

ΣΥΝΟΨΗ

ΘΕΜΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ:

ΠΡΟΘΥΜΙΑ ΠΛΗΡΩΜΗΣ ΓΙΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΧΡΟΝΟΥ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ ΕΠΙΒΑΤΩΝ ΣΕ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟ

ΕΚΠΟΝΗΣΗ: Α. ΝΙΚΟΛΕΡΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Δ. ΤΣΑΜΠΟΥΛΑΣ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζεται η προθυμία πληρωμής των επιβατών για μείωση του χρόνου πρόσβασής τους σε Αεροδρόμιο. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε έρευνα με ερωτηματολόγια στο Διεθνή Αερολιμένα Αθηνών. Από τις απαντήσεις των επιβατών εξήχθησαν στατιστικώς αποδεκτά συμπεράσματα σχετικά με την προθυμία πληρωμής τους για μείωση του χρόνου πρόσβασης στο Αεροδρόμιο. Το μαθηματικό πρότυπο που αναπτύχθηκε διαχωρίζει με δυαδικό Probit πρότυπο τους επιβάτες που δεν παρουσιάζουν καθόλου προθυμία πληρωμής και μέσω γραμμικής παλινδρόμησης υπολογίζει την προθυμία πληρωμής των υπόλοιπων επιβατών για εξοικονόμηση χρόνου πρόσβασης συναρτήσει μεταβλητών. Βρέθηκε ότι ένα υψηλό ποσοστό επιβατών έχει μηδενική προθυμία πληρωμής, αλλά και ένα εξίσου υψηλό ποσοστό μετακινουμένων με ΜΜΜ έχει υψηλή προθυμία πληρωμής για μείωση του χρόνου πρόσβασης στο Αεροδρόμιο.

Λέξεις κλειδιά: Αξία εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης, Δηλωθείσα προτίμηση, Αεροδρόμιο, Μέσο πρόσβασης

ABSTRACT

THESIS SUBJECT: WILLINGNESS TO PAY FOR AIRPORT ACCESS TIME SAVINGS OF PASSENGERS

By: A. NIKOLERIS

SUPERVISOR: D. TSAMBOULAS

This thesis examines passengers' willingness to pay to save travel time when accessing an airport. To this purpose, questionnaires have been applied to passengers at the Athens International Airport. Analyzing passengers' answers has drawn statistically accepted conclusions about their willingness to pay to save travel access time. A model has been developed which separates those who have zero willingness to pay by using a Probit model and estimates the willingness to pay of the remaining passengers by linear regression. It has been found that a high percentage of passengers has zero willingness to pay, but also that a high percentage of passengers who use public transport has a significant willingness to pay to save access travel time.

Key words: Willingness to pay, Airport access, Stated Preference

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες προς τον κ. Δημήτριο Τσαμπούλα, Αναπληρωτή Καθηγητή για την καθοδήγησή του καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής αυτής εργασίας. Η συνεργασία μαζί του αποτέλεσε μια πολύτιμη εμπειρία κατά τη φοίτησή μου στο ΕΜΠ που μου δίδαξε τον επαγωγικό τρόπο σκέψης.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την εταιρεία "Διεθνής Αερολιμένας Αθηνών" Α.Ε. για την παροχή άδειας εισόδου στο χώρο αναμονής των επιβατών, την οικονομική ενίσχυση για τα έξοδα πρόσβασής μου στο Αεροδρόμιο κατά την περίοδο των μετρήσεων και την πρόθυμη βοήθεια των εργαζομένων της.

Πολλά ευχαριστώ οφείλω στον κ. Ματθαίο Καρλαύτη, Επίκουρο Καθηγητή για τις πολύτιμες συμβουλές του σε θέματα στατιστικής και στον κ. Αντώνιο Σταθόπουλο, Καθηγητή για τις χρήσιμες υποδείξεις του.

Τέλος, ευχαριστώ τους Επιστημονικούς Συνεργάτες του Τομέα Μεταφορών & Συγκοινωνιακής Υποδομής και ιδιαίτερα την κα. Αγγελική Κοψαχείλη και τον κ. Κωνσταντίνο Κεπαπτσόγλου για τη βοήθειά τους σε πάσης φύσεως προβλήματα που προέκυψαν κατά την εκπόνηση της διπλωματικής.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζεται η προθυμία πληρωμής των επιβατών για μείωση του χρόνου πρόσβασής τους σε Αεροδρόμιο. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε έρευνα με ερωτηματολόγια στο Διεθνή Αερολιμένα Αθηνών. Από τις απαντήσεις των επιβατών εξήχθησαν στατιστικώς αποδεκτά συμπεράσματα σχετικά με την προθυμία πληρωμής τους για μείωση του χρόνου πρόσβασης στο Αεροδρόμιο. Επίσης αναπτύχθηκε μαθηματικό πρότυπο που υπολογίζει την προθυμία πληρωμής των επιβατών για εξοικονόμηση χρόνου πρόσβασης συναρτήσει μεταβλητών.

Η εργασία προσεγγίζει το θέμα της αξίας εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης, εστιάζοντας στην περίπτωση της πρόσβασης των επιβατών σε Αεροδρόμιο. Η έννοια της αξίας του χρόνου μετακίνησης έχει δύο συνιστώσες: μείωση του χρόνου μετακίνησης ώστε ο εξοικονομούμενος χρόνος να αφιερωθεί σε χρησιμότερες δραστηριότητες, και μείωση του χρόνου διότι η μετακίνηση είναι μια δραστηριότητα που ταλαιπωρεί και κουράζει τον άνθρωπο. Η εργασία εξετάζει τη δεύτερη συνιστώσα, με εφαρμογή στο Αεροδρόμιο "Ελευθέριος Βενιζέλος".

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε ήταν η πραγματοποίηση ερωτήσεων δηλωθείσας προτίμησης στους επιβάτες. Οι ερωτήσεις ζητούσαν από τον επιβάτη να δηλώσει το ποσό που είναι διατεθειμένος να πληρώσει προκειμένου να μειωθεί κατά συγκεκριμένη διάρκεια ο χρόνος πρόσβασής του στο Αεροδρόμιο. Παράλληλα συλλέγονταν και στοιχεία που αφορούσαν κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά του επιβάτη. Συγκεντρώθηκαν 486 ερωτηματολόγια.

Το δείγμα ερωτηματολογίων που συλλέχθηκε αναλύθηκε στατιστικά. Κατά την ανάλυση διαπιστώθηκε ότι μεγάλο ποσοστό των επιβατών (μεγαλύτερο του 50%) δεν είναι διατεθειμένο να πληρώσει το ελάχιστο για να

μειωθεί ο χρόνος πρόσβασής του στο Αεροδρόμιο. Εξετάστηκε κατά πόσο γνωστές στατιστικές κατανομές περιγράφουν τα πειραματικά δεδομένα για την προθυμία πληρωμής των επιβατών για εξοικονόμηση χρόνου πρόσβασης. Η κατανομή που περιγράφει καλύτερα τα δεδομένα, όχι όμως και στατιστικώς ικανοποιητικά, βρέθηκε ότι είναι η εκθετική κατανομή.

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκαν έλεγχοι στατιστικών υποθέσεων. Συγκρίθηκαν ανά δύο διάφορες κατηγορίες επιβατών, σχετικά με το ποια παρουσιάζει υψηλότερη προθυμία πληρωμής για συγκεκριμένη μείωση του χρόνου πρόσβασης στο Αεροδρόμιο. Για παράδειγμα, διαπιστώθηκε ότι οι επιβάτες με σκοπό ταξιδιού την εργασία παρουσιάζουν υψηλότερη προθυμία πληρωμής για 15min μείωση του χρόνου πρόσβασής τους στο Αεροδρόμιο, από τους υπόλοιπους επιβάτες. Για τις συγκρίσεις αυτού του τύπου πραγματοποιήθηκε ο Mann-Whitney U έλεγχος. Μία δεύτερη κατηγορία ελέγχων εξετάζει το ποσοστό των επιβατών που είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν πάνω από 1 € για μείωση του χρόνου πρόσβασής τους στο Αεροδρόμιο. Στην περίπτωση αυτή πραγματοποιήθηκε ο Διωνυμικός έλεγχος.

Τέλος, αναπτύχθηκε μαθηματικό πρότυπο που υπολογίζει την προθυμία πληρωμής των επιβατών για εξοικονόμηση χρόνου πρόσβασης, συναρτήσει παραγόντων όπως ο χρόνος πρόσβασης στο Αεροδρόμιο ή ο σκοπός ταξιδιού. Η μέθοδος αρχικά διαχωρίζει μέσω δυαδικού Probit προτύπου τους επιβάτες που είναι πρόθυμοι να πληρώσουν κάποιο χρηματικό ποσό για μείωση του χρόνου πρόσβασής τους από αυτούς που δεν είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν το παραμικρό. Ακολούθως, για τους επιβάτες που είναι πρόθυμοι να πληρώσουν πραγματοποιείται γραμμική παλινδρόμηση για τη συσχέτιση της προθυμίας πληρωμής για συγκεκριμένη μείωση του χρόνου πρόσβασης με διάφορες μεταβλητές.

Το μαθηματικό πρότυπο εφαρμόστηκε σε τρία υποθετικά παραδείγματα, στα οποία πραγματοποιούνται βελτιώσεις του χρόνου διαδρομής γραμμών MMM προς το Αεροδρόμιο. Υπολογίστηκαν το ποσοστό των επιβατών που είναι πρόθυμοι να πληρώσουν επιπλέον για να επιλέξουν

τη συντομότερη διαδρομή, καθώς και το ακριβές ποσό που είναι πρόθυμοι να πληρώσουν.

Τελική συνισταμένη της εργασίας αποτελούν τα συμπεράσματά της που βρίσκουν εφαρμογή στην οικονομική αξιολόγηση ενδεχόμενων μέτρων για τη βελτίωση των μετακινήσεων από και προς το Αεροδρόμιο. Ένα από τα βασικά είναι το υψηλό ποσοστό επιβατών που είναι απρόθυμοι να πληρώσουν οτιδήποτε για να μειώσουν το χρόνο πρόσβασής τους. Επίσης ένα εξίσου υψηλό ποσοστό (49%) όσων χρησιμοποιούν Μέσα Μαζικής Μεταφοράς για να μεταβούν στο Αεροδρόμιο είναι πρόθυμοι να πληρώσουν πάνω από 1 € για να μειωθεί κατά 15min ο χρόνος πρόσβασής τους στο Αεροδρόμιο. Επισημαίνεται τέλος, ότι το μαθηματικό πρότυπο που αναπτύχθηκε αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο υπολογισμού της προθυμίας πληρωμής των επιβατών για εξοικονόμηση χρόνου πρόσβασης στο Αεροδρόμιο.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενική Ανασκόπηση

Τα τελευταία δέκα περίπου χρόνια η Ελλάδα και ιδιαίτερα η μητροπολιτική περιοχή Αθηνών απέκτησε μια σημαντική, για τη μέχρι τότε ισχύουσα κατάσταση, συγκοινωνιακή υποδομή. Ενδεικτικά αναφέρουμε το Αεροδρόμιο "Ελευθέριος Βενιζέλος", το Μετρό Αθηνών, την Αττική Οδό, τον Προαστιακό Σιδηρόδρομο, την Εγνατία Οδό και τη Γέφυρα "Χαρίλαος Τρικούπης".

Μέχρι την τέλεση των Ολυμπιακών Αγώνων, το επιστημονικό ενδιαφέρον ήταν κυρίως στραμμένο στην ολοκλήρωση της κατασκευής αυτών των έργων. Στη συνέχεια όμως, θέματα όπως η λειτουργία και καλύτερη δυνατή αξιοποίηση αυτής της υποδομής άρχισαν να απασχολούν τους φορείς διαχείρισης των συγκοινωνιακών μέσων και τερματικών εγκαταστάσεων.

Το Μετρό Αθηνών, ο Προαστιακός Σιδηρόδρομος, αλλά και ο διπλασιασμός του δείκτη ιδιοκτησίας Ι.Χ. Επιβατικών αυτοκινήτων, έχουν αυξήσει τα εναλλακτικά μέσα μετακίνησης από τα οποία ο μετακινούμενος μπορεί να επιλέξει για να πραγματοποιήσει μια μετακίνηση. Επομένως προβάλλεται το ζήτημα της επιλογής μέσου μεταφοράς και κατά επέκταση οι παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή.

Ανάμεσα στους παράγοντες αυτούς, κρίσιμη αποτελεί η σχέση χρόνου – κόστους μετακίνησης. Πόση σημασία έχει για τον μετακινούμενο ο χρόνος που δαπανά σε μια μετακίνηση και πώς αυτή αποτιμάται χρηματικά. Επιπρόσθετα, πόση αξία έχει μια μείωση του χρόνου μετακίνησης για τον επιβάτη και πόσα χρήματα είναι διατεθειμένος να πληρώσει ο επιβάτης προκειμένου να μειώσει το χρόνο ταξιδιού του. Οι έννοιες αυτές αρχίζουν σταδιακά να εισάγονται στη σκέψη των επιβατών ιδιαίτερα όταν έχουν τη δυνατότητα επιλογής ανάμεσα σε μεταφορικά μέσα καθένα με διαφορετικό χρόνο και κόστος μεταφοράς, καθώς και επίπεδο εξυπηρέτησης.

Η παρούσα διπλωματική εργασία εστιάζει στην περίπτωση του Αεροδρομίου "Ελευθέριος Βενιζέλος". Το Αεροδρόμιο εξυπηρετείται από πέντε συγκοινωνιακά μέσα: Ι.Χ. Επιβατικά αυτοκίνητα, Ταξί, Λεωφορεία (Ο.Α.Σ.Α. και Κ.Τ.Ε.Λ. Αττικής), Μετρό και Προαστιακός σιδηρόδρομος. Επιπλέον, για τα οδικά μέσα υπάρχει η δυνατότητα πρόσβασης μέσω αυτοκινητόδρομου πληρώνοντας διόδια (Αττική Οδός) και ελεύθερης λεωφόρου χωρίς την καταβολή αντιτίμου διοδίων. Επομένως, εφόσον δεν υπάρχει μόνο ένα συγκοινωνιακό μέσο που να εξυπηρετεί το Αεροδρόμιο, οι παράγοντες που επηρεάζουν ποιο μέσο θα επιλέξει ο επιβάτης για να μεταβεί στο Αεροδρόμιο καθίστανται σημαντικοί. Ανάμεσα στους παράγοντες αυτούς η εργασία εστιάζει στην αξία εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης.

1.2 Στόχος της Διπλωματικής Εργασίας

Ο στόχος της εργασίας είναι η ανάπτυξη μεθοδολογίας για τη μέτρηση της αξίας εξοικονόμησης του χρόνου μετακίνησης των επιβατών, κατά την πρόσβασή τους στο Αεροδρόμιο «Ελευθέριος Βενιζέλος». Επιπρόσθετα, η εργασία στοχεύει στη διερεύνηση της αξίας μείωσης χρόνου μετακίνησης για διάφορες κατηγορίες επιβατών, όπως ανά σκοπό μετακίνησης ή ανά μέσο πρόσβασης. Ως τελική συνισταμένη θεωρείται η εφαρμογή ενός μαθηματικού προτύπου, το οποίο θα υπολογίζει την αξία εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης για κάθε επιβάτη του Αεροδρομίου.

1.3 Μεθοδολογία

Αρχικά πραγματοποιήθηκε η αναζήτηση και μελέτη των βιβλιογραφικών πηγών. Δόθηκε έμφαση στην κατανόηση και αφομοίωση των σχετικών εννοιών, ώστε να αποκτηθεί μια κατά το δυνατόν πλήρης εικόνα του προβλήματος της αξίας χρόνου μετακίνησης αλλά και της επιλογής μέσου μετακίνησης στην οποία υπεισέρχεται ως παράμετρος.

Στη συνέχεια, επιλέχθηκε να πραγματοποιηθεί έρευνα με ερωτηματολόγια στο Αεροδρόμιο "Ελευθέριος Βενιζέλος" προκειμένου να συγκεντρωθούν στοιχεία για τις προτιμήσεις των επιβατών. Οι προτιμήσεις αφορούν στη διερεύνηση της προθυμίας για πληρωμή σε μια ενδεχόμενη μείωση του χρόνου πρόσβασης των επιβατών στο Αεροδρόμιο. Η μέθοδος που ακολουθήθηκε είναι της Δηλωθείσας Προτίμησης (*Stated Preference*). Ιδιαίτερο βάρος δόθηκε στο σχεδιασμό του ερωτηματολογίου, ο οποίος αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την αξιοπιστία και χρησιμότητα των απαντήσεων των επιβατών.

Η διεξαγωγή της έρευνας διήρκησε τρεις εβδομάδες και έλαβε χώρα στις εξόδους των πτήσεων του Αεροδρομίου. Συγκεντρώθηκε ένα δείγμα 486 ερωτηματολογίων.

Στο τελικό στάδιο, αναλύθηκαν τα στοιχεία με τη βοήθεια στατιστικών προγραμμάτων ηλεκτρονικού υπολογιστή και εξήχθησαν αποτελέσματα (μέσες τιμές κλπ) της πρόθεσης για πληρωμή των επιβατών για εξοικονόμηση χρόνου μετακίνησης. Πραγματοποιήθηκαν επίσης έλεγχοι στατιστικών υποθέσεων. Τέλος, αναπτύχθηκε μαθηματικό πρότυπο για τον υπολογισμό της πρόθεσης για πληρωμή κάθε επιβάτη.

1.4 Δομή της Διπλωματικής Εργασίας

Στο **Κεφάλαιο 2** γίνεται η βιβλιογραφική ανασκόπηση. Παρουσιάζονται το θεωρητικό υπόβαθρο αναφορικά με την αξία χρόνου μετακίνησης, οι

μεθοδολογίες που υφίστανται για την προσέγγιση του προβλήματος καθώς και οι σχετικές έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί διεθνώς.

Στο **Κεφάλαιο 3** συγκρίνονται οι μεθοδολογίες και επιλέγεται αυτή που θα ακολουθηθεί στην εργασία. Εν συνεχεία, αναπτύσσεται η μεθοδολογία και σχεδιάζεται το ερωτηματολόγιο.

Στο **Κεφάλαιο 4** παρέχονται λεπτομέρειες σχετικά με τη διεξαγωγή της έρευνας στο Αεροδρόμιο.

Στο **Κεφάλαιο 5** παρουσιάζονται ο τρόπος ανάλυσης των στοιχείων και τα αποτελέσματα που εξήχθησαν, όπως μέσες τιμές, κατανομές, διαγράμματα διασποράς κλπ.

Στο **Κεφάλαιο 6** γίνονται έλεγχοι στατιστικών υποθέσεων, κυρίως αναφορικά με την πρόθεση πληρωμής για εξοικονόμηση χρόνου μετακίνησης διαφόρων κατηγοριών επιβατών.

Στο **Κεφάλαιο 7** αναπτύσσεται το μαθηματικό πρότυπο υπολογισμού της πρόθεσης πληρωμής για εξοικονόμηση χρόνου μετακίνησης των επιβατών.

Στο **Κεφάλαιο 8** εφαρμόζεται το μαθηματικό πρότυπο σε τρεις υποθετικές περιπτώσεις βελτίωσης του χρόνου διαδρομής γραμμών MMM προς το Αεροδρόμιο.

Τέλος, στο **Κεφάλαιο 9** παρατίθενται τα συνολικά συμπεράσματα της εργασίας.

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 Γενικά

Κάθε άνθρωπος εντός ενός ημερονυκτίου εκτελεί ορισμένες δραστηριότητες, οι οποίες απαιτούν μια ποσότητα χρόνου για να διεκπεραιωθούν. Πολλές από αυτές τις δραστηριότητες απαιτούν επίσης και τη μετακίνηση του ατόμου για να επιτευχθούν. Κατά τις συνήθεις περιπτώσεις, οπότε η μετακίνηση δεν πραγματοποιείται ως αυτοσκοπός (π.χ. μια βόλτα στην εξοχή), οι άνθρωποι προτιμούν να ασχολούνται με κάτι διαφορετικό από το να οδηγούν ένα αυτοκίνητο ή να επιβαίνουν σε κάποιο δημόσιο μέσο μεταφοράς. Δηλαδή, η μετακίνηση θεωρείται ως χαμένος χρόνος, κατά τον οποίο θα μπορούσε ο καθένας να ασχοληθεί με κάτι πιο χρήσιμο στον ίδιο. Επιπρόσθετα, η μετακίνηση είναι μια δυσάρεστη δραστηριότητα για τον άνθρωπο, υπό την έννοια ότι κουράζει σωματικά τον μετακινούμενο, του προκαλεί εκνευρισμό πολλές φορές κλπ. Επομένως, δημιουργείται η επιθυμία για όσο το δυνατόν μείωση του χρόνου που χρειάζεται για να μεταβεί ένα άτομο από ένα σημείο Α σε κάποιο άλλο σημείο Β. Η επιθυμία αυτή εκφράζεται ως επιδίωξη του μετακινούμενου να επιλέξει το ταχύτερο μεταφορικό μέσο, με ένα λογικό για τον ίδιο χρηματικό κόστος.

Κατά συνέπεια, διαφαίνεται η έννοια ότι ο μετακινούμενος προτίθεται να πληρώσει ένα χρηματικό ποσό προκειμένου να εξοικονομήσει χρόνο από τη μετακίνησή του και τον οποίο θα τον αφιερώσει σε πιο χρήσιμες για τον ίδιο δραστηριότητες. Άρα, η εξοικονόμηση χρόνου μετακίνησης έχει κάποια αξία για τον επιβάτη και μπορεί να αποτιμηθεί σε χρηματικές μονάδες.

Γενικεύοντας, η εξοικονόμηση αυτή έχει και κάποια αξία για το κοινωνικό σύνολο. Αυτή μεταφράζεται είτε σε αύξηση της παραγωγικότητας των ατόμων, αφού σπαταλούν λιγότερο χρόνο σε μετακινήσεις, είτε σε κοινωνική ευημερία διότι οι άνθρωποι ταλαιπωρούνται λιγότερο στις μετακινήσεις τους.

Ως «Αξία Εξοικονόμησης Χρόνου Μετακίνησης» ορίζεται το ποσό που είναι διατεθειμένος να πληρώσει ένας άνθρωπος προκειμένου να μειώσει κατά μία μονάδα το χρόνο μετακίνησής του. Σημειώνεται ότι ο παραπάνω ορισμός αφορά στην υποκειμενική αξία του χρόνου και δεν την εξετάζει από τη σκοπιά του κοινωνικού συνόλου.

2.2 Θεωρητικές προσεγγίσεις

Το πρόβλημα της αποτίμησης μιας μείωσης του χρόνου μετακίνησης, έχει απασχολήσει τους ερευνητές τα τελευταία 35 χρόνια. Ενδεικτικά αναφέρουμε τους Becker (1965), Johnson (1966), Oort (1969), DeSerpa (1971), Evans (1972), Train & McFadden (1978), Small (1982), Gronau (1986), Jara-Díaz (1997). Κοινό χαρακτηριστικό όλων των θεωριών που αναπτύχθηκαν είναι ότι βασίζονται στη μικρο-οικονομική θεωρία χρησιμότητας του ατόμου. Ωστόσο, διακρίνονται δύο τρόποι υπολογισμού της αξίας του χρόνου μετακίνησης: Ο πρώτος εξετάζει το ημερήσιο πρόγραμμα του ατόμου και πώς το άτομο επιμερίζει το χρόνο στις διάφορες δραστηριότητές του (time allocation theories). Η δεύτερη προσέγγιση εξάγει την αξία εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης, μέσω των επιλογών μέσου μετακίνησης που κάνει μια ομάδα ανθρώπων με κοινά χαρακτηριστικά (discrete travel choice models). Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι δύο αυτές μέθοδοι.

2.2.1 Επιμερισμός χρόνου σε δραστηριότητες

Πριν παρουσιαστεί το μαθηματικό πρότυπο, είναι σημαντικό να τονιστεί ότι η μέθοδος προϋποθέτει μια ισορροπία στις δραστηριότητες του ατόμου. Δηλαδή ο εργαζόμενος έχει περίπου σταθερό αριθμό ωρών εργασίας και ο

μισθός του είναι συγκεκριμένος. Επιπρόσθετα, το άτομο είναι ικανοποιημένο από αυτή τη διευθέτηση μισθού και ωρών εργασίας.

Ας θεωρήσουμε έναν τυχαίο καταναλωτή, ο οποίος ξοδεύει κάθε χρονική περίοδο (π.χ. ημερονύκτιο, μήνας) G χρηματικές μονάδες, ενώ ο μισθός του είναι w (χρηματικές μονάδες / χρονική μονάδα). Για την υπό εξέταση χρονική περίοδο, ο ελεύθερος χρόνος του ατόμου είναι L χρονικές μονάδες, οι ώρες εργασίας W χρονικές μονάδες και ο χρόνος για μετακινήσεις t χρονικές μονάδες. Επίσης, κάθε χρονική περίοδος έχει T χρονικές μονάδες.

Η συνάρτηση χρησιμότητας του ατόμου είναι $U = U(G, L, W, t)$.

Ο καταναλωτής προσπαθεί να μεγιστοποιήσει τη χρησιμότητά του, υπό ορισμένες προϋποθέσεις ή περιορισμούς:

$$\text{Max } U(G, L, W, t) \quad (1)$$

υπό τους περιορισμούς ότι

$$w \cdot W - G \geq 0 \quad (\lambda) \quad (2)$$

και

$$T - (L + W + t) = 0 \quad (\mu) \quad (3)$$

Οι εξισώσεις (1) – (3) συνιστούν ένα πρόβλημα προσδιορισμού δεσμευμένων ακροτάτων (ή ακροτάτων υπό συνθήκη) πραγματικής συνάρτησης (εδώ της U). Τα λ , μ είναι οι πολλαπλασιαστές Lagrange της συνάρτησης.

Η επίλυση του προβλήματος δίνει τις ακόλουθες εξισώσεις:

$$\begin{aligned} \frac{\partial U}{\partial G} - \lambda &= 0 \\ \frac{\partial U}{\partial L} - \mu &= 0 \\ \frac{\partial U}{\partial W} + \lambda w - \mu &= 0 \end{aligned}$$

Από το σύστημα των εξισώσεων εξάγεται ότι

$$\frac{\mu}{\lambda} = \frac{\partial U / \partial L}{\partial U / \partial G} = w + \frac{\partial U / \partial W}{\partial U / \partial G}$$

$$-\frac{dU / dt}{\lambda} = w + \frac{\partial U / \partial W}{\partial U / \partial G} - \frac{\partial U / \partial t}{\partial U / \partial G}$$

όπου dU/dt είναι η συνολική επίδραση στη χρησιμότητα μιας αλλαγής του χρόνου μετακίνησης. Το πρόσημο πλην δηλώνει ότι μια μείωση του χρόνου μετακίνησης θα επιφέρει αύξηση της χρησιμότητας που απολαμβάνει το άτομο. Ο λόγος μ/λ εκφράζει την (σχετική ως προς το ποσό που καταναλώνει το άτομο) αξία του ελεύθερου χρόνου σε χρηματικές μονάδες.

Επομένως μία μείωση του ελάχιστου απαιτούμενου χρόνου για μετακίνηση ισούται με την αξία του ελεύθερου χρόνου μείον την αξία της μετακίνησης αυτής καθ' εαυτής, η οποία είναι ανεπιθύμητη στο άτομο (εξ ου και το αρνητικό πρόσημο). Συναντάται δηλαδή η έννοια που αναπτύχθηκε προηγουμένως, ότι μια μείωση του χρόνου μετακίνησης έχει διπλό κέρδος για το μετακινούμενο: αφενός αφιερώνει περισσότερο χρόνο σε άλλες πιο χρήσιμες δραστηριότητες γι' αυτόν και αφετέρου υφίσταται λιγότερη ταλαιπωρία κατά τη μετακίνηση.

Παρόμοιες αναλύσεις έχουν γίνει και από άλλους ερευνητές (βλ. DeSerpa 1971). Οι διαφοροποιήσεις έγκεινται στις μεταβλητές που εισάγονται στη συνάρτηση χρησιμότητας, καθώς και στους περιορισμούς. Η βασική μεθοδολογία όμως είναι αυτή που παρουσιάστηκε.

2.2.2 Επιλογή μέσου και αξία εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης

2.2.2.1 Γενικά

Σύμφωνα με τα εξατομικευμένα πρότυπα επιλογής μέσου μετακίνησης (Multinomial Logit Models), η χρησιμότητα ενός εναλλακτικού μέσου i για ένα συγκεκριμένο άτομο n , μπορεί να γραφεί σε γραμμική μορφή ως:

$$U_i = \alpha_i + \beta \cdot c_i + \gamma \cdot t_i + \dots$$

όπου c_i και t_i είναι το κόστος και ο χρόνος μετακίνησης αντίστοιχα του εναλλακτικού μέσου i .

Παρόμοιες εξισώσεις θεωρούνται για κάθε εναλλακτικό μέσο i . Στη συνέχεια συλλέγονται στοιχεία επιλογής μέσου και τιμών για τις μεταβλητές που έχουν εισαχθεί στο πρότυπο, για ένα δείγμα μετακινούμενων. Η επίλυση του συστήματος των εξισώσεων για ομάδες επιβατών με κοινά χαρακτηριστικά (π.χ. επιβάτες με σκοπό μετακίνησης την εργασία) δίνει τιμές για τις παραμέτρους α , β , γ ,... του πρότυπου.

Το ποσό που είναι διατεθειμένο να πληρώσει κάθε άτομο για μείωση του χρόνου μετακίνησής του κατά μία μονάδα υπολογίζεται ως ο λόγος $\frac{\partial U_i / \partial t_i}{\partial U_i / \partial c_i}$. Παρατηρούμε όμως στην εξίσωση χρησιμότητας ότι ο λόγος αυτός ισούται με γ/β . Επομένως η αξία εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης για μία ομάδα μετακινούμενων με κοινά χαρακτηριστικά υπολογίζεται ως ο λόγος γ/β , δηλαδή του συντελεστή χρόνου προς το συντελεστή κόστους.

Όπως αναλύεται παρακάτω, η τιμή που υπολογίζεται μέσω αυτών των μοντέλων είναι η συνολική αξία εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης. Περιλαμβάνει τόσο την αξία του ελεύθερου χρόνου, όσο και την αρνητική αξία του χρόνου της ίδιας της μετακίνησης.

Σημειώνεται ότι οι συντελεστές γ και β , εφόσον προκύπτουν από στατιστικά μοντέλα, παρέχουν μία εκτίμηση των πραγματικών παραμέτρων γ_0 και β_0 . Επομένως, οι συντελεστές γ , β και κατ' επέκταση η αξία της εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης, είναι τυχαίες μεταβλητές που ακολουθούν κάποια συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας, και όχι πραγματικές σταθερές. Επίσης, η μέθοδος βασίζεται σε έρευνες αποκαλυπτόμενης προτίμησης (revealed preference).

2.2.2.2 Περαιτέρω διερεύνηση

Στα εξατομικευμένα πρότυπα επιλογής μέσου μετακίνησης, η συνάρτηση χρησιμότητας είναι μία έμμεση συνάρτηση χρησιμότητας

(conditional indirect utility function), δηλαδή ο περιορισμός του εισοδήματος εισάγεται στο πρότυπο της συνάρτησης. Επομένως, η αξία εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης μπορεί να εξηγηθεί με μικροοικονομικό πρότυπο, το οποίο εξαρτάται από τις μεταβλητές που εισάγονται στη συνάρτηση χρησιμότητας καθώς και τους περιορισμούς που λαμβάνονται υπόψη.

Με τρόπο εργασίας όπως παρουσιάστηκε προηγουμένως, έχουμε το ακόλουθο πρόβλημα (Jara-Díaz, 1997):

$$\text{Max } U(G, L, W, t)$$

υπό τους περιορισμούς ότι

$$G + c_i = wW$$

$$L + W + t_i = \tau$$

$$L \geq aG$$

$$i \in M$$

Η αρχική συνάρτηση χρησιμότητας παίρνει τη μορφή

$$\text{Max}_w U[(wW - c_i), (\tau - W - t_i), W, t_i]$$

υπό τον περιορισμό

$$\tau - W - t_i - \alpha(wW - c_i) \geq 0,$$

από όπου και προκύπτει ο πολλαπλασιαστής Lagrange θ .

Με παραγωγή των παραπάνω σχέσεων το W εκφράζεται ως

$$W^*(c_i, t_i) = \frac{\tau - t_i + \alpha c_i}{1 + \alpha w}$$

Η έμμεση συνάρτηση χρησιμότητας γράφεται τώρα συναρτήσει:

$$V_i \equiv U \left\{ \left[\frac{w(\tau - t_i) - c_i}{1 + \alpha w} \right], \left[\frac{a[w(\tau - t_i) - c_i]}{1 + \alpha w} \right], \left[\frac{\tau - t_i + \alpha c_i}{1 + \alpha w} \right], t_i \right\}$$

Η αξία του χρόνου μετακίνησης είναι ίση με:

$$\frac{\partial V_i / \partial t_i}{\partial V_i / \partial c_i} = w + \frac{\partial U / \partial W}{\partial U / \partial G - \alpha \theta} - \frac{\partial U / \partial t}{\partial U / \partial G - \alpha \theta}$$

Το αποτέλεσμα είναι παρόμοιο με αυτό που είχε προταθεί από τον Oort. Σημειώνεται ωστόσο μια καινούργια έννοια που προτάθηκε από τον Jara-Díaz: ο περιορισμός ότι ο ελεύθερος χρόνος L πρέπει να είναι μεγαλύτερος ή ίσος από το χρόνο στον οποίο το άτομο καταναλώνει αγαθά. Διαφορετικά το άτομο δεν προλαβαίνει να καταναλώσει τα αγαθά που έχει στη διάθεσή του.

2.2.3 Η μέθοδος της διαφοράς κόστους

2.2.3.1 Γενικά

Στο πλαίσιο της συνάρτησης χρησιμότητας για επιλογή μέσου μετακίνησης, μία παρόμοια μέθοδος για την εκτίμηση της αξίας εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης είναι αυτή της διαφοράς κόστους (transfer price approach). Η διαφορά κόστους είναι το ποσό που το κόστος ενός εναλλακτικού μέσου θα πρέπει να μεταβληθεί, ώστε η συνολική του χρησιμότητα να εξισωθεί με αυτήν ενός άλλου μέσου.

Για παράδειγμα, έστω δύο μεταφορικά μέσα με συναρτήσεις χρησιμότητας U_1 και U_2 και ότι ένα άτομο επιλέγει το μέσο 1. Τότε ο επιβάτης αυτός ερωτάται πόσο θα έπρεπε να αυξηθεί (ή μειωθεί) το κόστος του μέσου 1, ώστε αυτός να επιλέξει οριακά το μέσο 2. Άρα:

$$TP = U_1 - U_2$$

$$TP = \theta_t (\Delta t_1 - \Delta t_2) + \theta_c (\Delta c_1 - \Delta c_2) + \dots$$

Η αξία εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης είναι ο λόγος θ_t / θ_c , και υπολογίζεται με γραμμική παλινδρόμηση για το δείγμα των ερωτηθέντων μετακινούμενων. Έχει υποτεθεί ότι οι συναρτήσεις χρησιμότητας είναι γραμμικές ως προς τις μεταβλητές τους.

Επιπλέον, η μέθοδος δίνει τη δυνατότητα απευθείας μέτρησης της αξίας εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης. Πράγματι, εάν στο ίδιο άτομο γίνουν 3 ερωτήσεις για τα ίδια κάθε φορά μέσα, αλλά με διαφορετικά Δt ή Δc , τότε μέσω παλινδρόμησης υπολογίζονται οι παράμετροι του πρότυπου

(σύστημα 3x3). Αυτό προϋποθέτει μόνο μία σταθερά στο πρότυπο (π.χ. $TP = \theta_t (\Delta t_1 - \Delta t_2) + \theta_c (\Delta c_1 - \Delta c_2) + \alpha$).

Η τεχνική των ερωτήσεων που εφαρμόζεται εδώ είναι αυτή της Δηλωθείσας Προτίμησης. Ο ερωτώμενος καλείται να απαντήσει σε μια υποθετική ερώτηση. Τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της μεθόδου αναλύονται διεξοδικότερα παρακάτω.

2.2.3.2 Προθυμία πληρωμής για εξοικονόμηση χρόνου μετακίνησης

Σε πολλές περιπτώσεις οικονομικής αξιολόγησης συγκοινωνιακών έργων απαιτείται ο προσδιορισμός του ποσού που είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν οι επιβάτες προκειμένου να μειώσουν το χρόνο μετακίνησής τους. Για παράδειγμα, μια διαχειριστική αρχή ενός αυτοκινητόδρομου εξετάζει τη ζήτηση για διαδρομές μέσω του αυτοκινητόδρομου για διάφορα επίπεδα της τιμής των διοδίων.

Επομένως, η μέθοδος της προθυμίας πληρωμής για εξοικονόμηση χρόνου μετακίνησης υπολογίζει τη δεύτερη συνιστώσα της αξίας εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης, δηλαδή την ενόχληση λόγω της μετακίνησης. Σε ένα ανάλογο με αυτό της προηγούμενης υποενότητας 2.2.3.1 μαθηματικό πρότυπο, η προθυμία πληρωμής για εξοικονόμηση χρόνου μετακίνησης δίνεται από το λόγο θ_t / θ_c . Εκφράζει την πρόθεση του επιβάτη να πληρώσει ορισμένο χρηματικό ποσό, ώστε να υποστεί λιγότερη ενόχληση, αφού η διάρκεια της μετακίνησής του θα μειωθεί κατά ΔT χρονικές μονάδες.

Η έννοια της προθυμίας για πληρωμή υπόκειται σε κάποιους περιορισμούς. Το άτομο είναι πρόθυμο να ξοδέψει χρήματα για ένα αγαθό προκειμένου να αυξήσει τη χρησιμότητα που απολαμβάνει από αυτό. Το φαινόμενο έχει δύο συνιστώσες: αφενός η οικονομική ευρωστία (εισόδημα) του καταναλωτή του υπαγορεύει το ποσό που είναι ικανός να δαπανήσει. Αφετέρου, η χρησιμότητα που ήδη απολαμβάνει ο καταναλωτής από το συγκεκριμένο αγαθό καθορίζει και το πόση επιπλέον χρησιμότητα μπορεί να

αποκομίσει από το συγκεκριμένο αγαθό. Αν δηλαδή ο καταναλωτής είναι πλήρως ικανοποιημένος από το αγαθό, τότε ενδέχεται να μην είναι διατεθειμένος να πληρώσει τίποτα παραπάνω.

2.2.4 Μέθοδοι Αποκαλυπτόμενης και Δηλωθείσας Προτίμησης

Προκειμένου να αποτιμηθούν οι επιπτώσεις των συγκοινωνιακών έργων ή συγκοινωνιακών ρυθμίσεων και παρεμβάσεων έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι. Μία από αυτές είναι η οικογένεια τεχνικών αξιολόγησης οιονεί-αγοράς. Η φιλοσοφία της μεθόδου αφορά στην παρατήρηση των επιλογών των μετακινουμένων σε πραγματικές ή υποθετικές καταστάσεις.

2.2.4.1 Μέθοδος αποκαλυπτόμενης προτίμησης

Η μέθοδος της **αποκαλυπτόμενης προτίμησης** (revealed preference) είναι τεχνική καταγραφής πραγματικών ανθρώπινων επιλογών. Ανήκει στην κατηγορία των *έμμεσα δηλωμένων αποφάσεων αγοράς* (*implied market decisions*). Θεωρεί ότι οι ανθρώπινες αποφάσεις είναι ορθολογικές, γι' αυτό και η μέθοδος βρίσκει ευρεία εφαρμογή στα πρότυπα που χρησιμοποιούν εξατομικευμένες εξισώσεις χρησιμότητας.

Το βασικό πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ότι παρατηρεί την πραγματικότητα και δε βασίζεται σε υποθέσεις, όπως η μέθοδος της δηλωθείσας προτίμησης.

Ωστόσο, από τα βασικά μειονεκτήματα της μεθόδου είναι η δυσχέρεια στην απόκτηση επαρκούς διακύμανσης των δεδομένων, ώστε να εξεταστούν όλες οι μεταβλητές που χρειάζεται. Πολλές φορές το απαιτούμενο δείγμα είναι εξαιρετικά μεγάλο, ή οι μετακινούμενοι δεν είχαν όλες τις επιλογές διαθέσιμες οπότε δεν μπορούν να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα για τους λόγους που ο επιβάτης επέλεξε το συγκεκριμένο μέσο μεταφοράς.

Επίσης, συχνά παρατηρούνται ισχυρές συσχετίσεις (correlations) μεταξύ διαφόρων μεταβλητών που μετρά η μέθοδος (π.χ. χρόνος και κόστος μετακίνησης), οι οποίες περιπλέκουν την εκτίμηση παραμέτρων για την εξαγωγή μαθηματικού πρότυπου.

Τέλος, η μέθοδος αποκαλυπτόμενης προτίμησης δεν μπορεί να μετρήσει ποιοτικές μεταβλητές, όπως π.χ. άνεση επιβάτη. Μετράει μόνο ό,τι έχει μονάδες μέτρησης (π.χ. κόστος, χρόνος, μάρκα αυτοκινήτου κλπ.).

2.2.4.2 Μέθοδος δηλωθείσας προτίμησης

Η μέθοδος της **δηλωθείσας προτίμησης** (stated preference) είναι τεχνική που καταγράφει τις απαντήσεις των ατόμων για τις προτιμήσεις τους από ένα σύνολο πραγματικών ή υποθετικών συγκοινωνιακών επιλογών. Ανήκει στην κατηγορία των *τεχνικών πειραματικής αγοράς* (experimental market techniques).

Το βασικό πλεονέκτημα της τεχνικής αυτής είναι ότι ο ερευνητής καθορίζει πλήρως τις συνθήκες ή καταστάσεις που καλείται να αξιολογήσει ο ερωτώμενος.

Ακόμη, από κάθε άτομο μπορεί να παρθούν απαντήσεις για διαφορετικές καταστάσεις, ενώ στη μέθοδο αποκαλυπτόμενης προτίμησης κάθε άτομο ισοδυναμεί με μία παρατήρηση μόνο. Επομένως, το απαιτούμενο δείγμα είναι συνήθως μικρότερο, οπότε η έρευνα κοστίζει λιγότερο.

Από την άλλη πλευρά, το κύριο μειονέκτημα είναι ότι οι μετακινούμενοι δηλώνουν τι θα έκαναν σε υποθετικές καταστάσεις, χωρίς αυτό να σημαίνει πως αν βρεθούν σε πραγματικές συνθήκες θα πράξουν αναλόγως. Αυτό απαιτεί και πολύ προσεκτικό σχεδιασμό του ερωτηματολογίου, ώστε οι καταστάσεις που διερευνώνται να περιγράφονται ξεκάθαρα στον ερωτώμενο.

2.3 Έρευνες υπολογισμού της αξίας εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης

Η παρούσα ενότητα εξετάζει διάφορους τρόπους υπολογισμού της αξίας του χρόνου μετακίνησης. Οι μέθοδοι εμπεριέχονται σε σχετικά άρθρα που έχουν κατά καιρούς δημοσιευθεί στη διεθνή βιβλιογραφία. Παρουσιάζονται οι εργασίες των: *A.J. Richardson, ITS and Bates, S. Jara-Díaz and C. Guevara, E. Menashe and J. Guttman, E. Pels and P. Nijkamp and P. Rietveld, S. Lioukas, Bates and Whelan.*

2.3.1 Έρευνες μέτρησης της προθυμίας πληρωμής για εξοικονόμηση χρόνου μετακίνησης

2.3.1.1 Τρόπος παρουσίασης των εναλλακτικών επιλογών

Κοινό χαρακτηριστικό των ερευνών είναι ότι βασίζονται σε τεχνικές δηλωθείσας προτίμησης. Ωστόσο συναντώνται διαφορές ως προς τον τρόπο που παρουσιάζονται στον ερωτώμενο οι εναλλακτικές επιλογές.

Μία προσέγγιση αποτελεί η μέθοδος που αναζητάει τα λεγόμενα **σημεία αδιαφορίας** μεταξύ εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης και επιπλέον κόστους που ο επιβάτης είναι διατεθειμένος να πληρώσει (*Richardson, 2004*).

Για παράδειγμα, προτείνονται δύο εναλλακτικές διαδρομές στον ερωτώμενο με το ίδιο μέσο μετακίνησης: αυτοκινητόδρομος με διόδια και κανονική οδός χωρίς διόδια. Αν η διαδρομή με αυτοκινητόδρομο είναι συντομότερη κατά ΔT λεπτά έναντι της κανονικής οδού, ζητείται από τον μετακινούμενο το μέγιστο επιπλέον ποσό ΔC που είναι διατεθειμένος να πληρώσει, ώστε να επιλέξει τη διαδρομή μέσω αυτοκινητόδρομου.

Μία τυπική μορφή πίνακα ερωτηματολογίου είναι η ακόλουθη:

Πίνακας 2.1 Πίνακας ερωτηματολογίου που καταγράφει την προθυμία πληρωμής για εξοικονόμηση χρόνου μετακίνησης (πηγή: *Richardson, 2004*)

Table 5 Final Answer Table for Respondent after Game 14

Toll	Time Savings (Minutes)				
	3	6	9	12	15
\$5.50	N	N	N	N	N
\$4.90	N	N	N	N	N
\$4.30	N	N	N	N	N
\$3.70	N	N	N	Y	Y
\$3.10	N	N	Y	Y	Y
\$2.50	N	Y	Y	Y	Y
\$1.90	Y	Y	Y	Y	Y
\$1.30	Y	Y	Y	Y	Y
\$0.70	Y	Y	Y	Y	Y
\$0.10	Y	Y	Y	Y	Y

Παρατηρούμε ότι, για παράδειγμα, ο χρήστης είναι διατεθειμένος να πληρώσει \$3.10 για να εξοικονομήσει 9 λεπτά χρόνου μετακίνησης, όχι όμως \$3.70 για την ίδια εξοικονόμηση χρόνου. Επομένως, μπορεί να θεωρηθεί ότι για το συγκεκριμένο χρήστη η εξοικονόμηση 9 λεπτών χρόνου μετακίνησης ισοδυναμεί με \$3.40. Στο σημείο αυτό θεωρείται ότι οι χρησιμότητες των δύο επιλογών είναι ίσες, $U_A = U_B$.

Η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται για διάφορες τιμές ΔT εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης.

Σημειώνεται ότι στα ερωτηματολόγια της μεθόδου έχουν θεωρηθεί κάποιες ανώτατες τιμές εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης και διοδίων. Συγκεκριμένα, το ΔT κυμαίνεται από 10% μέχρι 50% του χρόνου διαδρομής κάθε ερωτώμενου. Για το ΔC θεωρήθηκαν μια κατώτερη (\$0.10) και μια ανώτερη τιμή (\$5.50).

Μία δεύτερη προσέγγιση αποτελεί η μέθοδος των **προκαθορισμένων τιμών** αξίας εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης (*Bates and Whelan, 2001*).

Η έρευνα δηλωθείσας προτίμησης βασίζεται σε μία δέσμη 12 ερωτηματολογίων (Q1 – Q12), καθένα από τα οποία αναφέρεται στις

κυκλοφοριακές συνθήκες και τη χρονική διάρκεια διαδρομής, της μετακίνησης που μόλις είχε πραγματοποιήσει ο ερωτώμενος τη στιγμή της έρευνας:

Πίνακας 2.2 Κατηγορίες χρόνου διαδρομής και κυκλοφοριακών συνθηκών (πηγή: *Bates and Whelan, 2001*)

	Motorway	Urban ¹	Trunk
A	5–25 mins (Q1)	5–15 mins (Q5)	5–25 mins (Q9)
B	26–50 mins (Q2)	16–25 mins (Q6)	26–50 mins (Q10)
C	51–75 mins (Q3)	26–40 mins (Q7)	51–75 mins (Q11)
D	75+ mins (Q4)	41+ mins (Q8)	75+ mins (Q12)

Κάθε ερωτηματολόγιο εξετάζει 8 ζεύγη εναλλακτικών μετακινήσεων με το ίδιο μεταφορικό μέσο. Κάθε ζεύγος αφορά την πραγματική διαδρομή και μια υποθετική διαδρομή, με διαφοροποίηση ως προς τη χρονική τους διάρκεια ΔT και ως προς το κόστος τους ΔC .

Επιπρόσθετα, υπάρχουν 8 προκαθορισμένες τιμές αξίας εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης, ως ο λόγος $\Delta C/\Delta T$. Σε μονάδες pence/min λαμβάνουν τις εξής τιμές:

1, 2, 3.5, 5, 7, 10, 15, 25.

Κάθε ερωτηματολόγιο περιλαμβάνει 4 διαφορετικούς τρόπους σύγκρισης για τα ΔT και ΔC :

1. $\Delta T > 0, \Delta C > 0$
2. $\Delta T > 0, \Delta C < 0$
3. $\Delta T < 0, \Delta C > 0$
4. $\Delta T < 0, \Delta C < 0$

Τα ΔT και ΔC προκύπτουν ως εξής:

Επιλέγεται μία από τις 9 παρακάτω τιμές για το ΔT :

-20, -15, -10, -5, -3, +5, +10, +15, +20

Το ΔC υπολογίζεται από το γινόμενο $\Delta T \cdot$ “προκαθορισμένη τιμή αξίας εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης”.

Για κάθε προτεινόμενο συνδυασμό ΔΤ,ΔC ο ερωτώμενος καλείται να επιλέξει μεταξύ της πραγματικής και της υποθετικής μετακίνησης. Ανάλογα με το ποια μετακίνηση επιλέγει, η προσωπική του αξία εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης είναι υψηλότερη ή χαμηλότερη της προκαθορισμένης.

Καθένας από τους συνδυασμούς ΔΤ και ΔC αντιπροσωπεύεται δύο φορές σε κάθε ερωτηματολόγιο: μια φορά με χαμηλή προκαθορισμένη αξία εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης ($\leq 5p/min$) και μία με υψηλή προκαθορισμένη αξία εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης ($>5p/min$).

2.3.1.2 Τρόπος υπολογισμού της αξίας εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης

Η βασική διαφοροποίηση αφορά στη θεώρηση για τις συναρτήσεις χρησιμότητας των δύο εναλλακτικών διαδρομών.

Μία μέθοδος περιλαμβάνει στις συναρτήσεις χρησιμότητας **σταθερά** που εκφράζει τις διαφορετικές ανέσεις που προσφέρει κάθε εναλλακτική διαδρομή (*Richardson, 2004*). Κατ' αυτόν τον τρόπο, οι χρησιμότητες των δύο εναλλακτικών γράφονται:

$$U_1 = \kappa + \beta \cdot T_1 + \gamma \cdot C_1$$

$$U_2 = \lambda + \beta \cdot T_2 + \gamma \cdot C_2$$

Όπως προαναφέρθηκε, η μέθοδος αναζητά τα ζεύγη ΔΤ και ΔC όπου οι χρησιμότητες των δύο εναλλακτικών θεωρούνται ίσες.

Αναπαριστώνοντας τα ζεύγη σε καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων, σχηματίζεται το παρακάτω γράφημα:

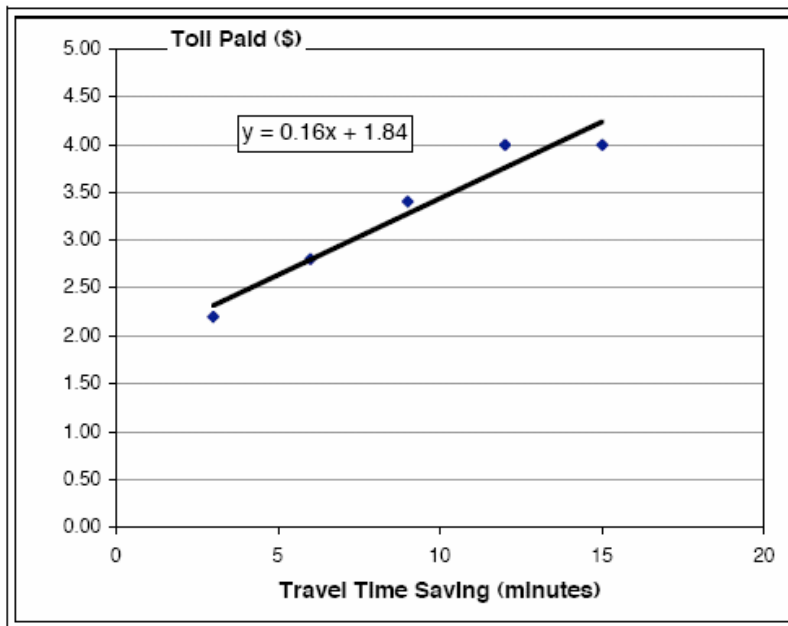


Figure 2 Trade-offs between Time Saved and Toll Paid

Σχήμα 2.1 Ζεύγη τιμών ($\Delta T, \Delta C$) της προθυμίας πληρωμής του επιβάτη για εξοικονόμηση χρόνου μετακίνησης

Με γραμμική παλινδρόμηση λαμβάνεται η ευθεία $y = ax + b$.

Η κλίση a της ευθείας, αποτελεί την προθυμία πληρωμής για μείωση του χρόνου μετακίνησης σε \$/min. Δηλαδή, ο μετακινούμενος είναι διατεθειμένος να πληρώνει a \$ για κάθε λεπτό χρόνου μετακίνησης που εξοικονομεί.

Η σταθερά b αντιπροσωπεύει τις λοιπές ανέσεις που προσφέρει ο αυτοκινητόδρομος με διόδια, έναντι του απλού δρόμου.

Κατά αυτόν τον τρόπο, υπολογίζεται η προθυμία πληρωμής για εξοικονόμηση χρόνου μετακίνησης κάθε ερωτώμενου ξεχωριστά.

Αντίθετα, άλλες έρευνες **δε θεωρούν σταθερά** για τις ανέσεις μετακίνησης κάθε διαδρομής (*Bates and Whelan, 2001*).

Η διαδικασία υπολογισμού της αξίας εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης ξεκινάει από ένα βασικό πρότυπο για τη συνάρτηση χρησιμότητας, το οποίο έχει τη μορφή:

$$U_{ikj} = \beta_c \cdot c_{ikj} + \beta_t \cdot t_{ikj}$$

Όπου: i αναφέρεται στο ατομικό ταξίδι, k αναφέρεται σε ένα ζευγάρι επιλογών μετακίνησης που εξετάζεται με μέθοδο δηλωθείσας προτίμησης, j αναφέρεται στην επιλογή A ή B για το πείραμα k .

Ωστόσο, εξετάζονται και οι ακόλουθες εναλλακτικές μορφές της συνάρτησης χρησιμότητας:

$$U_{ikj} = \beta_c \cdot c_{ikj} + \beta_{c2} \cdot c_{ikj}^2 + \beta_t \cdot t_{ikj} + \beta_{t2} \cdot t_{ikj}^2$$

$$U_{ikj} = \beta_c \cdot c_{ikj}^\delta + \beta_t \cdot t_{ikj}^\gamma$$

$$U_{ikj} = \beta_c \cdot \ln(c_{ikj}) + \beta_t \cdot t_{ikj}$$

Τα ερωτηματολόγια δηλωθείσας προτίμησης παρέθεταν διαφορές ΔT και ΔC σε σχέση με τη μετακίνηση που πραγματοποιούσαν οι ερωτώμενοι. Έστω T_i και C_i ότι είναι οι τιμές χρόνου και κόστους της πραγματικής μετακίνησης τότε τα προηγούμενα μοντέλα έχουν υπολογιστεί θεωρώντας ως:

$$t_{ikj} = T_i + \Delta T_{ikj}$$

$$c_{ikj} = C_i + \Delta C_{ikj}$$

Για το γραμμικό πρότυπο, ο μετασχηματισμός αυτός είναι μικρής σημασίας, αφού μπορούμε να αναπτύξουμε τη συνάρτηση ως

$$U_{ikj} = \beta_c \cdot c_{ikj} + \beta_t \cdot t_{ikj} = \beta_c \cdot (C_i + \Delta C_{ikj}) + \beta_t \cdot (T_i + \Delta T_{ikj})$$

$$= [\beta_c \cdot C_i + \beta_t \cdot T_i] + \beta_c \cdot \Delta C_{ikj} + \beta_t \cdot \Delta T_{ikj}$$

Εφόσον ο όρος μέσα στην αγκύλη είναι ο ίδιος για όλες τις εναλλακτικές κάθε ατόμου i , η συνάρτηση χρησιμότητας παραμένει ουσιαστικά ανεπηρέαστη.

Αν όμως αναπτύξουμε τη συνάρτηση για την τετραγωνική της μορφή παίρνουμε:

$$U_{ikj} = [\beta_c \cdot C_i + \beta_c^2 \cdot C_i^2 + \beta_t \cdot T_i + \beta_t^2 \cdot T_i^2] + \beta_c \cdot \Delta C_{ikj} + \beta_c^2 \cdot (\Delta C_{ikj})^2 + 2\beta_c^2 C_i \cdot \Delta C_{ikj} + \beta_t \cdot \Delta T_{ikj} + \beta_t^2 \cdot (\Delta T_{ikj})^2 + 2\beta_t^2 T_i \cdot \Delta T_{ikj}$$

Παρόλο που ο όρος μέσα στην αγκύλη μπορεί να θεωρηθεί ξανά ότι δεν επηρεάζει, η συνάρτηση δεν είναι η ίδια με την αρχική τετραγωνικής μορφής.

Επομένως, η έρευνα καταλήγει σε διαφορετικά αποτελέσματα ανάλογα και με τη μορφή της συνάρτησης χρησιμότητας.

2.3.1.3 Εξαγωγή τιμών για το σύνολο του δείγματος

Μία τεχνική αποτελεί η **προσομοίωση** του δείγματος των ερωτηθέντων (*Richardson, 2004*).

Θεωρήθηκαν μία κατανομή για το χρόνο μετακίνησης, μία για αξία εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης και μία για τη σταθερά λοιπών ανέσεων. Σε έναν υποθετικό πληθυσμό 1000 ατόμων (όσα και το μέγεθος του δείγματος) αντιστοιχήθηκε μία τιμή από κάθε κατανομή σε κάθε άτομο. Ακολούθως, παρόμοιας μορφής ερωτηματολόγια παρουσιάστηκαν στα υποθετικά άτομα του πληθυσμού και από τις απαντήσεις που δόθηκαν (βάσει των χαρακτηριστικών κάθε ατόμου, από τις κατανομές) υπολογίστηκε μια καινούργια αξία εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης και σταθερά λοιπών ανέσεων.

Οι τιμές για την αξία εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης και σταθεράς λοιπών ανέσεων που υπολογίστηκαν, συγκρίθηκαν με τις αρχικά υποθεθείσες τιμές για τα άτομα του υποθετικού πληθυσμού. Τα αποτελέσματα φαίνονται στα παρακάτω γραφήματα:

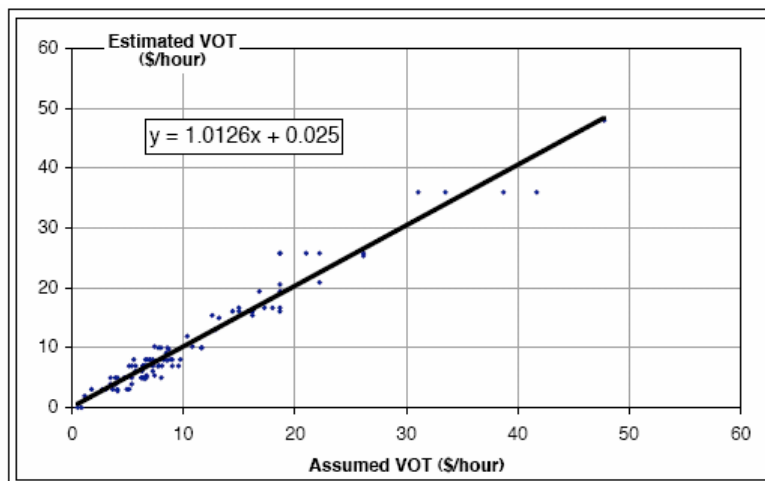


Figure 3 Comparison of Sampled and Estimated VoT

Σχήμα 2.2 Συσχέτιση πραγματικών και υποθετικών τιμών για την αξία εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης

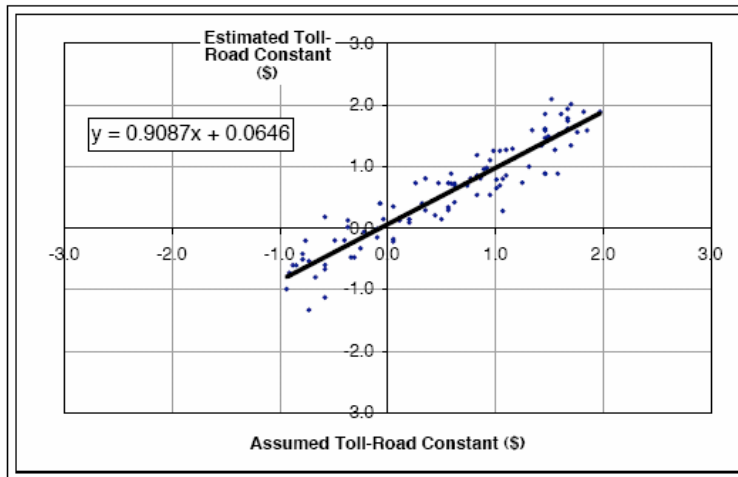


Figure 4 Comparison of Sampled and Estimated Toll-Road Constant

Σχήμα 2.3 Συσχέτιση πραγματικών και υποθετικών τιμών για τη σταθερά ανέσεων

Στα παραπάνω σχήματα, ο συντελεστής κλίσης της ευθείας πλησιάζει τη μονάδα, άρα η έρευνα θεωρεί ότι υπάρχει άριστη συσχέτιση των πραγματικών τιμών και των τιμών που προέκυψαν από την προσομοίωση. Κατά συνέπεια, συμπεραίνεται ότι η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε ήταν σωστή.

Η μελέτη υπολόγισε επίσης και την κατανομές των πραγματικών τιμών της αξίας εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης:

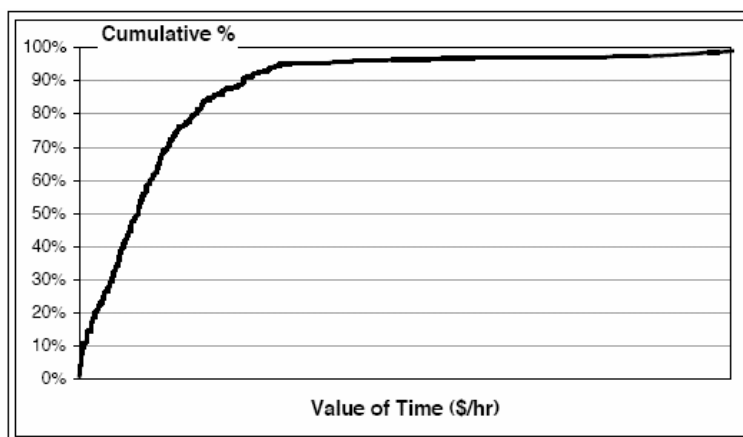


Figure 5 The Distribution of VoT across all Respondents

Σχήμα 2.4 Αθροιστική κατανομή των τιμών για την αξία εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης

Σε μια άλλη εργασία, γίνεται η διάκριση ότι η αξία εξοικονόμησης του χρόνου μετακίνησης διαφέρει ανάμεσα στους χρήστες των διαφόρων συγκοινωνιακών μέσων εξαιτίας του διαφορετικού (μέσου) εισοδήματος που έχουν οι χρήστες (*Wardman, 2003*).

Επιπρόσθετα, θεωρείται ότι οι συνθήκες μετακίνησης (π.χ. άνεση) κάθε μεταφορικού μέσου επιδρούν και αυτές στην αξία του χρόνου μετακίνησης.

Οι κύριες κατηγορίες αξίας εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης είναι ανά μέσο μετακίνησης (αυτοκίνητο, λεωφορείο, σιδηρόδρομος, υπόγειος σιδηρόδρομος), σκοπό μετακίνησης (μετάβαση στο χώρο εργασίας, αναψυχή, επαγγελματικός) και ανά απόσταση μετακίνησης (αστική, υπεραστική).

Χρησιμοποιήθηκε μία γενική εξίσωση υπολογισμού της αξίας εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης:

$$V = \tau \prod_{i=1}^n X_i^{a_i} \exp \left(\sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^{q-1} \beta_{jk} Z_{jk} \right),$$

όπου τα X_i είναι συνεχείς μεταβλητές και τα Z_{jk} είναι διακριτές μεταβλητές.

Το πλήθος των συνεχών μεταβλητών είναι n , ενώ το πλήθος των διακριτών μεταβλητών είναι p .

Το πλήθος των δυνατών τιμών (επίπεδα) για κάθε διακριτή μεταβλητή είναι q . Οι συντελεστές a_i εκφράζουν την ελαστικότητα κάθε συνεχούς μεταβλητής.

Για κάθε διακριτή μεταβλητή η οποία έχει q επίπεδα καθορίζονται (αυθαίρετα) $q-1$ dummy variables, και οι υπολογισμοί των συντελεστών της εκφράζονται συναρτήσει του εναπομένοντος επιπέδου αναφοράς.

Ο συντελεστής β_{jk} δηλώνει την ανάλογη επίδραση της εκτίμησης ενός επιπέδου q μιας διακριτής μεταβλητής σε σχέση με το επίπεδο αναφοράς.

Με λογαριθμική μετατροπή της παραπάνω σχέσης υπολογίζονται με παλινδρόμηση οι τιμές των παραμέτρων.

Ορισμένες μεταβλητές που εξετάστηκαν είναι οι ακόλουθες: εισόδημα (ΑΕΠ/άτομο), απόσταση (miles), αστική/υπεραστική μετακίνηση, σκοπός μετακίνησης, μέσο μετακίνησης κλπ.

2.3.2 Έρευνες επιλογής μέσου μετακίνησης

Στη μελέτη των *Pels, Nijkamp and Rietveld (2001)* εξετάζεται η επιλογή αεροδρομίου καθώς και μέσου μετακίνησης προς το αεροδρόμιο, για την περιοχή του κόλπου του San Francisco.

Η μελέτη βασίστηκε σε έρευνες αποκαλυπτόμενης προτίμησης, ενώ το δείγμα ήταν 21500 επιβάτες.

Για την ταυτόχρονη επιλογή αεροδρομίου και μέσου μετακίνησης εξετάστηκαν ένα Multinomial logit (MNL) και ένα nested logit πρότυπο. Και στις δύο περιπτώσεις ο τρόπος υπολογισμού της αξίας εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης είναι ο ίδιος. Χάριν εποπτικότητας, παρατίθεται το (τελικά απορριφθέν) MNL πρότυπο επιλογής μέσου μετακίνησης:

$$P(a) = \frac{\exp[\beta_{\alpha} + \beta_{cost} \text{cost}_a + \beta_{time} \text{time}_a]}{\sum_{a \in A} \exp[\beta_{\alpha} + \beta_{cost} \text{cost}_a + \beta_{time} \text{time}_a]}$$

Αφού υπολογισθούν οι τιμές των διαφόρων παραμέτρων, η αξία εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης υπολογίζεται ως ο λόγος $\frac{\beta_{time}}{\beta_{cost}}$. Οι ομάδες επιβατών που εξετάστηκαν είναι ανά σκοπό μετακίνησης (επαγγελματικός, αναψυχή) και για διαφορετικές περιόδους επιβατικής κίνησης (Αύγουστος, Οκτώβριος).

Στη μελέτη των *Menashe and Guttman (1986)*, το ουσιώδες χαρακτηριστικό έγκειται στο ότι εξετάζεται πρότυπο επιλογής μέσου μετακίνησης, αλλά η επιλογή μέσου είναι μεταβλητή η οποία δεν παραμένει σταθερή για τον κάθε μετακινούμενο. Για παράδειγμα, κάποιος μπορεί το 80% των περιπτώσεων να πηγαίνει στη δουλειά του με Ι.Χ. και τις υπόλοιπες με Μέσο Μαζικής Μεταφοράς. Η μεθοδολογία λαμβάνει υπόψη το ποσοστό των μετακινήσεων που πραγματοποιεί ο ερωτώμενος με κάθε μεταφορικό μέσο.

Ένα δείγμα 100 ατόμων ρωτήθηκε μέσω έρευνας αποκαλυπτόμενης προτίμησης για το ποσοστό των μετακινήσεών τους που πραγματοποιούνται με το εκάστοτε μεταφορικό μέσο.

Συμβολίζεται με $P(C)$ το ποσοστό που ένας τυχαίος επιβάτης επιλέγει το Ι.Χ. για τις μετακινήσεις του κατά τη διάρκεια μιας χρονικής περιόδου (π.χ. μήνας, έτος).

Αν ΔT είναι η διαφορά στο χρόνο μετακίνησης και ΔM η διαφορά κόστους μεταξύ Ι.Χ. και Μ.Μ.Μ, τότε:

$$\log \frac{P(C)}{1-P(C)} = L(C) = \alpha_0 - \alpha_1 \Delta M - \alpha_2 \Delta T$$

Μια πιο σύνθετη μορφή του παραπάνω πρότυπου είναι η ακόλουθη:

$$L(C) = \alpha_0 - \alpha_1 \Delta M - \alpha_2 \Delta T + \alpha_3 I + \alpha_4 MO + \alpha_5 LA + u$$

όπου I είναι το εισόδημα, MO είναι το έτος κατασκευής του αυτοκινήτου, LA είναι ο βαθμός αυστηρότητας για καθυστερημένη άφιξη στο χώρο εργασίας, και u είναι τυχαίος παράγοντας.

Οι μεταβλητές MO και LA σχετίζονται με την αξιοπιστία που επιδιώκει ο μετακινούμενος για το ταξίδι του. Ο μαθηματικός τους χειρισμός έγινε με τη βοήθεια ψευδο-μεταβλητών (dummy variables).

Μέσω παλινδρόμησης του $L(C)$ στο δείγμα των ερωτηθέντων υπολογίζονται οι συντελεστές α_i .

Η αξία του χρόνου μετακίνησης ισούται με:

$$VOT = \frac{\alpha_2}{\alpha_1}.$$

Η εργασία του *Lioukas* (1982) στοχεύει στην εξαγωγή γενικών τιμών αξίας χρόνου μετακίνησης, οι οποίες θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εθνικές μελέτες μεταφορών στην Ελλάδα.

Εξετάζονται υπεραστικές μετακινήσεις. Το γενικό MNL πρότυπο στο οποίο βασίζεται η εργασία είναι:

$$\ln \frac{f_i}{f_k} = \alpha_{ik} + b \cdot \Delta p_{ik} + c \cdot \Delta t_{ik} \quad \text{που ισοδυναμεί με}$$

$$\ln \frac{f_i}{f_k} = \alpha_{ik} + b(\Delta p_{ik} + VOT \cdot \Delta t_{ik})$$

όπου ως VOT συμβολίζεται η αξία εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης.

Παρατηρούμε ότι έχει γίνει η παραδοχή πως οι παράμετροι b και c είναι οι ίδιοι για όλα τα μέσα.

Σημειώνεται ακόμα ότι το πρότυπο λαμβάνει υπόψη και την απόσταση μετακίνησης και την ενσωματώνει στη σταθερά α_{ik} . Συγκεκριμένα:

$$\alpha_{ik} = \alpha'_{ik} + d_{ik}D,$$

όπου $D = 1$ για μικρές αποστάσεις και $D = 0$ για μεγάλες αποστάσεις.

Τα δεδομένα προήλθαν κυρίως από στοιχεία του ΟΣΕ, των ΚΤΕΛ, της Ολυμπιακής Αεροπορίας και του Υπουργείου Μεταφορών. Ωστόσο χρησιμοποιήθηκαν και στοιχεία από έρευνες αποκαλυπτόμενης προτίμησης.

Προκειμένου να εξεταστεί η ζήτηση ενός καινούργιου μεταφορικού μέσου προς το αεροδρόμιο του Luton, έγινε μία έρευνα δηλωθείσας προτίμησης για την προτίμηση μεταξύ του υφιστάμενου και του καινούργιου μέσου (*Steer Davies & Gleave Ltd, 1988*).

Οι ερωτώμενοι καλούνταν να επιλέξουν μεταξύ δύο σεναρίων μετακίνησης προς το αεροδρόμιο, ένα με το υφιστάμενο και ένα με το καινούργιο μέσο.

Ένα δυαδικό logit πρότυπο χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση των στοιχείων:

$$\log(P_i / P_j) = a_0 + a_1(C_i - C_j) + a_2(T_i - T_j) + a_3(\text{New Service})$$

Η αξία του χρόνου μετακίνησης υπολογίστηκε ως

$$VoT = \frac{a_2}{a_1}$$

Επισημαίνεται ότι σε όλες τις παραπάνω μελέτες η αξία εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης των επιβατών με σκοπό ταξιδιού την εργασία προέκυπτε υψηλότερη από αυτήν των υπολοίπων επιβατών.

2.3.3 Έρευνες επιμερισμού χρόνου σε δραστηριότητες

Θεωρείται ως υποκειμενική αξία εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης (Subjective Value of Travel Time Savings - SVTTS), η πρόθεση πληρωμής για μείωση κατά μία μονάδα του χρόνου μετακίνησης.

Η SVTTS συνίσταται στην επιθυμία για αντικατάσταση του χρόνου μετακίνησης από μία πιο ευχάριστη ή χρήσιμη στο άτομο δραστηριότητα, καθώς και από την επιθυμία για μείωση του χρόνου μετακίνησης, ως μια δυσάρεστη στο άτομο δραστηριότητα.

Η μελέτη των *Jara-Díaz and Guevara (2003)* συνδυάζει μοντέλα επιλογής μέσου μετακίνησης και μικροοικονομικά μοντέλα ανθρώπινων δραστηριοτήτων, για τον ποσοτικό υπολογισμό των δύο συνιστωσών της SVTTS.

Αρχικά θεωρείται μία συνάρτηση χρησιμότητας για το άτομο, υπό συγκεκριμένους περιορισμούς:

$$\text{Max } U = \Omega T_w^{\theta_w} T_t^{\theta_t} \prod_{i \in I} T_i^{\theta_i} \prod_{k \in K} X_k^{\eta_k}$$

υπό τους περιορισμούς

$$wT_w - \sum_{k \in K} P_k X_k - c_t \geq 0 \leftarrow \lambda$$

$$\tau - T_w - T_t - \sum_{i \in I} T_i = 0 \leftarrow \mu$$

$$T_t - T_t^{\text{Min}} \geq 0 \leftarrow \kappa$$

Αν η συνάρτηση χρησιμότητας γραφεί συναρτήσει του κόστους και του χρόνου μετακίνησης, για δεδομένη κατηγορία μηνιαίου μισθού, και γραμμικοποιηθεί τότε λαμβάνεται το παρακάτω πρότυπο επιλογής μέσου μετακίνησης:

$$V_t^j \approx \gamma^j - \gamma^t t_j - \gamma^c c_j$$

Η SVTTS αποδεικνύεται ότι υπολογίζεται ως

$$\frac{\gamma^t}{\gamma^c} \equiv \frac{K_t}{\lambda} = SVTTS$$

Η παραπάνω σχέση είναι σημαντική γιατί συνδυάζει το πρότυπο επιλογής μέσου μεταφοράς με το πρότυπο διευθέτησης χρόνου των δραστηριοτήτων του ατόμου.

Ακόμη αποδεικνύεται ότι ισχύει:

$$\frac{K_i}{\lambda} = \frac{\mu}{\lambda} - \frac{\partial U / \partial T_i}{\lambda} = w + \frac{\partial U / \partial T_w}{\lambda} - \frac{\partial U / \partial T_i}{\lambda}$$

Μέσω του υπολογισμού του χρόνου εργασίας, βρίσκεται ότι

$$\frac{\mu}{\lambda} = \left(\frac{1-2\beta}{1-2\alpha} \right) \left(\frac{wT_w - c_t}{\tau - T_w - T_t} \right)$$

όπου

$$T_w = \beta(\tau - T_t) + a \frac{c_t}{w} \sqrt{\left[\beta(\tau - T_t) + \left(a \frac{c_t}{w} \right)^2 \right] - [2(\alpha + \beta) - 1] \frac{c_t}{w} (\tau - T_t)}$$

Επομένως είναι δυνατή η εκτίμηση των επιμέρους συνιστωσών της SVTTS.

Για την εξαγωγή δεδομένων πραγματοποιήθηκε έρευνα σε δείγμα 366 εργαζομένων. Οι ερωτήσεις αφορούσαν στο καθαρό οικογενειακό εισόδημα, το χρόνο που ο εργαζόμενος αφιερώνει σε εργασία, παραμονή στο σπίτι, μετακίνηση προς το χώρο εργασίας και μετακίνηση για επιστροφή στο σπίτι. Ακόμη υπήρχαν ερωτήσεις σχετικά με την επιλογή μέσου για τις μετακινήσεις προς και από το χώρο εργασίας, το κόστος της μετακίνησης και στοιχεία για το επίπεδο εξυπηρέτησης (απόσταση βαδίσματος, αναμονή, χρόνος εντός μέσου). Τέλος συνελέγησαν κοινωνικο-οικονομικές πληροφορίες, όπως φύλο, ηλικία, κατοχή άδειας οδήγησης, αριθμός αυτοκινήτων στο νοικοκυριό κ.α.

Από την εξίσωση για το T_w υπολογίστηκαν οι συντελεστές α και β με μη-γραμμική μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων. Επομένως είναι δυνατός ο υπολογισμός της αξίας του ελεύθερου χρόνου μ / λ . Στη συνέχεια από τα στοιχεία για την επιλογή μέσου μετακίνησης εξήχθησαν οι συντελεστές γ_t και γ_c , οπότε υπολογίζεται η αξία της εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης SVTTS. Με γνωστές τις παραπάνω τιμές υπολογίζονται στη συνέχεια η αξία του χρόνου εργασίας $(\frac{\partial U}{\partial T_w})$ και η αξία του χρόνου μετακίνησης ως «ανεπιθύμητη» δραστηριότητα $(\frac{\partial U}{\partial T_t})$.

2.4 Συμπεράσματα

2.4.1 Γενικές διαπιστώσεις

➤ Σχεδόν όλες οι μελέτες (εκτός από αυτή του κ. Λιούκα) βασίζονται σε δειγματοληπτικές έρευνες και μετρήσεις. Επιπρόσθετα, από τις μελέτες που εξετάστηκαν αλλά δεν αναφέρονται στο παρόν κείμενο (πρβλ. βιβλιογραφία),

όλες ανεξαιρέτως στηρίζονται σε συνεντεύξεις μετακινουμένων για να εξάγουν τιμές για την αξία του χρόνου μετακίνησης.

➤ Όλες οι μέθοδοι, και ιδιαίτερα αυτές που εξετάζουν την προθυμία πληρωμής για εξοικονόμηση χρόνου μετακίνησης, καταλήγουν πάντα στο συμπέρασμα ότι οι επιβάτες είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν κάποιο χρηματικό ποσό για να μειώσουν το χρόνο μετακίνησής τους. Επισημαίνεται το γεγονός ότι στις έρευνες των *Bates and Whelan* αλλά και *Richardson*, οι ερωτώμενοι εμφανίζονται πρόθυμοι να πληρώσουν και για μια ελάχιστη μείωση του χρόνου μετακίνησής τους, όπως αυτή των τριών λεπτών της ώρας.

Το προηγούμενο συμπέρασμα οδηγεί στη διερεύνηση της υπόθεσης, ότι ορισμένοι μετακινούμενοι να μην είναι πρόθυμοι να πληρώσουν το παραμικρό χρηματικό ποσό για να μειώσουν το χρόνο μετακίνησής τους.

➤ Οι έρευνες που μετρούν την προθυμία πληρωμής παρουσιάζουν στον συνεντευξιαζόμενο προκαθορισμένες τιμές διαφοράς κόστους ΔC. Κατ' αυτόν τον τρόπο ο μετακινούμενος δε δηλώνει αυθόρμητα το ποσό που είναι διατεθειμένος να πληρώσει, αλλά καθοδηγείται από το ερωτηματολόγιο.

Επομένως, ένας εναλλακτικός τρόπος ερώτησης θα μπορούσε να ζητάει ευθέως από τον ερωτώμενο το ποσό που είναι ο ίδιος διατεθειμένος να πληρώσει.

➤ Προκύπτει ότι οι επιβάτες με σκοπό ταξιδιού την εργασία παρουσιάζουν υψηλότερη αξία εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης από τους υπόλοιπους επιβάτες.

Ωστόσο, δε γίνεται περαιτέρω διερεύνηση της αξίας εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης για άλλες κατηγορίες επιβατών (π.χ. επιβάτες Ιδιωτικών Μέσων Μεταφοράς – επιβάτες Μέσων Μαζικής Μεταφοράς).

2.4.2 Σύγκριση μεθοδολογιών

Συναντώνται δύο κύριες μεθοδολογίες υπολογισμού της αξίας εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης: αυτές που χρησιμοποιούν πρότυπα επιλογής μέσου μετακίνησης (*Menasche and Guttman, Pels & Nijkamp and Rietveld, Lioukas, Steer Davies & Gleave Ltd*) και αυτές που βασίζονται σε προσέγγιση προθυμίας πληρωμής για εξοικονόμηση χρόνου μετακίνησης (*Richardson, Bates and Whelan*). Τέλος οι *Jara-Díaz and Guevara* εφαρμόζουν ένα πρότυπο προσωπικής διευθέτησης χρόνου.

Οι **μέθοδοι εξατομικευμένων προτύπων επιλογής μέσου** υπολογίζουν την αξία εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης έμμεσα, δηλαδή μέσω των αποτελεσμάτων επιλογής μέσου μετακίνησης. Όπως προαναφέρθηκε οι τιμές είναι τυχαίες μεταβλητές που λαμβάνουν μέσες τιμές εντός στατιστικών διαστημάτων εμπιστοσύνης. Ακόμα, οι τιμές υπολογίζονται κατευθείαν για ομάδες μετακινούμενων με κοινά χαρακτηριστικά (π.χ. σκοπό μετακίνησης ή μέσο μετακίνησης). Οι έρευνες είναι αποκαλυπτόμενης προτίμησης και ρωτούν τους επιβάτες για τον αντιληπτό χρόνο και κόστος της μετακίνησης που πραγματοποίησαν. Επίσης, κατά τον υπολογισμό των μοντέλων εισάγονται τόσο αντιληπτές τιμές στις μεταβλητές (συνάρτηση χρησιμότητας του μέσου που επέλεξε ο επιβάτης) όσο και ορθολογικές ή κατ' εκτίμηση τιμές για τη συνάρτηση χρησιμότητας των εναλλακτικών μέσων που τελικά δε χρησιμοποίησε ο επιβάτης. Τέλος, οι μέθοδοι εκτιμούν την αξία εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης όπως αυτή λαμβάνεται υπόψη από τον επιβάτη ως παράμετρος για την επιλογή μέσου μετακίνησης.

Οι **μέθοδοι διαφοράς κόστους** υπολογίζουν απευθείας τιμές προθυμίας για πληρωμή κάθε ερωτώμενου και στη συνέχεια επιχειρούν την εξαγωγή μέσων τιμών για διάφορες κατηγορίες μετακινούμενων. Οι τιμές προκύπτουν μέσω ερωτήσεων Δηλωθείσας Προτίμησης («πόσο θα πληρώνατε για μείωση 15 min του χρόνου μετακίνησής σας;») και αποκαλυπτόμενης προτίμησης («ποιος ήταν ο σημερινός σας χρόνος μετακίνησης;»). Στηρίζονται δε αποκλειστικά στις αντιληπτές τιμές χρόνου και κόστους μετακίνησης του ερωτώμενου. Ταυτόχρονα ερωτήσεις

αποκαλυπτόμενης προτίμησης γίνονται για τη συλλογή στοιχείων όπως σκοπός μετακίνησης, ηλικία εισόδημα κλπ. Οι μέθοδοι διαφοράς κόστους εκτιμούν την προθυμία πληρωμής για εξοικονόμηση χρόνου μετακίνησης του επιβάτη, όταν αυτός έχει ήδη επιλέξει το μέσο μετακίνησής του και ερωτάται για πιθανές μεταβολές του χρόνου ή του κόστους ενός εναλλακτικού μέσου.

Τέλος, το **πρότυπο προσωπικής διευθέτησης του χρόνου** απαιτεί μεγάλο, σε σύγκριση με τις προηγούμενες μεθόδους, αριθμό ερωτήσεων σε κάθε συνεντευξιαζόμενο. Οι έρευνες είναι αποκαλυπτόμενης προτίμησης. Το πρότυπο συνδυάζει αντιληπτές και κατ' εκτίμηση τιμές χρόνου και κόστους μετακίνησης. Ωστόσο, υπάρχει μια ειδοποιός διαφορά από τις προηγούμενες μεθοδολογίες. Η μέθοδος εκτιμάει τις δύο συνιστώσες της συνολικής αξίας εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης, συνδυάζοντας ένα πρότυπο επιλογής μέσου μεταφοράς και θεωρία διευθέτησης χρόνου προσωπικών δραστηριοτήτων.

3. ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ

3.1 Επιλογή μεθοδολογίας

Στόχος της εργασίας είναι η ανάπτυξη μεθοδολογίας για τη μέτρηση της αξίας εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης των επιβατών κατά την πρόσβασή τους στο Αεροδρόμιο «Ελευθέριος Βενιζέλος». Ως τελική συνισταμένη θεωρείται η εφαρμογή ενός μαθηματικού προτύπου, το οποίο θα υπολογίζει την αξία εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης για κάθε επιβάτη του Αεροδρομίου.

Όπως παρουσιάστηκε προηγουμένως, οι κύριοι τρόποι μέτρησης της αξίας εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης είναι δύο, ενώ υπάρχει και η μέθοδος εφαρμογής της θεωρίας διευθέτησης χρόνου των ατομικών δραστηριοτήτων.

Η τελευταία δεν κρίνεται ως κατάλληλη για την περίπτωση της πρόσβασης σε Αεροδρόμιο. Ο λόγος είναι ότι προϋποθέτει ότι ο καταναλωτής έχει κάποιο συγκεκριμένο ημερήσιο πρόγραμμα, που περιλαμβάνει οπωσδήποτε τη δραστηριότητα της εργασίας. Όμως, το ταξίδι με αεροπλάνο δεν είναι ούτε καθημερινή δραστηριότητα, ενώ δε γίνεται πάντα για επαγγελματικούς λόγους. Επομένως, η μέθοδος αυτή απορρίπτεται.

Κατόπιν συνεκτίμησης πολλών παραγόντων, αποφασίστηκε να μη χρησιμοποιηθεί η μέθοδος των εξατομικευμένων προτύπων επιλογής μέσου μετακίνησης. Το πρόβλημα είναι ότι η αξία εξοικονόμησης χρόνου

μετακίνησης εκτιμάται έμμεσα, στο πλαίσιο της εφαρμογής προτύπων επιλογής μέσου μεταφοράς. Ακόμη, οι τιμές που υπολογίζονται είναι γενικές και αφορούν συνήθως 2 ή 3 κατηγορίες επιβατών, ανάλογα και με το μέγεθος του δείγματος που είναι διαθέσιμο. Ωστόσο, στόχος της διπλωματικής δεν είναι η ανάπτυξη προτύπου επιλογής μέσου, αλλά η εμβάθυνση στην αξία χρόνου μετακίνησης. Από τα παραδείγματα, δε, της διεθνούς βιβλιογραφίας οι αποκαλυπτόμενης προτίμησης έρευνες που γίνονται για να τροφοδοτήσουν με δεδομένα τα μαθηματικά πρότυπα είναι πολύ μεγάλης έκτασης (π.χ. 10.000 ερωτηθέντες είναι σύνηθες μέγεθος). Αυτό συμβαίνει γιατί τα Αεροδρόμια είναι εκ φύσεως ένας τεράστιος πόλος έλξης μετακινήσεων, και υπάρχει μεγάλος αριθμός ομάδων μετακινουμένων που πρέπει να αντιπροσωπεύονται στα πρότυπα.

Αντίθετα, η μέθοδος της διαφοράς κόστους, και συγκεκριμένα αυτή που διερευνά την προθυμία πληρωμής για εξοικονόμηση χρόνου μετακίνησης, παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα στη συγκεκριμένη περίπτωση. Το βασικότερο είναι ότι υπολογίζει τιμές προθυμίας για πληρωμή με τρόπο άμεσο, για κάθε ερωτώμενο. Επομένως δίνεται η δυνατότητα συγκέντρωσης ενός δείγματος τιμών της προθυμίας πληρωμής για μείωση του χρόνου πρόσβασης των επιβατών στο Αεροδρόμιο. Στο δείγμα που θα συγκεντρωθεί μπορεί να πραγματοποιηθεί στατιστική ανάλυση. Ως παράδειγμα αναφέρεται η εφαρμογή παλινδρόμησης, ο έλεγχος στατιστικών υποθέσεων, η διερεύνηση καλής προσαρμογής στατιστικών κατανομών στις κατηγορίες επιβατών, καθώς και η ανάπτυξη προτύπου υπολογισμού αξίας εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης. Ακόμη, μπορούν να εξεταστούν οι παράγοντες που επηρεάζουν την αξία εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης των μετακινουμένων. Τέλος, επισημαίνεται ότι οι ερωτήσεις δεδηλωμένης προτίμησης που εφαρμόζονται δίνουν την απαραίτητη ευελιξία στη μέθοδο για να μειώσει τον απαιτούμενο όγκο δεδομένων.

Συνοψίζοντας, στόχος της εργασίας είναι η μέτρηση και διερεύνηση της αξίας εξοικονόμησης χρόνου πρόσβασης σε Αεροδρόμιο. Η μέθοδος της προθυμίας για πληρωμή υπολογίζει για κάθε επιβάτη ξεχωριστά την αξία μείωσης χρόνου μετακίνησης ως "δυσάρεστη" δραστηριότητα, και παρέχει τη

δυνατότητα στατιστικής ανάλυσης του δείγματος των επιβατών. Επομένως είναι εφικτή η περαιτέρω διερεύνηση της έννοιας "αξία εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης". Αντίθετα, η μέθοδος της επιλογής μέσου μετακίνησης υπολογίζει έμμεσα και μόνο για ομάδες επιβατών τη συνολική αξία εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης.

Για τους ανωτέρω λόγους επιλέγεται για την εργασία η προσέγγιση της διαφοράς κόστους, και συγκεκριμένα της προθυμίας πληρωμής για εξοικονόμηση χρόνου μετακίνησης.

3.2 Ανάπτυξη επιλεγείσας μεθοδολογίας

Πριν την παρουσίαση της πορείας εργασίας, τονίζονται ορισμένα σημεία από τις εργασίες του *Richardson* και των *Bates and Whelan*, οι οποίες ακολουθούν τη μέθοδο της διαφοράς κόστους.

- Και στις δύο περιπτώσεις παρατίθενται στον ερωτώμενο δύο επιλογές: η μία είναι το μέσο που χρησιμοποίησε για να εκτελέσει την υπό εξέταση μετακίνηση και η άλλη είναι το ίδιο μέσο αλλά με διαφορετικό χρόνο και κόστος.
- Οι ερωτήσεις δεδηλωμένης προτίμησης είναι τουλάχιστον 8.
- Η μέγιστη προτεινόμενη μείωση στο χρόνο μετακίνησης φτάνει το 50%.

Όπως αναλύθηκε στο κεφάλαιο 2, στη μέθοδο της προθυμίας για πληρωμής διενεργείται έρευνα με ερωτηματολόγια προκειμένου να συγκεντρωθούν οι προτιμήσεις των μετακινουμένων. Επομένως, για την πραγματοποίηση της εργασίας είναι απαραίτητο να γίνει έρευνα με ερωτηματολόγια στο Αεροδρόμιο.

Η βασική ιδέα για την ανάπτυξη της μεθόδου είναι η σύγκριση του μέσου που χρησιμοποίησε ο επιβάτης την ημέρα της συνέντευξης για να φτάσει στο Αεροδρόμιο, με ένα εναλλακτικό μέσο που θα διαφοροποιείται ως

προς το χρόνο και το κόστος. Υπενθυμίζεται ότι η μέθοδος της διαφοράς κόστους λειτουργεί ως εξής:

Έστω δύο μεταφορικά μέσα με συναρτήσεις χρησιμότητας U_1 και U_2 , και ότι ένα άτομο επιλέγει το μέσο 1. Τότε ο επιβάτης αυτός ερωτάται πόσο θα έπρεπε να αυξηθεί (ή μειωθεί) το κόστος (TP) του μέσου 1, ώστε αυτός να επιλέξει οριακά το μέσο 2. Άρα:

$$TP = U_1 - U_2$$

$$TP = \theta_t (\Delta t_1 - \Delta t_2) + \theta_c (\Delta c_1 - \Delta c_2) + \Delta \alpha$$

Το ζήτημα που ανακύπτει είναι πιο μέσο θα αντιπαραβάλλεται σε αυτό που επέλεξε ο επιβάτης. Μπορεί να είναι είτε το ίδιο είτε κάποιο άλλο. Αν προταθεί διαφορετικό μέσο, τότε τα προβλήματα είναι:

1. Ποιο θα είναι αυτό το μέσο; Το Αεροδρόμιο εξυπηρετείται από 5 διαφορετικά μέσα. Αν κάποιος έχει έρθει από π.χ. τη Ν. Ιωνία στο Αεροδρόμιο με ταξί, τότε το εναλλακτικό μέσο θα μπορούσε να είναι είτε το τρένο (ΗΣΑΠ και Προαστιακός) ή το λεωφορείο (Α8 και Χ92).
2. Επιπρόσθετα, δεν υπάρχει κοινή βάση σύγκρισης, καθώς οι ιδιαιτερότητες των μέσων ποικίλλουν και έτσι το $\Delta \alpha$ θα είναι διαφορετικό για κάθε ερωτώμενο.

Αντίθετα, αν η επιλογή U_2 αναφέρεται στο ίδιο μέσο, τότε απαλείφεται ο όρος $\Delta \alpha$, οπότε ο μαθηματικός υπολογισμός είναι ευχερέστερος. Το γεγονός επίσης ότι η έρευνα είναι δεδηλωμένης προτίμησης, επιτρέπει ερωτήσεις για μια υποθετική διαδρομή με το ίδιο μέσο που θα είναι ταχύτερη. Επομένως, επιλέγεται η δεύτερη εναλλακτική να είναι το ίδιο μέσο με αυτό που επέλεξε ο επιβάτης για να πάει στο Αεροδρόμιο.

Το μαθηματικό πρότυπο που προτείνεται αποτελείται από τις εξισώσεις:

$$U_1 = \alpha \cdot T_1 + \beta \cdot C_1$$

$$U_2 = \alpha \cdot T_2 + \beta \cdot C_2$$

όπου 1 είναι το μέσο που χρησιμοποίησε ο επιβάτης και

2 είναι το υποθετικό μέσο

Επισημαίνεται ότι οι παράμετροι α και β παραμένουν ίδιες και στις δύο εναλλακτικές, αφού δεν αλλάζει το μέσο.

Για να υπολογιστεί η αξία εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης πρέπει να εξισωθούν οι χρησιμότητες των δύο εναλλακτικών. Οι μεταβλητές T_1 και C_1 λαμβάνονται από τον επιβάτη, αφού είναι ο χρόνος και το κόστος της μετακίνησής του προς το Αεροδρόμιο. Η μεταβλητή T_2 είναι υποθετική, αφορά μια προτεινόμενη μείωση ή αύξηση του χρόνου πρόσβασης (βλ. παρακάτω για λεπτομέρειες). Η μεταβλητή C_2 είναι το ποσό που είναι διατεθειμένος να πληρώσει το μέγιστο ο επιβάτης για να επιλέξει το υποθετικό μέσο. Πέραν δηλαδή του ποσού αυτού το υποθετικό μέσο γίνεται ασύμφορο οικονομικά και ο επιβάτης δεν το επιλέγει.

Για παράδειγμα, έστω ότι κάποιος έφτασε στο Αεροδρόμιο με ταξί από τον Πειραιά, έκανε 60min και πλήρωσε 20 €. Η ερώτηση για το υποθετικό μέσο είναι: «Αν μπορούσατε να έρθετε στο Αεροδρόμιο σήμερα μέσω δύο διαδρομών : όπως ήρθατε με το ταξί, ή από μια υποθετική διαδρομή πάλι με ταξί που θα σας έφερνε εδώ σε 45min. Πόσο θα ήσασταν διατεθειμένος να πληρώσετε το μέγιστο για να επιλέξετε το ταξί που κάνει 45min και όχι αυτό που σας έφερε σήμερα;».

Η έννοια του μέγιστου υποδηλώνει το σημείο αδιαφορίας του μετακινούμενου, το σημείο δηλαδή που οι δύο εναλλακτικές του προσφέρουν οριακά την ίδια χρησιμότητα.

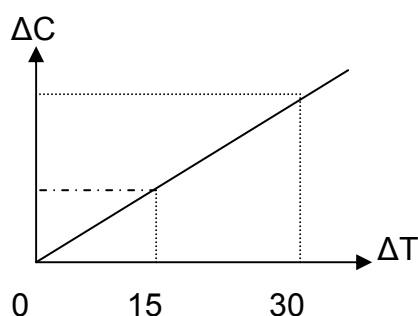
Από τις προηγούμενες σχέσεις προκύπτει ότι:

$$\begin{aligned} U_1 = U_2 &\Rightarrow \alpha \cdot \Delta T = \beta \cdot \Delta C \\ \Rightarrow \frac{\alpha}{\beta} &= \frac{\Delta C}{\Delta T} \end{aligned}$$

Μια λεπτομέρεια που πρέπει να τονιστεί είναι ότι η υποθετική διαδρομή είναι ιδίου τύπου με την πραγματική. Αν, για παράδειγμα, ο επιβάτης δεν

ακολουθήσε αυτοκινητόδρομο για να φτάσει στο Αεροδρόμιο, τότε η υποθετική διαδρομή επίσης δε θα περιλαμβάνει τμήμα αυτοκινητοδρόμου.

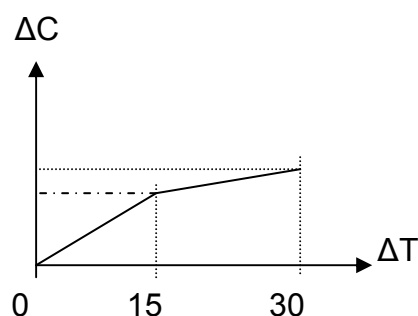
Επανερχόμενοι στην προηγούμενη ανάλυση, μπορούν να διερευνηθούν περισσότερες από μία τιμές εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης, π.χ. για -15min και για -30min μείωση χρόνου. Αν απεικονίσουμε τις απαντήσεις κάθε μετακινούμενου, σχεδιάζουμε το ακόλουθο διάγραμμα:



Η κλίση της ευθείας δίνει την προθυμία πληρωμής για εξοικονόμηση χρόνου μετακίνησης σε €/min.

Σημειώνεται ότι η ευθεία διέρχεται από την αρχή των αξόνων. Αυτό σημαίνει ότι, εφόσον οι δύο εναλλακτικές διαδρομές γίνονται με το ίδιο μέσο μετακίνησης, για μηδέν εξοικονόμηση χρόνου ο επιβάτης δεν είναι διατεθειμένος να πληρώσει επιπλέον για να επιλέξει το υποθετικό μέσο.

Βέβαια ενδέχεται οι απαντήσεις να μη δίνουν ευθεία γραμμή, οπότε το διάγραμμα να είναι το ακόλουθο:



Επομένως, μπορεί να εξεταστεί και κατά πόσο η προθυμία πληρωμής για μείωση χρόνου πρόσβασης των επιβατών διατηρείται σταθερή για διαφορετικές τιμές μείωσης του χρόνου μετακίνησης.

Οι ερωτήσεις δηλωθείσας προτίμησης δεν μπορεί να είναι περισσότερες από τρεις. Μαζί με τις υπόλοιπες ερωτήσεις αποκαλυπτόμενης προτίμησης, το σύνολο των ερωτήσεων πρέπει να είναι περίπου δέκα. Ο λόγος είναι πρακτικός, το ερωτηματολόγιο να μη διαρκεί παραπάνω από 2 – 3 λεπτά ώστε να είναι πρόθυμος και ο επιβάτης να απαντήσει. Ειδικά για τις ερωτήσεις δηλωθείσας προτίμησης, επειδή ο επιβάτης μπαίνει στη διαδικασία του να εκτιμήσει κάποιες παραμέτρους, οι πολλές ερωτήσεις αυτού του τύπου ενδέχεται να τον κουράζουν και να δίνει επιπόλαιες απαντήσεις.

Το επόμενο βήμα είναι ο προσδιορισμός των τιμών ΔT και ΔC που θα εισαχθούν στο πρόβλημα.

Όσον αφορά στο μέσο που χρησιμοποίησε ο επιβάτης, οι τιμές T_1 και C_1 είναι οι αντιληπτές από το χρήστη του μέσου τιμές. Σε αντίθεση με τα πρότυπα επιλογής μέσου μετακίνησης, η μεθοδολογία της έρευνας στηρίζεται αποκλειστικά στα αντιληπτά από το άτομο μεγέθη. Έτσι προσεγγίζεται ο πραγματικός τρόπος σκέψης του μετακινούμενου, ο οποίος δεν είναι κατ' ανάγκη ορθός. Είναι όμως αυτός που σε τελική ανάλυση καθοδηγεί τον μετακινούμενο στη λήψη αποφάσεων.

Για παράδειγμα, μία μετακίνηση με Ι.Χ. αυτοκίνητο προς το αεροδρόμιο μπορεί να κοστίζει 6 €, υπολογίζοντας κατανάλωση καυσίμων, διόδια, φθορά ελαστικών, κατανάλωση λαδιών κλπ. Ωστόσο, ο οδηγός του Ι.Χ. αν ερωτηθεί για το κόστος της μετακίνησης, ενδέχεται να απαντήσει 5 €, υπολογίζοντας μόνο καύσιμα και διόδια.

Κατά συνέπεια, ως T_1 και C_1 θα θεωρηθεί ό,τι απαντήσει ο επιβάτης στη σχετική ερώτηση που θα του γίνει. Συγκεκριμένα, οι ερωτήσεις θα αφορούν:

- Για το T_1 , από εκεί όπου ξεκίνησε ο επιβάτης για το Αεροδρόμιο (σπίτι, χώρο εργασίας, κλπ.), ώστε να υπάρχει μια κοινή βάση αναφοράς. Για τα MMM αναφέρεται στην τελευταία μετακίνηση που πραγματοποίησε ο επιβάτης, έστω και συνδυασμένη, αρκεί να μη μεσολαβούσε μεγάλος χρόνος ανταπόκρισης.
- Για το C_1 το συνολικό κόστος της μετακίνησης. Όσοι σταθμεύουν το αυτοκίνητό τους στο Αεροδρόμιο θα ερωτώνται μόνο για το κόστος της μετακίνησης, χωρίς το κόστος στάθμευσης. Αυτό που ενδιαφέρει είναι πώς αξιολογεί ο χρήστης τη μετακίνηση, ώστε το στοιχείο αυτό να είναι συγκρίσιμο με των επιβατών των υπολοίπων μέσων. Άλλωστε, το κόστος στάθμευσης μπορεί να υπολογιστεί από τις ημέρες απουσίας του επιβάτη, κάνοντάς του τη σχετική ερώτηση. Κατ' αυτόν τον τρόπο λαμβάνεται πληροφορία και για τη μετακίνηση αλλά και για τη στάθμευση.

Αναφορικά με το χρόνο T_2 του εναλλακτικού μέσου, μολονότι υποθετικός πρέπει να έχει κάποιο φυσικό νόημα, ώστε ο επιβάτης να απαντάει κατά το δυνατόν πιο ρεαλιστικά. Δηλαδή το ΔT δεν πρέπει να είναι ούτε πολύ μικρό (έχει διαπιστωθεί ότι πρέπει $\Delta T \geq 10$, πρβλ. *Bates and Whelan*), ούτε πολύ μεγάλο (π.χ. μείωση 25min όταν ο επιβάτης έκανε συνολικά 30min να φτάσει στο Αεροδρόμιο). Στις μελέτες που παρουσιάστηκαν το ΔT κυμαίνεται από -20% μέχρι -50% του πραγματικού χρόνου μετακίνησης.

Στην περίπτωση του “Ελ. Βενιζέλος” οι χρόνοι πρόσβασης σε αυτό ποικίλλουν:

- Ο μέσος χρόνος πρόσβασης σε αυτό με Ι.Μ.Μ. (Ιδιωτικό Μέσο Μεταφοράς, δηλαδή Ι.Χ. επιβατικό ή ταξί) είναι 43min (*Psaraki & Abacoumkin*).
- Από προσωπικές μετρήσεις με Ι.Χ, Μαρούσι – Α/Δ 30min, Πειραιάς – Α/Δ 60min και Πλατεία Κάνιγγος – Α/Δ 45min.

- Από στοιχεία του ΟΑΣΑ για τις γραμμές express (σε παρένθεση η προσωπική μέτρηση):
 - ο Κηφισιά – Α/Δ 45min(55)
 - ο ΚΤΕΛ Κηφισού – Α/Δ 65min(66)
 - ο Εθνική Άμυνα – Α/Δ 45min(50)
 - ο Σύνταγμα – Α/Δ 70min(65)
 - ο Πειραιάς – Α/Δ 60-90min(60)
 - ο Δάφνη – Α/Δ 70min(60)
- Από προσωπικές μετρήσεις σε γραμμές του Προαστιακού, του Μετρό και του ΗΣΑΠ (χωρίς την αναμονή):
 - ο Δουκίσσης Πλακεντίας – Α/Δ 15min
 - ο Σύνταγμα – Α/Δ 35min
 - ο Πειραιάς – Α/Δ 58min
 - ο Σταθμός Λαρίσης – Α/Δ 43min

Επομένως, το ζητούμενο είναι να σχηματιστούν κατηγορίες χρόνων πρόσβασης, έτσι ώστε οι προτεινόμενες μειώσεις να μην υπερβαίνουν το 50% επί του πραγματικού χρόνου. Η τιμή 50% επιλέχθηκε κατόπιν εξέτασης παρόμοιων ερευνών από τη βιβλιογραφία, αλλά και με λογικά κριτήρια. Έγινε η παραδοχή ότι ο ερωτώμενος μπορεί να δεχτεί ως πιθανή μείωση του χρόνου μετακίνησής του κατά το ήμισυ.

Παράλληλα, επιλέχθηκε οι μειώσεις να μην εξαρτώνται από το μέσο μεταφοράς που χρησιμοποιήθηκε. Ο λόγος είναι οι αριθμητικές τιμές να είναι συγκρίσιμες για όλους. Με το ίδιο σκεπτικό επιζητείται να ερωτάται μια κοινή μείωση για κάθε κατηγορία χρόνου πρόσβασης, ώστε να εξεταστεί αν η προθυμία πληρωμής επηρεάζεται από το χρόνο πρόσβασης. Δηλαδή θα επιχειρηθεί να εξεταστεί αν οι επιβάτες που έφτασαν σε 30min έχουν την ίδια προθυμία πληρωμής για εξοικονόμηση α min, με αυτούς που έφτασαν σε 60 min και τους προτείνεται η ίδια εξοικονόμηση α min.

Ως βασική μείωση χρόνου επιλέγονται τα 15min. Αφενός είναι μια μείωση, η οποία αντιστοιχεί σε ποσοστό 20%-50% των χρόνων πρόσβασης

που παρατέθηκαν προηγουμένως. Αφετέρου τα 20min δε θα είχαν εύκολη εφαρμογή στους μικρούς χρόνους (π.χ. 30min), ενώ τα 10min είναι μικρή μείωση και ενδεχομένως αμελητέα για τους επιβάτες με υψηλούς χρόνους πρόσβασης (π.χ. 60min).

Τέλος, ως ελάχιστη μείωση χρόνου επιλέχθηκε κατ' εξαίρεση 10min, στην περίπτωση που ο επιβάτης έκανε 20min για να φτάσει στο Αεροδρόμιο. Για τους επιβάτες που δηλώνουν ως χρόνο πρόσβασης 15min ή λιγότερο, είναι αμφίβολο αν μια μείωση χρόνου της τάξης των 5min μπορεί να δώσει αξιόπιστες απαντήσεις (πρβλ. *Bates & Whelan*). Επομένως γίνεται η παραδοχή ότι η προθυμία πληρωμής για εξοικονόμηση χρόνου πρόσβασης αυτών των επιβατών είναι μηδέν.

Με το σκεπτικό αυτό σχηματίζεται ο ακόλουθος πίνακας των προτεινόμενων στους επιβάτες μειώσεων του χρόνου πρόσβασής τους στο Αεροδρόμιο:

Πίνακας 3.1 Προτεινόμενες στους επιβάτες μειώσεις χρόνου πρόσβασης

Αντιληπτός χρόνος πρόσβασης	Προτεινόμενη μείωση χρόνου μετακίνησης
20-29 min	10 min
30-54 min	15 min
55-89 min	15, 30 min
>=90 min	15, 30, 45 min

Για την ανάπτυξη του μαθηματικού προτύπου απαιτούνται πρόσθετες πληροφορίες, ώστε να μπορεί να εξεταστεί από ποιους παράγοντες επηρεάζεται η προθυμία πληρωμής για εξοικονόμηση χρόνου πρόσβασης κάθε μετακινούμενου. Τα στοιχεία θα αποκτηθούν με ερωτήσεις αποκαλυπτόμενης προτίμησης. Από τη διεθνή βιβλιογραφία διαθέσιμο είναι μόνο το μοντέλο του *Wardman* (βλ. κεφάλαιο 2).

Στόχος είναι η εξαγωγή ενός προτύπου της μορφής:

$$WtP = \prod_{i=1}^n X_i^a \quad \text{ή}$$

$$WtP = \sum_{i=1}^n X_i$$

όπου με WtP συμβολίζεται η προθυμία πληρωμής για εξοικονόμηση χρόνου πρόσβασης και X είναι μεταβλητές όπως σκοπός ταξιδιού, χρόνος πρόσβασης στο Αεροδρόμιο κλπ.

Η συνάρτηση θα βρεθεί με γραμμική παλινδρόμηση του WtP σε χαρακτηριστικά των επιβατών που ενδεχομένως να επηρεάζουν την προθυμία πληρωμής για εξοικονόμηση χρόνου πρόσβασης.

Μετά από εξέταση στη βιβλιογραφία διάφορων ερευνών που υπολογίζουν την αξία εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης είτε μέσω εξατομικευμένων προτύπων επιλογής μέσου είτε με προσέγγιση διαφοράς κόστους, ως πιο σημαντικοί παράγοντες ή χαρακτηριστικά θεωρούνται:

- Σκοπός μετακίνησης
- Μέσο μετακίνησης (μέσο που χρησιμοποίησε τελευταίο για να φτάσει στο Αεροδρόμιο)
- Χρόνος πρόσβασης
- Προέλευση μετακίνησης από Λεκανοπέδιο Αττικής ή επαρχία
- Προορισμός πτήσης (εσωτερικού, εξωτερικού)
- Διαθέσιμο μηνιαίο εισόδημα
- Αποσκευές που μεταφέρει ο επιβάτης
- Γνώση των τρόπων πρόσβασης στο Αεροδρόμιο

Σχετικά με το διαθέσιμο μηνιαίο εισόδημα, ο στόχος είναι μια κατάταξη των επιβατών ανάλογα με το μηνιαίο εισόδημα που είναι διαθέσιμο σε κάθε νοικοκυριό. Για το λόγο αυτό δε θα ζητηθεί από τους επιβάτες το ακριβές εισόδημά τους, αλλά να το κατατάξουν σε τρεις προκαθορισμένες κατηγορίες που να αντιστοιχούν σε χαμηλά, μεσαία και υψηλά εισοδήματα. Σύμφωνα με

στοιχεία της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας Ελλάδος (πρβλ. βιβλιογραφία), ο μέσος όρος των μηνιαίων αγορών των νοικοκυριών σε αστικές περιοχές είναι 1523 € (= 519117 Δρχ). Τελικά οι κατηγορίες διαμορφώνονται ως εξής:

- 0 – 1500 €
- 1500 – 4000 €
- ≥ 4000 €

Ο όγκος των αποσκευών κρίθηκε σκόπιμο να μετρηθεί έμμεσα. Ο λόγος είναι ότι δε βρέθηκε κάποια ερώτηση που να μετρά αξιόπιστα το πόσο δυσκολεύεται ο μετακινούμενος από τις αποσκευές που μεταφέρει. Η προσέγγιση είναι ότι αν ο επιβάτης πρόκειται να λείψει πέρα από 3 ημέρες τότε θα μεταφέρει προσωπικά είδη για τη διαμονή του (ένδυση κλπ.), οπότε οι αποσκευές του τον δυσκολεύουν. Αντίθετα, για μικρής διάρκειας απουσία από τον τόπο διαμονής του, ≤ 2 ημέρες, οι αποσκευές του κάλλιστα περιορίζονται σε ένα σακίδιο ώμου. Σε κάθε περίπτωση πάντως, πρόκειται περί προσέγγισης που αναμένεται να δώσει χονδροειδή αποτελέσματα.

Η γνώση των εναλλακτικών τρόπων πρόσβασης στο Αεροδρόμιο, θεωρείται ότι υπάρχει όταν ο επιβάτης ταξιδεύει συχνά από το “Ελ. Βενιζέλος”. Επομένως εισάγεται η ερώτηση για το πόσο συχνά ταξιδεύει ο ερωτώμενος από το συγκεκριμένο αεροδρόμιο. Στην περίπτωση που είναι συχνός ταξιδιώτης, τότε μπορεί να ερωτηθεί και για το μέσο που συνήθως χρησιμοποιεί για να μεταβεί στο Αεροδρόμιο. Με αυτήν την ερώτηση μπορεί να διερευνηθεί η προθυμία πληρωμής για εξοικονόμηση χρόνου πρόσβασης αυτών που είναι συχνοί χρήστες κάποιου μεταφορικού μέσου.

Τέλος, θα αναζητηθεί κάποιος συντελεστής, ο οποίος να μετατρέπει την προθυμία πληρωμής για εξοικονόμηση χρόνου πρόσβασης ενός επιβάτη που χρησιμοποίησε Ιδιωτικό Μέσο Μεταφοράς, στην αντίστοιχη πρόθεση για πληρωμή όταν ο ίδιος επιβάτης χρησιμοποιεί Μαζικό Μέσο Μεταφοράς, και αντίστροφα.

Επομένως, εισάγεται η επιπλέον ερώτηση «Εάν σήμερα υπήρχε δίπλα στο σπίτι σας μια στάση Μέσου Μαζικής Μεταφοράς, το οποίο έκανε –15min από το μέσο που χρησιμοποιήσατε, πόσο θα ήσασταν διατεθειμένος να πληρώσετε ένα εισιτήριο το μέγιστο για να επιλέξετε το MMM;».

Το κρίσιμο σημείο είναι ότι εξισώνει τις προσβασιμότητες των δύο μέσων (ιδιωτικού και δημόσιου). Αφαιρώντας, από την απάντηση του επιβάτη την πραγματική τιμή του εισιτηρίου έχουμε την προθυμία πληρωμής για εξοικονόμηση χρόνου 15min. Αυτό συγκρίνεται με την αντίστοιχη προθυμία πληρωμής όταν και οι δύο εναλλακτικές είναι το ίδιο μέσο.

4. ΕΡΕΥΝΑ ΚΑΙ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

4.1 Διεξαγωγή της έρευνας

Για την εφαρμογή της μεθοδολογίας που αναλύθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, έγινε έρευνα με ερωτηματολόγια στους επιβάτες στο Διεθνή Αερολιμένα Αθηνών.

Συγκεκριμένα, η έρευνα έλαβε χώρα στην αίθουσα αναμονής των επιβατών ακριβώς μπροστά στις εξόδους, όπου αναχωρούν οι πτήσεις με προορισμό χώρες που περιλαμβάνονται στη συνθήκη Schengen. Στις εξόδους για τις extra-Schengen πτήσεις δεν κατέστη δυνατό να γίνουν ερωτήσεις, λόγω των πρόσθετων μέτρων ασφαλείας που εφαρμόζονται εκεί. Οι συνεντεύξεις γίνονταν περίπου 45 – 60 min πριν την προγραμματισμένη ώρα αναχώρησης της πτήσης.

Το χρονικό διάστημα που διήρκεσαν οι μετρήσεις είναι από 12/4/2005 – 6/5/2005. Οι ώρες τις οποίες καλύπτουν είναι 8:00 μέχρι 20:00.

Η έρευνα έγινε αποκλειστικά από τον εκπονούντα την εργασία αυτή και συγκεντρώθηκαν συνολικά 486 ερωτηματολόγια.

Σημειώνεται ότι όσοι επιβάτες άλλαζαν αεροπλάνο στο “Ελ. Βενιζέλος” δεν ελήφθησαν υπόψη, καθώς η εργασία εξετάζει τον τρόπο πρόσβασης στο συγκεκριμένο Αεροδρόμιο.

Ένα τυπικό παράδειγμα ερωτηματολογίου είναι αυτό που ακολουθεί:

Πίνακας 4.1 Παράδειγμα ερωτηματολογίου

Ημερομηνία...../.../2005
 Ώρα.....
 Α/Α.....

☐ Αναχώρηση ☐ Αφιξη
☐ Έλληνας ☐ Αλλοδαπός

Ε1) Η πτήση σας είναι ☐ Εσωτερικού ☐ Εξωτερικού
 Ε2) Ο σκοπός του ταξιδιού σας είναι _____
 Ε3) Πόσο συχνά ταξιδεύετε από το “Ελ. Βενιζέλος” ; _____
 Ε4) Για πόσο καιρό θα λείψετε; _____
 Ε5) Ποιο μεταφορικό μέσο χρησιμοποιήσατε για να έρθετε στο Αεροδρόμιο;
☐ Ι.Χ. (☐ long-term, ☐ χωρίς στάθμευση)
☐ Ταξί
☐ Λεωφορείο
☐ Μετρό
☐ Προαστιακό
 Ε6) Από πού ξεκινήσατε για να έρθετε στο Αεροδρόμιο; _____
 Ε7) Πόση ώρα κάνατε για να έρθετε στο Αεροδρόμιο από εκεί που ξεκινήσατε;

 Ε8) Πόσο σας κόστισε αυτή η μετακίνησή σας (χωρίς το parking);

 Ε9) Με ποιο μεταφορικό μέσο έρχεστε συνήθως στο Αεροδρόμιο;(αν το λιγότερο 1/μήνα)
☐ Ι.Χ.(Parking) ☐ Ι.Χ. ☐ Ταξί ☐ Μετρό ☐ Προαστιακός ☐ Λεωφορείο
 Ε10) Έχετε στη διάθεσή σας Ι.Χ.; ☐ Ναι ☐ Όχι
 Ε11) Α) Σημερινό μέσο _____
 1. Χρόνος _____, Κόστος _____
 2. Χρόνος _____, Κόστος _____
 3. Χρόνος _____, Κόστος _____
 4. Χρόνος _____, Κόστος _____
 Β) Εναλλακτικό μέσο _____
 1. Χρόνος _____, Κόστος _____
 Ε12) Σε ποια από τις παρακάτω κατηγορίες κατατάσσετε το διαθέσιμο μηνιαίο εισόδημά σας:
 1. 0 – 1500 € ☐
 2. 1500 € – 4000 € ☐
 3. 4000 € – ☐
 4. Δεν επιθυμώ να απαντήσω ☐

Παρατηρήσεις:

- Η ερώτηση E4 μετατρέπεται σε «Πόσο καιρό μείνατε στην Αθήνα», αν ο επιβάτης επιστρέφει στον τόπο διαμονής του.
- Η ερώτηση E11/A είναι: *«Αν σήμερα είχατε δύο επιλογές για να μεταβείτε στο Αεροδρόμιο, είτε όπως ήρθατε είτε ακολουθώντας μια εναλλακτική διαδρομή πάλι με (μέσο που έχει έρθει ο επιβάτης) κάνοντας (προτεινόμενος μειωμένος χρόνος πρόσβασης). Πόσο θα ήσασταν διατεθειμένος να πληρώσετε το μέγιστο για να επιλέξετε την εναλλακτική διαδρομή;»* Στο πεδίο κόστος συμπληρώνεται η απάντηση του επιβάτη.
- Η ερώτηση E11/B είναι: *«Εάν σήμερα υπήρχε δίπλα στο σπίτι σας μια στάση Μέσου Μαζικής Μεταφοράς, το οποίο έκανε –15min από το μέσο που χρησιμοποιήσατε, πόσο θα ήσασταν διατεθειμένος να πληρώσετε ένα εισιτήριο το μέγιστο για να επιλέξετε το MMM;»*.
- Αν ο επιβάτης έχει επιλέξει MMM για να έρθει στο Αεροδρόμιο, τότε η ερώτηση E11/B αντιστρέφεται, και το MMM αντικαθίσταται από Ταξί.

4.2 Στατιστικά στοιχεία μετρήσεων

4.2.1 Στοιχεία Διεθνή Αερολιμένα Αθηνών

Με βάση στατιστικά στοιχεία που παραχωρήθηκαν από την εταιρεία «Διεθνής Αερολιμένας Αθηνών» Α.Ε., ο μέσος ημερήσιος αριθμός αναχωρούντων επιβατών για πτήσεις Intra Schengen είναι 11420 μετακινούμενοι.

Στους ακόλουθους πίνακες 4.2 – 4.4 παρατίθενται συνοπτικά τα σημαντικότερα στοιχεία. Για περισσότερες λεπτομέρειες βλ. Παράρτημα Γ.

Η κατανομή των επιβατών ανά μέσο πρόσβασης που χρησιμοποίησαν τελευταίο για να φτάσουν στο Αεροδρόμιο για το Μάρτιο του 2005 είναι:

Πίνακας 4.2 Κατανομή επιβατών ανά μέσο πρόσβασης στο Αεροδρόμιο "Ελ. Βενιζέλος" για το Μάρτιο του 2005 (πηγή: Διεθνής Αερολιμένας Αθηνών Α.Ε.)

Μέσο πρόσβασης	Ποσοστό
Ι.Χ.	40%
Ταξί	32%
Λεωφορείο	16%
Προαστιακός/Μετρό	12%

Παρατηρείται μια συντριπτική υπεροχή των ιδιωτικών μέσων μεταφοράς, η οποία φτάνει το 72%, έναντι μόλις 28% των Μέσων Μαζικής Μεταφοράς. Σημειώνεται ότι στη μητροπολιτική περιοχή της Αθήνας τα αντίστοιχα νούμερα για το 2003 ήταν 63% και 37% (πηγή: *διαφάνειες του μαθήματος Λειτουργία Δικτύων ΜΜΜ στο Ε.Μ.Π.*). Μια πιθανή εξήγηση είναι ότι οι επιβάτες επιλέγουν το ιδιωτικό μέσο μεταφοράς, γιατί τους είναι δύσκολο να μετακινούνται με τα Μ.Μ.Μ. μεταφέροντας ταυτόχρονα τις αποσκευές τους.

Πάλι με βάση τα στοιχεία του Αεροδρομίου, η κατανομή επιβατών ανά σκοπό ταξιδιού για το τρίμηνο Μάρτιος – Μάιος 2004 είναι:

Πίνακας 4.3 Κατανομή επιβατών ανά σκοπό ταξιδιού για το τρίμηνο Μάρτιος – Μάιος 2004 (πηγή: Διεθνής Αερολιμένας Αθηνών Α.Ε.)

Σκοπός ταξιδιού	Ποσοστό
Εργασία	40%
Άλλο	60%

Επισημαίνεται ότι τα στοιχεία των πινάκων 4.2 και 4.3 έχουν προκύψει από δειγματοληπτική έρευνα του Αεροδρομίου, η οποία γίνεται σε καθημερινή βάση και συγκεντρώνει ένα ετήσιο δείγμα περίπου 36000 επιβατών.

Τέλος, η κατανομή των επιβατών ανά προορισμό ή προέλευση πτήσης για το έτος 2004 είναι:

Πίνακας 4.4 Κατανομή επιβατών ανά προορισμό ή προέλευση πτήσης για το έτος 2004 (πηγή: Διεθνής Αερολιμένας Αθηνών Α.Ε.)

Προορισμός/Προέλευση πτήσης	Ποσοστό
Εργασία	40%
Άλλο	60%

4.2.2. Στοιχεία της δειγματοληπτικής έρευνας της εργασίας

Τα αντίστοιχα ποσοστά που μετρήθηκαν στο δείγμα των ερωτηθέντων είναι:

Πίνακας 4.5 Κατανομή επιβατών ανά μέσο πρόσβασης στο Αεροδρόμιο "Ελ. Βενιζέλος" (πηγή: δειγματοληπτική έρευνα εργασίας)

Κατηγορία	Ποσοστό	Διάστημα εμπιστοσύνης	Z*
Ι.Χ.	0.388	±3.6%	0.5434
Ταξί	0.318	±3.5%	0.0948
Λεωφορείο	0.162	±2.7%	-0.12
Μετρό/Προαστιακός	0.131	±2.5%	-0.719

Πίνακας 4.6 Κατανομή επιβατών ανά σκοπό ταξιδιού (πηγή: δειγματοληπτική έρευνα εργασίας)

Κατηγορία	Ποσοστό	Διάστημα εμπιστοσύνης	Z*
Εργασία	41.1%	±3.7%	-0.493
Άλλο	58.9%	±3.7%	0.4934

Πίνακας 4.7 Κατανομή επιβατών ανά προορισμό πτήσης (πηγή: δειγματοληπτική έρευνα εργασίας)

Κατηγορία	Ποσοστό	Διάστημα εμπιστοσύνης	Z*
Εσωτερικό	0.331	±3.5%	1.829
Εξωτερικό	0.669	±3.5%	-1.829

Τα διαστήματα εμπιστοσύνης των ποσοστών ισούνται με:

$$\pm Z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{\hat{p}\hat{q}}{n}}$$

όπου $\hat{p}$ είναι το ποσοστό κάθε κατηγορίας του δείγματος, $\hat{q} = 1 - \hat{p}$ και n είναι το μέγεθος του δείγματος. Ως πιθανότητα σφάλματος τύπου Ι επιλέχθηκε $\alpha = 0.10$.

Για να εξεταστεί κατά πόσο τα πειραματικά ποσοστά συμφωνούν με τα ποσοστά που δίνει το Αεροδρόμιο, έγινε η μηδενική υπόθεση H_0 ότι τα δύο ποσοστά είναι ίσα:

$$\begin{aligned} H_0 : \hat{p} &= p \\ H_a : \hat{p} &\neq p \end{aligned} \quad \text{όπου } p \text{ είναι τα ποσοστά που δίνει το Αεροδρόμιο.}$$

Το στατιστικό κριτήριο Z^* υπολογίζεται από τη σχέση

$$Z^* = \frac{p - \hat{p}}{\sqrt{\hat{p}\hat{q}/n}}$$

Η κρίσιμη τιμή για αμφίπλευρο έλεγχο και για την πιθανότητα σφάλματος τύπου I να ισούται με $\alpha = 0.10$, είναι $Z_c = \pm 1.645$.

Παρατηρούμε ότι στις κατηγορίες ανά σκοπό ταξιδιού και ανά μέσο πρόσβασης $|Z^*| < |Z_c|$ άρα η μηδενική υπόθεση ότι τα δύο ποσοστά είναι ίσα δεν μπορεί να απορριφθεί.

Αντίθετα, στην κατηγορία ανά προορισμό πτήσης παρατηρείται ότι $|Z^*| > |Z_c|$.

Ωστόσο, στη συγκεκριμένη κατηγορία τα ποσοστά είναι ετήσια. Επομένως, αναμένεται μια μηνιαία διακύμανση στα ποσοστά, οπότε αν απαιτήσουμε ένα υψηλότερο επίπεδο εμπιστοσύνης, προκύπτει ότι

$$|Z^*| < |Z_c| = 1.96$$

για πιθανότητα σφάλματος τύπου I, $\alpha = 0.05$.

Άρα, στην περίπτωση αυτή η μηδενική υπόθεση δεν μπορεί να απορριφθεί.

Σχετικά με το αν ο επιβάτης ξεκίνησε να μεταβεί στο Αεροδρόμιο από περιοχή εντός του Λεκανοπεδίου Αττικής ή από περιοχή της επαρχίας, τα ποσοστά που μετρήθηκαν είναι:

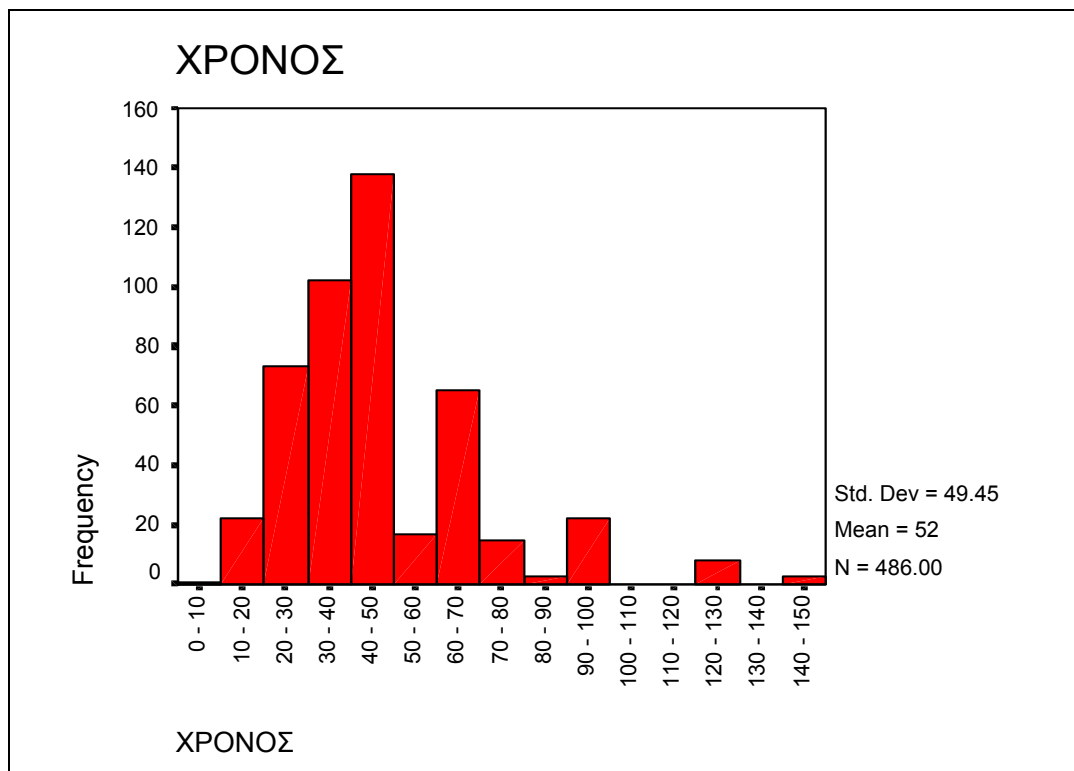
Πίνακας 4.8 Περιοχή από όπου οι επιβάτες ξεκίνησαν να μεταβούν στο Αεροδρόμιο

Περιοχή προέλευσης	Ποσοστό
Λεκανοπέδιο Αττικής	91%
Επαρχία	9%

Τέλος, παρουσιάζονται στατιστικά στοιχεία για τους αντιληπτούς από τους επιβάτες χρόνους πρόσβασής τους στο Αεροδρόμιο:

Πίνακας 4.9 Στατιστικά στοιχεία αντιληπτών χρόνων πρόσβασης(min) των επιβατών στο Αεροδρόμιο

Statistics		
ΧΡΟΝΟΣ		
N	Valid	486
	Missing	0
Mean		51.52
Median		40.00
Mode		30
Std. Deviation		49.453
Skewness		4.384
Std. Error of Skewness		.111
Kurtosis		23.579
Std. Error of Kurtosis		.221
Range		415
Minimum		5
Maximum		420



Σχήμα 4.1 Ιστογράμμα συχνοτήτων αντιληπτού χρόνου πρόσβασης (min) των επιβατών στο Αεροδρόμιο

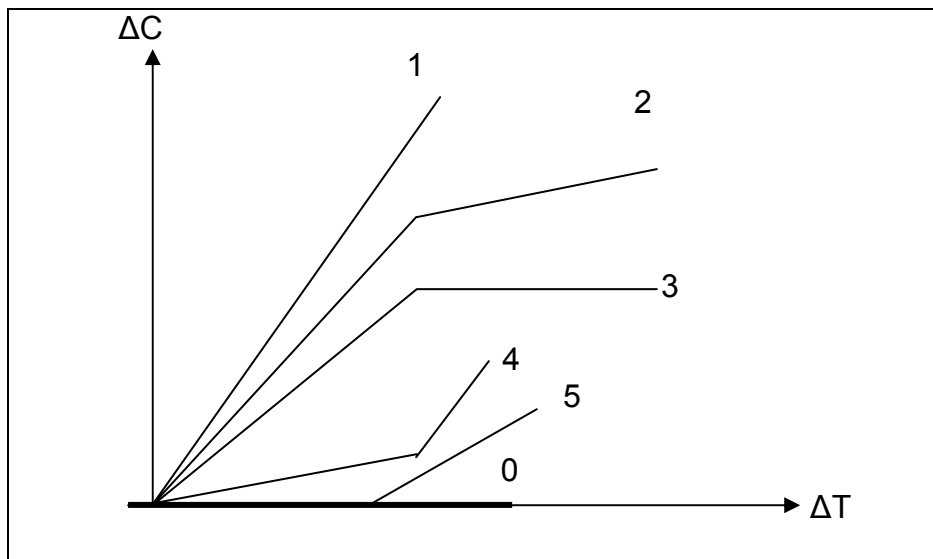
5. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΠΡΟΘΥΜΙΑ ΠΛΗΡΩΜΗΣ

5.1 Κατηγορίες προθυμίας πληρωμής για εξοικονόμηση χρόνου μετακίνησης

5.1.1 Παρουσίαση κατηγοριών

Για την απόκτηση πληρέστερης εικόνας των αποτελεσμάτων, εξετάστηκε κατά πόσο η προθυμία πληρωμής κάθε ερωτηθείσα αυξάνεται γραμμικά συναρτήσει του εξοικονομούμενου χρόνου ή μη-γραμμικά. Για παράδειγμα, αν για 15min εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης, ο επιβάτης είναι πρόθυμος να πληρώσει 1 €, τότε για 30min είναι διατεθειμένος να πληρώσει 2 € ή περισσότερο (ή λιγότερο); Επισημαίνεται ότι αν έγινε μόνο μία ερώτηση στον επιβάτη, τότε θεωρείται ότι η προθυμία πληρωμής για εξοικονόμηση χρόνου μετακίνησης αυξάνεται γραμμικά.

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων έδωσε έξι διαφορετικές κατηγορίες, σχετικά με το πώς μεταβάλλεται η προθυμία πληρωμής για εξοικονόμηση χρόνου μετακίνησης. Αυτές απεικονίζονται στο παρακάτω γράφημα:



Σχήμα 5.1 Κατηγορίες προθυμίας πληρωμής για εξοικονόμηση χρόνου πρόσβασης στο Αεροδρόμιο

Το ποσοστό επί του συνόλου των απαντήσεων που αντιστοιχεί σε κάθε κατηγορία είναι:

Πίνακας 5.1 Ποσοστά στο δείγμα κατηγοριών προθυμίας πληρωμής για εξοικονόμηση χρόνου μετακίνησης

Κατηγορία	Αριθμός απαντήσεων	Ποσοστό
0	204	42%
1	180	37%
2	15	3%
3	24	5%
4	19	4%
5	44	9%

Παρατηρούμε καταρχάς ότι το 63% των ερωτηθέντων (κατηγορίες 0,2,3,4,5) δεν παρουσιάζουν γραμμική μεταβολή της προθυμίας για πληρωμή. Αυτό συνεπάγεται ότι η προθυμία για πληρωμή δεν εξαρτάται μόνο

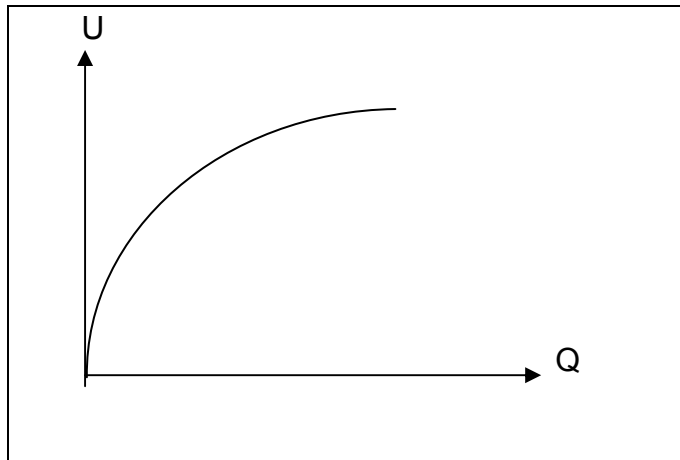
από τον εξοικονομούμενο χρόνο, αλλά υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που την επηρεάζουν.

5.1.2 Η κατηγορία με μηδενική προθυμία πληρωμής

Το δεύτερο συμπέρασμα είναι ότι ένα υψηλότερο ποσοστό, 42% ($\pm 4\%$), δεν είναι διατεθειμένο να πληρώσει το παραμικρό για να δεχτεί μια μείωση του χρόνου μετακίνησής του. Έχει δηλαδή προθυμία πληρωμής για εξοικονόμηση χρόνου μετακίνησης = 0. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε τρεις διαφορετικούς λόγους:

1. Ο επιβάτης έχει μηδενική αξία εξοικονόμησης χρόνου πρόσβασης στο Αεροδρόμιο, με την έννοια που αναλύθηκε στο κεφ.2, δηλαδή ως συνισταμένη της αξίας του ελεύθερου χρόνου και της ενόχλησης από τη μετακίνηση. Ενδέχεται, για παράδειγμα, ο επιβάτης να έχει έρθει πολύ νωρίς στο Αεροδρόμιο και να είχε δώσει μεγάλο περιθώριο στο χρόνο πρόσβασής του, οπότε να του είναι αδιάφορα 15 λιγότερα στο συνολικό του πρόγραμμα.
2. Ο επιβάτης έχει επιλέξει ένα μέσο μεταφοράς από το οποίο απολαμβάνει υψηλό επίπεδο χρησιμότητας. Γνωρίζοντας ότι η καμπύλη συνολικής χρησιμότητας ενός αγαθού συναρτήσει της καταναλισκόμενης ποσότητάς του αυξάνει με φθίνοντα ρυθμό, είναι πιθανό ο καταναλωτής να βρίσκεται κοντά στο σημείο κορεσμού. Επομένως, περαιτέρω μείωση του χρόνου μετακίνησής του τον αφήνει αδιάφορο.

Αν με U συμβολίσουμε τη συνολική χρησιμότητα του καταναλωτή και με Q την καταναλισκόμενη ποσότητα ενός αγαθού από τον καταναλωτή, λαμβάνεται το ακόλουθο γράφημα:



Σχήμα 5.2 Η συνολική χρησιμότητα ενός καταναλωτή αυξάνει με φθίνοντα ρυθμό

5.1.3 Συναρτήσεις προσομοίωσης

Για κάθε κατηγορία προθυμία πληρωμής για εξοικονόμηση χρόνου μετακίνησης που παρουσιάστηκε, μπορεί να αναπτυχθεί για κάθε επιβάτη μια συνάρτηση που να υπολογίζει την προθυμία πληρωμής (WtP) συναρτήσει του προτεινόμενου ΔT .

- κατηγορία “0”: $WtP = 0$
- κατηγορία “1”: $WtP = \alpha \cdot \Delta T$
- κατηγορίες “2”, “4”, “5”: $WtP = \gamma \cdot \Delta T^2 + \beta \cdot \Delta T$
- κατηγορία “3”: $WtP = \begin{cases} \alpha \cdot \Delta T, & \Delta T \leq \Delta T_0 \\ 0, & T > \Delta T_0 \end{cases}$

Επομένως, μπορούμε να εισάγουμε μία τιμή ΔT στη συνάρτηση κάθε ατόμου και να υπολογιστεί το WtP του ατόμου. Έτσι μπορούμε να εξετάσουμε τη συμπεριφορά του δείγματος για κοινή εξοικονόμηση χρόνου μετακίνησης.

Διερευνήθηκαν δύο περιπτώσεις: μία για κοινή μείωση κατά 25% του χρόνου πρόσβασης και μία για κοινή μείωση 15min. Εισήχθησαν οι τιμές για το ΔΤ και υπολογίστηκαν τιμές για το WtP. Οι τιμές αυτές ακολουθούν κάποιες κατανομές. Με τη βοήθεια του λογισμικού Best Fit εξετάστηκε αν υπάρχει κάποια γνωστή κατανομή που να προσαρμόζει στατιστικώς στα πραγματικά δεδομένα.

Πριν την ανάλυση αυτή κρίνεται σκόπιμο να παρουσιασθούν κάποιες στατιστικές έννοιες που χρησιμοποιήθηκαν.

5.2 Στατιστικές έννοιες

5.2.1 Μέτρα διασποράς

Έστω ένα δείγμα με παρατηρήσεις $X_1, \dots, X_n$. Τότε ορίζουμε ως

$$\text{Μέσο όρο: } \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

$$\text{Διακύμανση: } s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}$$

$$\text{Τυπική Απόκλιση: } s = \sqrt{s^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

$$\text{Συντελεστή ασυμμετρίας: } g_1 = \frac{m_3}{m_2 \sqrt{m_2}}, \text{ όπου}$$

$$m_3 = \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3 / n$$

$$m_2 = \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 / n$$

Ο συντελεστής g_1 εκφράζει το βαθμό ασυμμετρίας μιας κατανομής, κατά πόσο δηλαδή συμπιπτουν ο μέσος όρος, η διάμεσος και η επικρατούσα τιμή. Όταν ο συντελεστής είναι θετικός, τότε η κατανομή εκτείνεται έντονα προς τα δεξιά.

Συντελεστή κύρτωσης: $g_2 = (m_4 / m_2^2)$, όπου

$$m_4 = \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4 / n$$

Η κύρτωση εκφράζει το πόσο συγκεντρωμένη είναι η κατανομή γύρω από τη μέση τιμή. Για τιμές $g_2 > 3$ η κατανομή θεωρείται ως «λεπτοκυρτωμένη», δηλαδή κοντά στη μέση τιμή.

5.2.2 Στατιστικές κατανομές

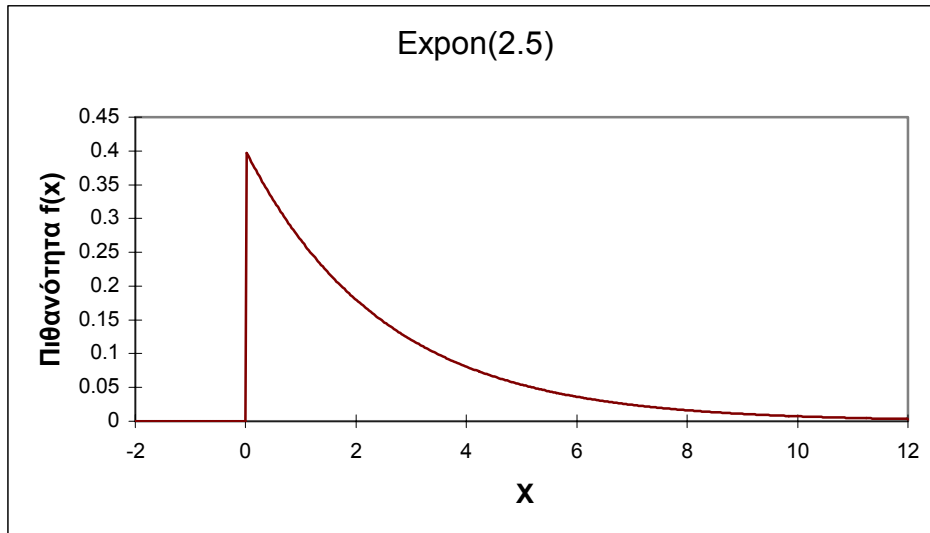
5.2.2.1 Εκθετική Κατανομή

Μία κατανομή που θα αναφερθεί στη συνέχεια είναι η Εκθετική Κατανομή.

Η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας της εκθετικής κατανομής είναι:

$$f(x) = ae^{-ax}, \quad x > 0$$

και απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα

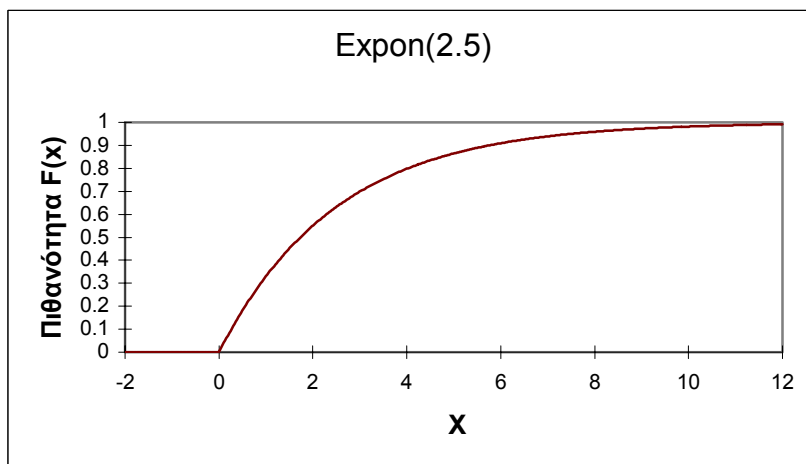


Σχήμα 5.3 Συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας της εκθετικής κατανομής

Επισημαίνεται ότι το στατιστικό πρόγραμμα θεωρεί όπου $\alpha = 1/\beta$ στη συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας, και υπολογίζει την παράμετρο β .

Η συνάρτηση κατανομής πιθανότητας υπολογίζεται

$$F(x) = \int_0^x a e^{-as} ds = 1 - e^{-ax}, \quad x > 0$$



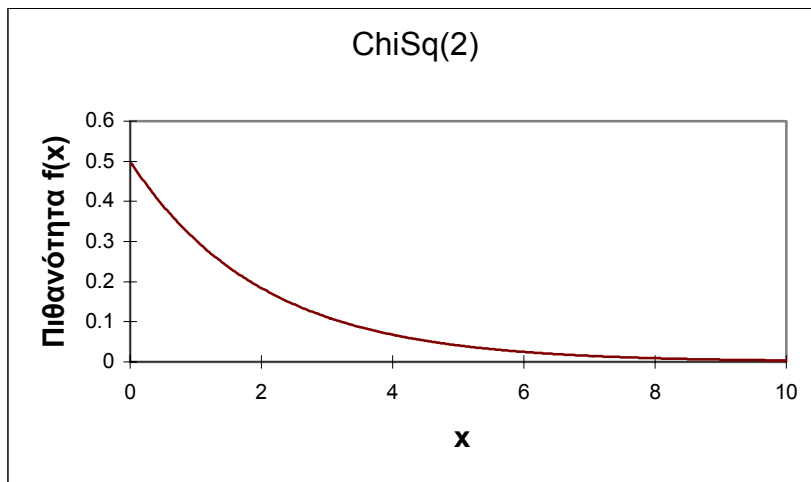
Σχήμα 5.4 Συνάρτηση κατανομής πιθανότητας της εκθετικής κατανομής

Επισημαίνεται ότι η εκθετική κατανομή συμπίπτει με την κατανομή Erlang, όταν η τελευταία έχει $\alpha = 1$.

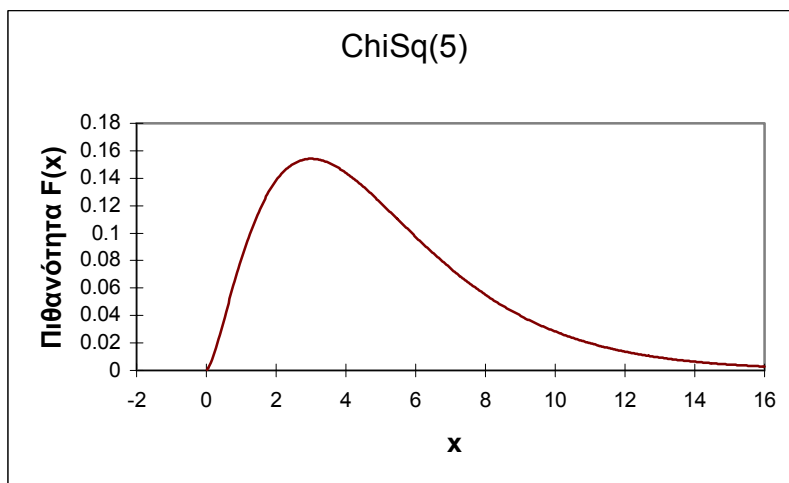
5.2.2.2 Κατανομή χ^2

Η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας της κατανομής χ^2 είναι:

$$f(x) = x^{(n/2)-1} \text{EXP}(-x/2) / [2^{n/2} \Gamma(n/2)], \quad x > 0$$



Σχήμα 5.5 Συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας της κατανομής χ^2 με δύο βαθμούς ελευθερίας



Σχήμα 5.6 Συνάρτηση κατανομής πιθανότητας της κατανομής χ^2 με δύο βαθμούς ελευθερίας

Μια σημαντική ιδιότητα της κατανομής είναι η εξής:

Αποδεικνύεται ότι το τετράγωνο μιας τυποποιημένης κανονικής μεταβλητής ακολουθεί την κατανομή χ^2 με 1 βαθμό ελευθερίας. Επεκτείνοντας, αν έχουμε $Z_1, \dots, Z_n$ ανεξάρτητες τυποποιημένες κανονικές μεταβλητές, τότε το άθροισμα των τετραγώνων τους X^2 ακολουθεί την κατανομή χ^2 με n βαθμούς ελευθερίας:

$$X^2 = \sum_{i=1}^k Z_i^2 \approx \chi_{(n)}^2 \quad (1)$$

5.2.3 Έλεγχος χ^2 καλής προσαρμογής

Το προηγούμενο πόρισμα (1) χρησιμοποιείται για να εξεταστεί αν μια τυχαία κατανομή παρατηρήσεων μπορεί να περιγραφεί στατιστικώς ικανοποιητικά από μια ορισμένη και γνωστή στατιστική κατανομή (π.χ. κανονική κατανομή, εκθετική κατανομή κλπ).

Έστω ένα δείγμα παρατηρήσεων, το οποίο χωρίζεται σε k κλάσεις και το οποίο υποθέτουμε ότι ακολουθεί μια γνωστή στατιστική κατανομή. Με αυτήν την προϋπόθεση υπολογίζεται η αναμενόμενη συχνότητα E_i κάθε κλάσης, αυτή δηλαδή που προκύπτει από το μαθηματικό τύπο της συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας της γνωστής κατανομής. Αν O_i είναι ο πραγματικός αριθμός των συχνοτήτων που παρατηρήθηκαν, τότε υπολογίζουμε τη στατιστική παράμετρο

$$X^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Η τιμή αυτή συγκρίνεται με την τιμή χ^2 που προκύπτει για n βαθμούς ελευθερίας:

$v = k - r - 1$, όπου r οι βαθμοί ελευθερίας της γνωστής κατανομής.

Αν $\chi^2 < \chi^2_{\alpha, v}$ τότε γίνεται αποδεκτό ότι η θεωρητική κατανομή είναι ίδια με την πειραματική για επίπεδο σημαντικότητας α . Στην αντίθετη περίπτωση, η θεωρητική κατανομή δεν περιγράφει την πειραματική.

Επισημαίνεται ότι για να ισχύουν τα παραπάνω πρέπει

$$E_i \geq 5, \quad \forall i.$$

5.3 Παρουσίαση αποτελεσμάτων

5.3.1 Προθυμία πληρωμής για μείωση κατά 25% του χρόνου πρόσβασης

Σε κάθε επιβάτη εφαρμόστηκε μια μείωση κατά 25% του χρόνου πρόσβασής του και υπολογίστηκε η προθυμία πληρωμής του για αυτή τη μείωση. Το σύνολο αυτών των τιμών συνιστά μια πειραματική κατανομή. Με τη βοήθεια του λογισμικού Best Fit διερευνήθηκε κατά πόσο διάφορες γνωστές στατιστικές κατανομές μπορούν να περιγράψουν την πειραματική κατανομή.

Εξετάστηκαν κατανομές τόσο για όλο το δείγμα, όσο και για υποσύνολά του:

- ανά σκοπό μετακίνησης (εργασία, άλλο)
- ανά μεταφορικό μέσο πρόσβασης στο Αεροδρόμιο
- ανά προέλευση μετακίνησης (εντός Λεκανοπεδίου Αττικής, επαρχία)

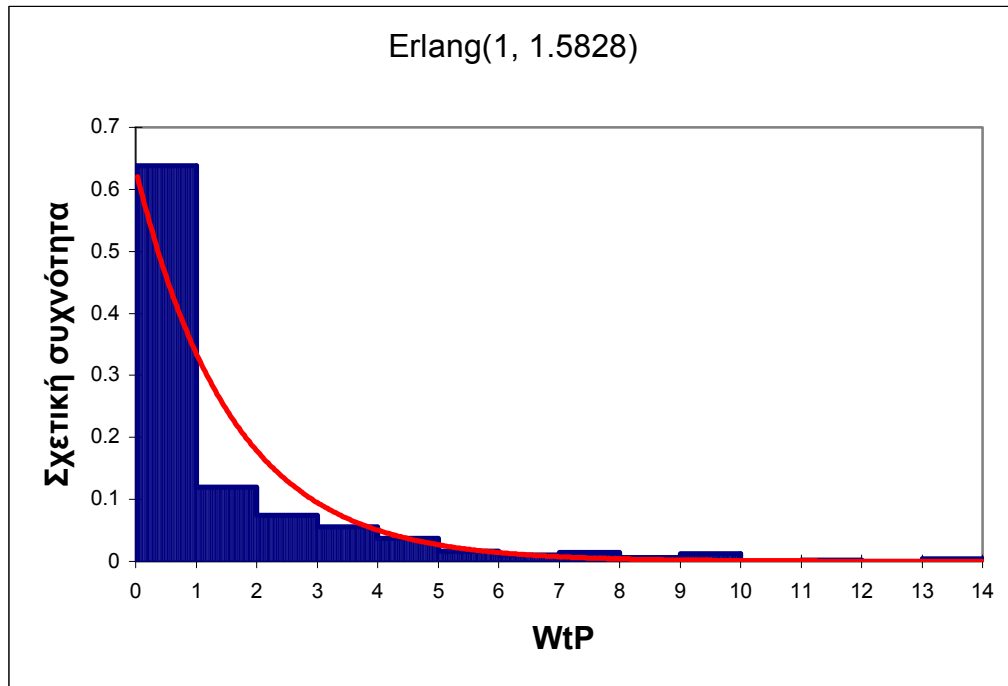
Το λογισμικό εκτελεί τρεις ελέγχους καλής προσαρμογής:

- χ^2 test
- Kolmogorov-Smirnov test

- Anderson-Darling test

Μόνο σε μία από τις περιπτώσεις που αναλύθηκαν βρέθηκε θεωρητική κατανομή που να περιγράφει στατιστικώς ικανοποιητικά τα δεδομένα. Ωστόσο, το λογισμικό κατατάσσει τις διάφορες κατανομές που εξετάζει ανάλογα με το ποια περιγράφει όσο το δυνατόν καλύτερα τα στοιχεία. Η κατανομή που στις περισσότερες περιπτώσεις είχε την υψηλότερη κατάταξη είναι η Εκθετική (Erlang) Κατανομή. Ακολουθεί παρουσίαση των πραγματικών κατανομών της προθυμίας πληρωμής για εξοικονόμηση χρόνου μετακίνησης (WtP = Willingness to Pay) και πώς η εκθετική κατανομή προσαρμόζει στα δεδομένα. Η κόκκινη καμπύλη είναι η γραφική παράσταση της συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας της εκάστοτε εκθετικής κατανομής.

5.3.1.1 Σύνολο Δεδομένων



Σχήμα 5.7 Ιστόγραμμα σχετικών συχνοτήτων WtP (€) για το σύνολο των στοιχείων

Έλεγχος καλής προσαρμογής:

$$\chi^2 = 2448 > \chi^2 = 46.797(\alpha=0.001)$$

άρα η εκθετική κατανομή δεν προσαρμόζει στα δεδομένα.

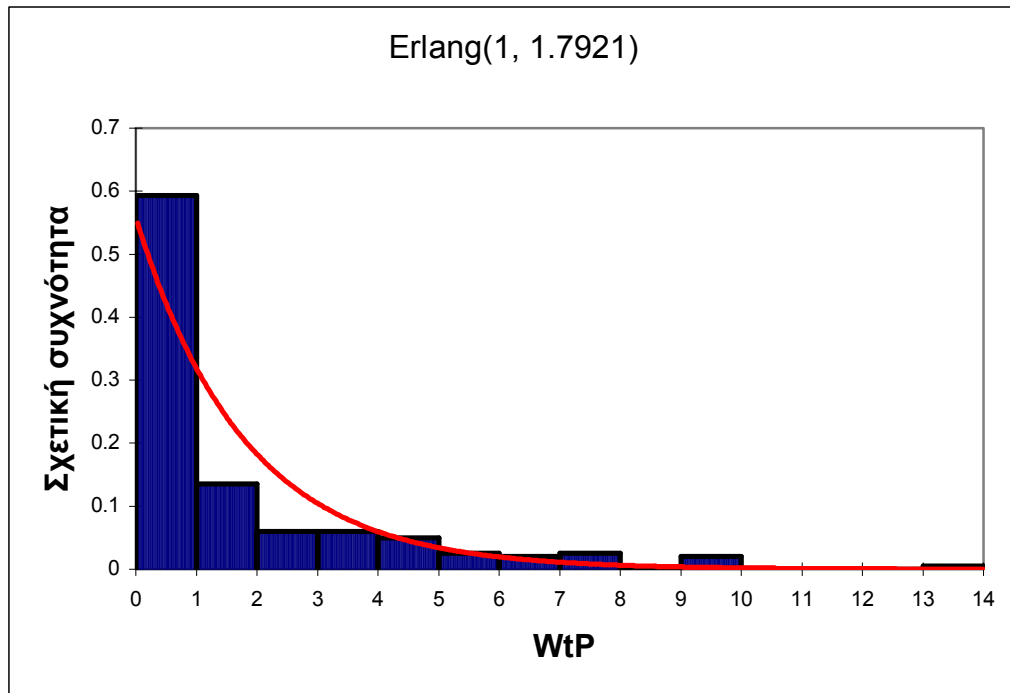
Πίνακας 5.2 Στατιστικά στοιχεία WtP (€) για το σύνολο των στοιχείων

Minimum	0
Maximum	30
Mean	1.5828
Mode	0.0000
Median	0
Std. Deviation	2.9882
Variance	8.9107
Skewness	4.0853
Kurtosis	28.225

Παρατηρήσεις:

1. Είναι εμφανής η υπεροχή των τιμών $WtP \leq 1 \text{ €}$ για εξοικονόμηση 25% επί του αρχικού χρόνου πρόσβασης στο Αεροδρόμιο. Συγκεκριμένα, το 50% των ερωτηθέντων δήλωσε προς δε θα πλήρωνε καθόλου για αυτήν τη μείωση χρόνου.
2. Διακρίνεται η εκθετική μείωση της σχετικής συχνότητας με την αύξηση του WtP . Η κατανομή εκτείνεται προς τα δεξιά.
3. Υπολογίστηκε ότι όσοι επιβάτες δεν έχουν μηδενική προθυμία πληρωμής, έχουν κατά μέσο όρο $WtP = 2.74 \text{ €}$.

5.3.1.2 Επιβάτες με σκοπό ταξιδιού την εργασία



Σχήμα 5.8 Ιστογράμμο σχετικών συχνοτήτων WtP (€) για τους επιβάτες με σκοπό την εργασία

Έλεγχος καλής προσαρμογής:

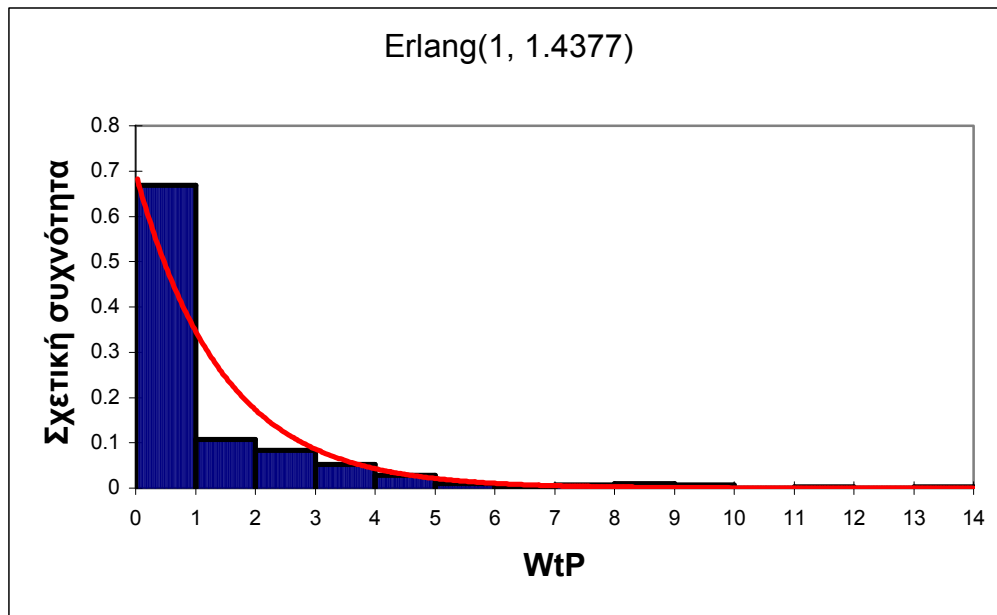
$$\chi^2 = 569.8 > \chi^2_{0.001} = 36.1$$

άρα η εκθετική κατανομή δεν προσαρμόζει στα δεδομένα.

Πίνακας 5.3 Στατιστικά στοιχεία WtP (€) για τους επιβάτες με σκοπό την εργασία

Minimum	0
Maximum	30
Mean	1.7921
Mode	0.0000
Median	0.5
Std. Deviation	3.183
Variance	10.081
Skewness	4.365
Kurtosis	33.7724

5.3.1.3 Επιβάτες με μη-επαγγελματικό σκοπό ταξιδιού



Σχήμα 5.9 Ιστόγραμμα σχετικών συχνοτήτων WtP (€) για τους επιβάτες με μη-επαγγελματικό σκοπό ταξιδιού

Έλεγχος καλής προσαρμογής:

$$\chi^2 = 1240 > \chi^2 = 40.8(\alpha=0.001)$$

άρα η εκθετική κατανομή δεν προσαρμόζει στα δεδομένα.

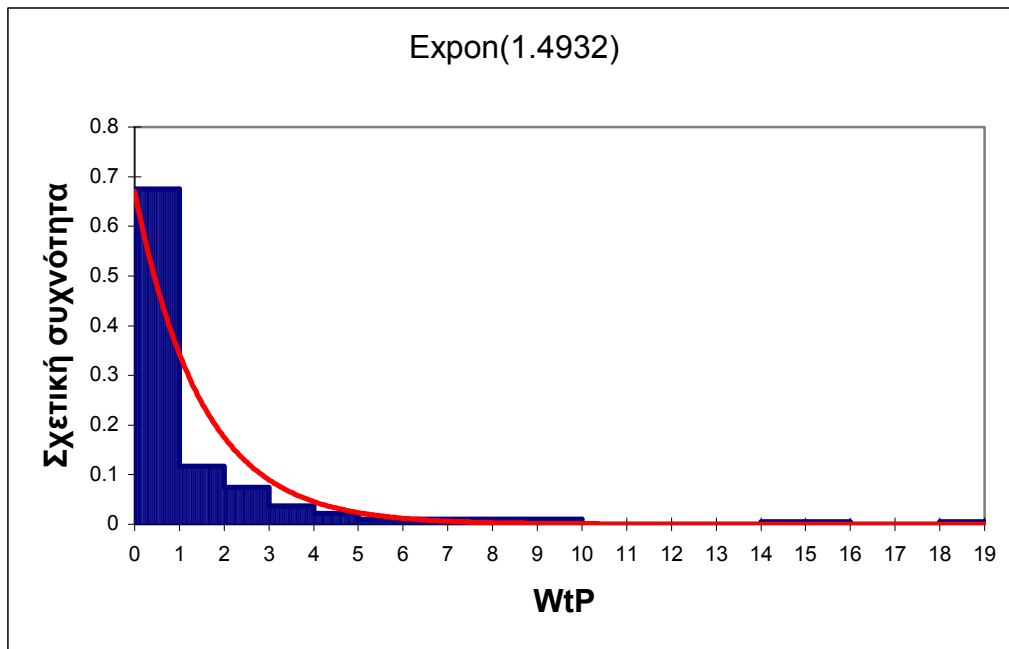
Πίνακας 5.4 Στατιστικά στοιχεία WtP (€) για τους επιβάτες με μη-επαγγελματικό σκοπό ταξιδιού

Minimum	0
Maximum	22.5
Mean	1.4377
Mode	0.0000
Median	0
Std. Deviation	2.8419
Variance	8.048
Skewness	3.7779
Kurtosis	21.3284

Παρατηρήσεις:

1. Οι επιβάτες με σκοπό ταξιδιού την εργασία έχουν μια αυξημένη διάθεση πληρωμής, όπως αυτό φαίνεται τόσο από τον υψηλότερο μέσο όρο, όσο και από το μεγαλύτερο συντελεστή κύρτωσης.
2. Οι επιβάτες με $WtP = 0$ είναι μικρότερο ποσοστό επί του συνόλου, στο δείγμα των επιβατών με σκοπό την εργασία.

5.3.1.4 Επιβάτες Ι.Χ.



Σχήμα 5.10 Ιστόγραμμα σχετικών συχνοτήτων WtP (€) για τους επιβάτες Ι.Χ.

Έλεγχος καλής προσαρμογής:

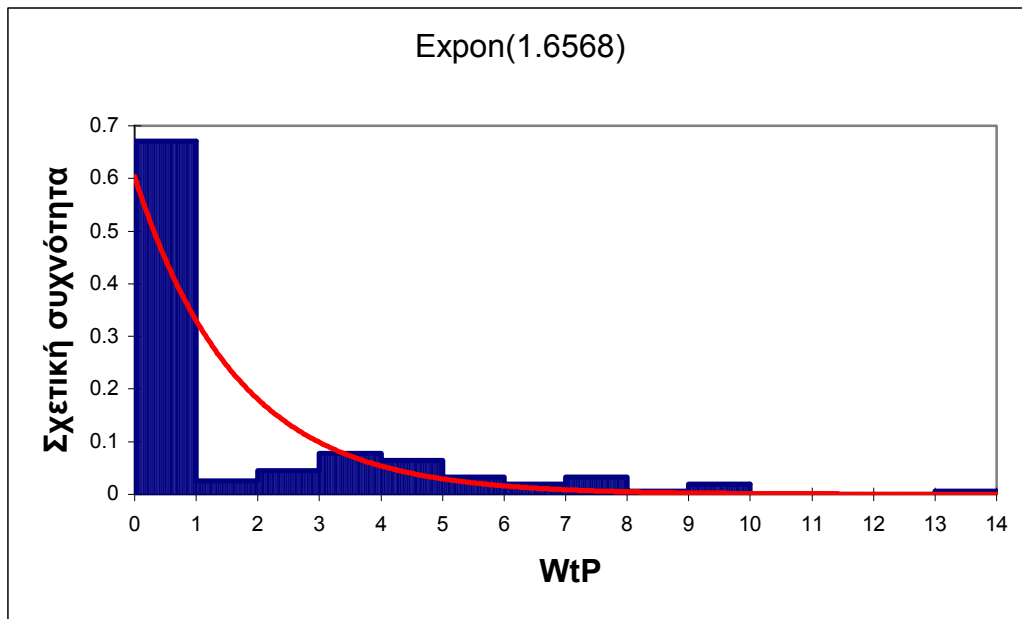
$$\chi^2 = 591.2 > \chi^2 = 36.1(\alpha=0.001)$$

άρα η εκθετική κατανομή δεν προσαρμόζει στα δεδομένα.

Πίνακας 5.5 Στατιστικά στοιχεία WtP (€) για τους επιβάτες Ι.Χ.

Minimum	0
Maximum	22.5
Mean	1.4932
Mode	0.0000
Median	0.105
Std. Deviation	3.121
Variance	9.6885
Skewness	3.8105
Kurtosis	20.4824

5.3.1.5 Επιβάτες Ταξί



Σχήμα 5.11 Ιστογράμμο σχετικών συχνοτήτων WtP (€) για τους επιβάτες Ταξί

Έλεγχος καλής προσαρμογής:

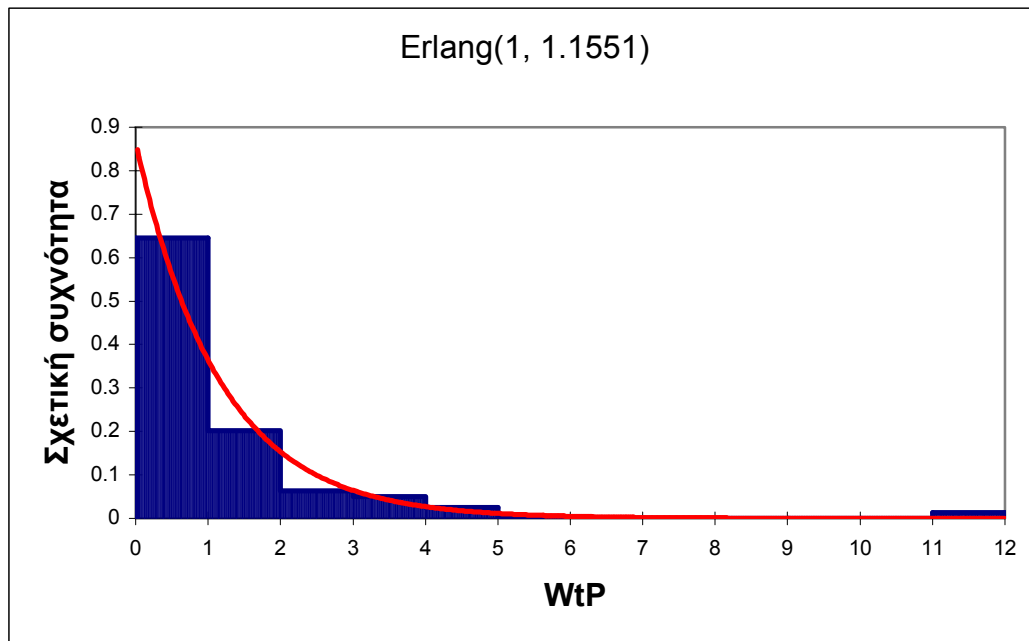
$$\chi^2 = 815.2 > \chi^2 = 34.5(\alpha=0.001)$$

άρα η εκθετική κατανομή δεν προσαρμόζει στα δεδομένα.

Πίνακας 5.6 Στατιστικά στοιχεία WtP (€) για τους επιβάτες Ταξί

Minimum	0
Maximum	14
Mean	1.6568
Mode	0.0000
Median	0
Std. Deviation	2.72
Variance	7.3509
Skewness	1.7364
Kurtosis	5.7879

5.3.1.6 Επιβάτες Λεωφορείου



Σχήμα 5.12 Ιστογράμμο σχετικών συχνοτήτων WtP (€) για τους επιβάτες Λεωφορείου

Έλεγχος καλής προσαρμογής:

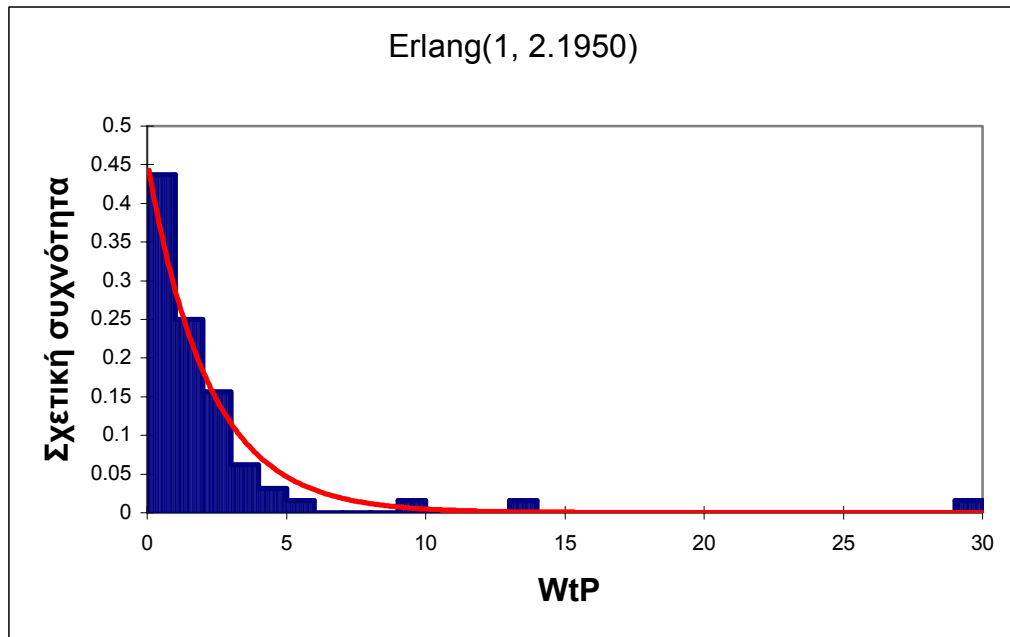
$$\chi^2 = 82.4 > \chi^2 = 27.9(\alpha=0.001)$$

άρα η εκθετική κατανομή δεν προσαρμόζει στα δεδομένα.

Πίνακας 5.7 Στατιστικά στοιχεία WtP (€) για τους επιβάτες Λεωφορείου

Minimum	0
Maximum	11.38
Mean	1.1551
Mode	0.0000
Median	0.75
Std. Deviation	1.6671
Variance	2.744
Skewness	3.3558
Kurtosis	19.4102

5.3.1.7 Επιβάτες Μετρό/Προαστιακού



Σχήμα 5.13 Ιστογράμμο σχετικών συχνοτήτων WtP (€) για τους επιβάτες Μετρό/Προαστιακού

Έλεγχος καλής προσαρμογής:

$$\chi^2 = 42.6 > \chi^2 = 26.1(\alpha=0.001)$$

άρα η εκθετική κατανομή δεν προσαρμόζει στα δεδομένα.

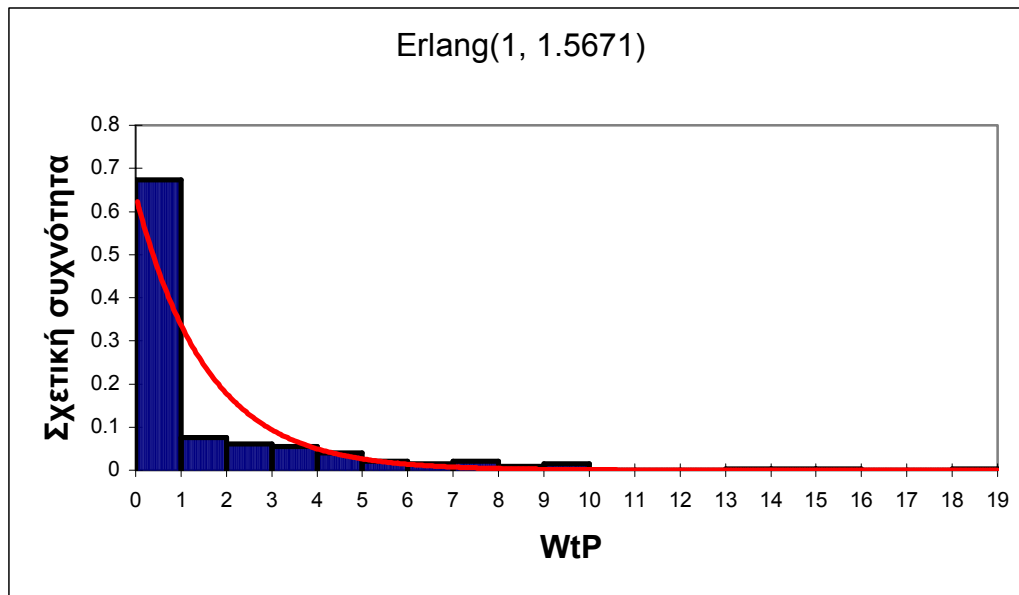
Πίνακας 5.8 Στατιστικά στοιχεία WtP (€) για τους επιβάτες Μετρό/Προαστιακού

Minimum	0
Maximum	30
Mean	2.195
Mode	0.0000
Median	1.5
Std. Deviation	4.2017
Variance	17.378
Skewness	4.9829
Kurtosis	31.8945

Παρατηρήσεις:

1. Οι επιβάτες του Μετρό και του Προαστιακού, εμφανίζονται να έχουν την υψηλότερη προθυμία πληρωμής για 25% μείωση επί του αρχικού χρόνου πρόσβασης, όπως διαπιστώνεται από τη σύγκριση τόσο των μέσων τιμών όσο και των συντελεστών κύρτωσης.

5.3.1.8 Επιβάτες Ιδιωτικών Μέσων Μεταφοράς



Σχήμα 5.14 Ιστόγραμμα σχετικών συχνοτήτων WtP (€) για τους επιβάτες Ιδιωτικών Μέσων Μεταφοράς

Έλεγχος καλής προσαρμογής:

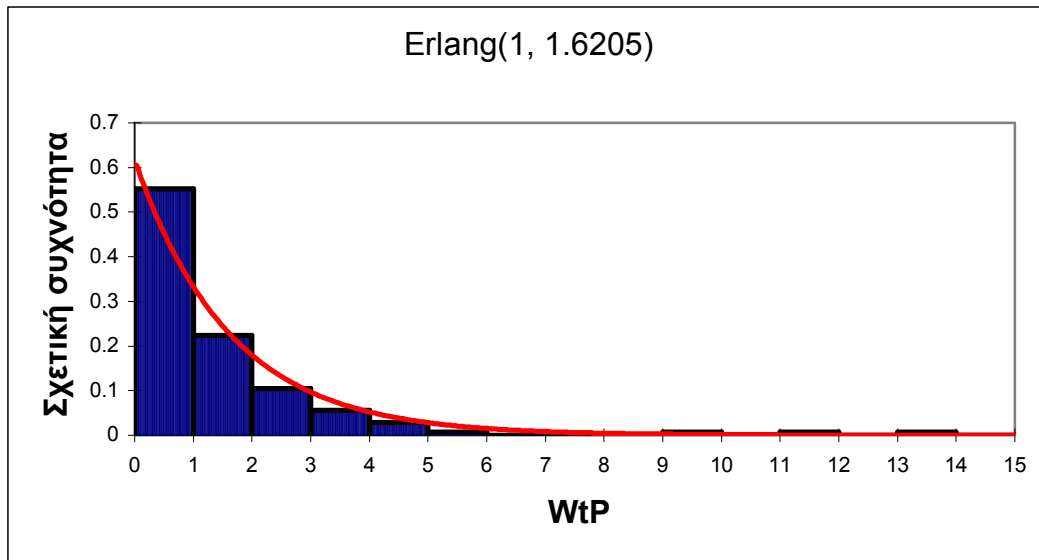
$$\chi^2 = 1873 > \chi^2 = 42.3(\alpha=0.001)$$

άρα η εκθετική κατανομή δεν προσαρμόζει στα δεδομένα.

Πίνακας 5.9 Στατιστικά στοιχεία WtP (€) για τους επιβάτες Ιδιωτικών Μέσων Μεταφοράς

Minimum	0
Maximum	22.5
Mean	1.771
Mode	0.0000
Median	0
Std. Deviation	2.9435
Variance	8.6388
Skewness	3.0853
Kurtosis	15.8446

5.3.1.9 Επιβάτες Μέσων Μαζικής Μεταφοράς



Σχήμα 5.15 Ιστογράμμο σχετικών συχνοτήτων WtP (€) για τους επιβάτες Μέσων Μαζικής Μεταφοράς

Έλεγχος καλής προσαρμογής:

$$\chi^2 = 198.5 > \chi^2 = 32.9(\alpha=0.001)$$

άρα η εκθετική κατανομή δεν προσαρμόζει στα δεδομένα.

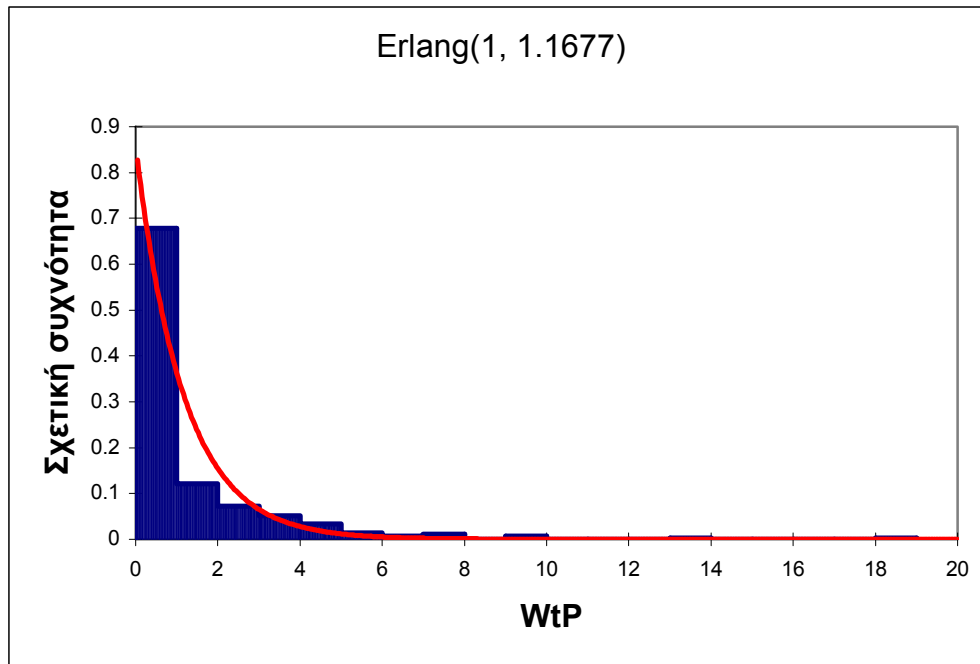
Πίνακας 5.10 Στατιστικά στοιχεία WtP (€) για τους επιβάτες Μέσων Μαζικής Μεταφοράς

Minimum	0
Maximum	30
Mean	1.6205
Mode	0.0000
Median	1
Std. Deviation	3.103
Variance	9.561
Skewness	6.1327
Kurtosis	52.1231

Παρατηρήσεις:

1. Ο μέσος όρος της προθυμίας πληρωμής είναι υψηλότερος στους επιβάτες I.M.M. (1.8 €, έναντι 1.6 € στους επιβάτες M.M.M.)
2. Αυτοί που δήλωσαν ότι έχουν $WtP=0$ είναι σαφώς περισσότεροι στους επιβάτες IMM (56%) από ότι στους επιβάτες MMM (36%).

5.3.1.10 Επιβάτες με προέλευση μετακίνησης από το Λεκανοπέδιο Αττικής



Σχήμα 5.16 Ιστόγραμμα σχετικών συχνοτήτων WtP (€) για τους επιβάτες με προέλευση μετακίνησης από το Λεκανοπέδιο Αττικής

Έλεγχος καλής προσαρμογής:

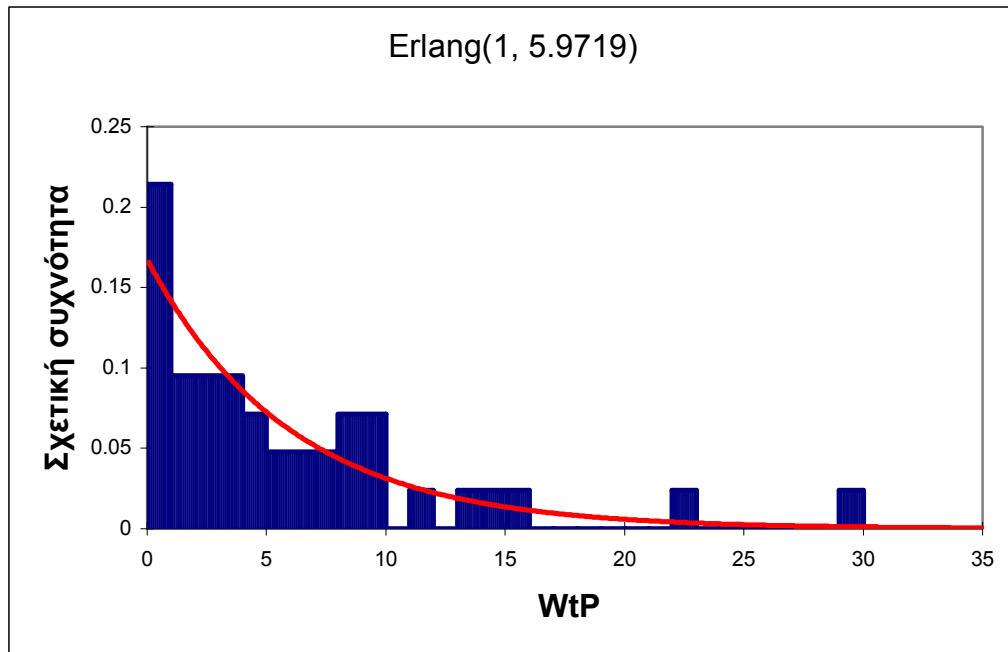
$$\chi^2 = 2442 > \chi^2 = 45.3(\alpha=0.001)$$

άρα η εκθετική κατανομή δεν προσαρμόζει στα δεδομένα.

Πίνακας 5.11 Στατιστικά στοιχεία WtP (€) για τους επιβάτες με προέλευση μετακίνησης από το Λεκανοπέδιο Αττικής

Minimum	0
Maximum	18.13
Mean	1.1677
Mode	0.0000
Median	0
Std. Deviation	2.0321
Variance	4.12
Skewness	3.1944
Kurtosis	18.8838

5.3.1.11 Επιβάτες με προέλευση μετακίνησης από την επαρχία



Σχήμα 5.17 Ιστόγραμμα σχετικών συχνοτήτων WtP (€) για τους επιβάτες με προέλευση μετακίνησης από την επαρχία

Έλεγχος καλής προσαρμογής:

$$\chi^2 = 4.5 < \chi^2 = 24.3 (\alpha=0.001)$$

Παρατηρούμε ότι το δείγμα περιγράφεται στατιστικώς ικανοποιητικά από την εκθετική κατανομή.

Πίνακας 5.12 Στατιστικά στοιχεία WtP (€) για τους επιβάτες με προέλευση μετακίνησης από την επαρχία

Minimum	0
Maximum	30
Mean	5.9719
Mode	0.0000
Median	4.14
Std. Deviation	6.2776
Variance	38.469
Skewness	1.8396
Kurtosis	7.0573

Παρατηρήσεις:

1. Οι ταξιδιώτες από επαρχία έχουν σαφώς υψηλότερη προθυμία πληρωμής (μέσος όρος=6.0 €) από τους εντός Λεκανοπεδίου Αττικής επιβάτες (μέσος όρος=1.2 €).
2. Το ποσοστό αυτών που έχουν $WtP=0$ είναι χαμηλό για τους επιβάτες από επαρχία, 17%. Αντίθετα, στους επιβάτες από το Λεκανοπέδιο Αττικής το ποσοστό είναι 53%.

5.3.2 Προθυμία πληρωμής για μείωση κατά 15min του χρόνου πρόσβασης

Ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία με αυτήν που περιγράφηκε προηγουμένως. Σε κάθε επιβάτη εφαρμόστηκε μια μείωση κατά 15min του χρόνου πρόσβασής του και υπολογίστηκε η προθυμία πληρωμής για αυτή τη μείωση χρόνου. Σε όσους επιβάτες είχαν χρόνο πρόσβασης $T \leq 15\text{min}$, η συνάρτηση έδωσε $WtP=0$ €. Σε όσους επιβάτες είχαν χρόνο πρόσβασης $15 < T \leq 24$, εφαρμόστηκε το $\Delta T = 15\text{min}$ και η προθυμία πληρωμής υπολογίστηκε βάσει της κλίσης της ευθείας που είχε προκύψει από την ερώτηση για $\Delta T=10\text{min}$.

Οι τιμές για το δείγμα των ερωτηθέντων ακολουθούν κάποια τυχαία κατανομή. Με τη βοήθεια του λογισμικού Best Fit διερευνήθηκε κατά πόσο διάφορες γνωστές στατιστικές κατανομές μπορούν να περιγράψουν την πειραματική κατανομή.

Εξετάστηκαν κατανομές τόσο για όλο το δείγμα, όσο και για υποσύνολά του:

- ανά σκοπό μετακίνησης (εργασία, άλλο)

- ανά μεταφορικό μέσο πρόσβασης στο Αεροδρόμιο
- ανά προέλευση μετακίνησης (εντός Λεκανοπεδίου Αττικής, επαρχία)

Τα διαγράμματα που εξάγονται είναι της ακριβώς της ίδιας μορφής με πριν. Δηλαδή υπάρχει μια σαφής υπεροχή της κατηγορίας με $WtP = 0$, και παρατηρείται εκθετική μείωση των σχετικών συχνοτήτων με την αύξηση του WtP .

Χάριν εποπτικότητας της εργασίας, δεν παρουσιάζονται ξανά τα αντίστοιχα διαγράμματα (για λεπτομέρειες βλ. Παράρτημα Β). Ωστόσο, υπογραμμίζονται οι σπουδαιότερες παρατηρήσεις που προκύπτουν από την εξέτασή τους:

1. Η κατανομή για το WtP των επιβατών που προέρχονται από την επαρχία περιγράφεται ικανοποιητικά από την εκθετική κατανομή με παράμετρο $\alpha = 0.5099$.
2. Οι υπόλοιπες κατανομές δεν μπορούν να περιγραφούν από κάποια γνωστή κατανομή. Ωστόσο, η κατανομή που προσαρμόζει καλύτερα στα στοιχεία είναι και πάλι η Εκθετική Κατανομή.
3. Οι επιβάτες που έχουν για σκοπό μετακίνησης την εργασία, έχουν υψηλότερη προθυμία πληρωμής από τους υπόλοιπους επιβάτες.
4. Οι επιβάτες που χρησιμοποίησαν Ιδιωτικό Μέσο Μεταφοράς για να φτάσουν στο Αεροδρόμιο, έχουν υψηλότερη προθυμία πληρωμής από αυτούς που χρησιμοποίησαν Μαζικά Μέσα Μεταφοράς.
5. Οι επιβάτες που έφτασαν με ταξί στο Αεροδρόμιο παρουσιάζουν το υψηλότερο μέσο όρο $WtP = 2.4 \text{ €}$ για μείωση κατά 15min του χρόνου πρόσβασής τους, σε σχέση με τους επιβάτες που χρησιμοποίησαν τα υπόλοιπα μέσα. Ταυτόχρονα, η κατηγορία αυτή έχει και το υψηλότερο ποσοστό (66%) επιβατών που δήλωσαν $WtP = 0$.

5.3.3 Σύνοψη αποτελεσμάτων

Στον ακόλουθο πίνακα συνοψίζονται τα αποτελέσματα του μέσου όρου της προθυμίας πληρωμής για 25% μείωση επί του αρχικού χρόνου πρόσβασης και για 15min μείωση χρόνου πρόσβασης.

Πίνακας 5.13 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα προθυμίας πληρωμής για μείωση χρόνου πρόσβασης στο Αεροδρόμιο

	25% Μείωση χρόνου μετακίνησης	15min Μείωση χρόνου μετακίνησης
Κατηγορία Επιβατών	Μέση τιμή προθυμίας πληρωμής (€)	
Σύνολο	1.60	1.70
Σύνολο εκτός αυτών με WtP=0	2.70	2.90
Σκοπός: Εργασία	1.80	2.20
Σκοπός: Άλλο	1.40	1.30
Μέσο: Ι.Χ.	1.50	1.50
Μέσο: Ταξί	1.70	2.40
Μέσο: Λεωφορείο	1.20	1.00
Μέσο: Μετρό/Προαστιακός	2.20	1.60
Μέσο: Ι.Μ.Μ.	1.80	1.90
Μέσο: Μ.Μ.Μ.	1.60	1.30
Προέλευση: Λεκανοπέδιο Αττικής	1.20	1.70
Προέλευση: Επαρχία	6.00	1.20

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

6.1 Γενικά

Στο προηγούμενο κεφάλαιο, σημειώθηκαν ορισμένες παρατηρήσεις για κατηγορίες επιβατών που έχουν υψηλότερο προθυμία πληρωμής για εξοικονόμηση χρόνου πρόσβασης στο Αεροδρόμιο, σε σύγκριση με κάποιες άλλες.

Επιπρόσθετα, τα αποτελέσματα απεικονίστηκαν και σε διαγράμματα διασποράς (scatter diagrams) προκειμένου να αποκτηθεί μια πρώτη αίσθηση για το πώς μεταβάλλεται το WtP (=προθυμία πληρωμής) συναρτήσει κάποιων μεταβλητών.

Ανακύπτουν έτσι διάφορα ερωτήματα, κατά πόσο κάποιες παρατηρήσεις μπορούν να χαρακτηριστούν ως τυχαίες ή να είναι στατιστικά αποδεκτές. Οι απαντήσεις δίνονται μέσω συγκεκριμένων μεθόδων, οι οποίες ονομάζονται έλεγχοι στατιστικών υποθέσεων. Στη συνέχεια παρουσιάζεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την εφαρμογή τέτοιων ελέγχων.

6.2 Στατιστικές έννοιες

6.2.1 Έλεγχος στατιστικής υπόθεσης

Γίνεται μια υπόθεση για μια στατιστική παράμετρο ενός πληθυσμού (π.χ. $\mu = 80$). Η υπόθεση θεωρείται ως αληθής, εκτός αν μπορεί να αποδειχθεί στατιστικώς ότι είναι λανθασμένη. Η υπόθεση αυτή ονομάζεται ως “μηδενική υπόθεση” (υπόθεση που πρέπει να μηδενιστεί) και συμβολίζεται με H_0 .

Η εναλλακτική υπόθεση H_a , είναι μια υπόθεση για όλα τα συμπληρωματικά ενδεχόμενα της H_0 (εν προκειμένω $\mu \neq 80$).

Χρησιμοποιώντας διάφορες τεχνικές, εξάγονται κάποια συμπεράσματα για τον αν είναι στατιστικώς αποδεκτό να απορριφθεί η μηδενική υπόθεση. Τα δυνατά συμπεράσματα του ελέγχου είναι δύο:

1. Είναι στατιστικώς αποδεκτό να απορριφθεί η μηδενική υπόθεση.
2. Δεν είναι στατιστικώς αποδεκτό να απορριφθεί η μηδενική υπόθεση.

Τονίζεται ότι το δεύτερο συμπέρασμα δε σημαίνει κατ' ανάγκη ότι η μηδενική υπόθεση είναι αληθής.

Τα πιθανά ενδεχόμενα του στατιστικού ελέγχου είναι τα εξής:

Πίνακας 6.1 Πιθανά ενδεχόμενα ενός στατιστικού ελέγχου

Αποτέλεσμα Ελέγχου	Πραγματικότητα	
	H_0 αληθής	H_0 ψευδής
Απόρριψη	Σφάλμα $P(\text{Σφάλμα I}) = \alpha$	I Σωστή απόφαση
Μη-απόρριψη	Σωστή απόφαση	Σφάλμα II $P(\text{Σφάλμα II}) = \beta$

Υπάρχουν δύο ειδών τεχνικές για να γίνει ο έλεγχος της μηδενικής υπόθεσης. Η πρώτη ομάδα τεχνικών θεωρεί ότι το υπό εξέταση δείγμα ακολουθεί περίπου την κανονική κατανομή, είναι επαρκώς μεγάλου μεγέθους και οι παράμετροι που εξετάζει μετρώνται σε συνεχή αριθμητική κλίμακα (ratio ή interval).

Η δεύτερη ομάδα τεχνικών δεν κάνει παραδοχές σχετικά με τις παραμέτρους του υπό εξέταση πληθυσμού, και σε πολλές περιπτώσεις ούτε για την κατανομή του πληθυσμού. Οι μέθοδοι αυτές ονομάζονται μη-παραμετρικές μέθοδοι.

Όπως σημειώθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, η κατανομή του WtP είναι εκθετική, άρα και εντόνως μη-κανονική. Επομένως, η πρώτη ομάδα τεχνικών δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Για το λόγο αυτό ο έλεγχος των στατιστικών υποθέσεων θα γίνει εφαρμόζοντας μη-παραμετρικές μεθόδους.

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτήν την εργασία είναι:

- Ο Mann-Whitney U έλεγχος
- Ο Διωνυμικός έλεγχος (binomial test)

Ακολουθεί μια σύντομη παρουσίαση αυτών των μεθόδων.

6.2.2 Ο Mann-Whitney U έλεγχος

Ο Mann-Whitney U έλεγχος ελέγχει αν οι μέσοι όροι δύο πληθυσμών είναι ίσοι. Προϋποθέτει ότι τα δύο δείγματα έχουν επιλεγεί τυχαία από δύο πληθυσμούς και είναι μεταξύ τους ανεξάρτητα. Η μηδενική και η εναλλακτική υπόθεση του ελέγχου είναι

H_0 : Οι κατανομές των δύο δειγμάτων έχουν επιλεγεί από τον ίδιο πληθυσμό

H_a : Οι κατανομές των δύο δειγμάτων έχουν επιλεγεί από δύο διαφορετικούς πληθυσμούς

Τα δύο δείγματα συνενώνονται και όλες οι παρατηρήσεις κατατάσσονται από τη μικρότερη προς τη μεγαλύτερη τιμή. Η μικρότερη παρατήρηση παίρνει την τιμή 1 και η μεγαλύτερη την τιμή n . Το άθροισμα των κατατάξεων κάθε παρατήρησης από το πρώτο δείγμα συμβολίζεται ως R_1 , ενώ από το δεύτερο δείγμα ως R_2 . Υπολογίζεται το κριτήριο U :

$$U = n_1 n_2 + \frac{n_1(n_1 + 1)}{2} - R_1$$

όπου n_1, n_2 το μέγεθος του δείγματος 1 και 2 αντίστοιχα.

Το U κριτήριο αποτελεί μέτρο της διαφοράς μεταξύ των κατατάξεων των παρατηρήσεων των δύο δειγμάτων. Για μεγάλα σχετικά δείγματα ($n_1 \geq 10$ και $n_2 \geq 10$), η κατανομή του U κριτηρίου προσεγγίζεται ικανοποιητικά από την κανονική κατανομή. Η αναμενόμενη τιμή του U είναι

$$E(U) = \frac{n_1 n_2}{2}$$

και η τυπική απόκλιση του U είναι

$$\sigma_U = \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12}}$$

Το κριτήριο ελέγχου της μηδενικής υπόθεσης είναι:

$$Z = \frac{U - E(U)}{\sigma_U} .$$

6.2.3 Ο Διωνυμικός έλεγχος

Λέμε ότι η (διακριτή) τυχαία μεταβλητή X ακολουθεί τη διωνυμική κατανομή με παραμέτρους n, p ($n \in \mathbb{N}, 0 < p < 1$), όταν έχει ως συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας την

$$p_k = P(X = k) = \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k} \equiv b(k|n, p) \quad (k = 0, 1, \dots, n)$$

Έστω το τυχαίο δείγμα $X_1, \dots, X_n$ από το διωνυμικό πληθυσμό $\{X, (0, 1, \dots, n)\}$. Η εκτιμήτρια μεγίστης πιθανοφάνειας της πιθανότητας επιτυχίας p δίνεται από τη σχέση:

$$\hat{p} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

Επειδή $E[\hat{p}] = p$ και $V[\hat{p}] = p(1-p)/n$, από το Κεντρικό Οριακό Θεώρημα θα έχουμε ότι

$$\frac{\hat{p} - p}{\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}} \sim N(0, 1)$$

Αν στη θέση της διασποράς $p(1-p)/n$ θέσουμε την εκτιμήτριά της $\hat{p}(1-\hat{p})/n$, το διάστημα εμπιστοσύνης της πιθανότητας επιτυχίας p θα είναι

$$\hat{p} - z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n}} < p < \hat{p} + z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n}}$$

6.3 Εφαρμογή ελέγχων

Όπως και στο προηγούμενο κεφάλαιο, εξετάστηκαν οι περιπτώσεις για -25% και -15min μείωση του χρόνου πρόσβασης στο Αεροδρόμιο. Στη συνέχεια παρουσιάζονται έλεγχοι στατιστικών υποθέσεων, για κάθε μία από τις δύο περιπτώσεις. Οι έλεγχοι πραγματοποιήθηκαν μέσω του στατιστικού προγράμματος SPSS 11.0.

6.3.1 Μείωση κατά 25% του αρχικού χρόνου πρόσβασης

6.3.1.1 Σκοπός ταξιδιού

Η προθυμία πληρωμής των επιβατών που έχουν σκοπό ταξιδιού την εργασία είναι υψηλότερη από αυτή των υπολοίπων επιβατών για 25% μείωση του χρόνου πρόσβασης στο Αεροδρόμιο.

Εφαρμόστηκε ο Mann-Whitney U έλεγχος για τους μέσους όρους WtP των δύο κατηγοριών. Η μηδενική υπόθεση είναι ότι

$$H_0: \text{WtP}_{\text{business}} = \text{WtP}_{\text{other}}$$

Πίνακας 6.2 Αποτελέσματα Mann-Whitney U ελέγχου για σκοπό ταξιδιού (25% μείωση χρόνου πρόσβασης)

Test Statistics ^a	
	WtP (€)
Mann-Whitney U	26365.000
Wilcoxon W	67693.000
Z	-1.635
Asymp. Sig. (2-tailed)	.102

a. Grouping Variable: PURPOSE

Παρατηρούμε ότι το κριτήριο ελέγχου ικανοποιείται για μονόπλευρο έλεγχο και επίπεδο εμπιστοσύνης 0.90, γιατί

$$|Z| = 1.635 > |Z_{cr}| = 1.28$$

Μια πιθανή εξήγηση είναι ότι οι συγκεκριμένοι επιβάτες συνήθως φτάνουν λίγη ώρα πριν την πτήση τους στο Αεροδρόμιο, οπότε τους ενδιαφέρει να φτάσουν όσο το δυνατόν συντομότερα.

6.3.1.2 Προέλευση μετακίνησης

Η προθυμία πληρωμής των επιβατών που έρχονται στο Αεροδρόμιο από περιοχή εκτός Λεκανοπεδίου Αττικής είναι υψηλότερη από αυτή των υπολοίπων επιβατών για 25% μείωση του χρόνου πρόσβασης στο Αεροδρόμιο.

Εφαρμόστηκε ο Mann-Whitney U έλεγχος για τους μέσους όρους WtP των δύο κατηγοριών. Η μηδενική υπόθεση είναι ότι

$$H_0: \text{WtP}_{\text{επαρχία}} = \text{WtP}_{\text{Λεκανοπέδιο Αττικής}}$$

Πίνακας 6.3 Αποτελέσματα Mann-Whitney U ελέγχου για προέλευση μετακίνησης (25% μείωση χρόνου πρόσβασης)

Test Statistics ^a	
	WtP (€)
Mann-Whitney U	3669.500
Wilcoxon W	102459.5
Z	-7.134
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000

a. Grouping Variable: ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ

Παρατηρούμε ότι το κριτήριο ελέγχου ικανοποιείται για μονόπλευρο έλεγχο και επίπεδο εμπιστοσύνης 0.90, γιατί

$$|Z| = 7.134 > |Z_{cr}| = 1.28$$

Όσοι επιβάτες έρχονται στο Αεροδρόμιο από περιοχές εκτός του Λεκανοπεδίου Αττικής πραγματοποιούν υπεραστικό ταξίδι, μια σαφώς κουραστική μετακίνηση. Επομένως μια κοινή αναλογικά μείωση του χρόνου πρόσβασης για όλους τους επιβάτες θα είναι περισσότερο ελκυστική για τους επιβάτες που ξεκινούν από την επαρχία.

6.3.1.3 Μέσο πρόσβασης στο Αεροδρόμιο

Η προθυμία πληρωμής των επιβατών που έρχονται στο Αεροδρόμιο με Ιδιωτικό Μέσο Μετακίνησης είναι υψηλότερη από αυτή των υπολοίπων επιβατών για 25% μείωση του χρόνου πρόσβασης στο Αεροδρόμιο.

Εφαρμόστηκε ο Mann-Whitney U έλεγχος για τους μέσους όρους WtP των δύο κατηγοριών. Η μηδενική υπόθεση είναι ότι

$$H_0: \text{WtP}_{\text{IMM}} = \text{WtP}_{\text{MMM}}$$

Πίνακας 6.4 Αποτελέσματα Mann-Whitney U ελέγχου για μέσο πρόσβασης στο Αεροδρόμιο (25% μείωση χρόνου πρόσβασης)

Test Statistics ^a	
	WtP (€)
Mann-Whitney U	21070.500
Wilcoxon W	80410.500
Z	-2.666
Asymp. Sig. (2-tailed)	.008

a. Grouping Variable: ΜΕΣΟ

Παρατηρούμε ότι το κριτήριο ελέγχου ικανοποιείται για μονόπλευρο έλεγχο και επίπεδο εμπιστοσύνης 0.90, γιατί

$$|Z| = 2.666 > |Z_{cr}| = 1.28$$

Για τη διαφοροποίηση επιβατών IMM και MMM, σε γενικές γραμμές μπορεί να γίνει ο ισχυρισμός ότι για να επιλέξει ο επιβάτης το ιδιωτικό μέσο μεταφοράς, που συνήθως είναι ταχύτερο έναντι του δημόσιου, έχει υψηλότερη αξία εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης, και κατά συνέπεια μεγαλύτερη προθυμία πληρωμής για μείωση χρόνου μετακίνησης.

6.3.1.4 Μέσο πρόσβασης στο Αεροδρόμιο για όσους ξεκινούν από το Λεκανοπέδιο Αττικής

Για όσους ξεκινούν να έρθουν στο Αεροδρόμιο από εντός του Λεκανοπεδίου Αττικής, η προθυμία πληρωμής των επιβατών που χρησιμοποιούν Ιδιωτικό Μέσο Μετακίνησης είναι υψηλότερη από των επιβατών που χρησιμοποιούν Μέσο Μαζικής Μεταφοράς, για 25% μείωση του χρόνου πρόσβασης στο Αεροδρόμιο.

Εφαρμόστηκε ο Mann-Whitney U έλεγχος για τους μέσους όρους WtP των δύο κατηγοριών. Η μηδενική υπόθεση είναι ότι

$$H_0: \text{WtP}_{\text{IMM}} = \text{WtP}_{\text{MMM}}$$

Πίνακας 6.5 Αποτελέσματα Mann-Whitney U ελέγχου για μέσο πρόσβασης όσων ξεκινούν από το Λεκανοπέδιο Αττικής (25% μείωση χρόνου πρόσβασης)

Test Statistics ^a	
	WtP (€)
Mann-Whitney U	17171.500
Wilcoxon W	66941.500
Z	-2.784
Asymp. Sig. (2-tailed)	.005

a. Grouping Variable: MESO

Παρατηρούμε ότι το κριτήριο ελέγχου ικανοποιείται για μονόπλευρο έλεγχο και επίπεδο εμπιστοσύνης 0.90, γιατί

$$|Z| = 2.784 > |Z_{cr}| = 1.28$$

Στην περίπτωση αυτή ισχύουν όσα αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο, ότι οι επιβάτες IMM έχουν συνήθως υψηλότερη αξία εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης, και κατά συνέπεια μεγαλύτερη προθυμία πληρωμής για μείωση χρόνου μετακίνησης.

6.3.1.5 Προορισμός πτήσης

Η προθυμία πληρωμής των επιβατών που ταξιδεύουν στο εσωτερικό της χώρας δεν είναι διαφορετική από αυτή των υπολοίπων επιβατών για 25% μείωση του χρόνου πρόσβασης στο Αεροδρόμιο.

Εφαρμόστηκε ο Mann-Whitney U έλεγχος για τους μέσους όρους WtP των δύο κατηγοριών. Η μηδενική υπόθεση είναι ότι

$$H_0: \text{WtP}_{\text{ΕΣΩΤ}} = \text{WtP}_{\text{ΕΞΩΤ}}$$

Πίνακας 6.6 Αποτελέσματα Mann-Whitney U ελέγχου για προορισμό πτήσης (25% μείωση χρόνου πρόσβασης)

Test Statistics ^a	
	WtP (€)
Mann-Whitney U	25549.000
Wilcoxon W	78850.000
Z	-.508
Asymp. Sig. (2-tailed)	.611

a. Grouping Variable: PTISI

Παρατηρούμε ότι το κριτήριο ελέγχου δεν ικανοποιείται για μονόπλευρο έλεγχο και επίπεδο εμπιστοσύνης 0.90, γιατί

$$|Z| = 0.508 < |Z_{cr}| = 1.28$$

Επομένως η μηδενική υπόθεση δεν μπορεί να απορριφθεί.

6.3.1.6 Επιβάτες με μηδενική προθυμία πληρωμής

Οι επιβάτες με WtP=0 για 25% μείωση του χρόνου πρόσβασης έχουν μικρότερο χρόνο πρόσβασης στο Αεροδρόμιο από αυτόν των υπολοίπων επιβατών.

Εφαρμόστηκε ο t - έλεγχος για τους μέσους όρους WtP των δύο κατηγοριών. Η μηδενική υπόθεση είναι ότι

$$H_0: \text{WtP}_{\text{ZERO}} = \text{WtP}_{\text{OTHER}}$$

Πίνακας 6.7 Αποτελέσματα t - ελέγχου για χρόνο πρόσβασης στο Αεροδρόμιο (25% μείωση χρόνου πρόσβασης)

Independent Samples Test						
	t-test for Equality of Means					
	t	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
ΧΡΟΝΟΣ Equal variance not assumed	-7.958	.000	-30.86	3.877	-38.481	-23.229

Παρατηρούμε ότι το κριτήριο ελέγχου ικανοποιείται για μονόπλευρο έλεγχο και επίπεδο εμπιστοσύνης 0.90 με 484 βαθμούς ελευθερίας, γιατί

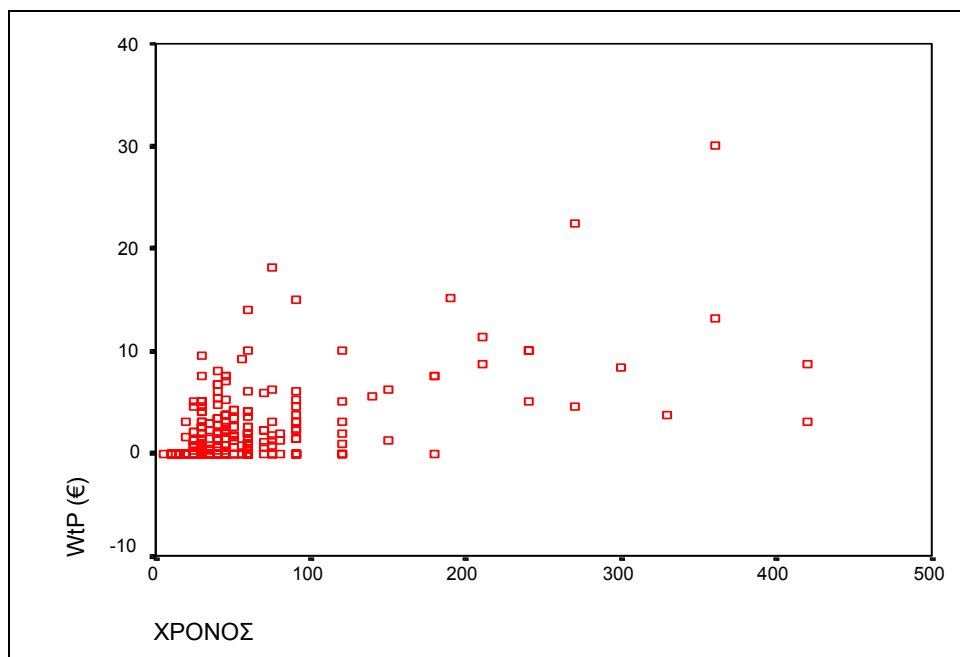
$$|t| = 7.958 > |t_{cr}| = 1.28$$

Το συμπέρασμα αποτελεί ένδειξη που οδηγεί στην πρόταση της επόμενης παραγράφου, ότι υπάρχει συσχέτιση χρόνου πρόσβασης και προθυμίας πληρωμής.

6.3.1.7 Συσχέτιση χρόνου πρόσβασης και προθυμίας πληρωμής για εξοικονόμηση χρόνου πρόσβασης

Για 25% μείωση του χρόνου πρόσβασης στο Αεροδρόμιο, υπάρχει θετική γραμμική συσχέτιση χρόνου πρόσβασης στο Αεροδρόμιο και προθυμίας πληρωμής (όταν αυξάνεται ο χρόνος πρόσβασης, η προθυμία πληρωμής για μείωση του χρόνου πρόσβασης επίσης αυξάνεται).

Το συμπέρασμα διαπιστώνεται καταρχήν εμπειρικά, από το παρακάτω διάγραμμα διασποράς:



Σχήμα 6.1 Διάγραμμα διασποράς χρόνου πρόσβασης(min) στο Αεροδρόμιο και προθυμίας πληρωμής(€) για 25% μείωση χρόνου πρόσβασης

Η μαθηματική απόδειξη της πρότασης γίνεται με τη βοήθεια του συντελεστή συσχέτισης Pearson product-moment correlation:

$$r = \frac{COV_S(X, Y)}{s_X s_Y} \quad \text{όπου}$$

$$COV_S(X, Y) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})(y_i - \bar{Y})}{n-1} \quad \text{και}$$

s_X, s_Y οι τυπικές αποκλίσεις των δειγμάτων.

Τα αποτελέσματα συγκεντρώνονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 6.8 Συντελεστής συσχέτισης χρόνου πρόσβασης στο Αεροδρόμιο και προθυμίας πληρωμής(€) για 25% μείωση χρόνου πρόσβασης

Correlations			
		ΧΡΟΝΟΣ	WtP (€)
ΧΡΟΝΟΣ	Pearson Correlation	1	.559**
	Sig. (2-tailed)	.	.000
	N	486	486
WtP (€)	Pearson Correlation	.559**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.
	N	486	486

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Όπως παρατηρούμε, ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης προκύπτει θετικός

$$r = 0.559$$

για επίπεδο εμπιστοσύνης 0.99.

Το γεγονός ότι ο συντελεστής είναι θετικός, σημαίνει πως όταν αυξάνεται η μία μεταβλητή τότε αυξάνεται και η άλλη.

Το συμπέρασμα κρίνεται λογικό, διότι όπως αναλύθηκε ο χρόνος μετακίνησης αποτελεί μια δραστηριότητα που είναι εν γένει δυσάρεστη και κουραστική, άρα οι άνθρωποι είναι πρόθυμοι να τη συντομεύσουν.

6.3.2 Μείωση κατά 15min του αρχικού χρόνου πρόσβασης

6.3.2.1 Σκοπός ταξιδιού

Η προθυμία πληρωμής των επιβατών που έχουν σκοπό ταξιδιού την εργασία είναι υψηλότερη από αυτή των υπολοίπων επιβατών για 15min μείωση του χρόνου πρόσβασης στο Αεροδρόμιο.

Εφαρμόστηκε ο Mann-Whitney U έλεγχος για τους μέσους όρους WtP των δύο κατηγοριών. Η μηδενική υπόθεση είναι ότι

$$H_0: \text{WtP}_{\text{business}} = \text{WtP}_{\text{other}}$$

Πίνακας 6.9 Αποτελέσματα Mann-Whitney U ελέγχου για σκοπό ταξιδιού (μείωση 15min)

Test Statistics ^a	
	WtP (€)
Mann-Whitney U	25102.000
Wilcoxon W	66430.000
Z	-2.538
Asymp. Sig. (2-tailed)	.011

a. Grouping Variable: PURPOSE

Παρατηρούμε ότι το κριτήριο ελέγχου ικανοποιείται για μονόπλευρο έλεγχο και επίπεδο εμπιστοσύνης 0.90, γιατί

$$|Z| = 2.538 > |Z_{cr}| = 1.28$$

Μια πιθανή εξήγηση είναι ότι οι συγκεκριμένοι επιβάτες συνήθως φτάνουν λίγη ώρα πριν την πτήση τους στο Αεροδρόμιο, οπότε τους ενδιαφέρει να φτάσουν όσο το δυνατόν συντομότερα.

6.3.2.2 Προέλευση μετακίνησης

Η προθυμία πληρωμής των επιβατών που έρχονται στο Αεροδρόμιο από περιοχή εκτός Λεκανοπεδίου Αττικής είναι χαμηλότερη από αυτή των υπολοίπων επιβατών για 15min μείωση του χρόνου πρόσβασης στο Αεροδρόμιο.

Εφαρμόστηκε ο Mann-Whitney U έλεγχος για τους μέσους όρους WtP των δύο κατηγοριών. Η μηδενική υπόθεση είναι ότι

$$H_0: \text{WtP}_{\text{επαρχία}} = \text{WtP}_{\text{Λεκανοπέδιο Αττικής}}$$

Πίνακας 6.10 Αποτελέσματα Mann-Whitney U ελέγχου για προέλευση μετακίνησης (μείωση 15min)

Test Statistics ^a	
	WtP (€)
Mann-Whitney U	7398.500
Wilcoxon W	106188.5
Z	-2.626
Asymp. Sig. (2-tailed)	.009

a. Grouping Variable: ΛΕΚΑΝ/ΕΠΑΡΧΙΑ

Παρατηρούμε ότι το κριτήριο ελέγχου ικανοποιείται για μονόπλευρο έλεγχο και επίπεδο εμπιστοσύνης 0.90, γιατί

$$|Z| = 2.626 > |Z_{cr}| = 1.28$$

Το συμπέρασμα εξηγείται διότι η προτεινόμενη μείωση των 15min αποτελεί πολύ μικρό ποσοστό επί του συνολικού χρόνου πρόσβασης των επιβατών που ξεκινούν από περιοχές εκτός του Λεκανοπεδίου Αττικής.

6.3.2.3 Μέσο πρόσβασης στο Αεροδρόμιο

Η προθυμία πληρωμής των επιβατών που έρχονται στο Αεροδρόμιο με Ιδιωτικό Μέσο Μετακίνησης είναι υψηλότερη από αυτή των υπολοίπων επιβατών για 15min μείωση του χρόνου πρόσβασης στο Αεροδρόμιο.

Εφαρμόστηκε ο Mann-Whitney U έλεγχος για τους μέσους όρους WtP των δύο κατηγοριών. Η μηδενική υπόθεση είναι ότι

$$H_0: \text{WtP}_{\text{IMM}} = \text{WtP}_{\text{MMM}}$$

Πίνακας 6.11 Αποτελέσματα Mann-Whitney U ελέγχου για μέσο πρόσβασης στο Αεροδρόμιο (μείωση 15min)

Test Statistics ^a	
	WtP (€)
Mann-Whitney U	22291.000
Wilcoxon W	81631.000
Z	-1.756
Asymp. Sig. (2-tailed)	.079

a. Grouping Variable: MESO

Παρατηρούμε ότι το κριτήριο ελέγχου ικανοποιείται για μονόπλευρο έλεγχο και επίπεδο εμπιστοσύνης 0.90, γιατί

$$|Z| = 1.756 > |Z_{cr}| = 1.28$$

Για τη διαφοροποίηση επιβατών IMM και MMM, σε γενικές γραμμές μπορεί να γίνει ο ισχυρισμός ότι για να επιλέξει ο επιβάτης το ιδιωτικό μέσο μεταφοράς, που συνήθως είναι ταχύτερο έναντι του δημόσιου, έχει υψηλότερη αξία εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης, και κατά συνέπεια μεγαλύτερη προθυμία πληρωμής για μείωση χρόνου μετακίνησης.

6.3.2.4 Μέσο πρόσβασης στο Αεροδρόμιο για όσους ξεκινούν από το Λεκανοπέδιο Αττικής

Για όσους ξεκινούν να έρθουν στο Αεροδρόμιο από εντός του Λεκανοπεδίου Αττικής, η προθυμία πληρωμής των επιβατών που χρησιμοποιούν Ιδιωτικό Μέσο Μετακίνησης είναι υψηλότερη από των επιβατών που χρησιμοποιούν Μέσο Μαζικής Μεταφοράς, για 15min μείωση του χρόνου πρόσβασης στο Αεροδρόμιο.

Εφαρμόστηκε ο Mann-Whitney U έλεγχος για τους μέσους όρους WtP των δύο κατηγοριών. Η μηδενική υπόθεση είναι ότι

$$H_0: \text{WtP}_{\text{IMM}} = \text{WtP}_{\text{MMM}}$$

Πίνακας 6.12 Αποτελέσματα Mann-Whitney U ελέγχου για μέσο πρόσβασης στο Αεροδρόμιο όσων ξεκινούν από το Λεκανοπέδιο Αττικής (μείωση 15min)

Test Statistics ^a	
	WtP (€)
Mann-Whitney U	18512.500
Wilcoxon W	68282.500
Z	-1.601
Asymp. Sig. (2-tailed)	.109

a. Grouping Variable: MESO

Παρατηρούμε ότι το κριτήριο ελέγχου ικανοποιείται για μονόπλευρο έλεγχο και επίπεδο εμπιστοσύνης 0.90, γιατί

$$|Z| = 1.601 > |Z_{cr}| = 1.28$$

Στην περίπτωση αυτή ισχύουν όσα αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο, ότι οι επιβάτες IMM έχουν συνήθως υψηλότερη αξία

εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης, και κατά συνέπεια μεγαλύτερη προθυμία πληρωμής για μείωση χρόνου μετακίνησης.

6.2.3.5 Προορισμός πτήσης

Η προθυμία πληρωμής των επιβατών που ταξιδεύουν στο εσωτερικό της χώρας δεν είναι διαφορετική από αυτή των υπολοίπων επιβατών για 15min μείωση του χρόνου πρόσβασης στο Αεροδρόμιο.

Εφαρμόστηκε ο Mann-Whitney U έλεγχος για τους μέσους όρους WtP των δύο κατηγοριών. Η μηδενική υπόθεση είναι ότι

$$H_0: \text{WtP}_{\text{ΕΣΩΤ}} = \text{WtP}_{\text{ΕΞΩΤ}}$$

Πίνακας 6.13 Αποτελέσματα Mann-Whitney U ελέγχου για προορισμό πτήσης (μείωση 15min)

Test Statistics ^a	
	WtP (€)
Mann-Whitney U	24870.000
Wilcoxon W	78171.000
Z	-1.013
Asymp. Sig. (2-tailed)	.311

a. Grouping Variable: PTISI

Παρατηρούμε ότι το κριτήριο ελέγχου δεν ικανοποιείται για μονόπλευρο έλεγχο και επίπεδο εμπιστοσύνης 0.90, γιατί

$$|Z| = 1.013 < |Z_{cr}| = 1.28$$

Επομένως η μηδενική υπόθεση δεν μπορεί να απορριφθεί.

6.2.3.6 Επιβάτες με μηδενική προθυμία πληρωμής

Οι επιβάτες με μηδενική προθυμία πληρωμής έχουν μικρότερο χρόνο πρόσβασης από αυτόν των υπολοίπων επιβατών για 15min μείωση του χρόνου πρόσβασης στο Αεροδρόμιο.

Εφαρμόστηκε ο t - έλεγχος για τους μέσους όρους WtP των δύο κατηγοριών. Η μηδενική υπόθεση είναι ότι

$$H_0: \text{WtP}_{\text{ZERO}} = \text{WtP}_{\text{OTHER}}$$

Πίνακας 6.14 Αποτελέσματα t - ελέγχου για χρόνο πρόσβασης στο Αεροδρόμιο (μείωση 15min)

Independent Samples Test				
	t-test for Equality of Means			
	t	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
			Lower	Upper
ΧΡΟΝΟΣ Equal variances not assumed	7.881	3.811	22.540	37.529

Παρατηρούμε ότι το κριτήριο ελέγχου ικανοποιείται για μονόπλευρο έλεγχο και επίπεδο εμπιστοσύνης 0.90 με 484 βαθμούς ελευθερίας, γιατί

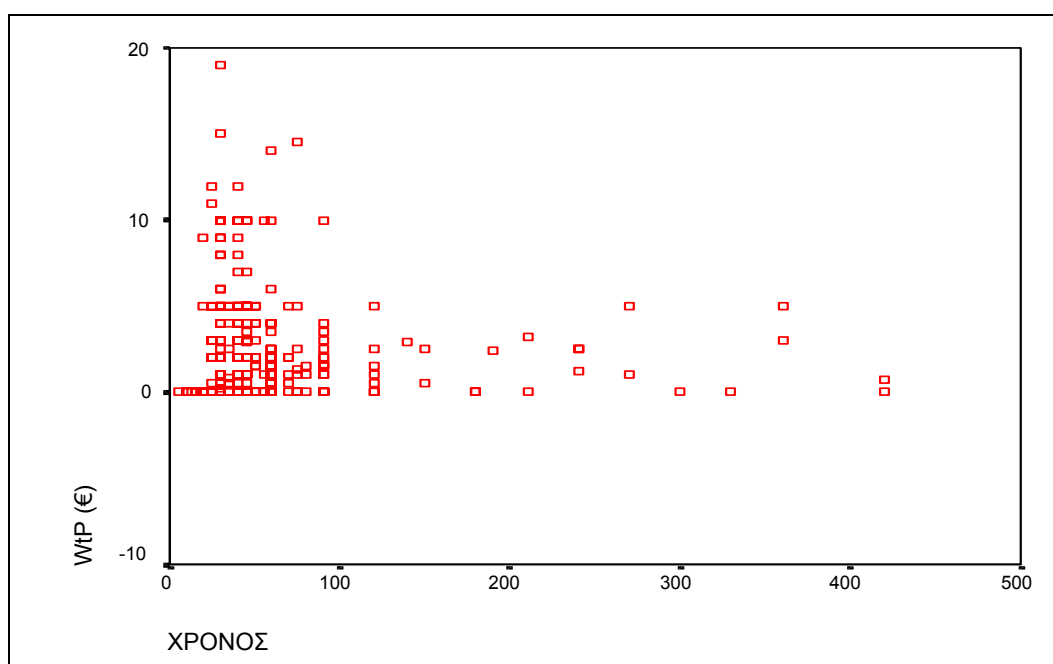
$$|t| = 7.881 > |t_{cr}| = 1.28$$

Ανεξαρτήτως της μείωσης χρόνου, συμπεραίνεται ότι οι επιβάτες που δεν έχουν προθυμία πληρωμής είναι αυτοί που φτάνουν σύντομα στο Αεροδρόμιο.

6.2.3.7 Συσχέτιση χρόνου πρόσβασης και προθυμίας πληρωμής για εξοικονόμηση χρόνου πρόσβασης

Για 15min μείωση του χρόνου πρόσβασης στο Αεροδρόμιο, δεν υπάρχει γραμμική συσχέτιση χρόνου πρόσβασης και προθυμίας πληρωμής για εξοικονόμηση χρόνου πρόσβασης στο Αεροδρόμιο.

Παραθέτουμε καταρχήν το διάγραμμα διασποράς:



Σχήμα 6.2 Διάγραμμα διασποράς χρόνου πρόσβασης(min) στο Αεροδρόμιο και προθυμία πληρωμής(€) για 15min μείωση χρόνου πρόσβασης

Ο συντελεστής συσχέτισης υπολογίζεται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 6.15 Συντελεστής συσχέτισης χρόνου πρόσβασης στο Αεροδρόμιο και προθυμία πληρωμής για 15min μείωση χρόνου πρόσβασης

Correlations			
		WtP (€)	ΧΡΟΝΟΣ
WtP (€)	Pearson Correlation	1	.013
	Sig. (2-tailed)	.	.771
	N	486	486
ΧΡΟΝΟΣ	Pearson Correlation	.013	1
	Sig. (2-tailed)	.771	.
	N	486	486

Παρατηρούμε ότι $r = 0.013$, δηλαδή δεν υφίσταται γραμμική συσχέτιση μεταξύ χρόνου πρόσβασης και WtP. Ωστόσο, όπως φαίνεται στο διάγραμμα, είναι πιθανό να υφίσταται μια σχέση της μορφής $Y = aEXP(\beta X)$.

6.3.2.8 Διωνυμικοί Έλεγχοι

Θεωρήθηκαν δύο διακριτά αποτελέσματα:

1. Ο επιβάτης έχει προθυμία πληρωμής για μείωση κατά 15min του χρόνου πρόσβασης στο Αεροδρόμιο ίση ή μεγαλύτερη από 1 €.
2. Ο επιβάτης έχει προθυμία πληρωμής για μείωση κατά 15min του χρόνου πρόσβασης στο Αεροδρόμιο μικρότερη από 1 €.

Με την εφαρμογή του Διωνυμικού ελέγχου εξάγονται τα συμπεράσματα:

1. Τουλάχιστον το 39% όσων επιβατών έρχονται με Ι.Χ. στο Αεροδρόμιο είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν 1 € (ή και περισσότερο) για εξοικονόμηση 15min χρόνου πρόσβασης.

Πιθανότητα σφάλματος τύπου Ι, $\alpha = 0.07$

2. Τουλάχιστον το 55% όσων επιβατών έρχονται με Ι.Χ. ως οδηγοί στο Αεροδρόμιο είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν 1 € (ή και περισσότερο) για εξοικονόμηση 15min χρόνου πρόσβασης.

Πιθανότητα σφάλματος τύπου I, $\alpha = 0.09$

3. Τουλάχιστον το 29% όσων επιβατών έρχονται με Ταξί στο Αεροδρόμιο είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν 1 € (ή και περισσότερο) για εξοικονόμηση 15min χρόνου πρόσβασης.

Πιθανότητα σφάλματος τύπου I, $\alpha = 0.09$

4. Τουλάχιστον το 43% όσων επιβατών έρχονται με Λεωφορείο στο Αεροδρόμιο είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν 1 € (ή και περισσότερο) για εξοικονόμηση 15min χρόνου πρόσβασης.

Πιθανότητα σφάλματος τύπου I, $\alpha = 0.10$

5. Τουλάχιστον το 50% όσων επιβατών έρχονται με Μετρό ή Προαστιακό στο Αεροδρόμιο είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν 1 € (ή και περισσότερο) για εξοικονόμηση 15min χρόνου πρόσβασης.

Πιθανότητα σφάλματος τύπου I, $\alpha = 0.10$

6. Τουλάχιστον το 49% όσων επιβατών έρχονται με Μέσα Μαζικής Μεταφοράς στο Αεροδρόμιο είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν 1 € (ή και περισσότερο) για εξοικονόμηση 15min χρόνου πρόσβασης.

Πιθανότητα σφάλματος τύπου I, $\alpha = 0.08$

7. Τουλάχιστον το 45% όσων επιβατών ταξιδεύουν για επαγγελματικό λόγο είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν 1 € (ή και περισσότερο) για εξοικονόμηση 15min χρόνου πρόσβασης.

Πιθανότητα σφάλματος τύπου I, $\alpha = 0.09$

8. Τουλάχιστον το 36% όλων επιβατών ταξιδεύουν για μη-επαγγελματικό είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν 1 € (ή και περισσότερο) για εξοικονόμηση 15min χρόνου πρόσβασης.

Πιθανότητα σφάλματος τύπου I, $\alpha = 0.07$

9. Τουλάχιστον το 41% όλων των επιβατών είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν 1 € (ή και περισσότερο) για εξοικονόμηση 15min χρόνου πρόσβασης.

Πιθανότητα σφάλματος τύπου I, $\alpha = 0.07$

6.3.3 Σύνοψη αποτελεσμάτων

Στους πίνακες 6.16 και 6.17 συνοψίζονται τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν σε αυτό το κεφάλαιο.

Πίνακας 6.16 Σύγκριση προθυμίας πληρωμής διάφορων κατηγοριών επιβατών

	Κατηγορία Επιβατών	Προθυμία πληρωμής	Κατηγορία Επιβατών
25% Μείωση χρόνου μετακίνησης	Εργασία	>	Άλλο
	Επαρχία	>	Λεκανοπέδιο Αττικής
	IMM	>	MMM
15min Μείωση χρόνου μετακίνησης	Εργασία	>	Άλλο
	Επαρχία	<	Λεκανοπέδιο Αττικής
	IMM	>	MMM

Πίνακας 6.17 Ποσοστά επιβατών που δήλωσαν πρόθυμοι να πληρώσουν 1 € ή και περισσότερο για 15min μείωση χρόνου πρόσβασης στο Αεροδρόμιο

Κατηγορία	Ποσοστό με Προθυμία πληρωμής ≥ 1 €
I.X.	39%
I.X. ως οδηγοί	55%
Ταξί	29%
Λεωφορείο	43%
Μετρό/Προαστιακός	50%
MMM	49%
Σκοπός: Εργασία	45%
Σύνολο Επιβατών	41%

7. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΓΙΑ ΠΡΟΘΥΜΙΑ ΠΛΗΡΩΜΗΣ

7.1 Στατιστικές έννοιες

Πριν προχωρήσουμε στη μαθηματική διατύπωση του προβλήματος, παραθέτονται χρήσιμες στατιστικές έννοιες που θα χρησιμοποιηθούν στη συνέχεια.

7.1.1 Γραμμική παλινδρόμηση

7.1.1.1 Βασικές παραδοχές της μεθόδου

Με τη μέθοδο της γραμμικής παλινδρόμησης διερευνάται η μαθηματική σχέση μεταξύ ενός ανύσματος ανεξάρτητων μεταβλητών X και μιας εξαρτημένης μεταβλητής Y . Οι θεμελιώδεις παραδοχές της μεθόδου είναι:

1. Η εξαρτημένη μεταβλητή Y είναι συνεχής μεταβλητή.
2. Η σχέση των μεταβλητών X και Y είναι γραμμική, δηλαδή

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \varepsilon_i$$

όπου ο προσθετέος ε_i εκφράζει το σφάλμα της συσχέτισης

3. Η αναμενόμενη τιμή του όρου σφάλματος είναι μηδέν

$$E[\varepsilon_i] = 0$$

4. Η διακύμανση του όρου σφάλματος είναι ανεξάρτητη του X

$$\text{Var}[\varepsilon_i] = \sigma^2$$

5. Δεν υφίσταται συνδιακύμανση μεταξύ των όρων σφάλματος

$$\text{COV}[\varepsilon_i, \varepsilon_j] = 0, \quad i \neq j$$

6. Δεν υφίσταται συνδιακύμανση μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών X και των όρων σφάλματος

$$\text{COV}[X_i, \varepsilon_j] = 0, \quad \text{για όλα τα } i \text{ και } j$$

7. Η κατανομή του όρου σφάλματος είναι περίπου κανονική

$$\varepsilon_i \approx N(0, \sigma^2)$$

7.1.1.2 Η μέθοδος των Ελαχίστων Τετραγώνων

Συμβολίζουμε με Y τις πραγματικές τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής και $\hat{Y}$ τις πειραματικές τιμές. Η μέθοδος των ελαχίστων τετραγώνων υπολογίζει τις αναμενόμενες τιμές B των πραγματικών παραμέτρων β του πληθυσμού, ελαχιστοποιώντας τη συνάρτηση

$$Q_{\min} = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2_{\min}$$

Οι παράμετροι υπολογίζονται τελικά από τις μαθηματικές σχέσεις:

$$B_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

και

$$B_0 = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n Y_i - B_1 \sum_{i=1}^n X_i \right) = \bar{Y} - B_1 \bar{X}$$

Για περισσότερες πληροφορίες ο αναγνώστης μπορεί να ανατρέξει στους *Washington, Karlaftis and Mannering*.

7.1.2 Το Δυναμικό Πρότυπο Probit

Έστω ένα σύνολο I διακριτών αποτελεσμάτων. Θεωρούμε τη γραμμική συνάρτηση V_{in} η οποία καθορίζει το διακριτό αποτέλεσμα i για την παρατήρηση n :

$$V_{in} = \beta_i X_{in} + \varepsilon_{in}$$

Το άνωσμα X_{in} περιλαμβάνει όλες τις μεταβλητές που επηρεάζουν το V_{in} και οι οποίες είναι παρατηρήσιμες. Το άνωσμα β_i περιλαμβάνει τις αντίστοιχες παραμέτρους του X_{in} και είναι κοινό για όλες τις παρατηρήσεις n . Ο όρος ε_{in} ονομάζεται παράμετρος σφάλματος (error term) και εκφράζει:

- Μεταβλητές που δεν έχουν παρατηρηθεί ή δεν μπορούν να παρατηρηθούν
- Την περίπτωση που η συνάρτηση V_{in} δεν είναι γραμμικής μορφής
- Μια πιθανή διακύμανση του β_i μεταξύ των παρατηρήσεων n .

Το πρόβλημα είναι να προσδιορισθεί η κατανομή που ακολουθεί το ε . Το ζήτημα αυτό έχει απασχολήσει πάρα πολλούς ερευνητές και έχουν προταθεί διάφορες λύσεις. Στο πρότυπο Probit θεωρείται ότι το ε ακολουθεί την κανονική κατανομή.

Η πιθανότητα $P_n(i)$ να παρατηρηθεί το διακριτό αποτέλεσμα i κατά την παρατήρηση n είναι

$$P_n(i) = P(V_{in} \geq V_{In}) \quad \forall I \neq i$$

Αντικαθιστώντας έχουμε

$$P_n(i) = P(\beta_i X_{in} + \varepsilon_{in} \geq \beta_I X_{In} + \varepsilon_{In}) \quad \forall I \neq i$$

ή ισοδύναμα

$$P_n(i) = P(\beta_i X_{in} - \beta_I X_{In} \geq \varepsilon_{In} - \varepsilon_{in}) \quad \forall I \neq i$$

Ας υποθέσουμε τώρα ότι υπάρχουν μόνο δύο δυνατά αποτελέσματα, άρα $i=1$ και $I=2$.

Έστω επίσης ότι η κατανομή του παράγοντα σφάλματος ε είναι η κανονική κατανομή. Τότε η αναμενόμενη τιμή των ε_{1n} και ε_{2n} θα είναι μηδέν, η διακύμανση σ_1^2 και σ_2^2 αντίστοιχα και η συνδιακύμανση σ_{12} . Επιπρόσθετα, και η διαφορά $\varepsilon_{1n} - \varepsilon_{2n}$ θα ακολουθεί κανονική κατανομή, με αναμενόμενη τιμή μηδέν και διακύμανση $\sigma^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 - 2\sigma_{12}$.

Άρα ολοκληρώνοντας τη σχέση:

$$\begin{aligned} P_n(i) &= P(\beta_i X_{in} - \beta_I X_{In} \geq \varepsilon_{In} - \varepsilon_{in}) \\ &= \int_{\varepsilon=-\infty}^{V_{1n}-V_{2n}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\varepsilon}{\sigma}\right)^2\right] d\varepsilon, \sigma > 0 \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{V_{1n}-V_{2n}} \exp\left[-\frac{1}{2}u^2\right] du = \Phi\left(\frac{V_{1n}-V_{2n}}{\sigma}\right) \end{aligned}$$

όπου Φ δηλώνει την τυποποιημένη αθροιστική κανονική κατανομή. Επομένως η πιθανότητα στην παρατήρηση n να συμβεί το ενδεχόμενο 1 είναι

$$P_n(1) = \Phi\left(\frac{\beta(x_{1n} - x_{2n})}{\sigma}\right).$$

Σημειώνεται ότι η τιμή $1/\sigma$ είναι η κλίμακα της συνάρτησης V και μπορεί να πάρει μια αυθαίρετη τιμή, συνήθως $\sigma=1$.

7.1.3 Εκτιμήτρια Μεγίστης Πιθανοφάνειας

Η βασική φιλοσοφία της μεθόδου είναι ότι διαφορετικοί πληθυσμοί παράγουν διαφορετικά δείγματα, δηλαδή ένα συγκεκριμένο δείγμα είναι πιθανότερο να αντιπροσωπεύει έναν πληθυσμό A παρά έναν οποιονδήποτε άλλο πληθυσμό B . Επομένως, για μια οποιαδήποτε παράμετρο θ του δείγματος, υπάρχει μια

συγκεκριμένη αριθμητική τιμή για την οποία το δείγμα είναι πιθανότερο να έχει προκύψει από τον υπό μελέτη πληθυσμό.

Η μέθοδος της Μεγίστης Πιθανοφάνειας αναζητάει την τιμή (ή την ομάδα τιμών) της παραμέτρου (ή των παραμέτρων) θ για την οποία η πιθανότητα να έχει προκύψει το δείγμα από τον υπό μελέτη πληθυσμό είναι η μέγιστη δυνατή.

Θεωρούμε ότι οι παρατηρήσεις του δείγματος έχουν ληφθεί ανεξάρτητες και τυχαία από τον πληθυσμό, η δεσμευμένη από τα θ πιθανότητα το δείγμα να έχει προκύψει από τον πληθυσμό είναι

$$L = \prod_{n=1}^N f(y_n | x_n, \theta)$$

Στη συνέχεια υπολογίζεται η παράμετρος $\hat{\theta}$ που μεγιστοποιεί το L .

Πολύ συχνά αντί του L υπολογίζεται ο λογάριθμός του LL (Log-Likelihood). Οι τιμές των παραμέτρων που μεγιστοποιούν το L δε μεταβάλλονται διότι η λογαριθμική συνάρτηση είναι γνησίως αύξουσα. Άρα έχουμε

$$\max_{\theta_N} \log L = \max_{\theta_N} L = \max_{\theta_N} \sum_{n=1}^N \log f(y_n | x_n, \hat{\theta}_N)$$

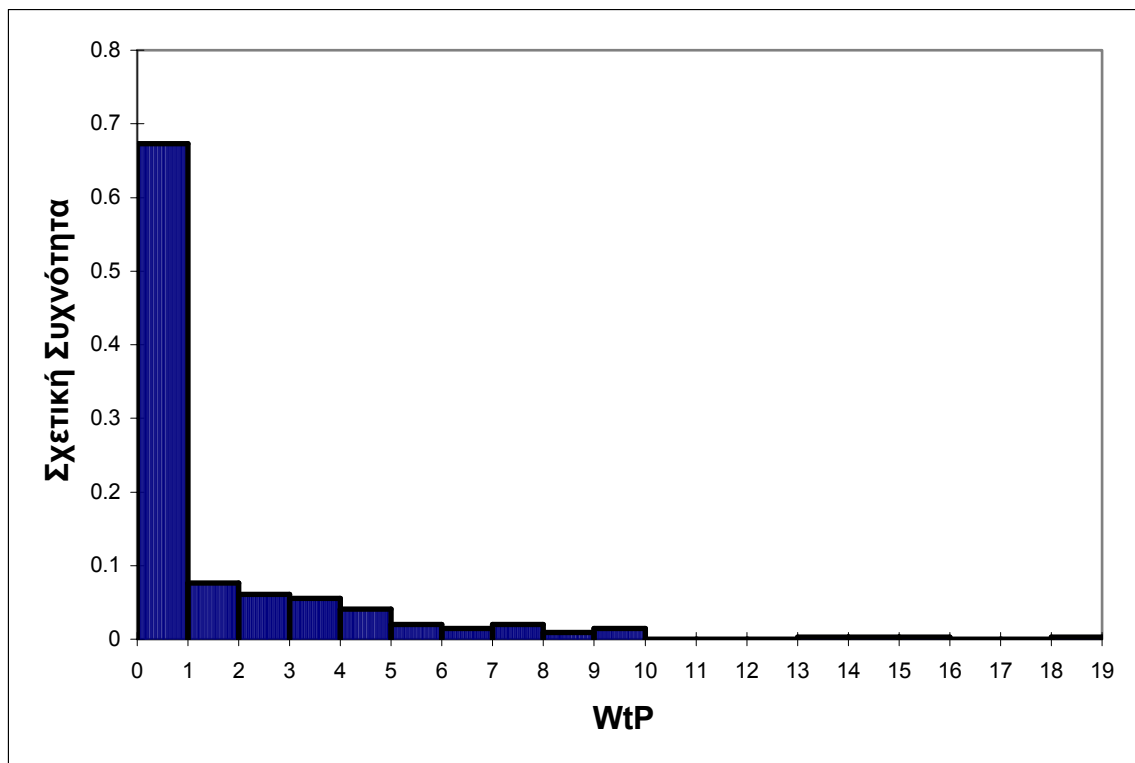
Συνήθως η πιθανότητα L είναι συνεχής ως προς θ_N , οπότε η λύση της προηγούμενης εξίσωσης πρέπει να ικανοποιεί τις συνθήκες μερικής παραγώγου

$$\frac{\partial L}{\partial \hat{\theta}_{Nk}} = 0, \quad \text{για κάθε } k=1, \dots, K$$

7.2 Το Μαθηματικό Πρότυπο

7.2.1 Ανάπτυξη μαθηματικού προτύπου σε δύο στάδια

Για την ανάπτυξη ενός μαθηματικού προτύπου που θα υπολογίζει την προθυμία πληρωμής για εξοικονόμηση χρόνου πρόσβασης όλων των επιβατών του δείγματος, αρχικά μελετήθηκε η κατανομή του WtP για το σύνολο του δείγματος. Όπως παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 5, ένα ενδεικτικό ιστόγραμμα σχετικών συχνοτήτων είναι:



Σχήμα 7.1 Ιστόγραμμα σχετικών συχνοτήτων της προθυμίας πληρωμής (€) για 25% εξοικονόμηση χρόνου πρόσβασης

Παρατηρούμε ότι πολλοί επιβάτες έχουν $WtP = 0$. Σε μια πρώτη προσέγγιση μπορεί να γίνει ο ισχυρισμός ότι αυτοί οι μετακινούμενοι έχουν πολύ χαμηλή προθυμία πληρωμής για εξοικονόμηση χρόνου πρόσβασης και ως τέτοιοι να αντιμετωπιστούν.

Όμως, ενώ το WtP εκφράζει προθυμία, οι επιβάτες αυτοί εμφανίζονται απρόθυμοι να πληρώσουν για εξοικονόμηση χρόνου μετακίνησης. Το γεγονός

είναι ακόμα σημαντικότερο, αν αναλογιστούμε ότι η ερώτηση που γινόταν στους επιβάτες δεν ήταν π.χ. πολλαπλής επιλογής με την απάντηση "δε θα πλήρωνα τίποτα" ανάμεσα στις επιλογές, ώστε να υφίσταται κάποια προδιάθεση στις ερωτήσεις. Αντιθέτως, ο επιβάτης δήλωνε αυθόρμητα πόσο ήταν διατεθειμένος να πληρώσει. Επομένως, η απάντηση είναι αποτέλεσμα συγκερασμού κάποιων παραμέτρων στη σκέψη των επιβατών, και όχι ένα τυχαίο φαινόμενο, διακύμανση γύρω από μια μέση τιμή.

Κατά συνέπεια, υπάρχει ένας ουσιαστικός διαχωρισμός των επιβατών:

1. Αυτοί που είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν κάποιο χρηματικό ποσό για εξοικονόμηση χρόνου μετακίνησης προς το Αεροδρόμιο.
2. Αυτοί που δεν είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν το παραμικρό για εξοικονόμηση χρόνου μετακίνησης προς το Αεροδρόμιο.

Άρα, η μαθηματική προτυποποίηση του δείγματος πρέπει να γίνει σε δύο στάδια:

1. Διαχωρισμός των επιβατών με μηδενική προθυμία πληρωμής από τους υπόλοιπους
2. Ανάλυση παλινδρόμησης των επιβατών που έχουν προθυμία πληρωμής για εξοικονόμηση χρόνου πρόσβασης.

Το ερώτημα που προκύπτει είναι γιατί να μην εξεταστεί όλο το δείγμα με γραμμική παλινδρόμηση. Θα προέκυπτε μια σχέση της μορφής

$$\hat{Y} = X\beta + \varepsilon, \text{ όπου } \hat{Y} = WtP.$$

Το πρόβλημα είναι ότι η εξαρτημένη μεταβλητή Y είναι συνισταμένη δύο ξεχωριστών μεταβλητών. Συγκεκριμένα:

1. Η πρώτη μεταβλητή Z εξετάζει την προθυμία. Είναι διακριτή μεταβλητή δυαδικής μορφής και εκφράζει την απόφαση (και όχι τυχαία επιλογή)

του επιβάτη να δεχτεί ή όχι να πληρώσει. Παίρνει τις τιμές 0 και 1 (0=δεν πληρώνω, 1=πληρώνω).

2. Η δεύτερη μεταβλητή Y εξετάζει την πληρωμή. Είναι συνεχής μεταβλητή και ισούται με το ακριβές ποσόν που θα πλήρωναν αυτοί που δήλωσαν καταρχήν ότι είναι πρόθυμοι να πληρώσουν ($Z=1$).

Για τους ανωτέρω λόγους εφαρμόζεται μαθηματικό πρότυπο που περιλαμβάνει τα δύο στάδια που περιγράφηκαν.

7.2.2 Μαθηματική διατύπωση του προτύπου

Έστω ότι έχουμε ένα δείγμα N παρατηρήσεων, για ένα υποσύνολο $N_1 = N - N_0$ των οποίων η μεταβλητή y_1 είναι παρατηρήσιμη μόνο αν η μεταβλητή y_2 είναι θετική. Δηλαδή

$$\begin{aligned} y_{2i} &= Z_i \delta + v_{2i} \\ D_{2i} &= 1, \quad \text{αν } y_{2i} > 0 \\ D_{2i} &= 0, \quad \text{αν } y_{2i} \leq 0 \\ y_{1i} &= X_i \beta + v_{1i} \quad \text{αν } D_{2i} = 1 \\ y_{1i} &= \text{μη παρατηρήσιμη} \quad \text{αν } D_{2i} = 0 \end{aligned}$$

Γίνεται η παραδοχή ότι η δεσμευμένη κατανομή των v_1 και v_2 είναι η διμεταβλητή κανονική κατανομή:

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \sim N \left[\begin{pmatrix} \mu_x \\ \mu_y \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \sigma_x^2 & \rho \sigma_x \sigma_y \\ \rho \sigma_x \sigma_y & \sigma_y^2 \end{pmatrix} \right]$$

Η δεσμευμένη κατανομή $f(y|x)$ αποδεικνύεται ότι είναι επίσης κανονική:

$$f(y|x) = N \left(\mu_y + \frac{\rho \sigma_x \sigma_y}{\sigma_x^2} (x - \mu_x), \sigma_y^2 (1 - \rho^2) \right) = \phi \left(\frac{y - \mu_y - \frac{\rho \sigma_x \sigma_y}{\sigma_x^2} (x - \mu_x)}{\sigma_y \sqrt{1 - \rho^2}} \right)$$

Άρα έστω ότι

$$\begin{pmatrix} \nu_1 \\ \nu_2 \end{pmatrix} \sim N \left[\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \sigma_1^2 & \rho\sigma_1 \\ \rho\sigma_1 & 1 \end{pmatrix} \right]$$

Υπολογίζονται οι συναρτήσεις πιθανοφάνειας για τις δύο περιπτώσεις του προβλήματος:

Στην πρώτη περίπτωση το y_1 παρατηρείται και το $y_2 > 0$. Άρα χρησιμοποιώντας τον κανόνα του Bayes:

$$\begin{aligned} \Pr(y_{1i}, y_{2i} > 0 | X, Z) &= f(y_{1i}) \Pr(y_{2i} > 0 | y_{1i}, X, Z) = f(\nu_{1i}) \Pr(\nu_{2i} > -Z_i \delta | \nu_{1i}, X, Z) \\ &= \frac{1}{\sigma_1} \phi \left(\frac{y_{1i} - X_i \beta}{\sigma_1} \right) \cdot \int_{-Z_i \delta}^{\infty} f(\nu_{2i} | \nu_{1i}) d\nu_{2i} \end{aligned}$$

Χρησιμοποιώντας τα προηγούμενα συμπεράσματα για τη διμεταβλητή κανονική κατανομή έχουμε

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{\sigma_1} \phi \left(\frac{y_{1i} - X_i \beta}{\sigma_1} \right) \cdot \int_{-Z_i \delta}^{\infty} \phi \left(\frac{\nu_{2i} - \frac{\rho}{\sigma_1} (y_{1i} - X_i \beta)}{\sqrt{1 - \rho^2}} \right) d\nu_{2i} \\ &= \frac{1}{\sigma_1} \phi \left(\frac{y_{1i} - X_i \beta}{\sigma_1} \right) \cdot \left[1 - \Phi \left(\frac{-Z_i \delta - \frac{\rho}{\sigma_1} (y_{1i} - X_i \beta)}{\sqrt{1 - \rho^2}} \right) \right] \\ &= \frac{1}{\sigma_1} \phi \left(\frac{y_{1i} - X_i \beta}{\sigma_1} \right) \cdot \Phi \left(\frac{Z_i \delta + \frac{\rho}{\sigma_1} (y_{1i} - X_i \beta)}{\sqrt{1 - \rho^2}} \right) \end{aligned}$$

Στη δεύτερη περίπτωση το y_1 δεν παρατηρείται και το $y_2 \leq 0$. Άρα

$$\Pr(y_{2i} \leq 0) = \Pr(\nu_{2i} \leq -Z_i \delta) = \Phi(-Z_i \delta) = 1 - \Phi(Z_i \delta)$$

Επομένως ο λογάριθμος της πιθανοφάνειας για το συνολικό δείγμα είναι:

$$\log L(\beta, \delta, \rho, \sigma; N) = \sum_{i=1}^{N_0} \log[1 - \Phi(Z_i \delta)] +$$

$$+ \sum_{i=N_0+1}^N \left[-\log \sigma_1 + \log \phi\left(\frac{y_{1i} - X_i \beta}{\sigma_1}\right) + \log \Phi\left(\frac{Z_i \delta + \frac{\rho}{\sigma_1}(y_{1i} - X_i \beta)}{\sqrt{1 - \rho^2}}\right) \right]$$

Μια σημαντική παρατήρηση αφορά το εύρος τιμών που μπορεί να λάβει το y_1 . Η μεταβλητή y_1 μπορεί να πάρει οποιαδήποτε τιμή στο $\mathbb{R}$. Ωστόσο, στις περισσότερες των εφαρμογών το y_1 είναι μη αρνητικό. Η πληροφορία αυτή πρέπει να ληφθεί υπόψη στο μαθηματικό πρότυπο, ώστε να μην προκύπτουν αρνητικά y_1 εφόσον αυτά δεν ανταποκρίνονται στη φυσική πραγματικότητα. Το πρόβλημα επιλύεται αν προσεχθεί ώστε η μορφή της συνάρτησης για το y_1 να δίνει μη αρνητικά αποτελέσματα.

Στο Παράρτημα Α αναλύεται η περίπτωση της εφαρμογής γραμμικής παλινδρόμησης μόνο για όσους $y_2 > 0$, χωρίς το διαχωρισμό με το Probit πρότυπο.

7.3 Εφαρμογή του προτύπου στα δεδομένα της εργασίας

Η εφαρμογή του μαθηματικού προτύπου στα δεδομένα της εργασίας, έγινε με τη βοήθεια του στατιστικού προγράμματος EasyReg 1.12.

Σημειώνεται ότι ως επιβάτες με μηδενική προθυμία πληρωμής θεωρήθηκαν αυτοί που ανήκουν στην κατηγορία “0”, όπως αυτές αναλύθηκαν στο κεφάλαιο 5. Οι επιβάτες που ανήκουν στην κατηγορία “5” παρουσιάζουν προθυμία για πληρωμή, έστω και για συγκεκριμένες τιμές εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης.

Διακρίνονται τρεις περιπτώσεις:

- Μείωση κατά 25% του χρόνου πρόσβασης όλων των επιβατών
- Μείωση κατά 50% του χρόνου πρόσβασης όλων των επιβατών

- Μείωση κατά 15min του χρόνου πρόσβασης όλων των επιβατών

7.3.1 Μείωση κατά 25% του χρόνου πρόσβασης

Εξετάστηκαν διάφοροι συνδυασμοί μεταβλητών. Τελικά οι μεταβλητές που επιλέχθηκαν είναι ο χρόνος πρόσβασης και η χρήση δημόσιου ή ιδιωτικού μέσου μεταφοράς για την πρόσβαση στο Αεροδρόμιο (*IMM/MMM*). Η επιλογή βασίστηκε στο γεγονός ότι για τις μεταβλητές αυτές τα *t-values* είναι ικανοποιητικά, δηλαδή $t > 1.645$ για πιθανότητα σφάλματος τύπου I, $\alpha = 0.10$.

Η εφαρμογή του προγράμματος έδωσε τα παρακάτω αποτελέσματα:

Πίνακας 7.1 Παράμετροι μαθηματικού προτύπου για 25% μείωση του χρόνου πρόσβασης στο Αεροδρόμιο

Μεταβλητή	Παράμετρος	t-value	[p-value]
<u>Πρότυπο Probit</u>			
Χρόνος Πρόσβασης (T)	0.015505	7.012	[0.00000]
(Σταθερά)	-0.753918	-5.198	[0.00000]
<u>Γραμμική Παλινδρόμηση</u>			
Χρόνος Πρόσβασης (T)	0.024093	8.102	[0.00000]
Μέσο Πρόσβασης (M)	2.230425	3.140	[0.00169]
(Σταθερά)	0.575491	2.335	[0.01952]
Log-Likelihood = -899.458528944341			
n = 486			

Η πιθανότητα να παρατηρείται το y_1 , δηλαδή να έχει ο επιβάτης προθυμία πληρωμής για εξοικονόμηση χρόνου πρόσβασης είναι:

$$P_n(1) = 1 - P_n(2) = \Phi(Z_i\delta) = \Phi(-0.7539 + 0.0155 \cdot T)$$

Επομένως η μεταβλητή y_2 υπολογίζεται από τη συνάρτηση:

$$y_2 = -0.7539 + 0.0155 \cdot T$$

Το WtP σε € (μεταβλητή y_1) δίνεται από τη σχέση:

$$WtP = 0.5755 + 0.0241 \cdot T + 2.2304 \cdot M$$

όπου η μεταβλητή M αντιπροσωπεύει το μέσο μεταφοράς που χρησιμοποίησε ο επιβάτης για να μεταβεί στο Αεροδρόμιο, και παίρνει τιμές

$$\begin{cases} M = 1, & \text{για Ιδιωτικό Μέσο Μεταφοράς} \\ M = 0, & \text{για Δημόσιο Μέσο Μεταφοράς} \end{cases}$$

7.3.2 Μείωση κατά 50% του χρόνου πρόσβασης

Εξετάστηκαν και πάλι διάφοροι συνδυασμοί μεταβλητών. Τελικά οι μεταβλητές που επιλέχθηκαν είναι ο χρόνος πρόσβασης και η χρήση δημόσιου ή ιδιωτικού μέσου μεταφοράς για την πρόσβαση στο Αεροδρόμιο (*IMM/MMM*). Η επιλογή βασίστηκε στο γεγονός ότι για τις μεταβλητές αυτές τα t -values είναι ικανοποιητικά, δηλαδή $t > 1.645$ για επίπεδο σημαντικότητας 0.10.

Η εφαρμογή του προγράμματος έδωσε τα παρακάτω αποτελέσματα:

Πίνακας 7.2 Παράμετροι μαθηματικού προτύπου για 50% μείωση του χρόνου πρόσβασης στο Αεροδρόμιο

Μεταβλητή	Παράμετρος	t-value	[p-value]
<u>Πρότυπο Probit</u>			
Χρόνος Πρόσβασης (T)	0.023127578	12.822	[0.00000]
(Σταθερά)	-0.84851774	-6.503	[0.00000]
<u>Γραμμική Παλινδρόμηση</u>			
Χρόνος Πρόσβασης (T)	0.051353687	10.033	[0.00000]
Μέσο Πρόσβασης (M)	4.5541391	3.992	[0.00007]
Σταθερά	1.0743123	1.734	[0.08289]
Log-Likelihood = -1159.172266			
n = 486			

Η πιθανότητα να παρατηρείται το y_1 , δηλαδή να έχει ο επιβάτης προθυμία πληρωμής για εξοικονόμηση χρόνου πρόσβασης είναι:

$$P_n(1) = 1 - P_n(2) = \Phi(Z_i\delta) = \Phi(-0.8485 + 0.0231 \cdot T)$$

Επομένως η μεταβλητή y_2 υπολογίζεται από τη συνάρτηση:

$$y_2 = -0.8485 + 0.0231 \cdot T$$

Το WtP σε € (μεταβλητή y_1) δίνεται από τη σχέση:

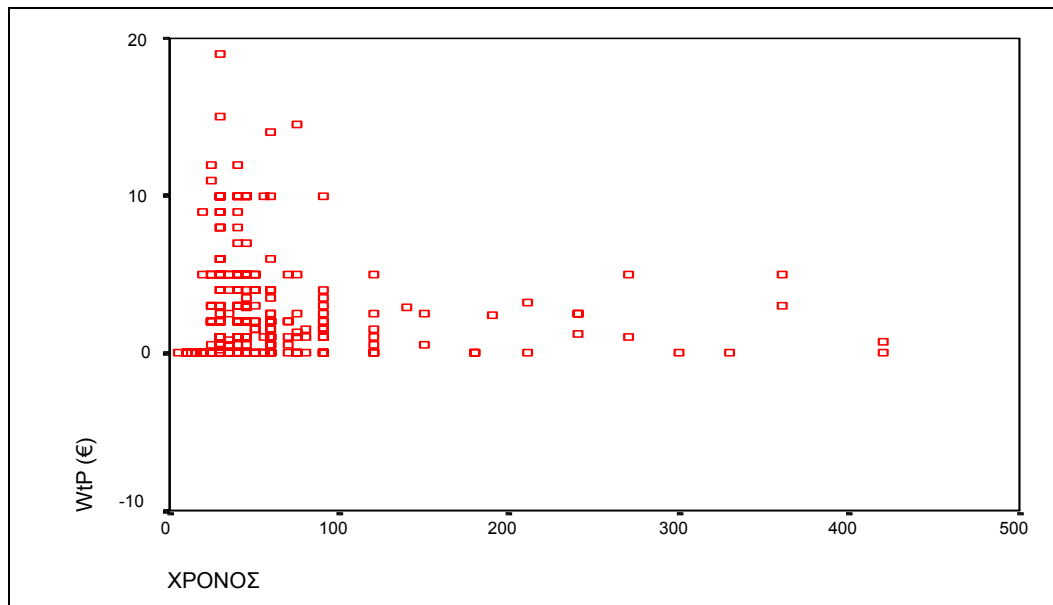
$$WtP = 1.0743 + 0.0513 \cdot T + 4.5541 \cdot M$$

όπου η μεταβλητή M αντιπροσωπεύει το μέσο μεταφοράς που χρησιμοποίησε ο επιβάτης για να μεταβεί στο Αεροδρόμιο, και παίρνει τιμές

$$\begin{cases} M = 1, \text{ για Ιδιωτικό Μέσο Μεταφοράς} \\ M = 0, \text{ για Δημόσιο Μέσο Μεταφοράς} \end{cases}$$

7.3.3 Μείωση κατά 15min του χρόνου πρόσβασης

Η σχέση μεταξύ χρόνου πρόσβασης και προθυμίας πληρωμής για εξοικονόμηση χρόνου πρόσβασης φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα διασποράς:



Σχήμα 7.2 Διάγραμμα διασποράς χρόνου πρόσβασης(min) και προθυμίας πληρωμής (€) για μείωση κατά 15min του χρόνου πρόσβασης

Η μορφή του διαγράμματος δείχνει ότι πρέπει να υπάρχει μια σχέση της μορφής

$$WtP = e^{\beta \cdot \text{ΧΡΟΝΟΣ}}$$

Για να γίνει γραμμική παλινδρόμηση, μετασχηματίζουμε το WtP σε LN(WtP). Επομένως οι μεταβλητές y εκφράζουν το νεπέριο λογάριθμο LN(WtP). Οι παρατηρήσεις με WtP=0, για υπολογιστικούς λόγους μετασχηματίστηκαν σε WtP=0.01 (επειδή LN(0) δεν υφίσταται).

Εξετάστηκαν και πάλι διάφοροι συνδυασμοί μεταβλητών. Οι μεταβλητές που επιλέχθηκαν αυτή τη φορά είναι ο χρόνος πρόσβασης και ο σκοπός ταξιδιού. Η επιλογή βασίστηκε στο γεγονός ότι για τις μεταβλητές αυτές τα t-values είναι ικανοποιητικά, δηλαδή $t > 1.645$ για πιθανότητα σφάλματος τύπου I, $\alpha = 0.10$.

Η εφαρμογή του προγράμματος έδωσε τα παρακάτω αποτελέσματα:

Πίνακας 7.3 Παράμετροι μαθηματικού προτύπου για 15min μείωση του χρόνου πρόσβασης στο Αεροδρόμιο

Μεταβλητή	Παράμετρος	t-value	[p-value]
<u>Πρότυπο Probit</u>			
Χρόνος Πρόσβασης (T)	0.024563134	14.008	[0.00000]
(Σταθερά)	-0.87283615	-6.587	[0.00000]
<u>Γραμμική Παλινδρόμηση</u>			
Χρόνος Πρόσβασης (T)	-0.0031926575	-1.711	[0.08716]
Σκοπός Ταξιδιού (P)	-0.54013218	-2.100	[0.03570]
Log-Likelihood = -896.9862387			
n = 486			

Η πιθανότητα να παρατηρείται το y_1 , δηλαδή να έχει ο επιβάτης προθυμία πληρωμής για εξοικονόμηση χρόνου πρόσβασης είναι:

$$P_n(1) = 1 - P_n(2) = \Phi(Z_i\delta) = \Phi(-0.8728+0.0245\cdot T)$$

Επομένως η μεταβλητή y_2 υπολογίζεται από τη συνάρτηση:

$$y_2 = -0.8485 + 0.0231 \cdot T$$

Αν προκύπτει ότι $y_2 > 0$, τότε το WtP σε € (μεταβλητή y_1) δίνεται από τη σχέση:

$$WtP = e^{-0.00319 \cdot T - 0.5401 \cdot P}$$

όπου η μεταβλητή P αντιπροσωπεύει το σκοπό ταξιδιού, και παίρνει τιμές

$$\begin{cases} P = 1, & \text{για εργασία} \\ P = 0, & \text{για άλλους λόγους} \end{cases}$$

Οι συντελεστές σωστά προκύπτουν αρνητικοί, για να έχει η σχέση τη μορφή της αρνητικής εκθετικής συνάρτησης, όπως στο διάγραμμα διασποράς που παρατέθηκε.

Παρατήρηση: Και στις τρεις περιπτώσεις που εξετάστηκαν, η μορφή της συνάρτησης για την προθυμία πληρωμής για εξοικονόμηση χρόνου πρόσβασης δίνει πάντα μη αρνητικές τιμές.

Στις περιπτώσεις για μείωση 25% και 50% του χρόνου πρόσβασης αυτό επετεύχθη δίνοντας κατάλληλες τιμές στις ψευδο-μεταβλητές για το Μέσο Μεταφοράς, δηλαδή εσκεμμένα δόθηκε η τιμή $M = 1$ στα Ιδιωτικά Μέσα Μεταφοράς και όχι στα Μέσα Μαζικής Μεταφοράς.

Στην περίπτωση για μείωση 15min του χρόνου πρόσβασης η ίδια η μορφή της συνάρτησης (εκθετική) δίνει θετικές τιμές.

7.4 Σύνοψη αποτελεσμάτων

Στον πίνακα 7.4 συνοψίζονται τα αποτελέσματα από την εφαρμογή του μαθηματικού προτύπου:

Πίνακας 7.4 Σύνοψη αποτελεσμάτων εφαρμογής μαθηματικού προτύπου

	Πιθανότητα να έχει ο επιβάτης WtP διάφορο του μηδενός	Σχέση υπολογισμού WtP (€)
25% Μείωση χρόνου πρόσβασης	$P = \Phi(-0.7539 + 0.0155 \cdot T_{\text{προσβ}})$	$WtP = 0.5755 + 0.0241 \cdot T_{\text{προσβ}} + 2.2304 \cdot M$
50% Μείωση χρόνου πρόσβασης	$P = \Phi(-0.8485 + 0.0231 \cdot T_{\text{προσβ}})$	$WtP = 1.0743 + 0.0513 \cdot T_{\text{προσβ}} + 4.5541 \cdot M$
15min Μείωση χρόνου πρόσβασης	$P = \Phi(-0.8485 + 0.0231 \cdot T_{\text{προσβ}})$	$WtP = e^{-0.00319 \cdot T_{\text{προσβ}} - 0.5401 \cdot P_{\text{urp}}}$

8. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ

8.1 Τρόπος εφαρμογής μαθηματικού προτύπου

8.1.1 Γενικά

Το κεφάλαιο αυτό υποδεικνύει μια μέθοδο εφαρμογής του μαθηματικού προτύπου που αναπτύχθηκε στο κεφάλαιο 7.

Το σκεπτικό είναι ότι σε μια υφιστάμενη γραμμή Μέσου Μαζικής Μεταφοράς εφαρμόζονται μέτρα ευνόησης της κίνησης MMM, τα οποία αποφέρουν μείωση του χρόνου διαδρομής των επιβατών. Με τη βοήθεια του μαθηματικού προτύπου υπολογίζεται η προθυμία πληρωμής των επιβατών για τη μείωση αυτή του χρόνου διαδρομής των προς το Αεροδρόμιο.

Παρατίθενται επίσης τρία υποθετικά παραδείγματα εφαρμογής.

8.1.2 Μέθοδος εφαρμογής μαθηματικού προτύπου

Έστω ότι εξετάζεται μια Γραμμή Μέσου Μαζικής Μεταφοράς προς το Αεροδρόμιο "Ελ. Βενιζέλος". Σχηματίζεται ο παρακάτω πίνακας:

Πίνακας 8.1 Ενδεικτικός πίνακας εφαρμογής

Στάση	Επιβάτες (%)	Χρόνος διαδρομής (min)	Μείωση χρόνου διαδρομής		Pr(1)	Επιβάτες με WtP	WtP (€)
			(min)	%			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)=(6)*(2)	(8)

Η μέθοδος ακολουθεί τα εξής βήματα, τα οποία αντιστοιχούν στους αριθμούς των στηλών του Πίνακα 8.1:

1. Καταγραφή των στάσεων της Γραμμής
2. Υπολογίζεται ο αριθμός των επιβατών που επιβιβάζονται σε κάθε στάση, με προορισμό το Αεροδρόμιο.
3. Υπολογίζεται ο χρόνος διαδρομής των επιβατών από την εκάστοτε στάση μέχρι το Αεροδρόμιο.
4. Εκτιμάται η μείωση στο χρόνο διαδρομής των επιβατών, εξαιτίας των μέτρων που θα εφαρμοστούν. Εάν η μείωση είναι μικρότερη των 10 λεπτών, τότε (βλ. κεφάλαιο 3) θεωρείται ότι η προθυμία πληρωμής είναι μηδέν.
5. Υπολογίζεται η επί τοις εκατό μείωση στο χρόνο διαδρομής.
6. Υπολογίζεται η πιθανότητα να έχει ο επιβάτης προθυμία πληρωμής για την προτεινόμενη επί τοις εκατό μείωση στο χρόνο διαδρομής. Στο κεφάλαιο 7 παρατέθηκαν υπολογισμοί για 25% και 50% μείωση χρόνου διαδρομής. Για ενδιάμεσες τιμές μπορεί να εφαρμοστεί γραμμική παλινδρόμηση ή να υπολογιστεί το μαθηματικό πρότυπο του

κεφαλαίου 7 για π.χ. 40% μείωση χρόνου μετακίνησης. Υπενθυμίζεται (βλ. κεφάλαιο 7) ότι η πιθανότητα ισούται με $Pr = \Phi(y_1)$.

7. Υπολογίζεται το ποσοστό των επιβατών που παρουσιάζουν προθυμία πληρωμής (=στήλη 6 x στήλη 2).
8. Υπολογίζεται η προθυμία πληρωμής των επιβατών, αυτών δηλαδή της στήλης 6. Ο υπολογισμός πραγματοποιείται με τις μαθηματικές σχέσεις που εξήχθησαν στο κεφάλαιο 7. Ισχύει και εδώ ότι στο κεφάλαιο 7 παρατέθηκαν υπολογισμοί για 25% και 50% μείωση χρόνου διαδρομής. Για ενδιάμεσες τιμές μπορεί να εφαρμοστεί γραμμική παλινδρόμηση ή να υπολογιστεί το μαθηματικό πρότυπο του κεφαλαίου 7 για π.χ. 40% μείωση χρόνου μετακίνησης.

Επομένως η εφαρμογή του μαθηματικού προτύπου δίνει αφενός την προθυμία πληρωμής των επιβατών για ενδεχόμενη μείωση στο χρόνο πρόσβασής τους στο Αεροδρόμιο. Αφετέρου εκτιμάει το ποσοστό επί του συνόλου των επιβατών που θα είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν για αυτή τη μείωση του χρόνου πρόσβασης.

8.2 Υποθετικά παραδείγματα

Στη συνέχεια παρατίθενται τρία υποθετικά παραδείγματα εφαρμογής του μαθηματικού προτύπου. Επισημαίνεται ότι οι αριθμοί είναι ενδεικτικοί.

8.2.1 Λεωφορειακή γραμμή X93

Η λεωφορειακή γραμμή X93 συνδέει το σταθμό υπεραστικών λεωφορείων Κηφισού με το Αεροδρόμιο "Ελ. Βενιζέλος". Ο μέσος χρόνος διαδρομής είναι περίπου 65 λεπτά.

Πιθανές βελτιώσεις στο χρόνο διαδρομής μπορούν να προκύψουν από την κατάργηση της στάσης "Κολοκυνθούς", διότι το λεωφορείο καθυστερεί αρκετά στο φωτεινό σηματοδότη στη διασταύρωση με την οδό Λένορμαν. Επίσης η στάση "Κηφισίας" εξυπηρετείται και από τη γραμμή X92 και τον Προαστιακό σιδηρόδρομο, επομένως αν η στάση καταργηθεί το λεωφορείο δε

θα καθυστερεί στον κόμβο της λεωφόρου Κηφισίας αλλά και εξερχόμενο και επανεισερχόμενο στην Αττική Οδό.

Στον πίνακα 8.2 εφαρμόζεται το μαθηματικό πρότυπο:

Πίνακας 8.2 Εφαρμογή μαθηματικού προτύπου στη γραμμή Χ93

Λεωφορειακή γραμμή Χ93 - Σταθμός Κηφισού-Αεροδρόμιο							
Στάση	Επιβάτες	Χρόνος διαδρομής (min)	Μείωση χρόνου διαδρομής		Pr(1)	Επιβάτες με WtP	WtP (€)
			(min)	%			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Στ.Κηφισού	75%	60	15	25%	0.57	42.75%	2.02
Κολοκυνθούς	3%	45					
Στ.Λιοσίων	15%	40	5	0%	0	0%	0
Ν.Φιλ/φεια	5%	30	5	0%	0	0%	0
Κηφισίας	2%	25					
Αττ.Διαδρομές	0%	12	0	0%	0	0%	0
Κτ.Διοίκησης	0%	3	0	0%	0	0%	0
Τελωνείο	0%	2	0	0%	0	0%	0
Αναχωρήσεις	0%	0	0	0%	0	0%	0
<u>Σύνολο</u>	100%				<u>Σύνολο</u>	42.75%	

Παρατηρούμε ότι το 43% των επιβατών θα ήταν πρόθυμο να πληρώσει 2 € επιπλέον στο εισιτήριο για να μειωθεί ο χρόνος διαδρομής του κατά 15min.

8.2.2 Λεωφορειακή γραμμή Χ96

Η λεωφορειακή γραμμή Χ96 συνδέει το λιμάνι του Πειραιά με το Αεροδρόμιο "Ελ. Βενιζέλος", μέσω της παραλιακής λεωφόρου Ποσειδώνος. Ο χρόνος διαδρομής κυμαίνεται από 60 μέχρι 90 λεπτά.

Πιθανές βελτιώσεις στο χρόνο διαδρομής μπορούν να προκύψουν από την κατάργηση των στάσεων "Εκκλησία Βάρης", "Σχολή Ευελπίδων", "Αρτοποιία Σκουρλή" και "Διασταύρωση Κορωπίου" διότι εξυπηρετούνται και από τη γραμμή Χ97. Επίσης βελτιώσεις μπορούν να γίνουν στη σηματοδότηση κατά μήκος της γραμμής ώστε να δίνεται προτεραιότητα στο συγκεκριμένο λεωφορείο.

Στον πίνακα 8.3 εφαρμόζεται το μαθηματικό πρότυπο:

Πίνακας 8.3 Εφαρμογή μαθηματικού προτύπου στη γραμμή Χ96

Στάση	Επιβάτες	Χρόνος διαδρομής (min)	Μείωση χρόνου διαδρομής		Pr(1)	Επιβάτες με WtP	WtP (€)
			(min)	%			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Πλ.Καραϊσκάκη	75%	90	20	22%	0.74	55.50%	2.74
Δημ. Θέατρο	1%	85	15	18%	0.71	0.71%	2.62
Βενιζέλου	1%	83	15	18%	0.70	0.70%	2.58
Τζαβέλλα	1%	80	15	19%	0.69	0.69%	2.50
Σ.Ε.Φ.	1%	78	15	19%	0.67	0.67%	2.46
Φλοίσβος	1%	70	15	21%	0.63	0.63%	2.26
Εδέμ	1%	66	15	23%	0.61	0.61%	2.17
1η Καλαμακίου	1%	60	15	25%	0.57	0.57%	2.02
3η Καλαμακίου	1%	57	15	26%	0.55	0.55%	1.95
5η Καλαμακίου	1%	53	10	19%	0.53	0.53%	1.85
1η Αγ. Κοσμά	1%	50	10	20%	0.51	0.51%	1.78
Δικηγορικά	1%	47	10	21%	0.49	0.49%	1.71
2η Γλυφάδας	1%	44	10	23%	0.47	0.47%	1.64
5η Γλυφάδας	1%	41	10	24%	0.45	0.45%	1.56
Πλ.Γλυφάδας	1%	38	10	26%	0.43	0.43%	1.49
Αντωνοπούλου	1%	36	5	14%	0.00	0.00%	0.00
Αστέρια	1%	35	5	14%	0.00	0.00%	0.00
ΠΙΚΠΑ	1%	34	5	15%	0.00	0.00%	0.00
Α' Πλαζ Βούλας	1%	33	5	15%	0.00	0.00%	0.00
Νοσοκομείο	1%	32	5	16%	0.00	0.00%	0.00
Γαλήνη	1%	30	5	17%	0.00	0.00%	0.00
Πηγαδάκια	1%	28	5	18%	0.00	0.00%	0.00
Εκκλ. Βάρης	1%	25					
Σχ. Ευελπίδων	1%	21					
Αρτοποιία	1%	15					
Διαστ.Κορωπίου	1%	10					
Κτ. Διοίκησης	0%	4	0	0%	0.00	0%	0.00
Τελωνείο	0%	2	0	0%	0.00	0%	0.00
Αναχωρήσεις	0%	0	0	0%	0.00	0%	0.00
<u>Σύνολο</u>	100%				<u>Σύνολο</u>	63.51%	

Παρατηρούμε ότι το 63% των επιβατών είναι διατεθειμένο να πληρώσει πάνω από 1.50 € για μείωση του χρόνου πρόσβασής του στο Αεροδρόμιο.

8.2.3 Προαστιακός σιδηρόδρομος

Σε μελλοντική επέκτασή του ο Προαστιακός σιδηρόδρομος θα φτάνει στο λιμάνι του Πειραιά. Υπολογίζεται ότι ο χρόνος μέχρι το Αεροδρόμιο με τον Προαστιακό θα καλύπτεται σε 60min.

Θεωρώντας τη γραμμή Χ96 και τον Προαστιακό ως Μέσα Μαζικής Μεταφοράς, επιχειρείται μια καταρχήν πρόβλεψη των επιβατών που θα προτιμήσουν να μην πάρουν το Χ96 από το λιμάνι του Πειραιά, αλλά τον Προαστιακό σιδηρόδρομο ώστε να μεταβούν στο Αεροδρόμιο. Η μείωση του χρόνου διαδρομής θα είναι 30min.

Στον πίνακα 8.3 εφαρμόζεται το μαθηματικό πρότυπο:

Πίνακας 8.3 Εφαρμογή μαθηματικού προτύπου στη γραμμή Χ96 για τον Προαστιακό σιδηρόδρομο

Στάση	Επιβάτες	Χρόνος διαδρομής (min)	Μείωση χρόνου διαδρομής		Pr(1)	Επιβάτες με WtP	WtP (€)
			(min)	%			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Πλ.Καραϊσκάκη	70%	90	30	33%	0.796	55.72%	3.69
Δημ. Θέατρο	1%	85	25	29%	0.742	0.74%	3.07
Βενιζέλου	1%	83	23	28%	0.729	0.73%	3.00
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Αναχωρήσεις	0%	0	0	0%	0	0%	0
<u>Σύνολο</u>	100%				<u>Σύνολο</u>	57.19%	

Παρατηρούμε ότι το 57% των επιβατών είναι διατεθειμένο να πληρώσει επιπλέον πάνω από 3 €, ώστε να επιλέξει την ταχύτερη διαδρομή του Προαστιακού.

9. ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

9.1 Συμπεράσματα

Στόχος της εργασίας ήταν η ανάπτυξη μεθοδολογίας για τη μέτρηση της αξίας εξοικονόμησης χρόνου πρόσβασης σε Αεροδρόμιο. Ως τελική συνισταμένη είχε την εφαρμογή ενός μαθηματικού προτύπου, το οποίο θα υπολόγιζε την αξία εξοικονόμησης χρόνου μετακίνησης για κάθε επιβάτη του Αεροδρομίου.

Για την επίτευξη αυτών των στόχων, διενεργήθηκε έρευνα με ερωτηματολόγια στο Αεροδρόμιο "Ελ. Βενιζέλος" προκειμένου να μετρηθεί η προθυμία πληρωμής των επιβατών για εξοικονόμηση χρόνου πρόσβασης. Τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν αξιοποιήθηκαν για την εξαγωγή στατιστικών στοιχείων και συμπερασμάτων. Στο τελικό στάδιο αναπτύχθηκε μαθηματικό πρότυπο που υπολογίζει την προθυμία πληρωμής των επιβατών συναρτήσει μεταβλητών, όπως ο χρόνος πρόσβασης στο Αεροδρόμιο, ο σκοπός ταξιδιού και το μέσο πρόσβασης, και το οποίο εφαρμόστηκε σε τρία υποθετικά παραδείγματα.

Βασικό συμπέρασμα της εργασίας αποτελεί η ύπαρξη υψηλού ποσοστού, 42% επί του συνόλου, επιβατών που δεν είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν το ελάχιστο για μια μείωση στο χρόνο μετακίνησής τους. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι η προταθείσα μείωση του χρόνου πρόσβασης αφήνει αδιάφορο τον επιβάτη, διότι αποτελεί μικρό ποσοστό του συνολικού χρόνου ταξιδιού του.

Αντίθετα, οι υπόλοιποι επιβάτες εμφανίζουν μια μέση τιμή 2.70 € για μείωση κατά 25% του χρόνου πρόσβασής τους, ή 2.90 € για 15min μείωση του χρόνου πρόσβασής τους. Επισημαίνεται ότι για το σύνολο του δείγματος τα μεγέθη είναι 1.60 € και 1.70 € αντίστοιχα.

Για την αντιμετώπιση του παραπάνω φαινομένου εφαρμόστηκε μαθηματικό πρότυπο που προσφέρει τη δυνατότητα ανάλυσης του δείγματος των επιβατών σε δύο επίπεδα. Στο πρώτο επίπεδο, διαχωρίζονται όσοι εμφανίζονται να έχουν προθυμία πληρωμής, από αυτούς που είναι απρόθυμοι να πληρώσουν το ελάχιστο. Σε δεύτερο επίπεδο εφαρμόζεται γραμμική παλινδρόμηση για την ανάπτυξη μαθηματικής σχέσης που να υπολογίζει την προθυμία πληρωμής, μόνο όμως για το υποσύνολο όσων δήλωσαν πρόθυμοι να πληρώσουν για μείωση του χρόνου πρόσβασής τους στο Αεροδρόμιο. Βρέθηκε ότι το πρότυπο προσαρμόζει στατιστικώς ικανοποιητικά στο δείγμα των επιβατών.

Το μαθηματικό πρότυπο καταδεικνύει επίσης τους παράγοντες που επηρεάζουν την προθυμία πληρωμής για μείωση του χρόνου πρόσβασης των επιβατών σε Αεροδρόμιο. Ένας από τους βασικούς είναι ο αρχικός χρόνος πρόσβασης. Αποδείχθηκε ότι για κοινή 25% μείωσή του σε όλους τους επιβάτες, η προθυμία πληρωμής για εξοικονόμηση χρόνου πρόσβασης εμφανίζεται αυξημένη όσο μεγαλώνει ο χρόνος πρόσβασης. Ως συνέπεια, οι επιβάτες που προέρχονται από περιοχές εκτός Λεκανοπεδίου Αττικής είναι πρόθυμοι να πληρώσουν επιπλέον 6 €, σε σύγκριση με τους υπόλοιπους που είναι πρόθυμοι να πληρώσουν επιπλέον 1.20 €, για 25% κοινή μείωση χρόνου πρόσβασης. Δύο ακόμα παράγοντες που αποδεικνύεται ότι επηρεάζουν είναι ο σκοπός ταξιδιού και το μέσο πρόσβασης στο Αεροδρόμιο. Οι επιβάτες με επαγγελματικό σκοπό ταξιδιού παρουσιάζουν υψηλότερη προθυμία πληρωμής σε σύγκριση με τους υπόλοιπους επιβάτες (μέσοι όροι 2.20 € και 1.30 € αντίστοιχα για 15min μείωση χρόνου πρόσβασης). Ομοίως, οι επιβάτες που επέλεξαν IMM έχουν κατά μέσο όρο 1.90 € προθυμία πληρωμής για μείωση κατά 15min του χρόνου πρόσβασής τους, έναντι 1.30 € αυτών που μετακινήθηκαν με MMM.

Αναφορικά με τα Μέσα Μαζικής Μεταφοράς, αποδεικνύεται στατιστικώς ότι το 49% όσων επιβατών χρησιμοποίησαν MMM για να μεταβούν στο Αεροδρόμιο είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν 1 € ή και περισσότερο για μείωση κατά 15min του χρόνου πρόσβασης. Το συμπέρασμα μπορεί να αποβεί χρήσιμο για την οικονομική αξιολόγηση ενός δρομολογίου που θα φτάνει στο Αεροδρόμιο σε λιγότερο χρόνο από όσο τα σημερινά δρομολόγια. Τα παραδείγματα του κεφαλαίου 8 διερευνούν ανάλογες υποθετικές περιπτώσεις. Ακόμα, οι υπό μελέτη σταθμοί μετεπιβίβασης θα μειώσουν σημαντικά το χρόνο πρόσβασης των επιβατών στο Αεροδρόμιο και αναμένεται να προσελκύσουν επιβάτες στα MMM. Η εργασία αποδεικνύει ότι σχεδόν το ήμισυ του επιβατικού κοινού θα αντιδρούσε θετικά σε μια ενδεχόμενη αύξηση του εισιτηρίου.

Τέλος, η επέκταση και βελτίωση του συστήματος των δημοσίων συγκοινωνιών βρίσκεται υπό εξέλιξη. Βασικός στόχος αποτελεί η μείωση των χρόνων μετακίνησης στο Λεκανοπέδιο, άρα και στις μετακινήσεις προς και από το Αεροδρόμιο "Ελ. Βενιζέλος". Η εργασία παρέχει ένα χρήσιμο μαθηματικό πρότυπο για την τιμολογιακή πολιτική των φορέων διαχείρισης των Μέσων που εξυπηρετούν το Αεροδρόμιο.

9.2 Εφαρμοσιμότητα του μαθηματικού προτύπου σε άλλα αεροδρόμια

Η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία μπορεί να εφαρμοστεί και σε άλλα αεροδρόμια.

Ωστόσο το επίπεδο κοινωνιακής εξυπηρέτησης του κάθε αεροδρομίου καθορίζει και την προθυμία των επιβατών να πληρώσουν για μια μείωση του χρόνου πρόσβασής τους. Επομένως, το μαθηματικό πρότυπο που θα αναπτυχθεί θα πρέπει να αντανakλά την πραγματική κατάσταση προθυμίας πληρωμής των επιβατών. Για παράδειγμα, αν προκύπτει ότι το ποσοστό επιβατών με μηδενική προθυμία πληρωμής είναι χαμηλό, της τάξης

του 3%, ενδεχομένως να αρκεί μια απλή γραμμική παλινδρόμηση για να περιγράψει τις πειραματικές τιμές.

9.3 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Μελλοντικές έρευνες θα μπορούσαν να εκτιμήσουν τη συνολική αξία εξοικονόμησης χρόνου πρόσβασης στο Αεροδρόμιο. Όπως αναλύθηκε στο κεφάλαιο της βιβλιογραφικής ανασκόπησης, η πλέον συνηθισμένη πρακτική είναι η εφαρμογή προτύπου εξατομικευμένης χρησιμότητας επιλογής μέσου μετακίνησης, που απαιτεί ερωτηματολόγια. Κρίνεται χρήσιμο να αναφερθεί ότι η έρευνα με ερωτηματολόγια είναι δύσκολη εργασία και για το λόγο αυτό θα ήταν σκόπιμο να συνεργάζονταν δύο άτομα σε μια τέτοια έρευνα.

Πρόσθετες ερωτήσεις που θα συνέβαλαν στην ανάλυση θα μπορούσαν να αφορούν στις αποσκευές που μεταφέρει μαζί του ο επιβάτης, καθώς και στην ώρα άφιξης του στο Αεροδρόμιο και την ώρα αναχώρησης της πτήσης του. Επιπρόσθετα, ιδιαίτερα χρήσιμη θα ήταν η ερώτηση σχετικά με το χρόνο που πιστεύει ο επιβάτης ότι θα έκανε αν επέλεγε ένα δημόσιο μέσο μεταφοράς για να φτάσει στο αεροδρόμιο (δεδομένου ότι έχει έρθει με Ι.Μ.Μ.), ή αντίστροφα. Ωστόσο, ενδεχομένως να προέκυπτε πρόβλημα αν ο επιβάτης απαντούσε ότι δε γνωρίζει καθόλου πόση ώρα θα έκανε με το εναλλακτικό μέσο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

1. Bates, J. and Whelan G. (2001). Size and Sign of Time Savings. *ITS Working Paper 561*, Institute for Transport Studies, University of Leeds.
2. Ben-Akiva, M. and S.R. Lerman (1985). *Discrete Choice Analysis*. MIT Press, Cambridge, MA.
3. Bierens, H. (2002). Maximum likelihood estimation of Heckman's sample selection model. *EasyReg International Version 1.12*.
4. Frone, M. (1997). Regression Models for Discrete and Limited Dependent Variables. 1997 Research Methods Forum No. 2.
5. Gunn, H. (2000). An introduction to the valuation of travel-time savings and losses. In *Handbook of Transport Modelling*, D. Hensher and K. Button, Eds. Pergamon Press, Oxford, 433-448.
6. Hall, B. (2002). Notes on Sample Selection Models. Department of Economics, University of California, Berkeley.
7. Heckman, J. (1976). The common structure of statistical models for truncation, sample selection, and limited dependent variables and a simple estimator for such models. *Annals of Economic and Social Measurement* 5, 475-492.
8. Heckman, J. (1979). Sample selection bias as a specification error. *Econometrica*, 47, 153-162.
9. Hensher, D. (2001). Measurement of the Valuation of Travel Time Savings. *Journal of Transport Economics and Policy* 35(1), 71-98.
10. Jara-Díaz, S. (2000). Allocation and valuation of travel-time savings. In *Handbook of Transport Modelling*, D. Hensher and K. Button, Eds. Pergamon Press, Oxford, 131-143.
11. Jara-Díaz, S. and C. Guevara (2003). Behind the subjective value of travel time savings: The perception of work, leisure and travel from a joint mode choice-activity model. *Journal of Transport Economics and Policy* 37, 29-46.
12. Koppelman, F. and V. Sethi (2000). Closed-form discrete-choice models. In *Handbook of Transport Modelling*, D. Hensher and K. Button, Eds. Pergamon Press, Oxford, 211-227.

-
13. Kroes, E. and R. Sheldon (1988). Stated preference methods: An introduction. *Journal of Transport Economics and Policy*, 11-25.
 14. Lioukas, S. (1982). Choice of travel mode and the value of time in Greece. *Journal of Transport Economics and Policy*, 161-180.
 15. Louviere, J. and D. Street (2000). Stated-Preference Methods. In *Handbook of Transport Modelling*, D. Hensher and K. Button, Eds. Pergamon Press, Oxford, 303-319.
 16. McFadden, D. (1998). Measuring Willingness-to-Pay for Transportation Improvements. In *Theoretical Foundations of Travel Choice Modelling*, T. Gärling, T. Laitila and K. Westin, Eds. Elsevier Science, Amsterdam, 339-364.
 17. Menashe, E. and J. Guttman (1986). Uncertainty, continuous modal split, and the value of time in Israel. *Journal of Transport Economics and Policy*, 369-375.
 18. Ortúzar, J. and L. Willumsen (2001). *Modelling Transport*. John Wiley & Sons, New York.
 19. Pels, E., P. Nijkamp and P. Rietveld (2003). Access to and competition between airports: a case study for the San Francisco Bay area. *Transportation Research Part A* 37, 71-83.
 20. Psaraki, V. and C. Abacoumkin (2002). Access mode choice for relocated airports: the new Athens International Airport. *Journal of Air Transport Management* 8, 89-98.
 21. Richardson, A. (2004). Estimating Individual Values of Time in Stated Preference Surveys. *The Urban Transport Institute*, Report 36.
 22. Sigelman, L. and L. Zeng (1999). Analyzing Censored and Sample-Selected Data with Tobit and Heckit Models. *Political Analysis*, 8:2.
 23. Steer Davies & Gleave Ltd (1988). Some stated preference case studies, 80-84.
 24. Tsamboulas, D. (2001). Parking fare thresholds: a policy tool. *Transport Policy* 8, 115-124.
 25. Wardman, M. (2004). Public transport values of time. *Transport Policy* 11, 363-377.
 26. Washington, S., M. Karlaftis, and F. Mannering (2003). *Statistical and Econometric Methods for Transportation Data Analysis*. Chapman & Hall/CRC, New York.

Ελληνική Βιβλιογραφία

27. Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδος (2003). Η Ελλάδα με αριθμούς. www.statistics.gr.
28. Κοκολάκης, Γ., Ι. Σπηλιώτης (1999). *Εισαγωγή στη θεωρία πιθανοτήτων και στατιστική*, Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα.
29. Τσαμπούλας, Δ. (2004). *Στοιχεία για την αξιολόγηση συγκοινωνιακών έργων υποδομής*, Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, Ε.Μ.Π., Αθήνα.

30.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Διερεύνηση του σφάλματος της επιλογής μέρους του δείγματος

Έστω ότι δοκιμάζουμε να υπολογίσουμε το y_{1i} με μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων χρησιμοποιώντας μόνο τα δεδομένα όπου η μεταβλητή y_1 είναι παρατηρήσιμη, δηλαδή $i = N_0, \dots, N$.

Τότε η δεσμευμένη αναμενόμενη τιμή του y_1 είναι

$$E[y_1 | X, y_2 > 0] = X\beta + E[v_1 | v_2 > -Z\delta]$$

Αν το v_1 είναι ανεξάρτητο του v_2 , τότε $E[v_1 | v_2] = 0$. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει κάποια αιτία που το y_1 είναι μη παρατηρήσιμο, περίπτωση όμως που δε μας ενδιαφέρει.

Αν το v_1 κατανέμεται μαζί με το v_2 , τότε υπάρχει μια συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας $f(v_1, v_2; \mathcal{G})$ όπου το $\mathcal{G}$ είναι άνυσμα παραμέτρων (π.χ. μέση τιμή, διακύμανση κλπ.). Σύμφωνα με τον κανόνα του Bayes ισχύει

$$E[v_1 | v_2 > -Z_i\delta] = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-Z_i\delta}^{\infty} v_1 f(v_1, v_2; \mathcal{G}) dv_2 dv_1}{\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-Z_i\delta}^{\infty} f(v_1, v_2; \mathcal{G}) dv_2 dv_1} = \lambda(Z\delta; \mathcal{G})$$

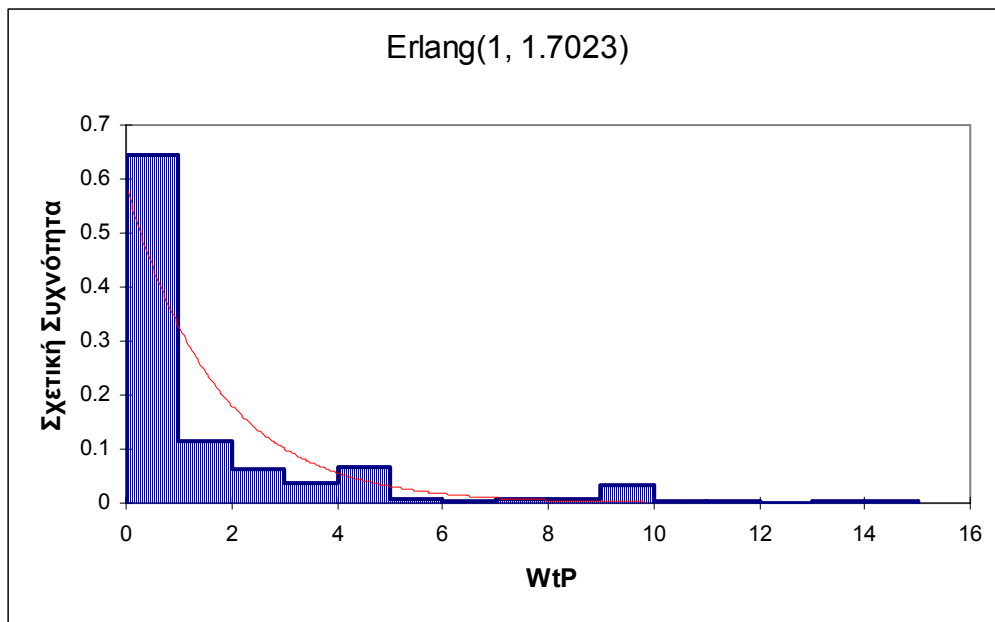
Το $\lambda(Z\delta; \mathcal{G})$ είναι μια μη γραμμική συνάρτηση του όρου $Z\delta$ και των παραμέτρων $\mathcal{G}$. Επομένως η αναμενόμενη τιμή του y_1 , δεδομένων του X και της πιθανότητας ότι το y_1 είναι παρατηρήσιμο, ισούται με τον όρο παλινδρόμησης $X\beta$ συν μια μη γραμμική συνάρτηση του Z που έχει μέσο όρο διάφορο του μηδενός. Αυτό έχει σαν συνέπεια για το άνυσμα β :

1. Η εκτιμώμενη τιμή B_0 θα είναι μεροληπτική (*biased*) διότι ο μέσος όρος του σφάλματος είναι διάφορος του μηδενός και ίσος με $E_i[\lambda(Z_i\delta; \mathcal{G})]$.
2. Αν τα X και τα Z δεν κατανέμονται εντελώς ανεξάρτητα (δηλαδή έχουν κοινούς όρους ή υπάρχει συσχέτιση μεταξύ τους), τότε οι εκτιμώμενοι συντελεστές κλίσης B θα είναι μεροληπτικοί (*biased*). Αυτό γιατί θα έχει παραληφθεί από τους υπολογισμούς παλινδρόμησης η μεταβλητή $\lambda(Z\delta; \mathcal{G})$, η οποία συσχετίζεται με τις μεταβλητές X της παλινδρόμησης.

Επομένως η εκτίμηση του y_1 με μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων λαμβάνοντας υπόψη μόνο τις παρατηρηθείσες τιμές του στο δείγμα, έχει ως αποτέλεσμα οι εκτιμώμενοι παράμετροι B να μην είναι αμερόληπτες (*unbiased*) εκτιμήτριες των πραγματικών β .

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: Προθυμία πληρωμής για μείωση κατά 15min του χρόνου πρόσβασης

B1 Σύνολο Δεδομένων



Σχήμα Β1 Ιστογράμμο σχετικών συχνοτήτων WtP (€) για το σύνολο των στοιχείων

Έλεγχος καλής προσαρμογής:

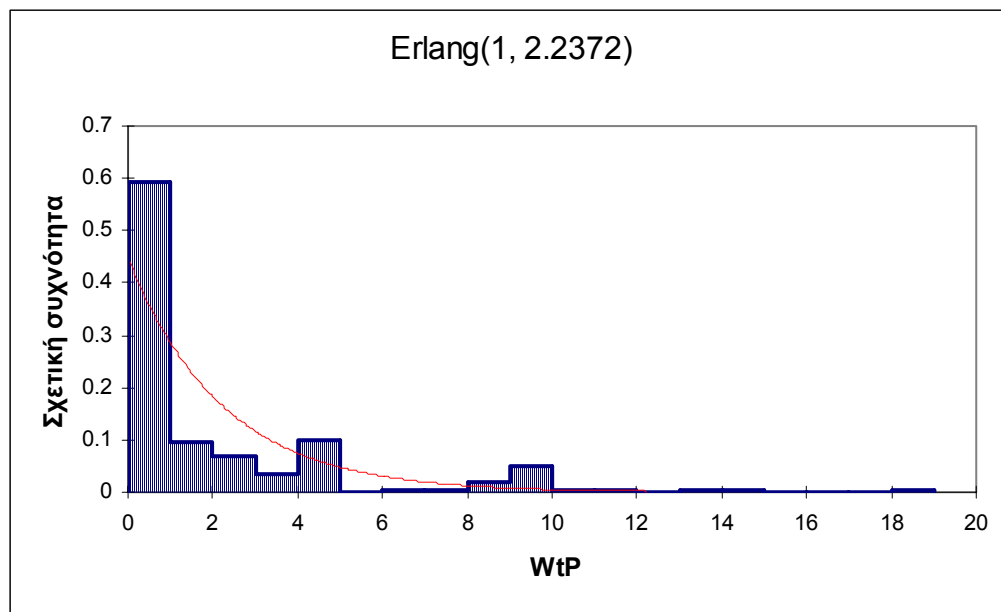
$$\chi^2 = 2693 > \chi^2 = 46.797 (\alpha=0.001)$$

άρα η εκθετική κατανομή δεν προσαρμόζει στα δεδομένα.

Πίνακας Β1 Στατιστικά στοιχεία WtP (€) για το σύνολο των στοιχείων

Minimum	0
Maximum	19
Mean	1.7023
Mode	0.0000 [est]
Median	0
Std. Deviation	2.8355
Variance	8.0238
Skewness	2.4067
Kurtosis	9.6361

B2 Επιβάτες με σκοπό ταξιδιού την εργασία



Σχήμα B2 Ιστογράμμο σχετικών συχνοτήτων WtP (€) για τους επιβάτες με σκοπό την εργασία

Έλεγχος καλής προσαρμογής:

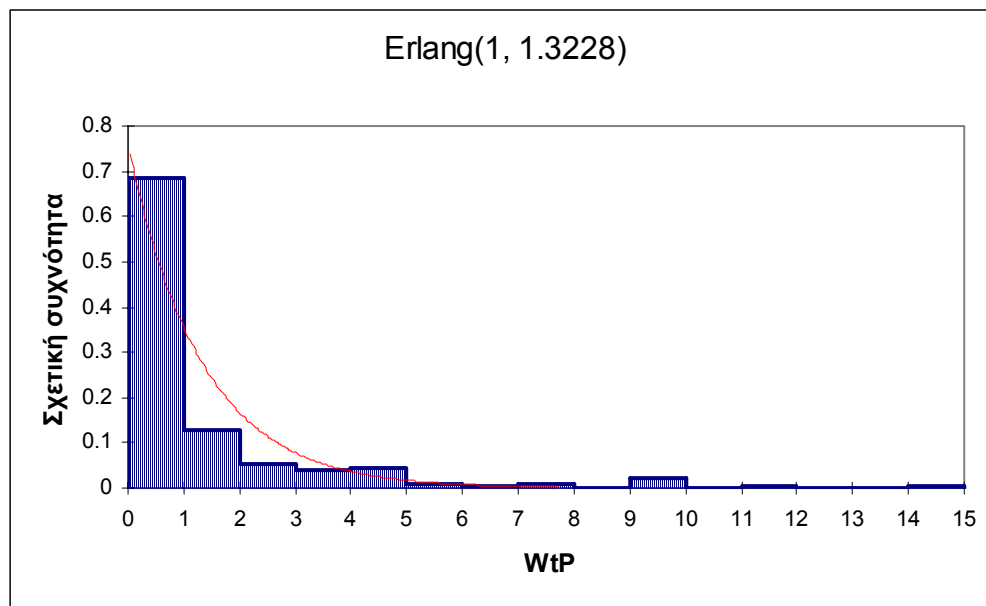
$$\chi^2 = 569.8 > \chi^2 = 36.1(\alpha=0.001)$$

άρα η εκθετική κατανομή δεν προσαρμόζει στα δεδομένα.

Πίνακας B2 Στατιστικά στοιχεία WtP (€) για τους επιβάτες με σκοπό την εργασία

Minimum	0
Maximum	19
Mean	2.2372
Mode	0.0000 [est]
Median	0.5
Std. Deviation	3.4096
Variance	11.567
Skewness	1.9877
Kurtosis	7.1232

B3 Επιβάτες με μη-επαγγελματικό σκοπό ταξιδιού



Σχήμα B3 Ιστόγραμμα σχετικών συχνοτήτων WtP (€) για τους επιβάτες με μη-επαγγελματικό σκοπό ταξιδιού

Έλεγχος καλής προσαρμογής:

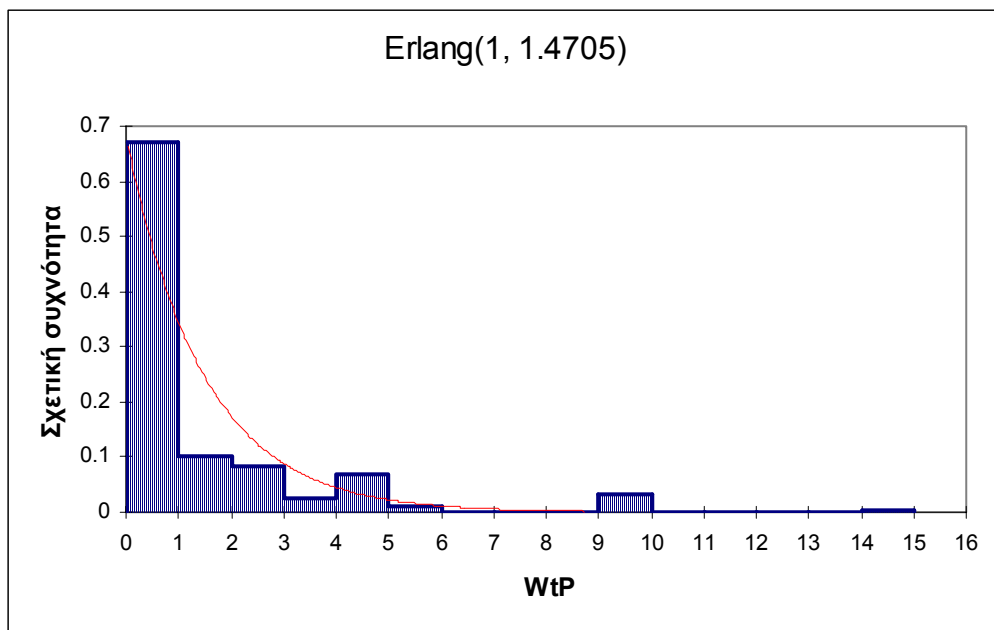
$$\chi^2 = 1414 > \chi^2 = 40.8(\alpha=0.001)$$

άρα η εκθετική κατανομή δεν προσαρμόζει στα δεδομένα.

Πίνακας B3 Στατιστικά στοιχεία WtP (€) για τους επιβάτες με μη-επαγγελματικό σκοπό ταξιδιού

Minimum	0
Maximum	14.5
Mean	1.3228
Mode	0.0000 [est]
Median	0
Std. Deviation	2.2915
Variance	5.2326
Skewness	2.6258
Kurtosis	11.0713

B4 Επιβάτες Ι.Χ.



Σχήμα B4 Ιστόγραμμα σχετικών συχνοτήτων WtP (€) για τους επιβάτες Ι.Χ.

Έλεγχος καλής προσαρμογής:

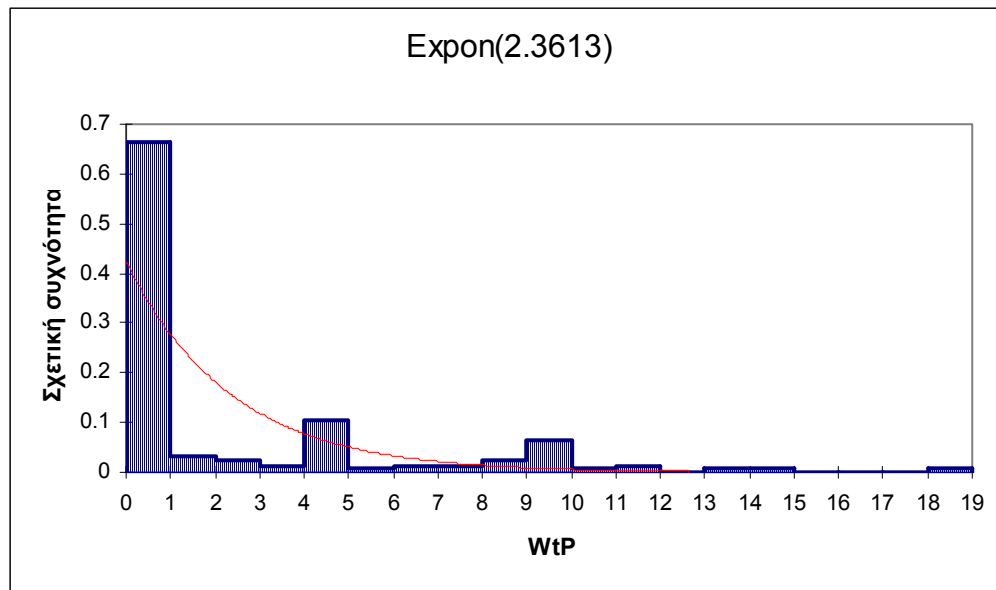
$$\chi^2 = 699.2 > \chi^2 = 36.1 (\alpha=0.001)$$

άρα η εκθετική κατανομή δεν προσαρμόζει στα δεδομένα.

Πίνακας B4 Στατιστικά στοιχεία WtP (€) για τους επιβάτες Ι.Χ.

Minimum	0
Maximum	14.5
Mean	1.4705
Mode	0.0000 [est]
Median	0
Std. Deviation	2.4217
Variance	5.8336
Skewness	2.4503
Kurtosis	10.0264

B5 Επιβάτες Ταξί



Σχήμα B5 Ιστόγραμμα σχετικών συχνοτήτων WtP (€) για τους επιβάτες Ταξί

Έλεγχος καλής προσαρμογής:

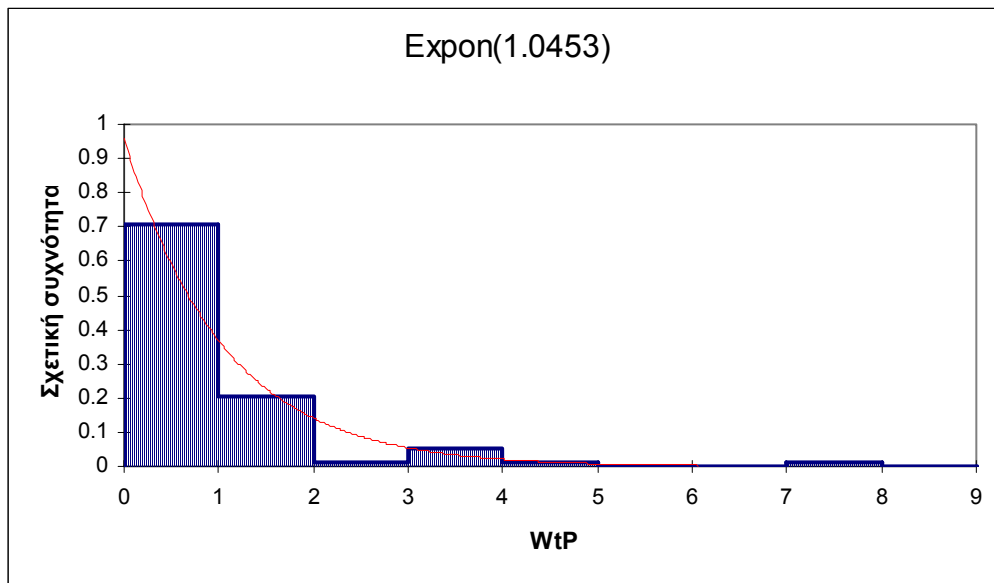
$$\chi^2 = 867 > \chi^2 = 34.5 (\alpha=0.001)$$

άρα η εκθετική κατανομή δεν προσαρμόζει στα δεδομένα.

Πίνακας B5 Στατιστικά στοιχεία WtP (€) για τους επιβάτες Ταξί

Minimum	0
Maximum	19
Mean	2.3613
Mode	0.0000 [est]
Median	0
Std. Deviation	3.9492
Variance	15.495
Skewness	1.6743
Kurtosis	5.1657

B6 Επιβάτες Λεωφορείου



Σχήμα B6 Ιστόγραμμα σχετικών συχνοτήτων WtP (€) για τους επιβάτες Λεωφορείου

Έλεγχος καλής προσαρμογής:

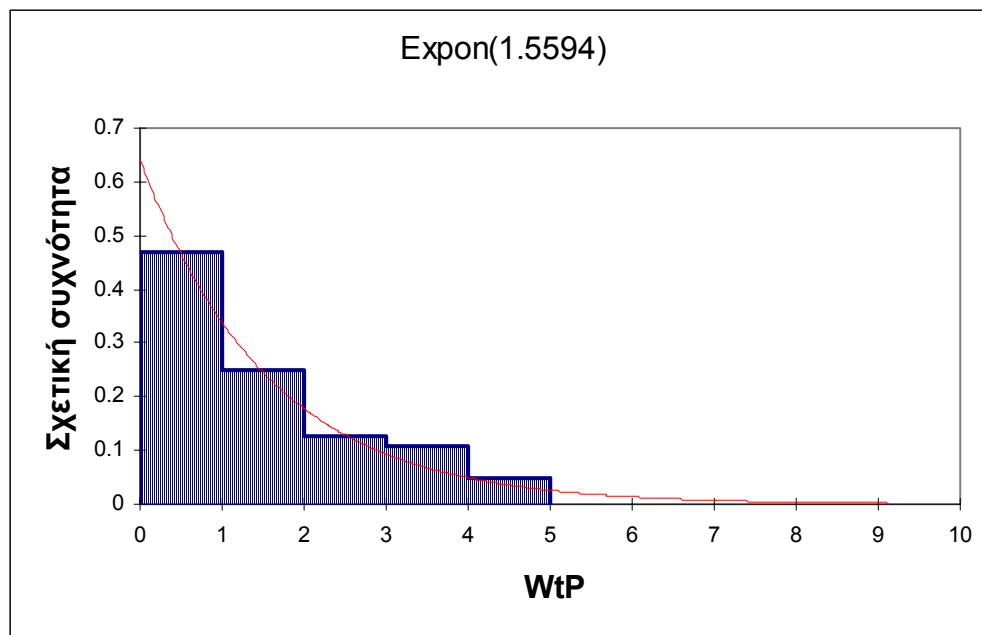
$$\chi^2 = 102.4 > \chi^2 = 27.9 (\alpha=0.001)$$

άρα η εκθετική κατανομή δεν προσαρμόζει στα δεδομένα.

Πίνακας B6 Στατιστικά στοιχεία WtP (€) για τους επιβάτες Λεωφορείου

Minimum	0
Maximum	8
Mean	1.0453
Mode	0.0000 [est]
Median	1
Std. Deviation	1.3578
Variance	1.8204
Skewness	2.3975
Kurtosis	11.0269

B7 Επιβάτες Μετρό/Προαστιακού



Σχήμα B7 Ιστογράμμο σχετικών συχνοτήτων WtP (€) για τους επιβάτες Μετρό/Προαστιακού

Έλεγχος καλής προσαρμογής:

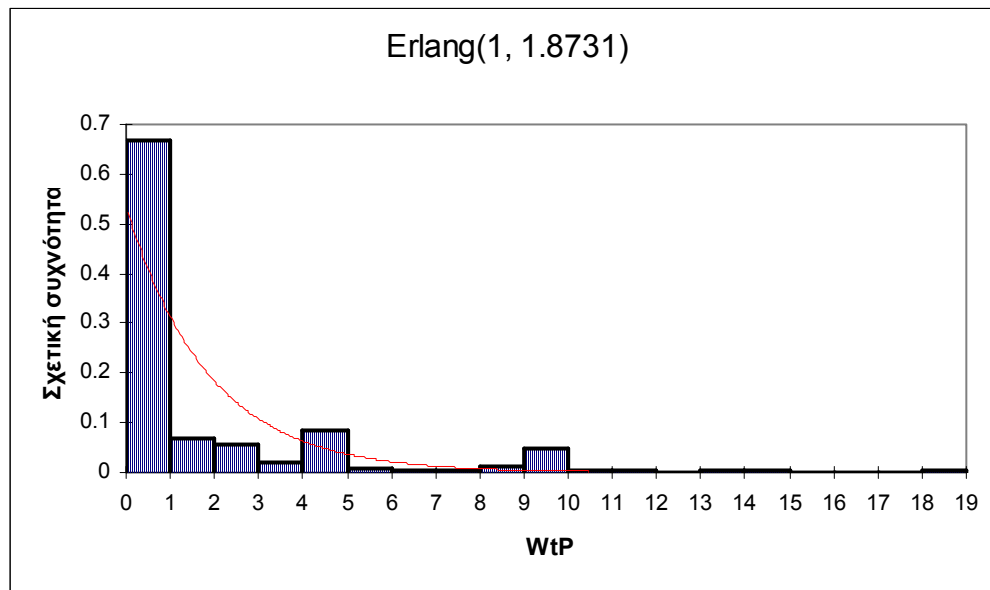
$$\chi^2 = 60.03 > \chi^2 = 26.1 (\alpha=0.001)$$

άρα η εκθετική κατανομή δεν προσαρμόζει στα δεδομένα.

Πίνακας B7 Στατιστικά στοιχεία WtP (€) για τους επιβάτες Μετρό/Προαστιακού

Minimum	0
Maximum	5
Mean	1.5594
Mode	0.0000 [est]
Median	1.5
Std. Deviation	1.526
Variance	2.2924
Skewness	0.6084
Kurtosis	2.336

B8 Επιβάτες Ιδιωτικών Μέσων Μεταφοράς



Σχήμα B8 Ιστογράμμο σχετικών συχνοτήτων WtP (€) για τους επιβάτες Ιδιωτικών Μέσων Μεταφοράς

Έλεγχος καλής προσαρμογής:

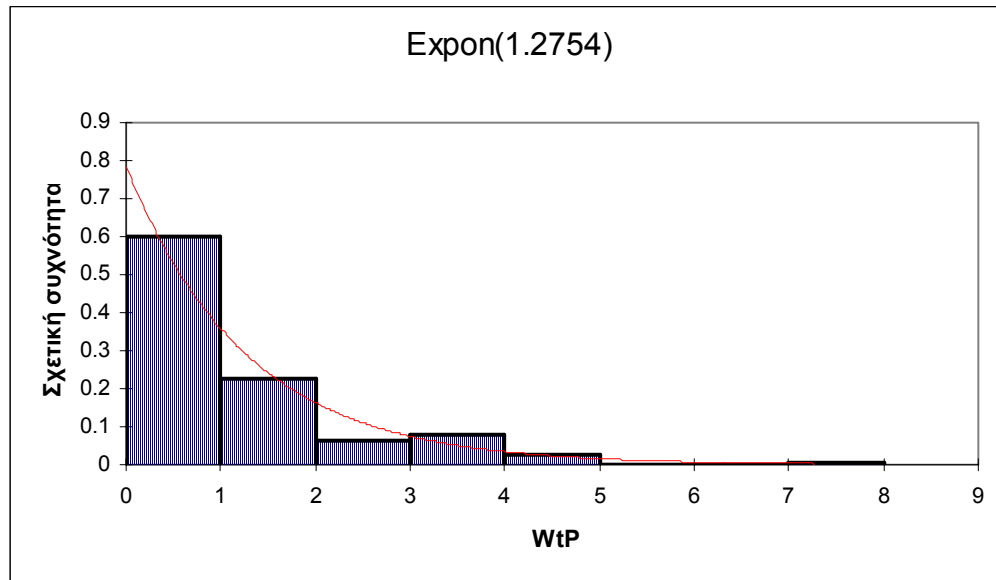
$$\chi^2 = 2047 > \chi^2 = 42.3 (\alpha=0.001)$$

άρα η εκθετική κατανομή δεν προσαρμόζει στα δεδομένα.

Πίνακας B8 Στατιστικά στοιχεία WtP (€) για τους επιβάτες Ιδιωτικών Μέσων Μεταφοράς

Minimum	0
Maximum	19
Mean	1.8731
Mode	0.0000 [est]
Median	0
Std. Deviation	3.229
Variance	10.396
Skewness	2.1326
Kurtosis	7.5899

B9 Επιβάτες Μέσων Μαζικής Μεταφοράς



Σχήμα B9 Ιστόγραμμα σχετικών συχνοτήτων WtP (€) για τους επιβάτες Μέσων Μαζικής Μεταφοράς

Έλεγχος καλής προσαρμογής:

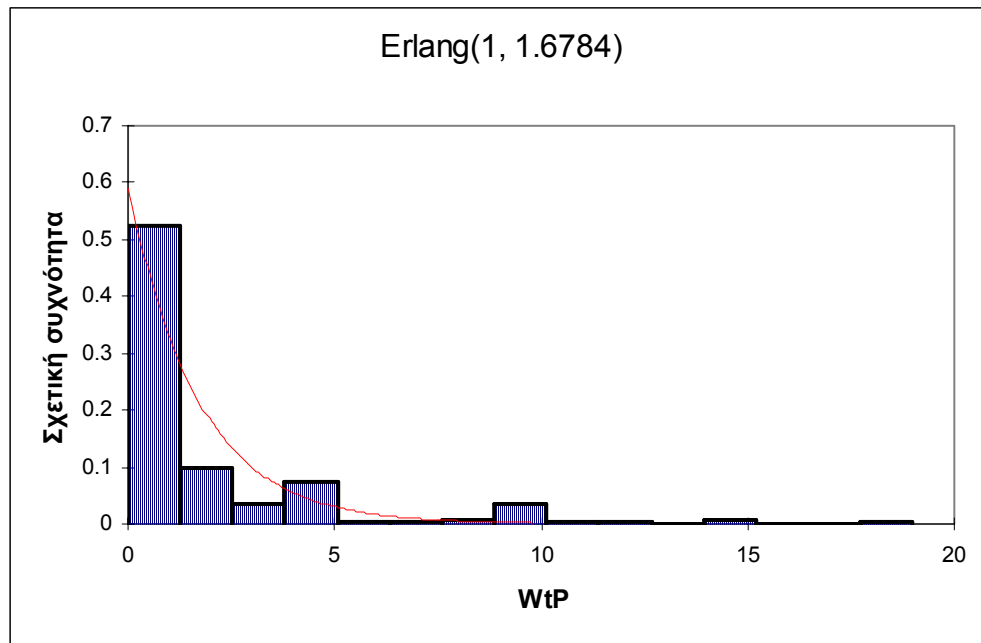
$$\chi^2 = 242.5 > \chi^2 = 32.9(\alpha=0.001)$$

άρα η εκθετική κατανομή δεν προσαρμόζει στα δεδομένα.

Πίνακας B9 Στατιστικά στοιχεία WtP (€) για τους επιβάτες Μέσων Μαζικής Μεταφοράς

Minimum	0
Maximum	8
Mean	1.2754
Mode	0.0000 [est]
Median	1
Std. Deviation	1.4532
Variance	2.097
Skewness	1.4429
Kurtosis	5.5901

B10 Επιβάτες με προέλευση μετακίνησης από το Λεκανοπέδιο Αττικής



Σχήμα B10 Ιστόγραμμα σχετικών συχνοτήτων WtP (€) για τους επιβάτες με προέλευση μετακίνησης από το Λεκανοπέδιο Αττικής

Έλεγχος καλής προσαρμογής:

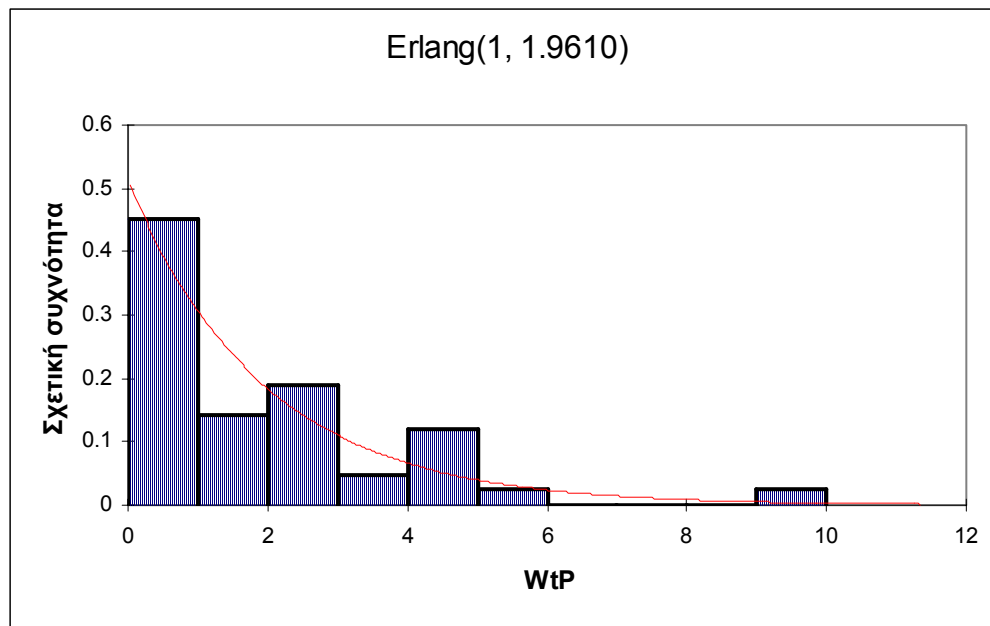
$$\chi^2 = 2563 > \chi^2 = 45.3 (\alpha=0.001)$$

άρα η εκθετική κατανομή δεν προσαρμόζει στα δεδομένα.

Πίνακας B10 Στατιστικά στοιχεία WtP (€) για τους επιβάτες με προέλευση μετακίνησης από το Λεκανοπέδιο Αττικής

Minimum	0
Maximum	19
Mean	1.6784
Mode	0.0000 [est]
Median	0
Std. Deviation	2.8904
Variance	8.3357
Skewness	2.4402
Kurtosis	9.6652

B11 Επιβάτες με προέλευση μετακίνησης από την επαρχία



Σχήμα B11 Ιστόγραμμα σχετικών συχνοτήτων WtP (€) για τους επιβάτες με προέλευση μετακίνησης από την επαρχία

Έλεγχος καλής προσαρμογής:

$$\chi^2 = 18.57 < \chi^2 = 24.3 (\alpha=0.001)$$

Παρατηρούμε ότι το δείγμα περιγράφεται στατιστικώς ικανοποιητικά από την εκθετική κατανομή.

Πίνακας B11 Στατιστικά στοιχεία WtP (€) για τους επιβάτες με προέλευση μετακίνησης από την επαρχία

Minimum	0
Maximum	10
Mean	1.961
Mode	0.0000 [est]
Median	1.5
Std. Deviation	2.1791
Variance	4.6353
Skewness	1.4914
Kurtosis	5.6335

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ