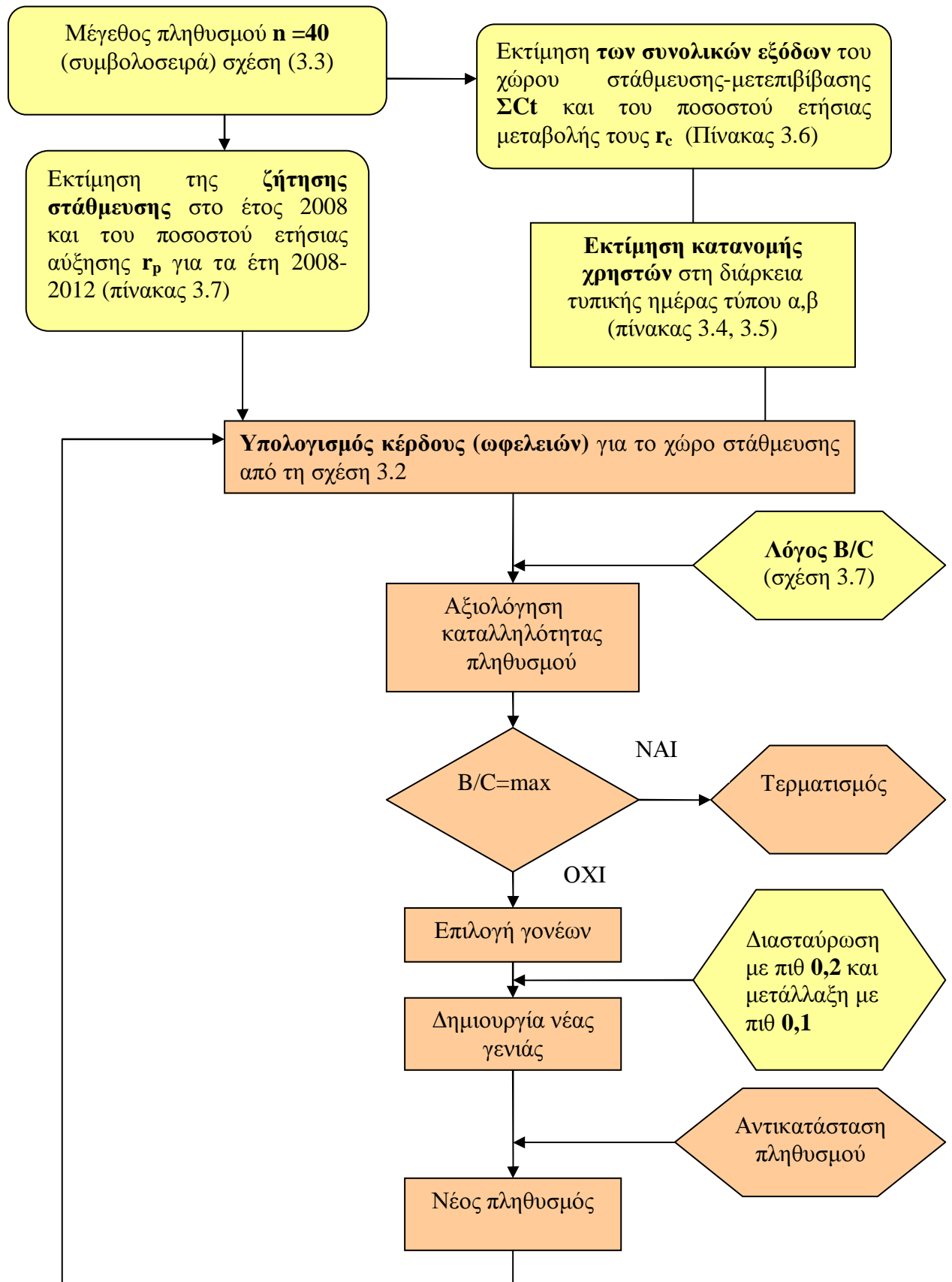
**ΣCt:** το σύνολο των ετησίων εξόδων στα έτη 2008-2012

**r<sub>c</sub>:** ποσοστά μεταβολής των ετήσιων εξόδων στα σενάρια τιμολόγησης που εξετάζονται

**r<sub>p</sub>:** ποσοστά αύξησης της ζήτησης στα σενάρια τιμολόγησης που εξετάζονται

**r:** συντελεστής προεξόφλησης που λαμβάνεται ίσος με 5%

**T:** χρονικό διάστημα εκτίμησης λόγου κόστους –ωφελειών που λαμβάνεται ίσος με 5 έτη



Σχήμα 3.4: Διάγραμμα ροής της ευρεστικής διαδικασίας επίλυσης του προβλήματος

# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

## **Επεξεργασία**

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται συνοπτικά τα αποτελέσματα αναλύσεων και περιγράφονται αναλυτικά τρία σενάρια τιμολόγησης. Για την εφαρμογή των γενετικών αλγορίθμων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό evolver 4.0. Τα σενάρια που εξετάζονται αναλυτικά είναι τα εξής:

<b>Σενάρια τιμολόγησης</b>
<b>#1 Αύξηση ζήτησης κατά 1% και αύξηση κόστους 3% στα έτη 2008-2012</b>
<b>#2 Αύξηση ζήτησης κατά 3% και αύξηση κόστους 5% στα έτη 2008-2012</b>
<b>#3 Αύξηση ζήτησης κατά 4% και μείωση κόστους 5% στα έτη 2008-2012</b>

#### 4.1. Σενάριο τιμολόγησης #1

- **Αύξηση ζήτησης κατά ποσοστό 1% και αύξηση κόστους 3% στα έτη 2008-2012**

Στο παρόν βασικό σενάριο τιμολόγησης #1 ως ζήτηση για στάθμευση στο σταθμό-μετεπιβίβασης για το έτος 2008 εκτιμάται ο μέσος όρος ζήτησης των δύο προηγούμενων ετών 2006-2007 λειτουργίας του σταθμού μετεπιβίβασης Συγγρού –Φιξ που προσδιορίστηκε έπειτα από μετρήσεις (έρευνα ΕΜΠ).

Οι κατηγορίες χρηστών του χώρου στάθμευσης θεωρούνται δύο (χρήστες μετρό και λοιποί χρήστες) και οι ημέρες στάθμευσης χωρίζονται σε Εργάσιμες (καθημερινές) και Σαββατοκύριακα. Στο παρόν σενάριο τιμολόγησης, γίνεται η παραδοχή ότι η ζήτηση των επομένων ετών (2009-2012) στο μοντέλο αυξάνεται με ποσοστό 1% ανά έτος και για τις δύο κατηγορίες χρηστών όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα :

**Πίνακας 4.1 : Ζήτηση στάθμευσης για ποσοστό αύξησης 1%**

Ημέρες	2008	2009	2010	2011	2012
<b>Εργάσιμες</b>					
Χρήστες μετρό	98.000	98.980	99.970	100.970	101.980
Λοιποί χρήστες	15.790	15.948	16.107	16.268	16.431
<b>Σαβ/κα</b>					
Χρήστες μετρό	415	419	423	427	431
Λοιποί χρήστες	22.681	22.908	23.137	23.368	23.602

Στον παραπάνω πίνακα φαίνεται ότι ο αριθμός των χρηστών του Μετρό που σταθμεύει τις καθημερινές είναι πολύ μεγαλύτερος σε σχέση με τους λοιπούς χρήστες γεγονός που δείχνει ότι ο χώρος στάθμευσης χρησιμοποιείται περισσότερο από εργαζόμενους που σταθμεύουν με το ΙΧ τους και χρησιμοποιούν το δίκτυο του μετρό για να προσεγγίσουν το τόπο εργασίας τους στις κεντρικές περιοχές της Αθήνας. Τα Σαβ/κα όμως παρατηρείται το αντίθετο φαινόμενο, καθώς ο μεγαλύτερος αριθμός των σταθμευόντων οχημάτων ανήκει στην κατηγορία των λοιπών χρηστών που χρησιμοποιούν μόνο τον χώρο στάθμευσης και όχι το δίκτυο του μετρό προφανώς για να έχουν πρόσβαση στις γειτονικές δραστηριότητες της περιοχής.

Εκτός από τη ζήτηση για στάθμευση που είναι γνωστή για το έτος 2008 και γίνεται η παραδοχή αύξησης της κατά ποσοστό 1% στα επόμενα έτη μέχρι το έτος 2012, είναι γνωστά και τα έξοδα του χώρου στάθμευσης –μετεπιβίβασης για το έτος 2008. Τα έξοδα χωρίζονται στις εξής τέσσερις κατηγορίες όπως φαίνεται και στον πίνακα που ακολουθεί :

- Έξοδα προσωπικού
- Έξοδα συντήρησης
- Κοινόχρηστα έξοδα
- Λοιπά έξοδα

Στο παρόν σενάριο τιμολόγησης θεωρείται αύξηση όλων των κατηγοριών κόστους στα επόμενα έτη κατά το ποσοστό 3%.

**Πίνακας 4.2 :** Τα συνολικά έξοδα για τα έτη 2008-2012

<b>ΕΞΟΔΑ</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>PV</b>
Προσωπικό	420.000	432.600	445.578	458.945	472.714	1.925.247€
Συντήρηση	10.000	10.300	10.609	10.927	11.255	53.091 €
Κοινόχρηστα έξοδα	180.000	185.400	190.962	196.691	202.592	955.644 €
Λοιπά έξοδα	100.000	103.000	106.090	109.272	112.551	530.913 €
<b>Σύνολο</b>						3.464.896 €
<b>Ετήσια αύξηση</b>						
3%						

Όπως φαίνεται στον πίνακα 4.2 τα έξοδα προσωπικού είναι περισσότερα σε αριθμό σε σχέση με τις υπόλοιπες κατηγορίες εξόδων όπως είναι αναμενόμενο καθότι πρόκειται για μεγάλο χώρο που αποτελείται από 6 επίπεδα, λειτουργεί 24 ώρες/24ώρο και απαιτεί αυξημένο προσωπικό για το λόγο αυτό. Σύμφωνα με το σενάριο αυτό, προκειμένου να προσδιοριστεί η τιμολόγηση, δηλαδή η χρέωση ανάλογα με τη διάρκεια στάθμευσης, χρησιμοποιείται μια γραμμική συνάρτηση που περιγράφει το κόστος στάθμευσης όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 3 με τη σχέση 3.2. Οι παράμετροι της συνάρτησης είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους και είναι οι εξής :

**Πίνακας 4.3:** Παράμετροι συνάρτησης κόστους

<b>Παράμετροι συνάρτησης κόστους</b>				
$a_{jm}$	$b_{jm}$	$c_{jm}$	$d_{jm}$	$e_{jm}$



και η συνάρτηση κόστους έχει τη μορφή :

$$C_{jm}(t) = \begin{cases} a_{jm} * (t-1) + b_{jm}, & t \in (0, 7) \\ c_{jm} + d_{jm} * (t-1), & t \in [7, 11) \\ e_{jm} & t \geq 11 \end{cases} \quad (3.2)$$

όπου **j** : **1** για τους χρήστες μετρό  
**2** για τους λοιπούς χρήστες

**m** : **1** για τις εργάσιμες ημέρες (weekdays )  
**2** για το Σαβ/κο( weekend)

**a<sub>jm</sub>, b<sub>jm</sub>, c<sub>jm</sub>, d<sub>jm</sub>, e<sub>jm</sub>** : παράμετροι εξίσωσης προς υπολογισμό

Στον πίνακα 4.3 παρουσιάζονται οι συγκεκριμένες παράμετροι τιμολόγησης που πρέπει να προσδιοριστούν στο σενάριο #1 για τις δύο κατηγορίες χρηστών που σταθμεύουν τις εργάσιμες ημέρες και τα Σαβ/κα στο σταθμό και τις αντίστοιχες διάρκειες στάθμευσής τους .Οι χρόνοι στάθμευσης χωρίζονται σε τρεις χρονικές διάρκειες :

- Διάρκεια στάθμευσης t (ώρες) <7h
- Διάρκεια στάθμευσης t (ώρες) :7-11h
- Διάρκεια στάθμευσης t (ώρες) >11h

Πίνακας 4.4 :Παράμετροι τιμολόγησης

Χρήστες Μετρό			Λοιποί Χρήστες		
Καθημερινές			Καθημερινές		
t	a	b	t	a	b
<7h	a <sub>11</sub>	b <sub>11</sub>	<7h	a <sub>21</sub>	b <sub>21</sub>
7-11h	c <sub>11</sub>	d <sub>11</sub>	7-11h	c <sub>21</sub>	d <sub>21</sub>
>11h	-	e <sub>11</sub>	>11h	-	e <sub>21</sub>
Σαβ/κα			Σαβ/κα		
t	a	b	t	a	b
<7h	a <sub>12</sub>	b <sub>12</sub>	<7h	a <sub>22</sub>	b <sub>22</sub>
7-11h	c <sub>12</sub>	d <sub>12</sub>	7-11h	c <sub>22</sub>	d <sub>22</sub>
>11h	-	e <sub>12</sub>	>11h	-	e <sub>22</sub>

#### 4.1.1 Περιορισμοί τιμολόγησης

Οι περιορισμοί που τέθηκαν για τις παραμέτρους τιμολόγησης  $a_{jm}$ ,  $b_{jm}$ ,  $c_{jm}$ ,  $d_{jm}$ ,  $e_{jm}$  είναι οι εξής :

Πίνακας 4.5 :Περιορισμοί παραμέτρων τιμολόγησης

Περιορισμοί
$0 \leq a_{jm} \leq 2$
$0 \leq b_{jm} \leq 5$
$0 \leq c_{jm} \leq 2$
$0 \leq d_{jm} \leq 5$
$0 \leq e_{jm} \leq 5$

Αντικαθιστώντας τους περιορισμούς αυτούς στη συνάρτηση κόστους προκύπτει ότι η χρέωση στάθμευσης για διάρκεια από 0-11 ώρες τις εργάσιμες ημέρες και τα Σαβ/κα δεν πρέπει να ξεπερνά την πρώτη ώρα στάθμευσης το ποσό των 5 €, τη δεύτερη ώρα στάθμευσης το ποσό των 7€, την τρίτη ώρα στάθμευσης το ποσό των 9€κ.τ.λ και η χρέωση για στάθμευση >11 ώρες τις εργάσιμες ημέρες και τα Σαβ/κα να ισούται με τη χρέωση των 11 ωρών συν εξτρά χρέωση μέχρι 5€Οι περιορισμοί αυτοί τέθηκαν προκειμένου ο χώρος στάθμευσης -μετεπιβίβασης να είναι ανταγωνιστικός σε

σχέση με τους άλλους χώρους στάθμευσης της περιοχής και κυρίως για να πριμοδοτείται η μακροχρόνια στάθμευση.

#### 4.1.2 Συνολικά Έσοδα

Τα ετήσια έσοδα για τα έτη 2008-2012 που προέκυψαν ως βέλτιστα για το σενάριο τιμολόγησης #1 και η συνολική παρούσα αξία τους (PV) παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα :

**Πίνακας 4.6:** Τα ετήσια έσοδα για τα έτη 2008-2012

<b>Συνολικά Έσοδα</b>						
	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>PV</b>
<b>Εργάσιμες</b>						
Χρήστες μετρό	559.086	564.677	570.325	576.030	581.792	2.467.061€
Λοιποί Χρήστες	133.182	134.515	135.856	137.214	138.589	587.680 €
<b>Σαβ/κα</b>						
Χρήστες μετρό	2.367	2.390	2.413	2.436	2.459	10.438 €
Λοιποί Χρήστες	69.076	69.767	70.465	71.168	71.881	304.808 €
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>						<b>3.369.987€</b>

#### 4.1.3 Υπολογισμός των παραμέτρων τιμολόγησης σεναρίου #1

Οι χρεώσεις στάθμευσης για το παρόν σενάριο τιμολόγησης υπολογίστηκαν μέσω λογισμικού βελτιστοποίησης. Η μέθοδος των γενετικών αλγορίθμων μέσω μιας επαναλαμβανόμενης διαδικασίας δοκιμής διαφόρων τιμών (που αποτελούν τον πληθυσμό των λύσεων) και εύρεσης του αντίστοιχου λόγου ωφελειών- κόστους βρήκε το βέλτιστο λόγο ωφελειών-κόστους του σταθμού (B/C) για το σενάριο αυτό με βάση τους περιορισμούς και τα δεδομένα που

τέθηκαν στο μοντέλο. Οι τιμές των παραμέτρων τιμολόγησης που υπολογίστηκαν για το σενάριο #1 φαίνονται στον παρακάτω πίνακα

**Πίνακας 4.7 :** Τιμές των παραμέτρων τιμολόγησης σεναρίου #1

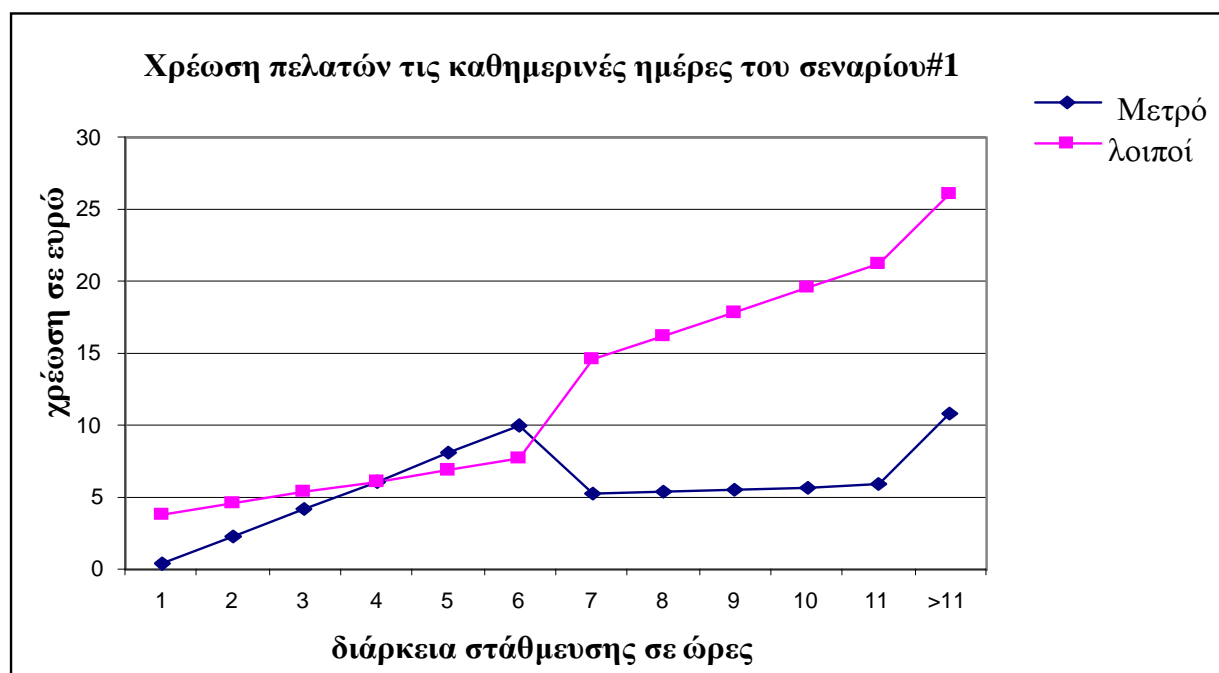
<b>Χρήστες μετρό</b>			<b>Λοιποί χρήστες</b>		
<b>Εργάσιμες Ημέρες</b>			<b>Εργάσιμες Ημέρες</b>		
<b>t</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>t</b>	<b>a</b>	<b>b</b>
>7h	1,90	0,44	>7h	0,80	3,74
7-11h	0,14	4,47	7-11h	1,63	4,88
>11h	-	4,99	>11h	-	4,98
<b>Σαβ/κα</b>			<b>Σαβ/κα</b>		
<b>t</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>t</b>	<b>a</b>	<b>b</b>
>7h	0,50	0,60	>7h	0,59	0,01
7-11h	0,46	0,35	7-11h	0,63	0,99
>11h	-	1,74	>11h	-	4,64

Με αντικατάσταση των παραμέτρων τιμολόγησης του πίνακα 4.7 στη σχέση του κόστους στάθμευσης  $c=a*(t-1)+b$  όπου t ο χρόνος στάθμευσης σε ώρες προκύπτουν οι χρεώσεις για διάρκεια στάθμευσης μέχρι και μεγαλύτερη των 11 ωρών. Οι χρεώσεις για το σενάριο τιμολόγησης #1 φαίνονται στον πίνακα 4.8:

Πίνακας 4.8 : Τιμολόγηση σεναρίου #1

Ωρες	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	>11
<b>Χρέωση (€) τις Εργάσιμες Ημέρες</b>												
Χρήστες μετρό	0,4	2,3	4,2	6,1	8	10	5,3	5,5	5,6	5,7	5,9	11
Λοιποί χρήστες	3,7	4,5	5,3	6,1	7	7,8	15	16	18	20	21	26
<b>Χρέωση (€) τα Σαβ/κα</b>												
Χρήστες μετρό	0,6	1,1	1,6	2,1	2,6	3,1	3,1	3,6	4	4,5	5	6,7
Λοιποί χρήστες	0	0,6	1,2	1,8	2,4	3	4,8	5,4	6,1	6,7	7,3	7,3

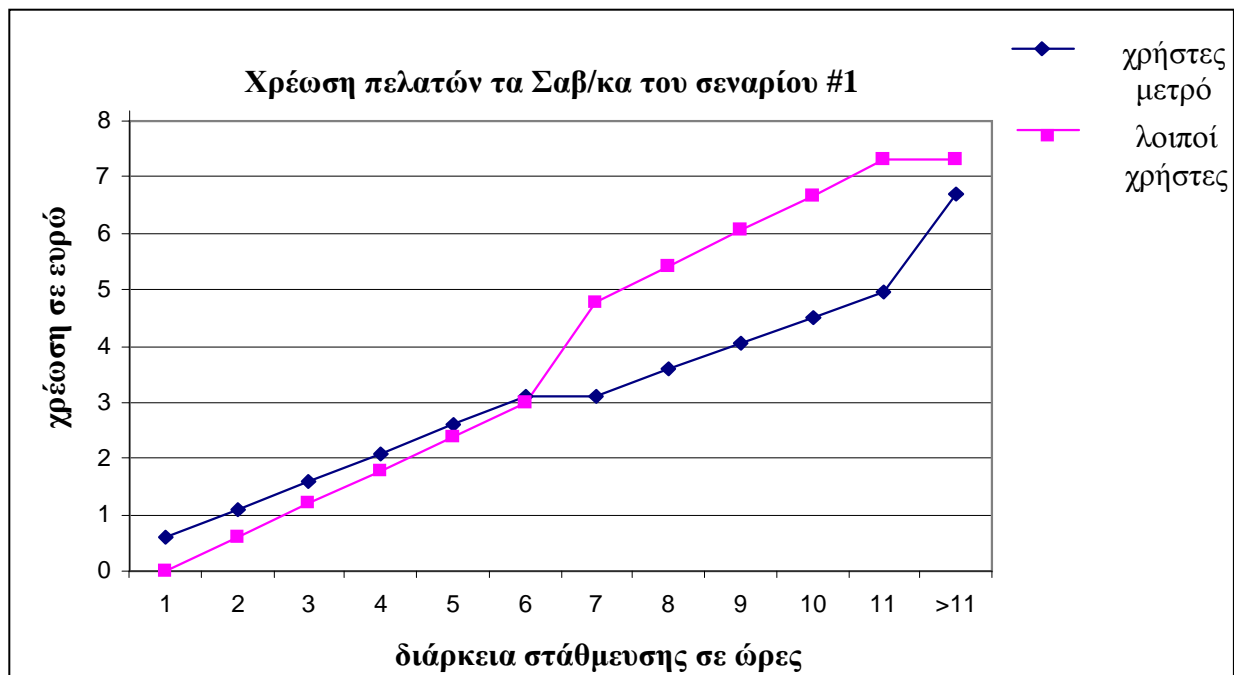
Τα αποτελέσματα του παραπάνω πίνακα αναπαριστώνται γραφικά στα παρακάτω σχήματα 4.1. και 4.2.



Σχήμα 4.1: Τιμολόγηση σεναρίου #1 για στάθμευση τις καθημερινές ημέρες

Όπως προκύπτει από το σχήμα 4.1 οι χρεώσεις τις εργάσιμες ημέρες για τους χρήστες του Μετρό σε σχέση με τους λοιπούς χρήστες είναι πιο οικονομικές για ώρες στάθμευσης  $\leq 3$  ωρών και  $\geq 7$  ωρών. Άρα, με βάση το παρόν σενάριο τιμολόγησης δεν είναι συμφέρον για τους χρήστες του μετρό να σταθμεύουν τα οχήματα τους στο σταθμό για διάστημα 5 και 6 ωρών διότι η χρέωση είναι

μεγαλύτερη από ότι στους λοιπούς χρήστες (της τάξεως του 1€ και 2,2€ αντίστοιχα). Στόχος είναι να επιτυγχάνεται υψηλή πληρότητα στο χώρο στάθμευσης από εργαζόμενους οι οποίοι χρησιμοποιούν το χώρο στάθμευσης από 7 μέχρι 11 ώρες και άνω των 11 ωρών. Επίσης από το σχήμα προκύπτει ότι η χρέωση των χρηστών του Μετρό μεταβάλλεται ελάχιστα (η κλίση της ευθείας είναι πολύ μικρή) για στάθμευση με διάρκεια 7-11 ώρες με τιμές από 5,3-5,9 €. Αντίθετα η κλίση της ευθείας για στάθμευση από 7 μέχρι 11 ώρες για τους λοιπούς χρήστες είναι πιο μεγάλη όπως φαίνεται από το παραπάνω σχήμα και η αντίστοιχη χρέωση είναι 15-21€.



**Σχήμα 4.2:** Τιμολόγηση σεναρίου #1 για στάθμευση τα Σαβ/κα

Όπως φαίνεται από το σχήμα 4.2, όσον αφορά τις χρεώσεις τα Σαβ/κα, η βραχυχρόνια στάθμευση (μέχρι 6 ώρες) για τους λοιπούς χρήστες είναι πιο συμφέρουσα από ότι για τους χρήστες του Μετρό με μικρή διαφορά στις χρεώσεις τους. Για στάθμευση πέραν των 6 ωρών οι λοιποί χρήστες επιβαρύνονται όμως σε σχέση με τους χρήστες του Μετρό το μέγιστο μέχρι 2,3€. Η χρέωση τα Σαβ/κα για το σενάριο αυτό, επιδιώκεται να είναι χαμηλή

και για τις δύο κατηγορίες χρηστών ώστε να προσελκύεται πελατεία στο σταθμό. Συγκεκριμένα, οι λοιποί χρήστες πριμοδοτούνται με πολύ χαμηλές χρεώσεις για στάθμευση μέχρι 6 ώρες έτσι ώστε να μπορούν να προσεγγίσουν τις γειτονικές δραστηριότητες της περιοχής.

**Πίνακας 4.9:** Μέσο κόστος ανά ώρα στάθμευσης

Ωρες	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Μέσο κόστος
<b>Εργάσιμες ημέρες</b>												
Χρήστες μετρό	0,4	1,2	1,4	1,5	1,6	1,7	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5	1€
Λοιποί χρήστες	3,7	2,3	1,8	1,5	1,4	1,3	2,1	2	2	2	1,9	2€
<b>Σαβ/κα</b>												
Χρήστες μετρό	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5€
Λοιποί χρήστες	0	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,5€

Από τον πίνακα 4.9 προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα :

- Το μέσο κόστος/ ώρα στάθμευσης των λοιπών χρηστών είναι διπλάσιο από το (μέσο κόστος /ώρα στάθμευσης των χρηστών του μετρό) τις εργάσιμες ημέρες προκειμένου να πριμοδοτούνται οι χρήστες του μετρό.
- Το μέσο κόστος/ ώρα στάθμευσης των χρηστών του μετρό είναι ίδιο με το μέσο κόστος/ ώρα στάθμευσης των λοιπών χρηστών τα Σαβ/κα και χαμηλότερο από ότι τις εργάσιμες ημέρες. Επιδιώκεται λοιπόν η

χρέωση κατά τα Σαβ/κα να είναι χαμηλή ώστε να προσελκύεται πελατεία στο σταθμό πέραν των χρηστών του μετρό

#### 4.1.4 Λόγος ωφελειών –κόστους σεναρίου #1

Ο βέλτιστος λόγος ωφελειών –κόστους (B/C) που προέκυψε από τη διαδικασία βελτιστοποίησης (μέσω των γενετικών αλγορίθμων) για το σενάριο τιμολόγησης #1 είναι :**B/C = 0,9726**

#### 4.2 Σενάριο τιμολόγησης #2

- **Αύξηση ζήτησης κατά 3% και αύξηση κόστους 5% στα έτη 2008-2012**

Στο παρόν σενάριο τιμολόγησης, γίνεται η παραδοχή ότι η ζήτηση των επομένων ετών (2009-2012) στο μοντέλο αυξάνεται με ποσοστό 3% ανά έτος και για τις δύο κατηγορίες χρηστών όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα :

**Πίνακας 4.10** : Ζήτηση στάθμευσης για ποσοστό αύξησης 3%

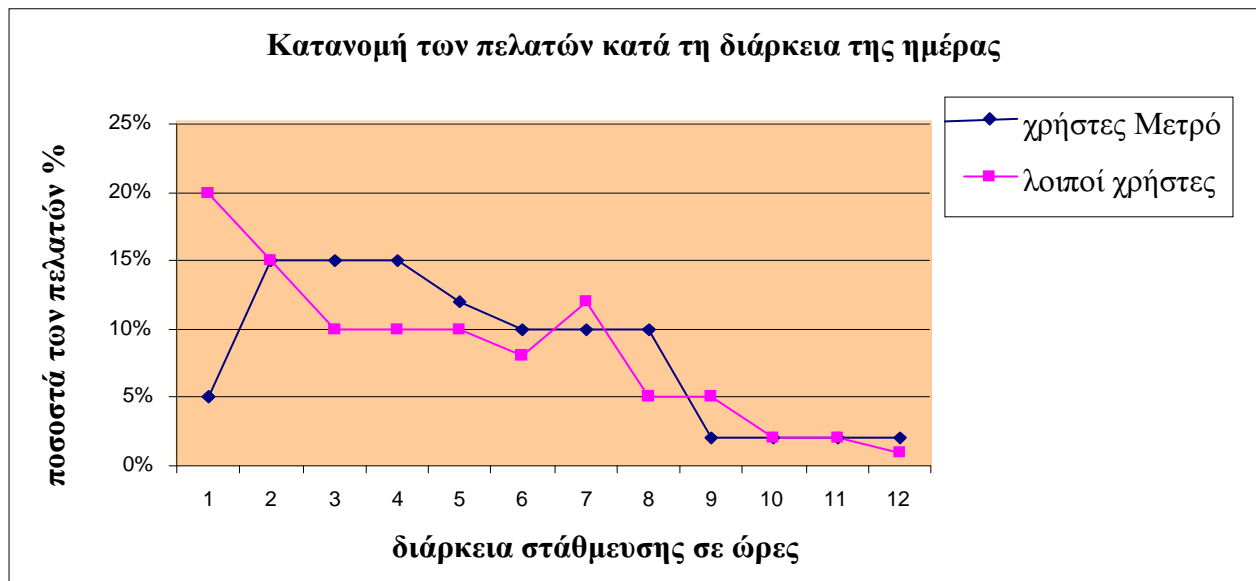
Ημέρες	2008	2009	2010	2011	2012
<b>Εργάσιμες</b>					
Χρήστες Μετρό	98.000	100.940	103.968	107.087	110.300
Λοιποί Χρήστες	15.790	16.264	16.752	17.255	17.773
<b>Σαβ/κα</b>					
Χρήστες Μετρό	415	427	440	453	467
Λοιποί Χρήστες	22.681	23.361	24.062	24.784	25.528



Εκτός όμως από τον προσδιορισμό της ζήτησης για στάθμευση για το έτος 2008, είναι απαραίτητος και ο προσδιορισμός των ποσοστών των χρηστών και των αντίστοιχων ωρών στάθμευσης τους έτσι ώστε η τιμολόγηση που προκύπτει από το σενάριο #2 για κάθε ώρα στάθμευσης να λαμβάνει υπόψη της και την κατανομή των χρηστών κατά τη διάρκεια της ημέρας. Στον πίνακα 4.11 παρουσιάζονται τα ποσοστά των χρηστών του μετρό και των λοιπών χρηστών και οι αντίστοιχες ώρες στάθμευσης τους στη διάρκεια των εργάσιμων ημερών και των Σαββατοκύριακων μιας τυπικής ημέρας. Ο πίνακας 4.11 παρουσιάζει λοιπόν μια παραδοχή της κατανομής των πελατών του σταθμού Συγγρού-Φιξ και αναπαριστάται στο σχήμα 4.

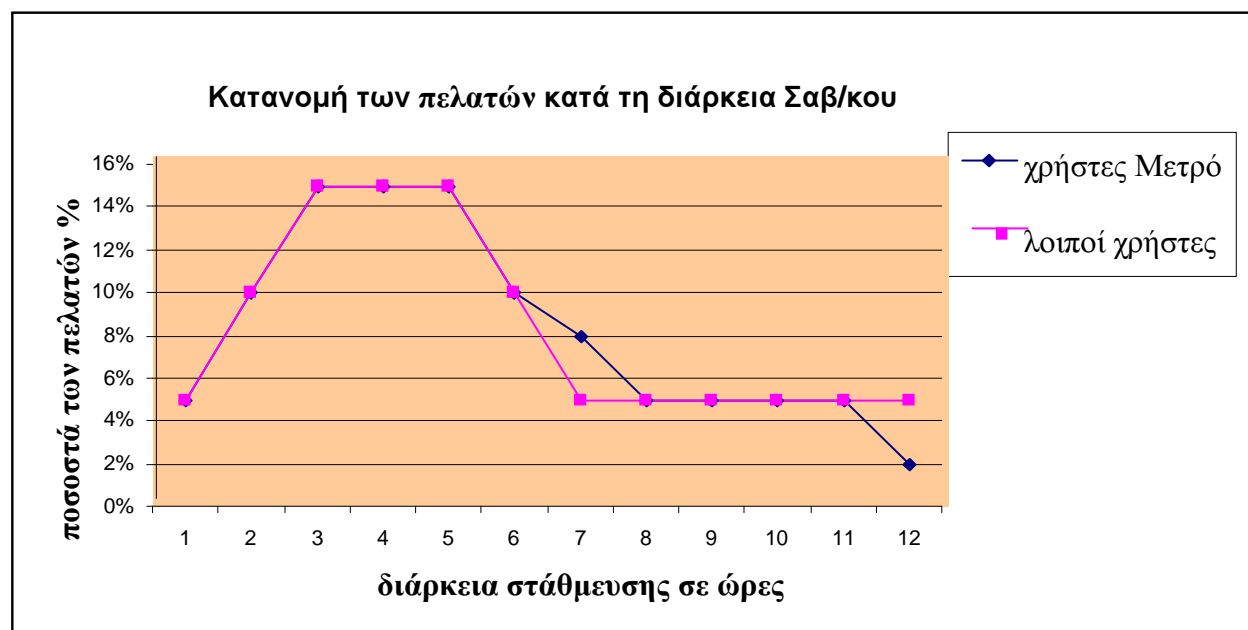
**Πίνακας 4.11** :Κατανομή πελατών κατά τη διάρκεια εργάσιμης ημέρας και Σαβ/κου

Ημέρες/ώρες	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	>11
<b>Εργάσιμες</b>												
Χρήστες Μετρό (%)	5	15	15	15	12	10	10	10	2	2	2	2
Λοιποί χρήστες (%)	20	15	10	10	10	8	12	5	5	2	2	1
<b>Σαβ/κα</b>												
Χρήστες μετρό (%)	5	10	15	15	15	10	8	5	5	5	5	2
Λοιποί χρήστες (%)	5	10	15	15	15	10	5	5	5	5	5	5



**Σχήμα 4.3** Ποσοστιαία κατανομή πελατών του σταθμού μιας τυπικής εργάσιμης ημέρας

Από το παραπάνω σχήμα παρατηρείται ότι στο σενάριο τιμολόγησης #2 το μεγαλύτερο ποσοστό των χρηστών του μετρό 15% σταθμεύει από δύο μέχρι τέσσερις ώρες ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό των λοιπών χρηστών 15% σταθμεύει κατά μέσο όρο μία ώρα σε εργάσιμη ημέρα.



**Σχήμα 4.4** Ποσοστιαία κατανομή πελατών του σταθμού ενός τυπικού Σαβ/κου

Από το σχήμα 4.4 παρατηρείται ότι στο σενάριο τιμολόγησης #2 το μεγαλύτερο ποσοστό των χρηστών του μετρό και των λοιπών σταθμεύει για μικρό χρονικό διάστημα, προκειμένου να προσεγγίσει τις γειτονικές δραστηριότητες της περιοχής, από τρεις μέχρι πέντε ώρες τα Σαβ/κα.

#### 4.2.1 Υπολογισμός εξόδων

Τα συνολικά έξοδα για το έτος 2008 θεωρούνται σταθερά και έχουν προκύψει από έρευνα των δύο προηγούμενων ετών (2006-2007) για τον σταθμό. Στο παρόν σενάριο τιμολόγησης θεωρείται αύξηση όλων των κατηγοριών κόστους στα επόμενα έτη κατά το ποσοστό 5%.

**Πίνακας 4.12 :** Τα συνολικά έξοδα των ετών 2008-2012 για το σενάριο τιμολόγησης #2

<b>ΕΞΟΔΑ</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>PV</b>
Προσωπικό	420.000	462.000	508.200	559.020	614.922	2.199.764 €
Συντήρηση	10.000	11.000	12.100	13.310	14.641	61.051 €
Κοινόχρηστα έξοδα	180.000	198.000	217.800	239.580	263.538	1.098.918 €
Λοιπά έξοδα	100.000	110.000	121.000	133.100	146.410	610.510 €
<b>Σύνολο</b>						<b>3.970.243 €</b>
<b>Ετήσια αύξηση</b>						
5%						

Στο σενάριο τιμολόγησης #2 γίνεται η παραδοχή ετήσιας αύξησης εξόδων κατά ποσοστό 5% μέσα στα έτη 2008-2012 όπως φαίνεται στον παραπάνω πίνακα. Στο παρόν λοιπόν σενάριο τιμολόγησης, εξετάζεται ο ρόλος που παίζει η σημαντική αύξηση ετήσιων εξόδων όπως αυτή του πίνακα, στη διαμόρφωση τιμολογίου του χώρου στάθμευσης –μετεπιβίβασης με βάση το βέλτιστο λόγο κόστους-ωφελειών.

#### 4.2.3 Περιορισμοί τιμολόγησης

Οι περιορισμοί που τέθηκαν για τις παραπάνω παραμέτρους τιμολόγησης  $a_{jm}$ ,  $b_{jm}$ ,  $c_{jm}$ ,  $d_{jm}$ ,  $e_{jm}$  είναι οι παρακάτω που συντάχθηκαν έτσι ώστε ο χώρος στάθμευσης-μετεπιβίβασης να είναι ανταγωνιστικός σε σχέση με τους άλλους χώρους στάθμευσης της περιοχής και κυρίως για να πριμοδοτείται η μακροχρόνια στάθμευση.

Πίνακας 4.13 :Περιορισμοί παραμέτρων τιμολόγησης

Περιορισμοί
$0 \leq \alpha_{jm} \leq 2$
$0 \leq b_{jm} \leq 5$
$0 \leq c_{jm} \leq 2$
$0 \leq d_{jm} \leq 5$
$0 \leq e_{jm} \leq 5$

#### 4.2.4 Συνολικά Έσοδα

Τα ετήσια έσοδα για τα έτη 2008-2012 που προέκυψαν ως βέλτιστα έπειτα από υπολογισμούς για το σενάριο τιμολόγησης #2 και η παρούσα αξία τους (PV) παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα :

Πίνακας 4.14: Τα ετήσια έσοδα για τα έτη 2008-2012

Συνολικά Έσοδα						
Ημέρες	2008	2009	2010	2011	2012	PV
<b>Εργάσιμες ημέρες</b>						
Χρήστες μετρό	526.791	542.594	558.871	575.637	592.908	2.414.765€
Λοιποί Χρήστες	138.265	142.416	146.689	151.094	155.629	633.817€
<b>Σαβ/κα</b>						
Χρήστες μετρό	2.231	2.295	2.365	2.435	2.510	10.219€
Λοιποί Χρήστες	64.894	66.839	68.845	70.911	73.039	297.467€
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>						3.356.270€

#### 4.2.5 Υπολογισμός των παραμέτρων τιμολόγησης σεναρίου #2

Με τη μέθοδο των γενετικών αλγορίθμων μέσω μιας επαναλαμβανόμενης διαδικασίας δοκιμής διαφόρων τιμών (που αποτελούν το πληθυσμό των λύσεων) και εύρεσης του αντίστοιχου λόγου κόστους –ωφελειών υπολογίστηκε το βέλτιστο λόγο κόστους –ωφελειών (B/C) του σταθμού για το σενάριο αυτό με βάση τους περιορισμούς και τα δεδομένα που τέθηκαν στο μοντέλο. Οι τιμές των παραμέτρων τιμολόγησης που υπολογίστηκαν για το σενάριο #2 φαίνονται στον παρακάτω πίνακα :

**Πίνακας 4.15:** Τιμές των παραμέτρων τιμολόγησης σεναρίου #2

Χρήστες μετρό			Λοιποί χρήστες		
Εργάσιμες Ημέρες			Εργάσιμες Ημέρες		
t	a		t	a	b
>7h	1,5	0,5	>7h	1,7	2,5
7-11h	0,8	1,6	7-11h	1,7	3,9
>11h	-	5,0	>11h	-	5,0
Σαβ/κα			Σαβ/κα		
t	a	b	t	a	b
>7h	0,3	1,0	>7h	0,3	0,3
7-11h	0,3	1,3	7-11h	0,8	0,5
>11h	-	3,8	>11h	-	0,4

όπου  $a_{jm}$ ,  $b_{jm}$  παράμετροι για στάθμευση ( $t < 7$  h)

$c_{jm}$ ,  $d_{jm}$  παράμετροι για στάθμευση ( $t : 7-11$ h)

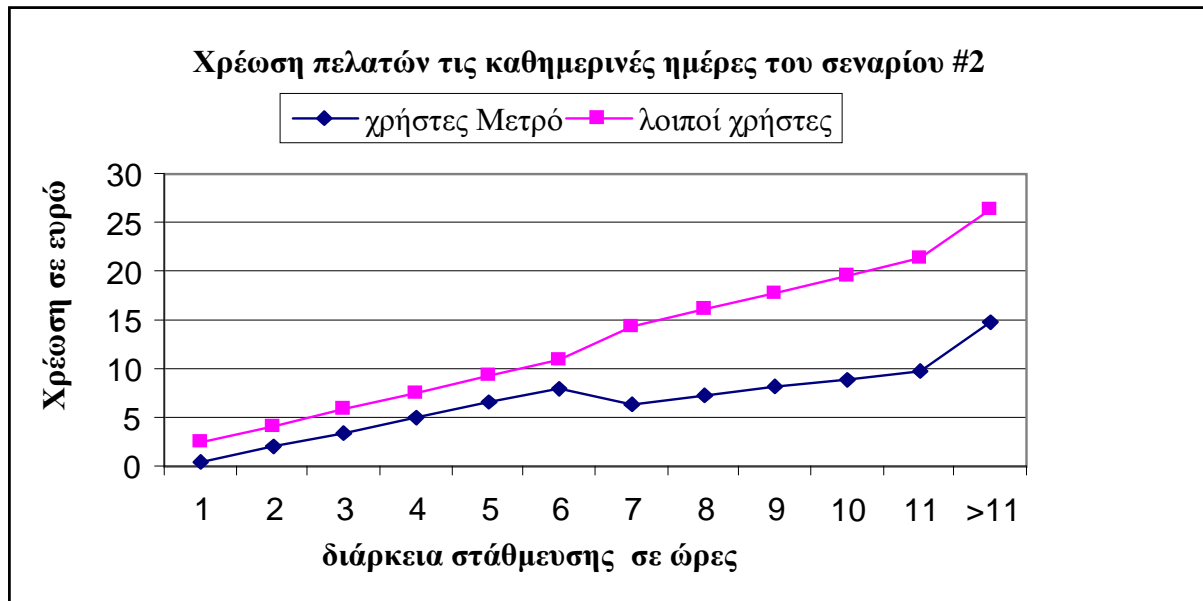
$e_{jm}$  παράμετρος για στάθμευση ( $t > 11$ h)

Με αντικατάσταση των παραμέτρων τιμολόγησης του πίνακα 4.15 στη σχέση του κόστους στάθμευσης  $c=a*(t-1)+b$  όπου  $t$  ο χρόνος στάθμευσης σε ώρες προκύπτουν οι χρεώσεις για στάθμευση διάρκειας μίας ώρας μέχρι και μεγαλύτερη των 11 ωρών. Οι χρεώσεις για το σενάριο τιμολόγησης #2 φαίνονται στον πίνακα 4.17 :

**Πίνακας 4.16 :** Τιμολόγηση σεναρίου #2

Ώρες	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	>11
<b>Χρέωση (€)τις Εργάσιμες Ημέρες</b>												
Χρήστες μετρό	0,5	2	3,5	5	6,5	8	6,5	7,3	8,1	8,9	9,8	15
Λοιποί χρήστες	2,5	4,2	5,9	7,5	9,2	11	14	16	18	20	21	26
<b>Χρέωση (€)τα Σαβ/κα</b>												
Χρήστες μετρό	1	1,3	1,6	1,8	2,1	2,3	2,9	3,2	3,4	3,7	4	7,8
Λοιποί χρήστες	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	5,1	5,8	6,6	7,3	8,1	8,1

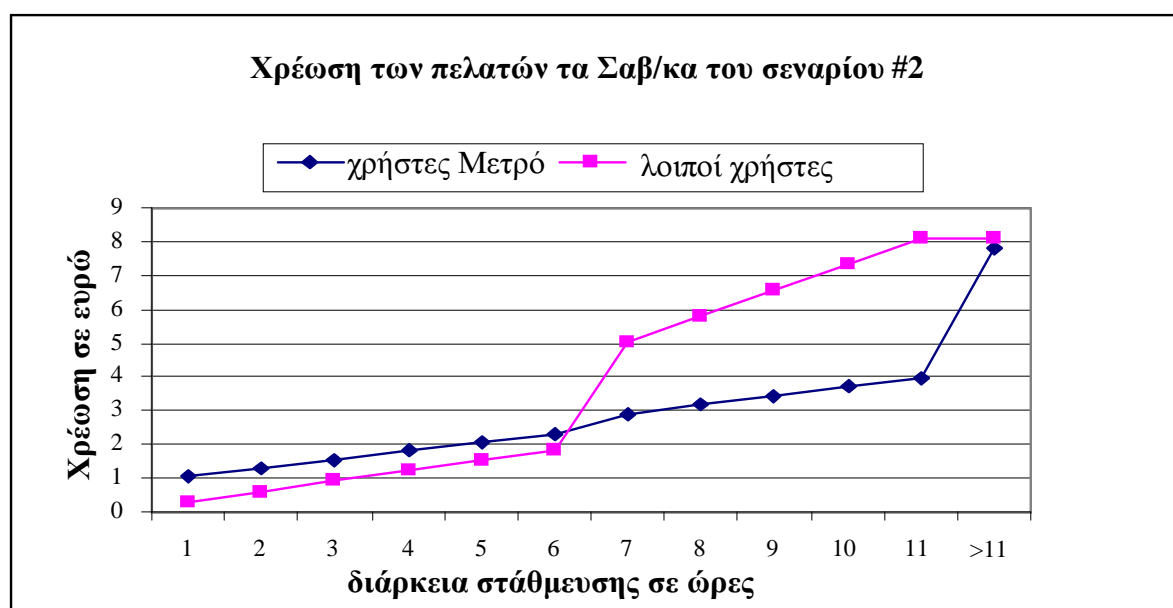
Στο παραπάνω πίνακα παρουσιάζονται οι χρεώσεις του σεναρίου τιμολόγησης #2 των δύο κατηγοριών χρηστών του σταθμού. Στο παρόν σενάριο όπως προκύπτει από τον πίνακα 4.17 της κατανομής των πελατών, τα μεγαλύτερα ποσοστά των χρηστών του μετρό (15%,12%) σταθμεύουν μέχρι και την πέμπτη ώρα και μετά αρχίζουν να μειώνονται από την έκτη ώρα μέχρι την εντεκάτη τις εργάσιμες ημέρες.



**Σχήμα 4.5:** Τιμολόγηση χρηστών τις καθημερινές ημέρες του σεναρίου #2

Η τιμολόγηση λοιπόν του σεναρίου #2 όπως φαίνεται στον πίνακα είναι κλιμακωτή και μέχρι την έκτη ώρα στάθμευσης αυξάνεται κατά 1.5€ ώρα. Η χρέωση της έβδομης ώρας είναι μειωμένη σε σχέση με τη χρέωση της έκτης ώρας κατά 1,5€ για τους χρήστες του Μετρό και για τις επόμενες ώρες μέχρι την εντεκάτη ώρα στάθμευσης αυξάνεται κατά μέσο όρο 0.8€. Αυτή η τιμολόγηση επιδιώκει να πριμοδοτήσει τη μακροχρόνια στάθμευση κυρίως των χρηστών του μετρό διότι όπως παρατηρείται από την ποσοστιαία κατανομή των χρηστών του μετρό αρχίζει να μειώνεται το ποσοστό που σταθμεύει μετά την πέμπτη ώρα. Όσον αφορά τη χρέωση των λοιπών χρηστών στις εργάσιμες ημέρες αυξάνεται κατά μέσο όρο 1.7 €/ώρα από την πρώτη μέχρι την έκτη ώρα στάθμευσης και από την έβδομη μέχρι την δέκατη ώρα αυξάνεται κατά 2€/ώρα.





**Σχήμα 4.6:** Τιμολόγηση χρηστών τα Σαβ/κα του σεναρίου #2

Η χρέωση τα Σαβ/κα διαφέρει αρκετά για τις δύο κατηγορίες χρηστών αν και η ποσοστιαία κατανομή τους είναι ίδια μέχρι την έκτη ώρα στάθμευσης. Οι χρήστες του μετρό τιμολογούνται ακριβότερα από τους λοιπούς χρήστες κατά 0.7 € ώρα μέχρι την έκτη ώρα προφανώς για να αυξηθεί η πελατεία του σταθμού τα Σαβ/κα ειδικά τις πρωινές ώρες που επιθυμούν οι πελάτες του σταθμού να προσεγγίσουν την περιοχή για διάφορες δραστηριότητες και κυρίως για τις αγορές τους. Από την έβδομη ώρα όμως και έπειτα η χρέωση αυξάνεται μόνο κατά 0.7€ ώρα όπως παρατηρείται από τη μικρή κλίση της ευθείας για τους χρήστες του μετρό στο σχήμα δηλαδή πολύ λίγο σε σχέση με τη χρέωση των λοιπών χρηστών για να αποφεύγεται η μη πλήρωση του σταθμού τα Σαβ/κα. Αντίθετα η χρέωση των λοιπών χρηστών είναι πιο ακριβή σε σχέση με τη χρέωση των χρηστών του Μετρό κατά 2-4€ για στάθμευση από 6-11 ώρες και σχεδόν συμπίπτει για στάθμευση άνω των 11 ωρών. Επιπλέον στο σενάριο αυτό προμοδοτείται η μακροχρόνια στάθμευση και των λοιπών χρηστών που δεν είναι επιθυμητό από την πολιτική της ΑΜΕΛ.

Πίνακας 4.17: Μέσο κόστος ανά ώρα στάθμευσης

Ωρες	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Μέσο κόστος
<b>Χρέωση τις εργάσιμες ημέρες(€ώρα)</b>												
Χρήστες μετρό	0,5	1	1,2	1,2	1,3	1,3	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1€
Λοιποί χρήστες	2,5	2,1	2	1,9	1,8	1,8	2,1	2	2	2	1,9	2€
<b>Χρέωση τα Σαβ/κα (€ώρα)</b>												
Χρήστες μετρό	1	0,7	,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5€
Λοιποί χρήστες	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,5€

Από τον πίνακα 4.17 προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα :

- Το μέσο κόστος/ ώρα στάθμευσης των λοιπών χρηστών είναι διπλάσιο από το (μέσο κόστος /ώρα στάθμευσης των χρηστών του μετρό) τις εργάσιμες ημέρες προκειμένου να προμοδοτούνται οι χρήστες του μετρό.
- Το μέσο κόστος/ ώρα στάθμευσης των χρηστών του μετρό είναι ίδιο με το μέσο κόστος/ ώρα στάθμευσης των λοιπών χρηστών τα Σαβ/κα και χαμηλότερο από ότι τις εργάσιμες ημέρες. Επιδιώκεται λοιπόν η χρέωση κατά τα Σαβ/κα να είναι χαμηλή ώστε να προσελκύεται πελατεία στο σταθμό πέραν των χρηστών του μετρό.

#### 4.2.6 Λόγος ωφελειών –κόστους σεναρίου #2

Ο βέλτιστος λόγος ωφελειών–κόστους (B/C) που προέκυψε από τη διαδικασία βελτιστοποίησης (μέσω των γενετικών αλγορίθμων) για το σενάριο τιμολόγησης #2 είναι :**B/C = 0.845**

### 4.3 Σενάριο τιμολόγησης #3

- **Αύξηση ζήτησης κατά 4% και μείωση κόστους 5% στα έτη 2008-2012**

Στο παρόν σενάριο τιμολόγησης, γίνεται η παραδοχή ότι η ζήτηση των επομένων ετών (2009-2012) στο μοντέλο αυξάνεται με ποσοστό 4% ανά έτος και για τις δύο κατηγορίες χρηστών όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα :

**Πίνακας 4.18 :** Ζήτηση στάθμευσης για ποσοστό αύξησης 4%

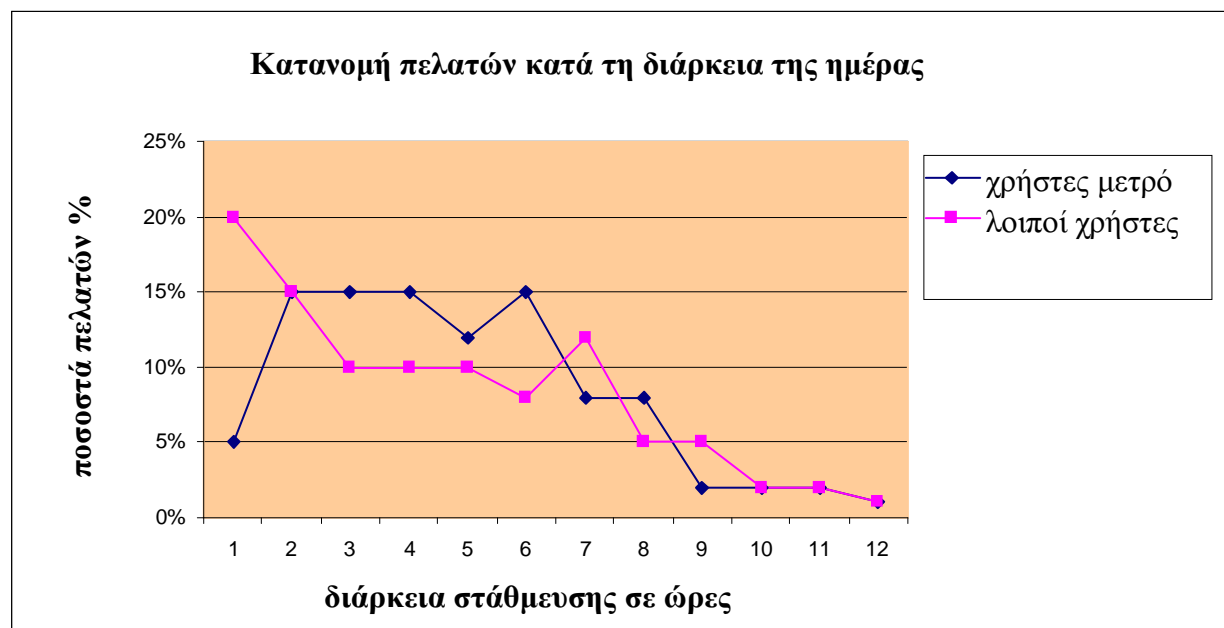
Ημέρες	2008	2009	2010	2011	2012
<b>Εργάσιμες</b>					
Χρήστες μετρό	98.000	101.920	105.997	110.237	114.646
Λοιποί χρήστες	15.790	16.422	17.079	17.762	18.472
<b>Σαβ/κα</b>					
Χρήστες μετρό	415	432	449	467	486
Λοιποί χρήστες	22.681	23.588	24.532	25.513	26.534

Εκτός όμως από τον προσδιορισμό της ζήτησης για στάθμευση για το έτος 2008, είναι απαραίτητος και ο προσδιορισμός των ποσοστών των χρηστών και των αντίστοιχων ωρών στάθμευσης τους έτσι ώστε η τιμολόγηση που προκύπτει από το σενάριο #2 για κάθε ώρα στάθμευσης να λαμβάνει υπόψη της και την κατανομή των χρηστών κατά τη διάρκεια της ημέρας

**Πίνακας 4.19:** Κατανομή πελατών κατά τη διάρκεια εργάσιμης ημέρας και Σαβ/κου

Ημέρες/ώρες	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	>11
<b>Εργάσιμες ημέρες</b>												
Χρήστες Μετρό (%)	5	15	15	15	12	15	8	8	2	2	2	1
Λοιποί Χρήστες (%)	20	15	10	10	10	8	12	5	5	2	2	1
<b>Σαβ/κα</b>												
Χρήστες Μετρό (%)	5	10	15	15	15	10	5	5	5	5	5	5
Λοιποί Χρήστες (%)	5	10	15	15	15	10	5	5	5	5	5	5

Ο πίνακας 4.19 παρουσιάζει λοιπόν μια παραδοχή της κατανομής των πελατών του σταθμού Συγγρού-Φιξ και παρακάτω η κατανομή αυτή αναπαριστάται στο σχήμα 4.7.



**Σχήμα 4.7** Ποσοστιαία κατανομή πελατών του σταθμού μιας τυπικής εργάσιμης ημέρας

Από το παραπάνω σχήμα προκύπτει ότι το υψηλότερο ποσοστό χρηστών του μετρό θεωρείται ότι σταθμεύει από δύο μέχρι έξι ώρες. Στο παρόν σενάριο τιμολόγησης #3 η κατανομή των χρηστών του μετρό και των λοιπών χρηστών θεωρείται η ίδια στα Σαβ/κα με και το υψηλότερο ποσοστό τους σταθμεύει για διάρκεια τριών μέχρι τεσσάρων ωρών.

### 4.3.1 Υπολογισμός εξόδων

Στο παρόν σενάριο τιμολόγησης θεωρείται **μείωση** όλων των κατηγοριών **κόστους** στα επόμενα έτη κατά το **ποσοστό 5%**.

**Πίνακας 4.20 :** Τα συνολικά έξοδα για τα έτη 2008-2012 με ετήσια μείωση κατά 5%

<b>ΕΞΟΔΑ</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>PV</b>
Προσωπικό	420.000	432.600	445.578	458.945	472.714	1.925.247 €
Συντήρηση	10.000	10.300	10.609	10.927	11.255	53.091 €
Κοινόχρηστα έξοδα	180.000	185.400	190.962	196.691	202.591	955.644 €
Λοιπά έξοδα	100.000	103.000	106.090	109.273	112.550	530.913 €
<b>Σύνολο</b>						<b>3.464.896 €</b>

Στο παρόν σενάριο τιμολόγησης, εξετάζεται ο ρόλος που παίζει η σημαντική μείωση ετήσιων εξόδων της τάξεως του 5% του πίνακα 4.20, στη διαμόρφωση τιμολογίου του χώρου στάθμευσης –μετεπιβίβασης με βάση το βέλτιστο λόγο ωφελειών-κόστους.

#### 4.3.2 Περιορισμοί τιμολόγησης

Οι περιορισμοί που τέθηκαν για τις παραμέτρους τιμολόγησης  $a_{jm}$ ,  $b_{jm}$ ,  $c_{jm}$ ,  $d_{jm}$ ,  $e_{jm}$  είναι οι παρακάτω που συντάχθηκαν έτσι ώστε ο χώρος στάθμευσης - μετεπιβίβασης να είναι ανταγωνιστικός σε σχέση με τους άλλους χώρους στάθμευσης της περιοχής και κυρίως για να προμοδοτείται η μακροχρόνια στάθμευση.

Πίνακας 4.21 :Περιορισμοί παραμέτρων τιμολόγησης

Περιορισμοί
$0 \leq \alpha_{jm} \leq 2$
$0 \leq b_{jm} \leq 5$
$0 \leq c_{jm} \leq 2$
$0 \leq d_{jm} \leq 5$
$0 \leq e_{jm} \leq 5$

#### 4.3.3.Συνολικά Έσοδα του σεναρίου τιμολόγησης #3

Τα ετήσια έσοδα για τα έτη 2008-2012 που προέκυψαν ως βέλτιστα έπειτα από υπολογισμούς για το σενάριο τιμολόγησης #3 και η παρούσα αξία τους (PV) παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα :

Πίνακας 4.22: Τα ετήσια έσοδα για τα έτη 2008-2012

Συνολικά Έσοδα						
ΕΤΗ	2008	2009	2010	2011	2012	PV
<b>Εργάσιμες ημέρες</b>						
Χρήστες μετρό	557.982	580.302	603.515	627.656	652.760	2.606.930
Λοιποί Χρήστες	140.176	145.786	151.619	157.682	163.985	654.920
<b>Σαβ/κα</b>						
Χρήστες μετρό	2.363	2.460	2.556	2.659	2.767	11.045
Λοιποί Χρήστες	68.703	71.450	74.310	77.281	80.374	320.985
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>						<b>3.593.880</b>

#### 4.3.4. Υπολογισμός των παραμέτρων τιμολόγησης σεναρίου #3

Οι τιμές των παραμέτρων τιμολόγησης που υπολογίστηκαν για το σενάριο #3 φαίνονται στον παρακάτω πίνακα :

**Πίνακας 4.23 :** Τιμές των παραμέτρων τιμολόγησης σεναρίου #3

Χρήστες μετρό			Λοιποί χρήστες		
Εργάσιμες Ημέρες			Εργάσιμες Ημέρες		
t	a	b	t	a	b
>7h	1,9	0,4	>7h	2,0	2,1
7-11h	0,4	2,7	7-11h	1,7	4,6
>11h	-	5,0	>11h	-	5,0
Σαβ/κα			Σαβ/κα		
t	a	b	t	a	b
>7h	0,2	0,3	>7h	0,2	0,1
7-11h	0,4	0,4	7-11h	1,0	0,5
>11h	-	0,7	>11h	-	4,1

όπου  $a_{jm}$ ,  $b_{jm}$  παράμετροι για στάθμευση ( $t < 7$  h)

$c_{jm}$ ,  $d_{jm}$  παράμετροι για στάθμευση ( $t : 7-11$ h)

$e_{jm}$  παράμετρος για στάθμευση ( $t > 11$ h)

Με αντικατάσταση των παραμέτρων τιμολόγησης του πίνακα 4.23 στη σχέση του κόστους στάθμευσης  $c=a*(t-1)+b$  όπου  $t$  ο χρόνος στάθμευσης σε ώρες προκύπτουν οι χρεώσεις για στάθμευση 1-11 ώρες και μεγαλύτερη των 11 ωρών. Οι χρεώσεις για το σενάριο τιμολόγησης #3 φαίνονται στον πίνακα 4.24:



Πίνακας 4.24 : Τιμολόγηση σεναρίου #3

Ωρες	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	>11
<b>Χρέωση (€ )τις Εργάσιμες Ημέρες</b>												
Χρήστες μετρό	0,4	2	4	6	8	10	5	5,5	5,9	6,3	6,7	12
Λοιποί χρήστες	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	26
<b>Χρέωση(€ )τα Σαβ/κα</b>												
Χρήστες μετρό	0,3	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	2,6	3	3,4	3,8	4,2	4,8
Λοιποί χρήστες	0,1	0,2	0,4	0,6	0,7	0,9	6,5	7,5	8,5	9,5	10	10

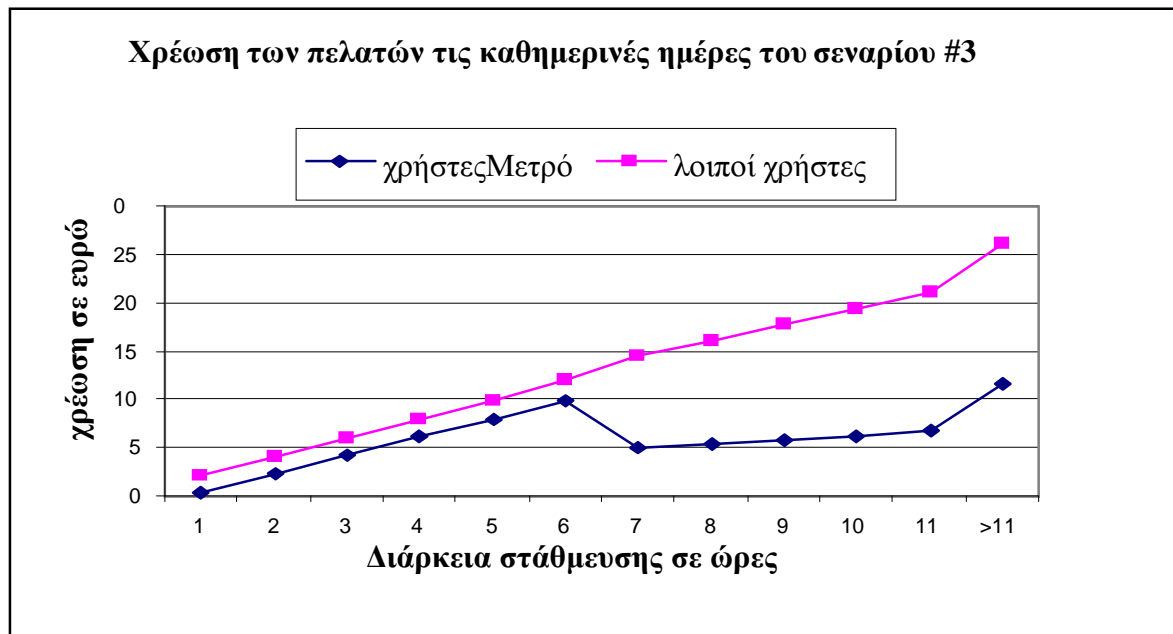
Στο σενάριο τιμολόγησης #3 η χρέωση των χρηστών του μετρό τις εργάσιμες ημέρες αυξάνεται κατά 1.9€ ώρα από την πρώτη μέχρι την έκτη ώρα και από την έβδομη ώρα μέχρι την εντέκατη αυξάνεται με μικρότερο ποσοστό που είναι 0.4€ ώρα προκειμένου να πριμοδοτηθεί η μακροχρόνια στάθμευση.

Η χρέωση της κατηγορίας των λοιπών χρηστών τις εργάσιμες ημέρες είναι κλιμακωτή και αυξάνεται κατά 2€ ώρα. Η χρέωση τα Σαβ/κα για το παρόν σενάριο τιμολόγησης αυξάνεται κατά ένα μικρό ποσοστό ανά ώρα όπως φαίνεται από τον πίνακα και για τις δύο κατηγορίες χρηστών.

#### 4.3.5 Λόγος ωφελειών –κόστους σεναρίου #3

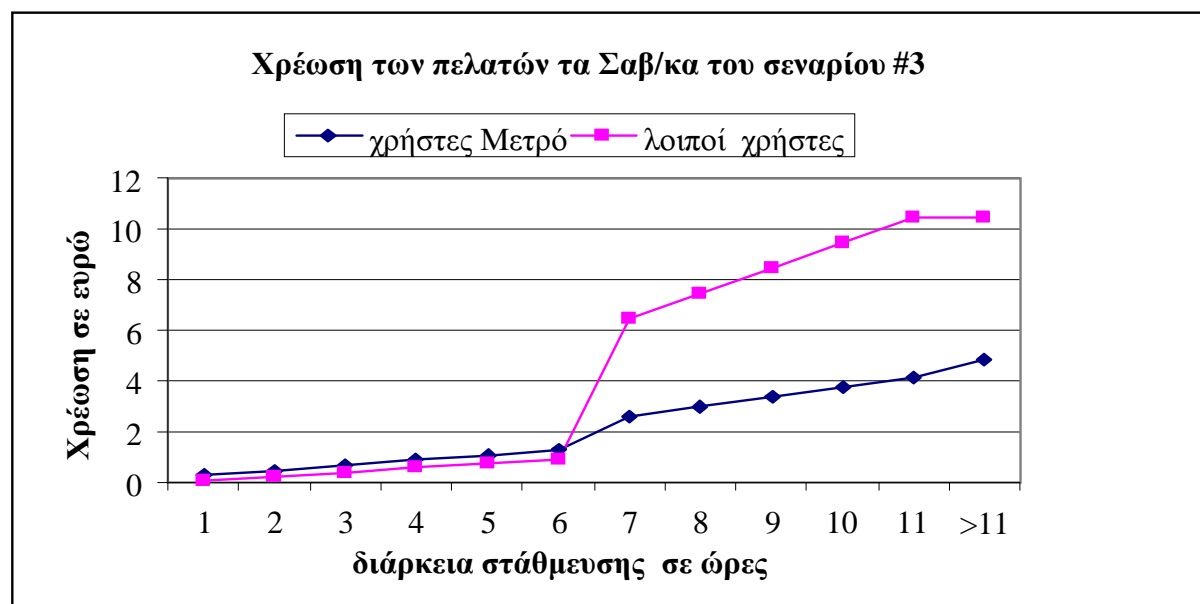
Ο βέλτιστος λόγος ωφελειών –κόστους (B/C) που προέκυψε από τη διαδικασία βελτιστοποίησης (μέσω των γενετικών αλγορίθμων) για το σενάριο τιμολόγησης #3 είναι :**B/C = 1,211**

Παρακάτω παρουσιάζονται σε σχήματα οι χρεώσεις των πελατών του σταθμού για το σενάριο τιμολόγησης #3:



**Σχήμα 4.8:** Τιμολόγηση των χρηστών τις καθημερινές ημέρες του σεναρίου #3

Όπως φαίνεται από το παραπάνω σχήμα η χρέωση των λοιπών χρηστών αυξάνεται κατά 2€ ώρα με εύρος τιμών 2€ έως 26€ ανάλογα με τη διάρκεια στάθμευσης. Η χρέωση των χρηστών του Μετρό αυξάνεται σταδιακά από 0,40€-10€ μέχρι την έκτη ώρα και έπειτα μειώνεται την έβδομη στα 5€. Έπειτα αυξάνεται μέχρι την εντεκάτη ώρα σε μικρό ποσοστό με τιμές από 5€ έως 6,7€ ώστε να πριμοδοτηθεί η μακροχρόνια στάθμευση των χρηστών του Μετρό.



**Σχήμα 4.9:** Τιμολόγηση των πελατών τα Σαβ/κα του σεναρίου #3

Η χρέωση και των δύο κατηγοριών πελατών του χώρου στάθμευσης στο σενάριο τιμολόγησης #3 διαφέρει ελάχιστα (κατά μέσο όρο 0,30€) για στάθμευση μέχρι 6 ώρες. Μετά από τις 6 ώρες η χρέωση των λοιπών χρηστών αυξάνεται απότομα όπως παρατηρείται από την μεγάλη κλίση της ευθείας φτάνοντας τα 6,5€ την έβδομη ώρα και μετά αυξάνεται κατά 1€/ώρα. Η χρέωση όμως των χρηστών του Μετρό αυξάνεται μόνο κατά 0,40€/ώρα μετά την έβδομη ώρα στάθμευσης στα πλαίσια προώθησης της μακροχρόνιας στάθμευσης.

Πίνακας 4.25: Μέσο κόστος ανά ώρα στάθμευσης

Ωρες	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Μέσο κόστος
<b>Χρέωση τις εργάσιμες ημέρες(€ώρα)</b>												
Χρήστες μετρό	0,4	1,1	1,4	1,5	1,6	1,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	1€
Λοιποί χρήστες	2,1	2	2	2	2	2	2,1	2	2	1,9	1,9	2€
<b>Χρέωση τα Σαβ/κα (€ώρα)</b>												
Χρήστες μετρό	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3€
Λοιποί χρήστες	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,9	0,9	0,9	0,9	1	0,5€

Από τον πίνακα 4.25 προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- Το μέσο κόστος/ ώρα στάθμευσης των λοιπών χρηστών είναι διπλάσιο από το (μέσο κόστος /ώρα στάθμευσης των χρηστών του μετρό) τις εργάσιμες ημέρες προκειμένου να προμοδοτούνται οι χρήστες του μετρό.
- Το μέσο κόστος/ ώρα στάθμευσης των χρηστών του μετρό είναι μικρότερο από το μέσο κόστος/ ώρα στάθμευσης των λοιπών χρηστών τα Σαβ/κα και χαμηλότερο από ότι τις εργάσιμες ημέρες. Επιδιώκεται λοιπόν η χρέωση κατά τα Σαβ/κα να είναι χαμηλή ώστε να προσελκύεται πελατεία στο σταθμό πέραν των χρηστών του μετρό.

#### 4.4 Συγκεντρωτική παρουσίαση σεναρίων τιμολόγησης

Στον πίνακα 4.28 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι παράμετροι και ο λόγος κόστους-ωφελειών (B/C) όλων των σεναρίων τιμολόγησης που υπολογίστηκαν στην παρούσα εργασία. Στη τελευταία στήλη του πίνακα γίνεται σύγκριση του λόγου κόστους –ωφελειών του κάθε σεναρίου με το λόγο κόστους –ωφελειών του αρχικού σεναρίου.

Στους πίνακες 4.26, 4.27 η κατανομή χρηστών (α),(β) αναφέρεται στα ποσοστά χρηστών και τις αντίστοιχες ώρες στάθμευσής τους κατά τη διάρκεια εργάσιμης ημέρας και Σαβ/κου.

Πίνακας 4.26: Κατανομή χρηστών (α)

Ημέρ/ώρες	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	>11
<b>Εργάσιμες ημέρες (ποσοστιαία κατανομή χρηστών)</b>												
Χρήστες Μετρό(%)	5	15	15	15	12	10	10	10	2	2	2	2
Λοιποί χρήστες(%)	20	15	10	10	10	8	12	5	5	2	2	1
<b>Σαβ/κα (ποσοστιαία κατανομή χρηστών)</b>												
Χρήστες Μετρό(%)	5	10	15	15	15	10	8	5	5	5	5	2
Λοιποί χρήστες(%)	5	10	15	15	15	10	5	5	5	5	5	5

Πίνακας 4.27 : Κατανομή χρηστών (β)

Ημέρες/ώρες	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	>11
<b>Εργάσιμες ημέρες (ποσοστιαία κατανομή χρηστών)</b>												
Χρήστες μετρό(%)	5	15	15	15	12	12	10	10	2	2	1	1
Λοιποί χρήστες(%)	20	15	10	10	10	8	12	5	5	2	2	1
<b>Σαβ/κα(ποσοστιαία κατανομή χρηστών)</b>												
Χρήστες μετρό(%)	5	10	15	15	15	10	8	8	5	5	2	2
Λοιποί χρήστες(%)	5	10	15	15	15	10	5	5	5	5	5	5

Πίνακας 4.28: Λόγοι ωφέλειας-κόστους σεναρίων

A/A	Αλλαγές παραμέτρων σεναρίων	Λόγος (κόστους/ωφελειών) B/C	Ποσοστιαία Μεταβολή (%) κόστους/ωφελειών από το βασικό σενάριο
<i>αύξηση ζήτησης + αύξηση κόστους</i>			
1	αύξηση ζήτησης 1%, αύξηση κόστους 3%	0.973	0.00%
2	αύξηση ζήτησης 1%, αύξηση κόστους 4%	0.927	4.6%
3	αύξηση ζήτησης 1%, αύξηση κόστους 5%	0.930	4.3%
4	αύξηση ζήτησης 1%, αύξηση κόστους 6%	0.923	5.0%
5	αύξηση ζήτησης 1%, αύξηση κόστους 7%	0.899	7.40%
6	αύξηση ζήτησης 1%, αύξηση κόστους 10%	0.827	14.6%
7	αύξηση ζήτησης 2%, αύξηση κόστους 3%	1.001	-2.8%
8	αύξηση ζήτησης 2%, αύξηση κόστους 4%	0.975	-0.2%
9	αύξηση ζήτησης 2%, αύξηση κόστους 5%	0.969	0.4%
10	αύξηση ζήτησης 2%, αύξηση κόστους 6%	0.914	5.9%
11	αύξηση ζήτησης 2%, αύξηση κόστους 7%	0.912	6.1%
12	αύξηση ζήτησης 2%, αύξηση κόστους 10%	0.853	12.0%
13	αύξηση ζήτησης 3%, αύξηση κόστους 3%	1.025	-5.2%
14	αύξηση ζήτησης 3%, αύξηση κόστους 4%	0.983	-1.0%
15	αύξηση ζήτησης 3%, αύξηση κόστους 5%	0.974	-0.1%
16	αύξηση ζήτησης 3%, αύξηση κόστους 6%	0.921	5.2%

A/A	Αλλαγές παραμέτρων σεναρίων	Λόγος (κόστους/ωφελειών) B/C	Ποσοστιαία Μεταβολή (%) κόστους/ωφελειών από το βασικό σενάριο
17	αύξηση ζήτησης 3%,αύξηση κόστους 7%	0.948	2.5%
18	αύξηση ζήτησης 3%,αύξηση κόστους 10%	0.873	10.0%
19	αύξηση ζήτησης 4%,αύξηση κόστους 3%	1.019	-4.6%
20	αύξηση ζήτησης 4%,αύξηση κόστους 4%	0.994	-2.1%
21	αύξηση ζήτησης 4%,αύξηση κόστους 5%	0.984	-1.1%
22	αύξηση ζήτησης 4%,αύξηση κόστους 6%	0.981	-0.8%
23	αύξηση ζήτησης 4%,αύξηση κόστους 7%	0.966	0.7%
24	αύξηση ζήτησης 4%,αύξηση κόστους 10%	0.912	6.1%
<b>Αύξηση ζήτησης +μείωση κόστους</b>			
25	αύξηση ζήτησης 1%,μείωση κόστους 5%	1.145	-17.2%
26	αύξηση ζήτησης 1%,μείωση κόστους 10%	1.240	-26.7%
27	αύξηση ζήτησης 2%,μείωση κόστους 5%	1.101	-12.8%
28	αύξηση ζήτησης 2%,μείωση κόστους 10%	1.285	-31.2%
29	αύξηση ζήτησης 3%,μείωση κόστους 5%	1.153	-18.0%
30	αύξηση ζήτησης 3%,μείωση κόστους 10%	1.297	-32.4%
31	αύξηση ζήτησης 4%,μείωση κόστους 5%	1.212	-23.9%
32	αύξηση ζήτησης 4%,μείωση κόστους 10%	<b>1.322</b>	-34.9%
<b>αύξηση ζήτησης +αύξηση κόστους + κατανομή χρηστών</b>			



A/A	Αλλαγές παραμέτρων σεναρίων	Λόγος (κόστους/ωφελειών) B/C	Ποσοστιαία Μεταβολή (%) κόστους/ωφελειών από το βασικό σενάριο
33	αύξηση ζήτησης 1%,αύξηση κόστους 3%,κατανομή χρηστών (α)	0.949	2.4%
34	αύξηση ζήτησης 1%,αύξηση κόστους 3%, κατανομή (β)	0.979	-0.6%
35	αύξηση ζήτησης 1%,αύξηση κόστους 4%,κατανομή χρηστών (α)	0.946	2.7%
36	αύξηση ζήτησης 1%,αύξηση κόστους 4%,κατανομή χρηστών (β)	0.922	5.1%
37	αύξηση ζήτησης 1%,αύξηση κόστους 5%,κατανομή χρηστών (α)	0.901	7.2%
38	αύξηση ζήτησης 1%,αύξηση κόστους 5%,κατανομή χρηστών (β)	0.913	6.0%
39	αύξηση ζήτησης 1%,αύξηση κόστους 6%,κατανομή χρηστών (α)	0.911	6.2%
40	αύξηση ζήτησης 1%,αύξηση κόστους 6%,κατανομή χρηστών (β)	0.917	5.6%
41	αύξηση ζήτησης 1%,αύξηση κόστους 7%,κατανομή χρηστών (α)	0.889	8.4%
42	αύξηση ζήτησης 1%,αύξηση κόστους 7%,κατανομή χρηστών (β)	0.879	9.4%
43	αύξηση ζήτησης 1%,αύξηση κόστους 10%,κατανομή χρηστών (α)	0.823	15.0%
44	αύξηση ζήτησης 1%,αύξηση κόστους 10%,κατανομή (β)	0.767	20.6%
45	αύξηση ζήτησης 2%,αύξηση κόστους 3%,κατανομή	0.987	-1.4%

A/A	Αλλαγές παραμέτρων σεναρίων	Λόγος (κόστους/ωφελειών) B/C	Ποσοστιαία Μεταβολή (%) κόστους/ωφελειών από το βασικό σενάριο
	χρηστών (α)		
46	αύξηση ζήτησης 2%,αύξηση κόστους 3%,κατανομή χρηστών (β)	0.939	3.4%
47	αύξηση ζήτησης 2%,αύξηση κόστους 4%,κατανομή χρηστών (α)	0.949	2.4%
48	αύξηση ζήτησης 2%,αύξηση κόστους 4%,κατανομή χρηστών (β)	0.950	2.3%
49	αύξηση ζήτησης 2%,αύξηση κόστους 5%,κατανομή χρηστών (α)	0.935	3.8%
50	αύξηση ζήτησης 2%,αύξηση κόστους 5%,κατανομή χρηστών (β)	0.914	5.9%
51	αύξηση ζήτησης 2%,αύξηση κόστους 6%,κατανομή χρηστών (α)	0.921	5.2%
52	αύξηση ζήτησης 2%,αύξηση κόστους 6%,κατανομή χρηστών (β)	0.913	6.0%
53	αύξηση ζήτησης 2%,αύξηση κόστους 7%,κατανομή χρηστών (α)	0.918	5.5%
54	αύξηση ζήτησης 2%,αύξηση κόστους 7%,κατανομή χρηστών (β)	0.888	8.5%
55	αύξηση ζήτησης 2%,αύξηση κόστους 10%, κατανομή χρηστών (α)	0.834	13.9%
56	αύξηση ζήτησης 2%,αύξηση κόστους 10%, κατανομή χρηστών (β)	0.846	12.7%
57	αύξηση ζήτησης 3%,αύξηση	0.978	-0.5%

A/A	Αλλαγές παραμέτρων σεναρίων	Λόγος (κόστους/ωφελειών) B/C	Ποσοστιαία Μεταβολή (%) κόστους/ωφελειών από το βασικό σενάριο
	κόστους 3%,κατανομή χρηστών (α)		
58	αύξηση ζήτησης 3%,αύξηση κόστους 3%, κατανομή χρηστών (β)	0.992	-0.02
59	αύξηση ζήτησης 3%,αύξηση κόστους 4%,κατανομή χρηστών (α)	0.951	2.2%
60	αύξηση ζήτησης 3%,αύξηση κόστους 4%, κατανομή χρηστών (β)	0.942	3.1%
61	αύξηση ζήτησης 3%,αύξηση κόστους 5%, κατανομή χρηστών (α)	0.952	2.1%
62	αύξηση ζήτησης 3%,αύξηση κόστους 5%,κατανομή χρηστών (β)	0.968	0.5%
63	αύξηση ζήτησης 3%,αύξηση κόστους 6%, κατανομή χρηστών (α)	0.926	4.7%
64	αύξηση ζήτησης 3%,αύξηση κόστους 6%,κατανομή χρηστών (β)	0.906	6.7%
65	αύξηση ζήτησης 3%,αύξηση κόστους 7%,κατανομή χρηστών (α)	0.925	4.8%
66	αύξηση ζήτησης 3%,αύξηση κόστους 7%,κατανομή χρηστών (β)	0.919	5.4%
67	αύξηση ζήτησης 3%,αύξηση κόστους 10%, κατανομή χρηστών (α)	0.845	12.8%
68	αύξηση ζήτησης 3%,αύξηση κόστους 10%, κατανομή χρηστών (β)	0.867	10.6%

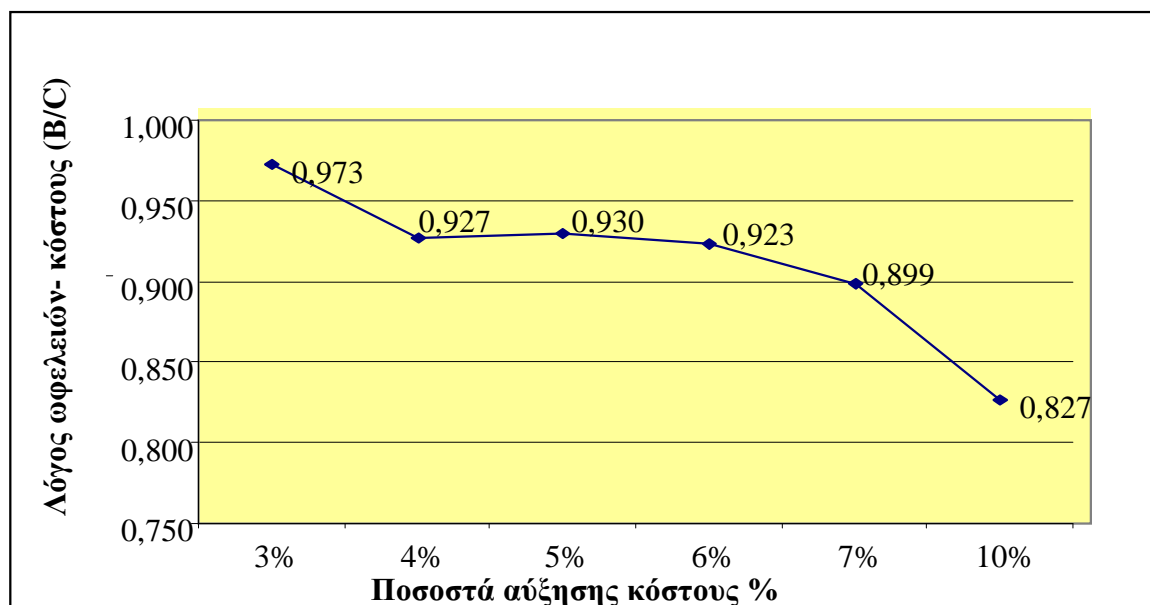
A/A	Αλλαγές παραμέτρων σεναρίων	Λόγος (κόστους/ωφελειών) B/C	Ποσοστιαία Μεταβολή (%) κόστους/ωφελειών από το βασικό σενάριο
69	αύξηση ζήτησης 4%,αύξηση κόστους 3%,κατανομή χρηστών (α)	1.005	-3.2%
70	αύξηση ζήτησης 4%,αύξηση κόστους 3%,κατανομή χρηστών (β)	1.007	-3.4%
71	αύξηση ζήτησης 4%,αύξηση κόστους 4%,κατανομή χρηστών (α)	0.971	0.2%
72	αύξηση ζήτησης 4%,αύξηση κόστους 4%,κατανομή χρηστών (β)	1.012	-3.9%
73	αύξηση ζήτησης 4%,αύξηση κόστους 5%,κατανομή χρηστών (α)	0.979	-0.6%
74	αύξηση ζήτησης 4%,αύξηση κόστους 5%,κατανομή χρηστών (β)	0.965	0.8%
75	αύξηση ζήτησης 4%,αύξηση κόστους 6%,κατανομή χρηστών (α)	0.968	0.5%
76	αύξηση ζήτησης 4%,αύξηση κόστους 6%,κατανομή χρηστών (β)	0.925	4.8%
77	αύξηση ζήτησης 4%,αύξηση κόστους 7%,κατανομή χρηστών (α)	0.933	4.0%
78	αύξηση ζήτησης 4%,αύξηση κόστους 7%,κατανομή χρηστών (β)	0.923	5.0%
79	αύξηση ζήτησης 4%,αύξηση κόστους 10%,κατανομή χρηστών (α)	0.859	11.4%
80	αύξηση ζήτησης 4%,αύξηση κόστους 10%,κατανομή χρηστών (β)	0.896	7.7%

Από τον πίνακα 4.28 προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα :

- Ο λόγος κόστους –ωφελειών των σεναρίων που θεωρούν ίδια αύξηση ζήτησης, ίδια αύξηση κόστους αλλά διαφορετική κατανομή χρηστών (του μετρό ) διαφέρουν ελάχιστα δηλαδή η διαφοροποίηση στον χρόνο παραμονής χρηστών του μετρό δεν μεταβάλλει σημαντικά το λόγο ωφέλειας –κόστους.
- Λόγω της έλλειψης έκπτωσης στους λοιπούς πελάτες του χώρου στάθμευσης, όσο αυτοί αυξάνονται ,τόσο πιο κερδοφόρος είναι ο χώρος στάθμευσης γεγονός που έρχεται σε αντίθεση με την επιδίωξη της ΑΜΕΛ για μεγιστοποίηση της χρήσης του χώρου από χρήστες του μετρό.

#### 4.5 Σχηματική απεικόνιση των αποτελεσμάτων

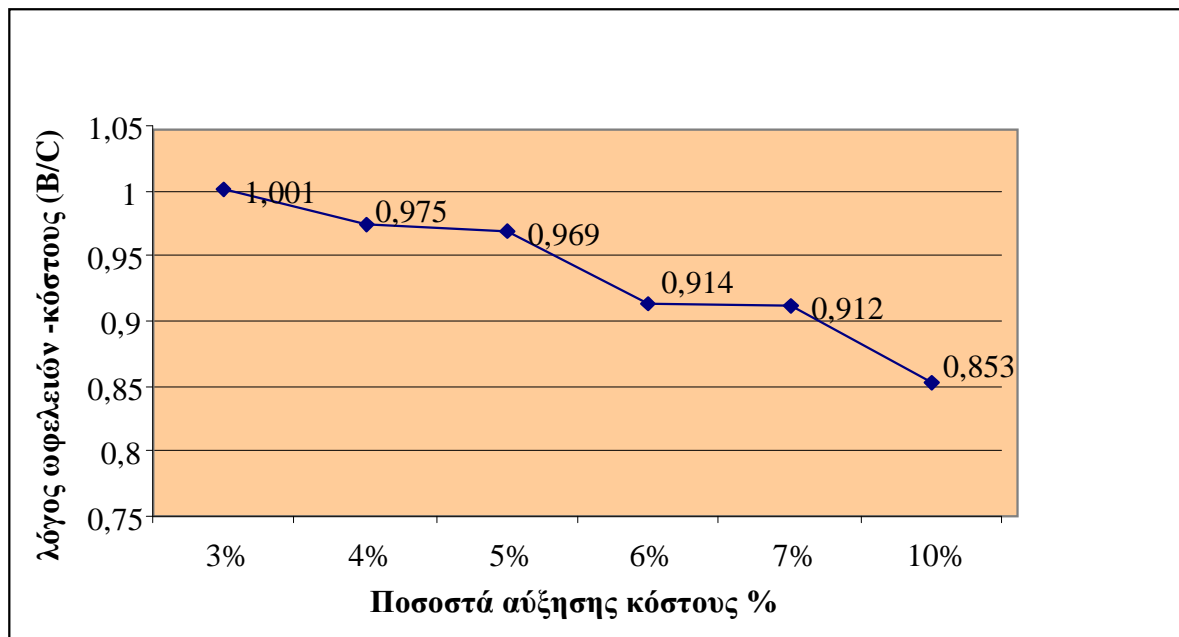
- Για αύξηση ζήτησης 1%



**Σχήμα 4.10:** Σχέση (B/C) με τα ποσοστά ετήσιας αύξησης κόστους % του χώρου στάθμευσης

Για το βασικό σενάριο που θεωρεί αύξηση ζήτησης 1% και αύξηση κόστους 3% όπως απεικονίζεται στο σχήμα προκύπτει ο μεγαλύτερος λόγος ωφελειών-κόστους. Για αύξηση κόστους 4% ο λόγος μειώνεται κατά 4,96% ενώ για τα ποσοστά 5%, 6% μεταβάλλεται ελάχιστα. Για αύξηση ζήτησης επίσης κατά 7% και 10% ο λόγος παρουσιάζει μεγάλη μείωση όπως απεικονίζεται στο σχήμα καθώς το κόστος αυξάνεται πολύ σε σχέση με το ποσοστό της ζήτησης και επομένως η μειωμένη πελατεία του σταθμού αποφέρει λιγότερα κέρδη.

- Για αύξηση ζήτησης 2%

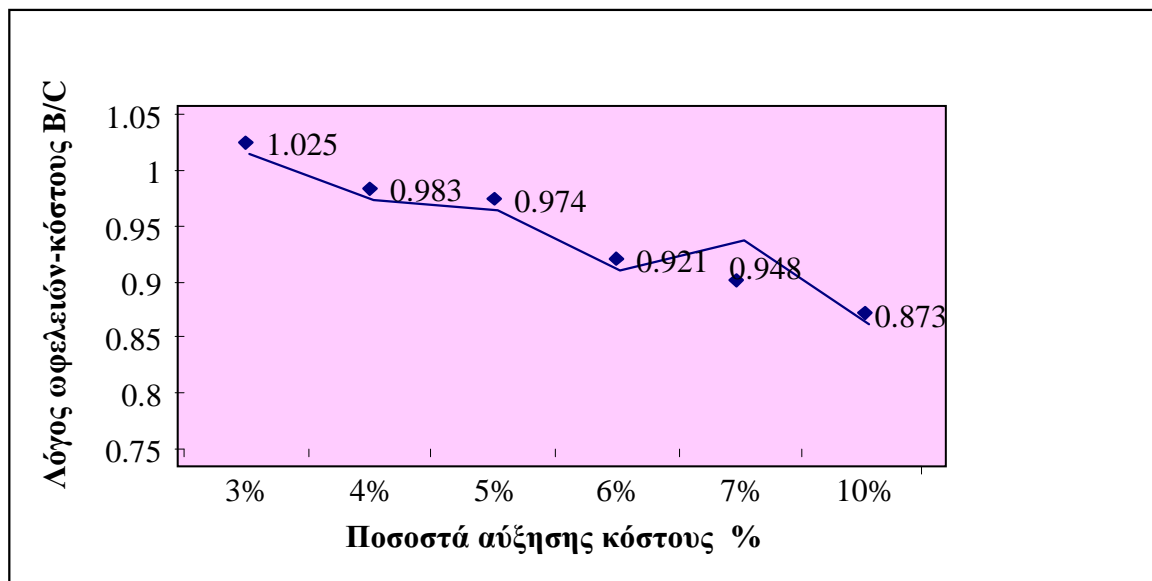


**Σχήμα 4.11:** Σχέση (B/C) με τα ποσοστά ετήσιας αύξησης κόστους% του χώρου στάθμευσης

Στο παραπάνω σχήμα συσχετίζονται οι λόγοι ωφελειών-κόστους που προκύπτουν από τους συνδυασμούς διαφορετικών ποσοστών αύξησης κόστους με αύξηση ζήτησης 2%. Ο μεγαλύτερος λόγος B/C=1,001 προκύπτει για αύξηση κόστους 3% και ο μικρότερος λόγος B/C=0,853 προκύπτει για

αύξηση κόστους 10%. Η μεγαλύτερη ποσοστιαία μεταβολή στο λόγο ωφελειών-κόστους είναι 6,5% και παρατηρείται για αύξηση του ποσοστού κόστους από 7% σε 10%. Επομένως τα κέρδη (ωφέλειες) για το χώρο στάθμευσης είναι περισσότερα από το κόστος μόνο στην περίπτωση αύξησης κόστους 3% αφού  $B/C=1,001>1$ .

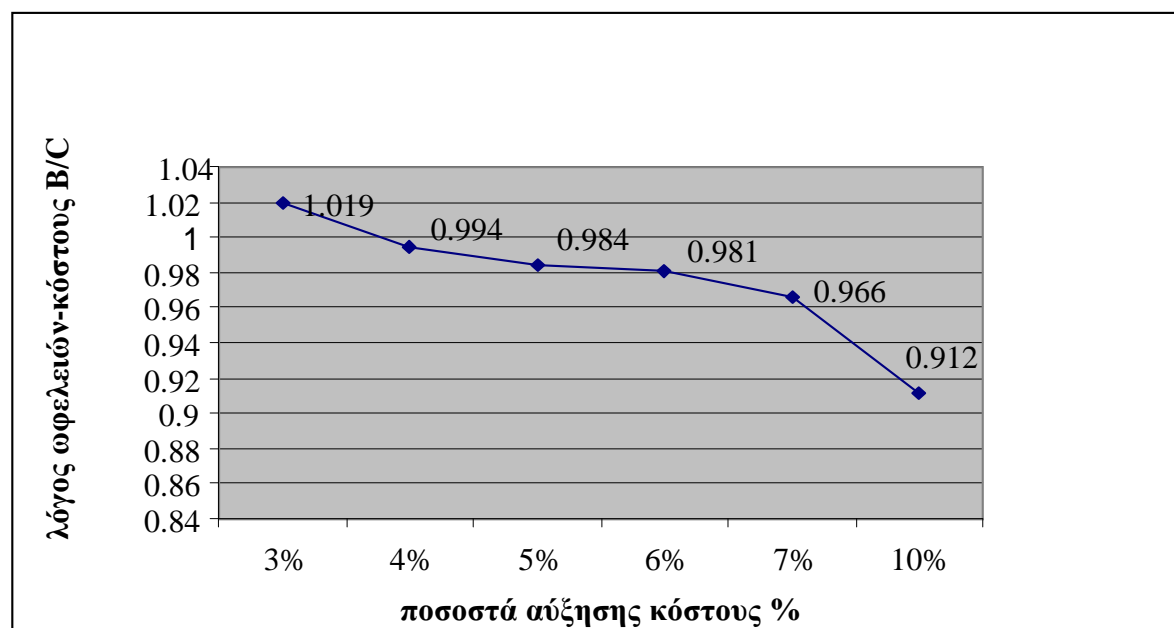
- Για αύξηση ζήτησης 3%



**Σχήμα 4.12** :Σχέση (B/C) με τα ποσοστά ετήσιας αύξησης κόστους % του χώρου στάθμευσης

Στο σχήμα 4.12 ο λόγος ωφελειών-κόστους μειώνεται σταδιακά καθώς αυξάνει η τιμή των ποσοστών αύξησης κόστους από 3% σε 10%.

- Για αύξηση ζήτησης 4%

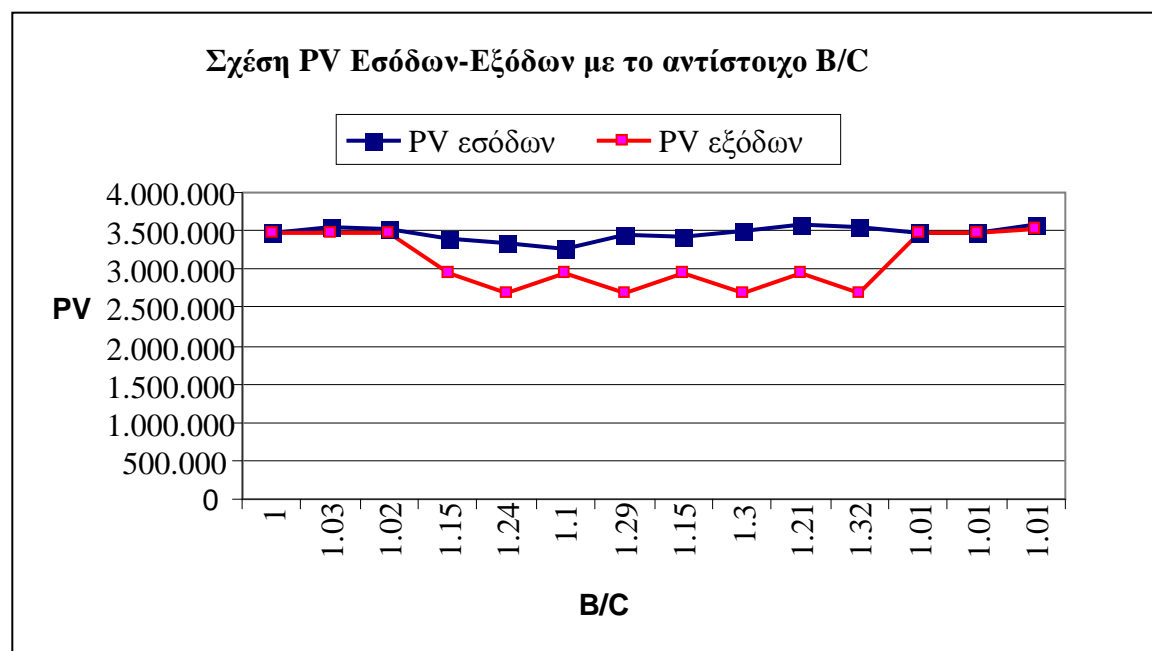


**Σχήμα 4.13** :Σχέση (B/C) με τα ποσοστά ετήσιας αύξησης κόστους % του χώρου στάθμευσης

Στο παραπάνω σχήμα όπως και στα σχήματα 4.10, 4.11, 4.12 παρατηρείται μια σταδιακή μείωση του λόγου κόστους-ωφελειών με εντονότερη μείωσή του στο διάστημα από 7% έως 10% που αντιστοιχεί σε ποσοστό μείωσης 5,6%. Στην περίπτωση λοιπόν αύξησης της ετήσιας ζήτησης κατά 4% οι ωφέλειες είναι μεγαλύτερες για το σταθμό μόνο στην περίπτωση που ο ετήσιο κόστος αυξάνεται κατά 3% αφού  $B/C=1,019 > 1$ .

Για τις μεγαλύτερες τιμές του λόγου ωφελειών-κόστους του συγκεντρωτικού πίνακα 4.28 που αντιστοιχούν στα σενάρια τιμολόγησης 7,13,19,25,26,27,28,29,30,31,32,69,70,72 κατασκευάζεται το παρακάτω σχήμα που απεικονίζει γραφικά τις τιμές των λόγων ωφελειών-κόστους των σεναρίων με τις αντίστοιχες παρούσες αξίες των εσόδων –εξόδων τους.





**Σχήμα 4.14:** Σχέση λόγου ωφελειών-κόστους με τις αντίστοιχες παρούσες αξίες εσόδων –εξόδων για τα έτη 2008-2012.

Για τα 14 σενάρια που προέκυψε ο μεγαλύτερος λόγος ωφελειών-κόστους κατασκευάστηκε το παραπάνω σχήμα. Για τιμές του λόγου ωφελειών-κόστους που ανήκουν στο διάστημα  $1 \leq B/C \leq 1,03$  οι παρούσες αξίες των εσόδων και των εξόδων σχεδόν συμπίπτουν και ισούνται με 3.500.000. Για τιμές που ανήκουν στο διάστημα  $1,1 \leq B/C \leq 1,32$  η παρούσα αξία των εσόδων (με μέγιστη τιμή  $PV=3.593.880$ ) είναι μεγαλύτερη από την παρούσα αξία των αντίστοιχων εξόδων.

Παρατηρείται ότι για το σενάριο αύξησης ζήτησης 4% και μείωσης κόστους 10 % εμφανίζεται, όπως αναμενόταν, η μεγαλύτερη τιμή  $B/C=1.32$ . Η τιμή αυτή εκφράζει τις ωφέλειες του σταθμού σε ορίζοντα 5ετίας θεωρώντας το ευμενέστερο σενάριο για την εταιρία που διαχειρίζεται το σταθμό. Η τιμή αυτή αντιστοιχεί σε μία μέση ετήσια απόδοση της τάξης του 6% (χωρίς να υπολογίζεται ο ανατοκισμός κεφαλαίου).

# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5**

## **Συμπεράσματα και περιοχές περαιτέρω έρευνας**

### **5.1 Συμπεράσματα**

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η βελτιστοποίηση της τιμολόγησης σταθμών μετεπιβίβασης, με εφαρμογή στον σταθμό Συγγρού–Φιξ, για σενάρια τιμολόγησης με δεδομένα διαφορετικά ποσοστά ετήσιας αύξησης της ζήτησης στάθμευσης και κόστους στα έτη 2008-2012. Από μετρήσεις των δύο προηγούμενων ετών (2006-2007) προσδιορίστηκε η ετήσια ζήτηση μιας τυπικής καθημερινής ημέρας (εκτός από τις ημέρες του μήνα Ιουλίου–Αυγούστου που παρουσιάζεται μειωμένη κίνηση λόγω διακοπών) και του Σαβ/κου για δύο κατηγορίες χρηστών: τους χρήστες μετρό και τους λοιπούς χρήστες. Ως ζήτηση στάθμευσης για το έτος 2008 τέθηκε ο μέσος όρος της ζήτησης των ετών 2006-2007 και για τα έτη μέχρι το 2012 θεωρήθηκε μελλοντική αύξηση ζήτησης με ποσοστά 1%, 2%, 3% ,4% στα σενάρια τιμολόγησης που δημιουργήθηκαν. Το κόστος του σταθμού

εκτιμήθηκε ίσο με το κόστος του στα δυο προηγούμενα έτη λειτουργίας του. Όσον αφορά τη διάρκεια στάθμευσης, θεωρήθηκαν δύο κατανομές χρηστών (μετρό και λοιπών) για στάθμευση από 1 μέχρι και μεγαλύτερη των 11 ωρών ώστε να ληφθεί υπόψη η μακροχρόνια στάθμευση. Με τον συνδυασμό των παραμέτρων της ζήτησης, του κόστους και της διάρκειας στάθμευσης διαμορφώθηκαν σενάρια τιμολόγησης που αξιολογήθηκαν σύμφωνα με τη μεθοδολογία (κριτήριο) του λόγου ωφελειών-κόστους. Μέσω του λόγου ωφελειών-κόστους, που τέθηκε ως συνάρτηση καταλληλότητας (αντικειμενική συνάρτηση) του γενετικού αλγορίθμου, υπολογίστηκαν οι χρεώσεις του κάθε σεναρίου που εξετάστηκε έτσι ώστε ο λόγος να είναι ο βέλτιστος. Στην εργασία διαμορφώθηκαν 80 σενάρια τιμολόγησης που παρουσιάζονται στο παράρτημα εκ των οποίων τα 3 παρουσιάστηκαν αναλυτικά. Τα σενάρια διαμορφώθηκαν έτσι ώστε να στοχεύουν στη :

- Προσέλκυση –πριμοδότηση των πελατών που ανήκουν στην κατηγορία χρηστών του μετρό
- Αυξημένη τιμολόγηση για τους λοιπούς χρήστες
- Οικονομική βιωσιμότητα του χώρου στάθμευσης με ταυτόχρονη όμως ικανοποίηση των απαιτήσεων που έθεσε η ΑΤΤΙΚΟ ΜΕΤΡΟ όσον αφορά το μέσο ωριαίο κόστος της στάθμευσης για τους χρήστες μετρό καθώς και για τους λοιπούς χρήστες
- Χαμηλές χρεώσεις τα Σαβ/κα για βραχυχρόνια στάθμευση κυρίως των λοιπών χρηστών ώστε να προσελκυστεί πελατεία στο σταθμό

- Το μέσο κόστος/ώρα στάθμευσης των λοιπών χρηστών θεωρήθηκε διπλάσιο από το μέσο κόστος /ώρα στάθμευσης των χρηστών του μετρό τις εργάσιμες ημέρες προκειμένου να προμοδοτούνται οι χρήστες του μετρό.

Η διαδικασία βελτιστοποίησης της τιμής Ωφελειών/Κόστους με χρήση γενετικών αλγορίθμων οδηγεί στα παρακάτω συμπεράσματα:

- Η προσέλκυση-πριμοδότηση των χρηστών του μετρό επιτυγχάνεται μέσω έκπτωσης στο κόστος στάθμευσης ιδιαίτερα αν η στάθμευση είναι μακροχρόνια, σε αντίθεση με τους λοιπούς πελάτες, για τους οποίους η χρέωση για στάθμευση κινείται στα όρια του ανταγωνισμού της περιοχής.
- Ο σταθμός παρουσιάζει αυξημένα έσοδα όπως προκύπτει από τα σενάρια τιμολόγησης όταν οι λοιποί χρήστες χρεώνονται περισσότερο τις πρώτες ώρες στάθμευσής τους τις καθημερινές ημέρες. Αυτό συμβαίνει διότι η θέση του χώρου στάθμευσης Συγγρού-Φιξ (κοντά στο κέντρο της πόλης, επάνω σε μεγάλη αρτηρία) προσελκύει πελάτες οι οποίοι προσεγγίζουν την περιοχή για ποικίλες δραστηριότητες καθώς υπάρχει πλήθος οργανισμών, επιχειρήσεων, δημόσιων υπηρεσιών και εμπορικών καταστημάτων στην περιοχή και ενδιαφέρονται να σταθμεύσουν για λίγες ώρες.
- Η κερδοφορία του σταθμού αυξάνεται επίσης με καθιέρωση χαμηλών χρεώσεων στους λοιπούς χρήστες τα Σαβ/κα, για διάστημα στάθμευσης μέχρι 6 ώρες διότι προσεγγίζουν την περιοχή κυρίως για τα εμπορικά

καταστήματα. των κεντρικών περιοχών. Το μέσο κόστος/ ώρα στάθμευσης των χρηστών του μετρό λοιπόν είναι ίσο με το μέσο κόστος/ ώρα στάθμευσης των λοιπών χρηστών τα Σαβ/κα και χαμηλότερο σε σχέση με τις εργάσιμες ημέρες. Επιδιώκεται λοιπόν η χρέωση κατά τα Σαβ/κα να είναι χαμηλή ώστε να προσελκύεται πελατεία στο σταθμό πέραν των χρηστών του μετρό.

- Το βασικό σενάριο για αύξηση ζήτησης 1% και αύξηση κόστους 3% έδωσε τιμή B/C ίση με 0.972 το οποίο αντιστοιχεί σε ζημιόγONO λειτουργία του σταθμού με συνολική ζημία σε 5 έτη περί το 3%. Θεωρώντας όλα τα σενάρια ισοπίθανα, η τιμή αυτή αντιστοιχεί σε μία μη ελκυστική επένδυση. Ωστόσο, η τιμή είναι πιθανό να προέρχεται από μη ρεαλιστικά δεδομένα ή σενάρια που δόθηκαν /εξετάστηκαν στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας.
- Το ευμενέστερο σενάριο για αύξηση ζήτησης 4% και μείωσης κόστους 10% δίνει τιμή B/C=1.32 το οποίο αντιστοιχεί σε προσοδοφόρα λειτουργία του σταθμού με συνολικό καθαρό κέρδος σε 5 έτη περί το 32%. Αν αγνοήσουμε τον ανατοκισμό κεφαλαίου η τιμή αυτή αντιστοιχεί σε ετήσιο ποσοστό κέρδους 6,4%. Η τιμή αυτή κρίνεται ως χαμηλή τιμή ωφέλειας για μία τέτοια επένδυση.

Από τα παραπάνω κρίνεται ότι η ωφέλεια που καρπώνεται η εταιρία που διαχειρίζεται το χώρο στάθμευσης (δεδομένου ότι τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται αντιστοιχούν σε ρεαλιστικές τιμές) είναι μικρή συγκριτικά με άλλες μορφές επένδυσης.

## 5.2 Περιοχές περαιτέρω έρευνας

Το πρόβλημα βελτιστοποίησης της τιμολόγησης χρήσης υποδομών και συγκεκριμένα των χώρων στάθμευσης –μετεπιβίβασης δεν έχει μελετηθεί ιδιαίτερα κατά το παρελθόν όπως μαρτυρά η περιορισμένη βιβλιογραφία πάνω στο θέμα, διότι η τιμολόγηση ενός σταθμού πραγματοποιείται «εμπειρικά» ανάλογα με το κόμιστρο που είναι διατεθειμένος να πληρώσει ο χρήστης ή συνήθως γίνεται ανάλογα με την τιμολόγηση άλλων ανταγωνιστικών προς αυτόν χώρων στάθμευσης με παρόμοια χαρακτηριστικά. Στην παρούσα εργασία έγινε μια πρώτη προσέγγιση της αξιολόγησης σεναρίων τιμολόγησης με τη χρήση γενετικών αλγορίθμων που έχουν συνάρτηση καταλληλότητας το λόγο ωφελειών-κόστους. Η μέθοδος των γενετικών αλγορίθμων έχει τη δυνατότητα να εισάγει ως συνάρτηση καταλληλότητας και μια πιο σύνθετη συνάρτηση όπως ο λόγος κόστους-ωφελειών στην υπολογιστική διαδικασία. Παρόλη την πρωτοτυπία της στον τομέα της τιμολόγησης, στην παρούσα διπλωματική εργασία πρέπει να συνυπολογιστούν και άλλα στοιχεία που θα διασφαλίζουν το αποτέλεσμα της τιμολόγησης δηλαδή την κερδοφορία ενός χώρου στάθμευσης–μετεπιβίβασης. Κρίνεται λοιπόν απαραίτητη η περαιτέρω έρευνα στα παρακάτω :

- Χρήση του κατάλληλου μοντέλου πρόβλεψης της ζήτησης διότι καθορίζει σε μεγάλο βαθμό τη σωστή διαχείριση ενός χώρου στάθμευσης –μετεπιβίβασης και την επιλογή της τελικής τιμολόγησης όπως μαρτυρά η βιβλιογραφία

- Έλεγχος μελλοντικής πληρότητας και εναλλαγής του χώρου στάθμευσης
- Απαραίτητος ο διαχωρισμός της στάθμευσης και σε άλλες επιμέρους κατηγορίες όπως μόνιμη στάθμευση (συνήθως από κατοίκους της περιοχής), πρωινή ή βραδινή προκειμένου να διαμορφωθούν σενάρια που να ανταποκρίνονται στις ρεαλιστικές συνθήκες ενός χώρου στάθμευσης.

---

---

## **Βιβλιογραφία**

---

---



## Διεθνής Βιβλιογραφία

TRB , “Strategies to Attract Auto Users to Public Transportation”. TCRP Report 40, Washington DC, U.S.A.

Bos, I, Molin, E., Timmermans, H., van der Heijden, R. “Cognition and relative importance underlying consumer valuation of park-and-ride facilities”. Transportation Research Record 1835, Journal of the Transportation Research Board, 121-127.

Wambalaba, F., Goodwill, J. “Public Transportation Research Study: Evaluation of Shared Use Park & Ride Impact on Properties”. Report, NCTR at CUTR, Tampa, FL.

Hunt, J.D., Browlee, A.T., Doblanc, L.P., Ploof, D.W. “Modeling the demand for park & ride in Edmonton, Canada” Proceedings of the 4th National Conference on Transportation Planning Methods, Tallahassee, FL, 1993.

Hendricks, S., Outwater, M. “Demand Forecasting Model for Park and Ride Lots in King Country, Washington”, Transportation Research Record 1623, Journal of the Transportation Research Board, 80-87, 1998

Bos, D.M., Molin, E.J.E., van der Heijden, R.E.C.M., Timmermans, H.J.P. “Predicting P&R use: An application of HII for mode choice modeling”, In: Urban Transport IX: Ninth International Conference on Urban Transport and the Environment in the 21st Century, WIT Press, UK, 43-52,2003.

Hole, A.R., “Forecasting the Demand for an Employee Park and Ride Service Using Commuters’ Stated Choices”. Transport Policy, 11(4), 355-362,2004.

Liu, X., Guan, H., Oin, H. “Modeling Park-and-Ride Choice Behavior Based on Stated Preference Survey”. Proceedings of the 85th Transportation Research Board Annual Meeting, Washington DC, U.S.A., 2006.

Al-Kazily, J. “Analysis of Park-and-Ride Lot use in the Sacramento Region”. Transportation Research Record 1321, Journal of the Transportation Research Board ,1-6, 1991.

Gonzales, J.D., Cristobal-Pinto, C. “Park-and-Ride Operation in Madrid Region”. Proceedings of the second International Conference on Urban Public Transportation Systems: Ensuring Sustainability Through Mass Transit, Washington DC, 2002.

Shirgaokar, M., Deakin, E., “Study of Park –and- Ride Facilities and Their Use in San Fransisco Bay area of California”. Transportation Research Board, 46-54,2005.

Turnbull, K.F. “Effective Use of Park-and-Ride Facilities”.NCHRP Synthesis of Highway Practice 213, Transportation Research Board, Washington DC, U.S.A.

Parkhurst, G. “Influence of bus-based park-and-ride facilities on users’ car traffic”. Transport Policy, 7(2), 159-172, 2004.

Allen, W.G. “Modeling carpool and transit park and ride lots”. Proceedings of the Sixth TRB Conference on the Application of transportation Planning Methods, Dearborn, Mighigan, 1997.

Li, Z-C, Lam, W., Wong, SC, Zhu, D-L, Huang, H-J. “Modeling Park-and-Ride Services in a Multimodal Transport Network with Elastic Demand”. Proceedings of the 86th Transportation Research Board Annual Meeting, Washington DC, 2007.

Rutherford, G.S., Wellander, C.A. “Cost effectiveness of park-and-ride lots in the Puget Sound Region”. Final Report, Washington State DOT, WA, 1986.

Wang, J., Yang, H., Lindsey, R. “Locating and Pricing Park-and-Ride Facilities in a Linear, Monocentric City with Deterministic Mode Choice”. Transportation Research Part B, 38(8), 709-731, 2004.

A.E.Eiben , J.E Smith (2003) “ Introduction to Evolutionary Computing”, εκδόσεις Springer, Germany.

## Ελληνική Βιβλιογραφία

Γεωργόπουλος Ε., Λυκοθανάσης Σ.(1999) «Εισαγωγή στους Γενετικούς Αλγόριθμους» Τομέας Εφαρμογών και Θεμελιώσεων της Επιστήμης των Υπολογιστών, Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών & Πληροφορικής Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα .

Λαμπρόπουλος Σ., Καρλαύτης Μ.(2002) «Επιχειρησιακή Έρευνα», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα

Λυκοθανάσης Σ (2001) «Γενετικοί Αλγόριθμοι και Εφαρμογές» Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας , Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο ,Πάτρα

Μποζάνης Π.,(2005) «Αλγόριθμοι», Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.

Τσαμπούλας Δ.(2004) «Στοιχεία για την Αξιολόγηση συγκοινωνιακών έργων Υποδομής» , Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Φραντζεσκάκης Ι., Πιτσιάβα-Λατινοπούλου Μ., Τσαμπούλας Δ. (2002) «Στάθμευση» Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα.

---

---

## Παράρτημα

---

---

- Μαθηματική διατύπωση όλων των προβλημάτων βελτιστοποίησης:

$$\text{Min or max } f(x_1, \dots, x_n)$$

$$\text{s.t } g_i(x_1, \dots, x_n) \begin{cases} \leq \\ = \\ \geq \end{cases} b_i, \quad i=1, \dots, n \quad (3.1)$$

όπου  $f, g_1, \dots, g_m$  είναι οι δοσμένες συναρτήσεις των μεταβλητών απόφασης  $x_1, \dots, x_n$  και  $b_1, \dots, b_m$  είναι οι παράμετροι των περιορισμών

- Συνάρτηση κόστους στάθμευσης  $c_{jm}$  για κάθε χρήστη που συμβολίζεται ως κατηγορία  $j$  την ημέρα που συμβολίζεται με τον δείκτη  $m$

$$C_{jm}(t) = \begin{cases} a_{jm} * (t-1) + b_{jm}, & t \in (0, 7) \\ c_{jm} + d_{jm} * (t-1), & t \in [7, 11) \\ e_{jm} & t \geq 11 \end{cases} \quad (3.2)$$

Ο δείκτης  $j$  αντιπροσωπεύει την κατηγορία χρηστών όπου:

- 1: αναφέρεται στους χρήστες μετρό
- 2: αναφέρεται στους λοιπούς χρήστες

Ο δείκτης  $m$  αντιπροσωπεύει την κατηγορία ημέρας που μετακινούνται οι χρήστες :

- 1: αναφέρεται στις καθημερινές ημέρες
- 2: αναφέρεται στα Σαβ/κα

$a_{jm}, b_{jm}, c_{jm}, d_{jm}, e_{jm}$  : παράμετροι εξίσωσης προς υπολογισμό

- **Μορφή συμβολοσειράς του γενετικού αλγορίθμου :**

$$[a_{11} \ b_{11} \ c_{11} \ d_{11} \ e_{11} \ a_{22} \ b_{22} \ c_{22} \ d_{22} \ e_{22} \ a_{21} \ b_{21} \ c_{21} \ d_{21} \ e_{21} \ a_{12} \ b_{12} \ c_{12} \ d_{12} \ e_{12} ] \quad (3.3)$$

όπου  $a_{jm}, b_{jm}$  : παράμετροι της εξίσωσης κόστους για στάθμευση ( $t > 7h$ )

$c_{jm}, d_{jm}$  : παράμετροι της εξίσωσης κόστους για στάθμευση ( $t : 7-11h$ )

$e_{jm}$  : παράμετρος της εξίσωσης κόστους για στάθμευση ( $t > 11h$ )

οι οποίες παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα :

(Πίνακας 3.2)

<b>Συνάρτηση κόστους <math>c=a_{jm}*(t-1)+b_{jm}</math></b>					
<b>Χρήστες μετρό</b>			<b>Λοιποί Χρήστες</b>		
<b>Καθημερινές</b>			<b>Καθημερινές</b>		
<b>t (ώρες)</b>	<b><math>a_{jm}</math></b>	<b><math>b_{jm}</math></b>	<b>t(ώρες)</b>	<b><math>a_{jm}</math></b>	<b><math>b_{jm}</math></b>
<7h	$a_{11}$	$b_{11}$	<7h	$a_{21}$	$b_{21}$
7-11h	$c_{11}$	$d_{11}$	7-11h	$c_{21}$	$d_{21}$
>11h		$e_{11}$	>11h		$e_{21}$
<b>Σαβ/κα</b>			<b>Σαβ/κα</b>		
<b>t(ώρες)</b>	<b><math>a_{jm}</math></b>	<b><math>b_{jm}</math></b>	<b>t(ώρες)</b>	<b><math>a_{jm}</math></b>	<b><math>b_{jm}</math></b>
<7h	$a_{12}$	$b_{12}$	<7h	$a_{22}$	$b_{22}$
7-11h	$c_{12}$	$d_{12}$	7-11h	$c_{22}$	$d_{22}$
>11h		$e_{12}$	>11h		$e_{22}$

- **Υπολογισμός των εσόδων του χώρου στάθμευσης**

$$P_{d,m} = \sum_j \sum_t C_{jm}(t) * p_{jt} * D_m \quad (3.4)$$

Όπου  $\sum_j \sum_t C_{jm}(t)$ : το σύνολο του κόστους στάθμευσης

Ο δείκτης  $j$  αντιπροσωπεύει την κατηγορία χρηστών:

1: αναφέρεται στους χρήστες μετρό

2: αναφέρεται στους λοιπούς χρήστες

Ο δείκτης  $m$  αντιπροσωπεύει την κατηγορία ημέρας που μετακινούνται οι χρήστες :

1: αναφέρεται στις καθημερινές ημέρες

2: αναφέρεται στα Σαβ/κα

$t$ : χρονική διάρκεια στάθμευσης σε ώρες

- Υπολογισμός μηνιαίων και ετήσιων εσόδων του χώρου στάθμευσης:

$$P_m = 22 * P_{d,1} + 8 * P_{d,2} \quad (3.5)$$

$$P_y = 12 * P_m \quad (3.6)$$

Όπου:  $P_{d,1}$ : τα ημερήσια έσοδα στις καθημερινές ημέρες

$P_{d,2}$ : τα ημερήσια έσοδα τα Σαβ/κα

$P_m$ : τα μηνιαία έσοδα

$P_y$ : ετήσια έσοδα

- Υπολογισμός του λόγου ωφελειών-κόστους

$$B/C = \frac{[\sum Pt * (1+r_p)^T / (1+r)^T]}{[\sum Ct * (1+r_c)^T / (1+r)^T]} \quad (3.7)$$

Όπου:

$\sum Pt$ : το σύνολο των ετησίων εσόδων στα έτη 2008-2012

$\sum Ct$ : το σύνολο των ετησίων εξόδων στα έτη 2008-2012

$r_c$ : ποσοστά μεταβολής των ετήσιων εξόδων στα σενάρια τιμολόγησης που εξετάζονται

$r_p$ : ποσοστά αύξησης της ζήτησης στα σενάρια τιμολόγησης που εξετάζονται

$r$ : συντελεστής προεξόφλησης που λαμβάνεται ίσος με 5%

$T$ : χρονικό διάστημα εκτίμησης λόγου κόστους –ωφελειών που λαμβάνεται ίσος με 5 έτη



## Παρουσίαση Αποτελεσμάτων

### Σενάριο τιμολόγησης #4

- **Αύξηση ζήτησης με ποσοστό 2% και αύξηση κόστους 3% στα έτη 2008-2012**

Η ζήτηση των επομένων ετών στο μοντέλο θεωρείται ότι αυξάνεται με ποσοστό 1%.Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει τη ζήτηση για τα έτη 2008 -2012 για τα δύο είδη χρηστών :

**Πίνακας 1 :** Ζήτηση στάθμευσης για ποσοστό αύξησης 2%

Η μέρες	2008	2009	2010	2011	2012
<b>Εργάσιμες</b>					
Χρήστες μετρό	98000	99960	101959	103998	106078
Λοιποί χρήστες	15790	16106	16428	16757	17092
<b>Σαβ/κα</b>					
Χρήστες μετρό	415	423	431	440	449
Λοιποί χρήστες	22681	23135	23598	24070	24551

### Υπολογισμός των παραμέτρων τιμολόγησης

**Πίνακας 2:** Τιμές των παραμέτρων τιμολόγησης

Χρήστες Μετρό		
Καθημερινές		
t	a	b
>7h	1,96	0,26
7-11h	0,22	4,21
>11h		4,95
Σαβ/κα		
t	a	b
>7h	0,53	0,29
7-11h	0,21	2,38
>11h		3,35

Λοιποί Χρήστες		
Καθημερινές		
t	a	b
>7h	1,66	3,01
7-11h	1,55	3,31
>11h		4,98
Σαβ/κα		
t	a	b
>7h	0,73	0,09
7-11h	0,4	1,25
>11h		0,90

**Περιορισμοί**

Οι περιορισμοί που έχουν τεθεί για τις παραμέτρους τιμολόγησης ισχύουν για τις παραπάνω τιμές των παραμέτρων :

Περιορισμοί	Τιμές Παραμέτρων	Έλεγχος
$0 \leq \alpha_{11} \leq 2$	$\alpha_{11}=1,96$	Ισχύει
$0 \leq b_{11} \leq 5$	$b_{11}=0,26$	Ισχύει
$0 \leq c_{11} \leq 2$	$c_{11}= 0,22$	Ισχύει
$0 \leq d_{11} \leq 5$	$d_{11} = 4,21$	Ισχύει
$0 \leq e_{11} \leq 5$	$e_{11}= 4,95$	Ισχύει

Περιορισμοί	Τιμές Παραμέτρων	Έλεγχος
$0 \leq \alpha_{21} \leq 2$	$a_{21}= 1,66$	Ισχύει
$0 \leq b_{21} \leq 5$	$b_{21} = 3,01$	Ισχύει
$0 \leq c_{21} \leq 2$	$c_{21} = 1,55$	Ισχύει
$0 \leq d_{21} \leq 5$	$d_{21} = 3,31$	Ισχύει
$0 \leq e_{21} \leq 5$	$e_{21} = 4,98$	Ισχύει

Περιορισμοί	Τιμές Παραμέτρων	Έλεγχος
$0 \leq \alpha_{12} \leq 2$	$\alpha_{12} =0,53$	Ισχύει
$0 \leq b_{12} \leq 5$	$b_{12} =0,29$	Ισχύει
$0 \leq c_{12} \leq 2$	$c_{12} =0,21$	Ισχύει
$0 \leq d_{12} \leq 5$	$d_{12} = 2,38$	Ισχύει
$0 \leq e_{12} \leq 5$	$e_{12} =3,35$	Ισχύει

Περιορισμοί	Τιμές Παραμέτρων	Έλεγχος
$0 \leq \alpha_{22} \leq 2$	$\alpha_{22} = 0,73$	Ισχύει
$0 \leq b_{22} \leq 5$	$b_{22} = 0,09$	Ισχύει
$0 \leq c_{22} \leq 2$	$c_{22} = 0,4$	Ισχύει
$0 \leq d_{22} \leq 5$	$d_{22} =1,25$	Ισχύει
$0 \leq e_{22} \leq 5$	$e_{22} = 0,90$	Ισχύει

**Πίνακας 3 :** Κόστος ανά όχημα και ώρα στάθμευσης

	$c=a*(t-1)+b$											
ώρες	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	>11
<b>Εργάσιμες</b>												
Χρήστες μετρό	0,3	2,2	4,2	6,1	8,1	10	5,6	5,8	6	6,2	6,5	11
Λοιποί χρήστες	3	4,7	6,3	8	9,6	11	13	14	16	17	19	24
<b>Σαβ/κα</b>												
Χρήστες μετρό	0,3	0,8	1,3	1,9	2,4	2,9	3,7	3,9	4,1	4,3	4,5	7,9
Λοιποί χρήστες	0,1	0,8	1,6	2,3	3	3,8	3,9	4,4	4,8	5,2	5,7	5,7

**Πίνακας 4:** Μέσο κόστος ανά ώρα στάθμευσης

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	M.O
<b>Εργάσιμες</b>												
Χρήστες μετρό	0,3	1,1	1,4	1,5	1,6	1,7	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	1€
Λοιποί χρήστες	3	2,3	2,1	2	1,9	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7	2€
<b>Σαβ/κα</b>												
Χρήστες μετρό	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,44€
Λοιποί χρήστες	0,1	0,4	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5€

**Πίνακας 5 :** ποσοστά στάθμευσης ανά ώρα και κατηγορία χρηστών

**Διάρκεια Στάθμευσης (ώρες )**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	>11
<b>Εργάσιμες</b>												
Χρήστες μετρό	5%	15%	15%	15%	12%	15%	8%	8%	2%	2%	2%	1%
Λοιποί χρήστες	20%	15%	10%	10%	10%	8%	12%	5%	5%	2%	2%	1%
<b>Σαβ/κα</b>												
Χρήστες μετρό	5%	10%	15%	15%	15%	10%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Λοιποί χρήστες	5%	10%	15%	15%	15%	10%	5%	5%	5%	5%	5%	5%

**Συνολικά Έσοδα**

Τα ετήσια έσοδα για τα έτη 2008-2012 και η παρούσα αξία τους (PV) παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα :

**Πίνακας 6:** Τα ετήσια έσοδα για τα έτη 2008-2012

	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>NPV</b>
<b>Εργάσιμες</b>						
Χρήστες μετρό	566045	577366	588912	600690	612704	2545764
Λοιποί Χρήστες	135201	137906	140664	143481	146349	608070
<b>Σαβ/κα</b>						
Χρήστες μετρό	2397	2443	2489	2541	2593	10772
Λοιποί Χρήστες	67518	68869	70247	71652	73084	303665
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>						<b>3468272</b>

**Συνολικά έξοδα**

Τα συνολικά έξοδα για το έτος 2008 θεωρούνται σταθερά και έχουν προκύψει από έρευνα των δύο προηγούμενων ετών. Στο παρόν σενάριο τιμολόγησης θεωρείται αύξηση όλων των κατηγοριών κόστους στα επόμενα έτη κατά το ποσοστό 3%.

**Πίνακας 7 :** Τα συνολικά έξοδα για τα έτη 2008-2012

<b>ΕΞΟΔΑ</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>NPV</b>
Προσωπικό	420000	432600	445578	458945,3	472713,7	1.925.247 €
Συντήρηση	10000	10300	10609	10927,27	11255,09	53.091 €
Κοινόχρηστα έξοδα	180000	185400	190962	196690,9	202591,6	955.644 €
Λοιπά έξοδα	100000	103000	106090	109272,7	112550,9	530.913 €
<b>Σύνολο</b>						<b>3.464.896 €</b>

Ετήσια αύξηση
3%

**Λόγος ωφελειών –κόστους**

Ο βέλτιστος λόγος ωφελειών –κόστους (B/C) που προέκυψε από τη διαδικασία βελτιστοποίησης είναι: **B/C = 1,000974**

**Σενάριο τιμολόγησης #5**

- **Αύξηση ζήτησης με ποσοστό 4% και αύξηση κόστους 3% στα έτη 2008-2012**

**Πίνακας 1 : Ζήτηση στάθμευσης για ποσοστό αύξησης 4 %**

Η μέρες	2008	2009	2010	2011	2012
<b>Εργάσιμες</b>					
Χρήστες μετρό	98000	101920	105997	110237	114646
Λοιποί χρήστες	15790	16422	17079	17762	18472
<b>Σαβ/κα</b>					
Χρήστες μετρό	415	432	449	467	486
Λοιποί χρήστες	22681	23588	24532	25513	26534

**Υπολογισμός των παραμέτρων τιμολόγησης :****Πίνακας 2 : Τιμές των παραμέτρων τιμολόγησης**

<b>Χρήστες μετρό</b>			<b>Λοιποί χρήστες</b>		
<b>Εργάσιμες Ημέρες</b>			<b>Εργάσιμες Ημέρες</b>		
<b>t</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>t</b>	<b>a</b>	<b>b</b>
>7h	1,72	0,23	>7h	1,94	2,52
7-11h	0,50	3,76	7-11h	1,60	3,22
>11h		5	>11h		4,99
<b>Σαβ/κα</b>			<b>Σαβ/κα</b>		
<b>t</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>t</b>	<b>a</b>	<b>b</b>
>7h	0,51	0,85	>7h	0,05	0,09
7-11h	0,26	0,46	7-11h	1,14	0,09
>11h		3,15	>11h		3,59E-12

**Περιορισμοί**

Οι περιορισμοί που έχουν τεθεί για τις παραμέτρους τιμολόγησης ισχύουν για τις παραπάνω τιμές των παραμέτρων :

<b>Περιορισμοί</b>	<b>Τιμές Παραμέτρων</b>	<b>Έλεγχος</b>
$0 \leq \alpha_{11} \leq 2$	$\alpha_{11}=1,72$	Ισχύει
$0 \leq b_{11} \leq 5$	$b_{11}=0,23$	Ισχύει
$0 \leq c_{11} \leq 2$	$c_{11}=0,50$	Ισχύει
$0 \leq d_{11} \leq 5$	$d_{11}=3,76$	Ισχύει
$0 \leq e_{11} \leq 5$	$e_{11}= 5$	Ισχύει

<b>Περιορισμοί</b>	<b>Τιμές Παραμέτρων</b>	<b>Έλεγχος</b>
$0 \leq \alpha_{21} \leq 2$	$\alpha_{21}=1,94$	Ισχύει
$0 \leq b_{21} \leq 5$	$b_{21} = 2,52$	Ισχύει
$0 \leq c_{21} \leq 2$	$c_{21} = 1,60$	Ισχύει
$0 \leq d_{21} \leq 5$	$d_{21} = 3,22$	Ισχύει
$0 \leq e_{21} \leq 5$	$e_{21} = 4,99$	Ισχύει

<b>Περιορισμοί</b>	<b>Τιμές Παραμέτρων</b>	<b>Έλεγχος</b>
$0 \leq \alpha_{12} \leq 2$	$\alpha_{12} = 0,51$	Ισχύει
$0 \leq b_{12} \leq 5$	$b_{12} = 0,85$	Ισχύει
$0 \leq c_{12} \leq 2$	$c_{12} = 0,26$	Ισχύει
$0 \leq d_{12} \leq 5$	$d_{12} = 0,46$	Ισχύει
$0 \leq e_{12} \leq 5$	$e_{12} = 3,15$	Ισχύει

<b>Περιορισμοί</b>	<b>Τιμές Παραμέτρων</b>	<b>Έλεγχος</b>
$0 \leq \alpha_{22} \leq 2$	$\alpha_{22} = 0,05$	Ισχύει
$0 \leq b_{22} \leq 5$	$b_{22} = 0,09$	Ισχύει
$0 \leq c_{22} \leq 2$	$c_{22} = 1,14$	Ισχύει
$0 \leq d_{22} \leq 5$	$d_{22} = 0,09$	Ισχύει
$0 \leq e_{22} \leq 5$	$e_{22} =$	Ισχύει

**Πίνακας 3 :** Κόστος ανά όχημα και ώρα στάθμευσης

Ημέρες	$c=a*(t-1)+b$											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	>11
<b>Εργάσιμες</b>												
Χρήστες μετρό	0,2	1,9	3,7	5,4	7,1	8,8	6,7	7,2	7,7	8,2	8,7	14
Λοιποί χρήστες	2,5	4,5	6,4	8,3	10	12	13	14	16	18	19	24
<b>Σαβ/κα</b>												
Χρήστες μετρό	0,8	1,4	1,9	2,4	2,9	3,4	2,1	2,3	2,6	2,8	3,1	6,3
Λοιποί χρήστες	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	6,9	8,1	9,2	10	12	12

**Πίνακας 5 :** ποσοστά στάθμευσης ανά ώρα και κατηγορία χρηστών

Ημέρες	Διάρκεια Στάθμευσης (ώρες )											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	>11
<b>Εργάσιμες</b>												
Χρήστες μετρό	5%	15%	15%	15%	12%	15%	8%	8%	2%	2%	2%	1%
Λοιποί χρήστες	20%	15%	10%	10%	10%	8%	12%	5%	5%	2%	2%	1%
<b>Σαβ/κα</b>												
Χρήστες μετρό	5%	10%	15%	15%	15%	10%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Λοιποί χρήστες	5%	10%	15%	15%	15%	10%	5%	5%	5%	5%	5%	5%

**Συνολικά Έσοδα****Πίνακας 6:** Τα ετήσια έσοδα για τα έτη 2008-2012

	2008	2009	2010	2011	2012	NPV
<b>Εργάσιμες</b>						
Χρήστες μετρό	547205,1	569093,3	591858,1	615533,1	640151,8	2556578
Λοιποί Χρήστες	137355,3	142853	148568,2	154509,5	160685,7	641742,2
<b>Σαβ/κα</b>						
Χρήστες μετρό	2317,246	2412,169	2507,093	2607,6	2713,691	10832,06
Λοιποί Χρήστες	68891,8	71646,75	74514,07	77493,79	80594,99	321867,6
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>						3531020

**Συνολικά έξοδα**

Τα συνολικά έξοδα για το έτος 2008 θεωρούνται σταθερά και έχουν προκύψει από έρευνα των δύο προηγούμενων ετών. Στο παρόν σενάριο τιμολόγησης θεωρείται αύξηση όλων των κατηγοριών κόστους στα επόμενα έτη κατά το ποσοστό 3%.

**Πίνακας 7 : Τα συνολικά έξοδα για τα έτη 2008-2012**

<b>ΕΞΟΔΑ</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>NPV</b>
Προσωπικό	420000	432600	445578	458945,3	472713,7	1.925.247 €
Συντήρηση	10000	10300	10609	10927,27	11255,09	53.091 €
Κοινόχρηστα έξοδα	180000	185400	190962	196690,9	202591,6	955.644 €
Λοιπά έξοδα	100000	103000	106090	109272,7	112550,9	530.913 €
<b>Σύνολο</b>						<b>3.464.896 €</b>

Ετήσια αύξηση
3%

**Λόγος ωφελειών –κόστους**

Ο βέλτιστος λόγος ωφελειών –κόστους (**B/C**) που προέκυψε από τη διαδικασία βελτιστοποίησης είναι :**B/C = 1,019**