

Πρότυπο Επιλογής Μέσου για Μετακινήσεις προς το Κέντρο του Αγρινίου. Εφαρμογή για Τιμολογιακή Πολιτική Στάθμευσης

Δ. ΤΣΑΜΠΟΥΛΑΣ
Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Α. ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ
Πολιτικός Μηχανικός Ε.Μ.Π.

Περίληψη

Η ανάλυση της συμπεριφοράς των μετακινούμενων σχετικά με την επιλογή του μεταφορικού μέσου αποτελεί αναμφισβήτητη σημαντική παράγοντα για το σωστό σχεδιασμό και τη συνεχή βελτίωση των μεταφορικών συστημάτων των μεγαλουπόλεων, όπως και των μικρότερων αστικών κέντρων. Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση των παραγόντων που επηρεάζουν την επιλογή του μεταφορικού μέσου για τις μετακινήσεις που γίνονται προς το κέντρο μιας ελληνικής επαρχιακής πόλης και συγκεκριμένα του Αγρινίου. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα έρευνας που έγινε βάσει ερωτηματολογίου, δημιουργήθηκε μαθηματικό πρότυπο επιλογής μεταφορικού μέσου για τις μετακινήσεις αυτές. Με την εφαρμογή του προτύπου προσδιορίστηκε η ελαστικότητα της ζήτησης μετακίνησης με Ι.Χ. αυτοκίνητο ως προς το κόστος της, που αποτελεί σημαντικό εργαλείο για τον προσδιορισμό των επιπτώσεων από την εφαρμογή μιας συγκεκριμένης κοινωνιακής πολιτικής. Συγκεκριμένα, το πρότυπο επιλογής μέσου εφαρμόστηκε για διάφορα σενάρια χρέωσης της στάθμευσης στο κέντρο της πόλης και βρέθηκε το ποσοστό μείωσης της ζήτησης μετακίνησης με Ι.Χ. αυτοκίνητο που αναμένεται να προκύψει.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο τρόπος, με τον οποίο εξυπηρετούνται οι μεταφορικές ανάγκες μιας πόλης, αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την κοινωνική και οικονομική ανάπτυξή της. Καθοριστικό ρόλο στο χώρο των μεταφορών κατέχει το Ι.Χ. αυτοκίνητο, η υπέρμετρη χρήση, όμως, του οποίου έχει γίνει σήμερα πηγή όχλησης, μόλυνσης και πρόκλησης ατυχημάτων, τόσο στα κέντρα των μεγαλουπόλεων όσο και στα μικρότερα αστικά κέντρα, όπου τα κυκλοφοριακά προβλήματα είναι λιγότερο έντονα, αλλά διαρκώς οξύνονται. Στην εργασία αυτή διερευνήθηκε ο τρόπος με τον οποίο μετακινούνται οι κάτοικοι της ευρύτερης περιοχής μιας επαρχιακής πόλης προς το κέντρο της. Συγκεκριμένα, η βάση δεδομένων, που χρησιμοποιήθηκε για την έρευνα αυτή, αφορά στο Αγρίνιο που έχει 40.934 κατοίκους και αποτελεί το κυριότερο εμπορικό και οικονομικό κέντρο του νομού Αιτωλοακαρνανίας. Τα απαραίτητα στοιχεία συγκεντρώθηκαν με έρευνα που έγινε βάσει ερωτηματολογίου. Η εργασία βασίζεται στη θεωρία της μαθηματικής προσομοίωσης των μεταφορών και ειδικότερα στα μαθη-

ματικά εξατομικευμένα πρότυπα επιλογής μεταφορικού μέσου. Αν και η αντίστοιχη βιβλιογραφία είναι εκτενής, εφαρμογές για την επιλογή μεταφορικού μέσου σε επαρχιακά αστικά κέντρα είναι σπάνιες, αφού οι περισσότερες αφορούν σε μεγάλες πόλεις.

Στην επόμενη ενότητα παρουσιάζονται οι συμβολισμοί και η επεξήγησή τους, όπως χρησιμοποιούνται στο άρθρο. Ακολουθούν βασικά θεωρητικά στοιχεία σχετικά με τη μαθηματική προσομοίωση των μεταφορών και τα πρότυπα επιλογής μέσου, και στη συνέχεια περιγράφεται ο τρόπος διεξαγωγής της έρευνας και της επεξεργασίας των στοιχείων που συνελέγησαν. Τέλος, παρουσιάζονται το μαθηματικό πρότυπο επιλογής μέσου που προέκυψε και τα αποτελέσματά της εφαρμογής του για μια προτεινόμενη τιμολογιακή πολιτική στάθμευσης.

2. ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ

$U_{(i)}$:	Συνάρτηση χρησιμότητας για μεταφορικό μέσο i
X :	Μεταβλητές στη συνάρτηση χρησιμότητας
a :	Συντελεστής βαρύτητας των μεταβλητών στη συνάρτηση χρησιμότητας
P :	Πιθανότητα επιλογής του μεταφορικού μέσου
Ex :	Ελαστικότητα της ζήτησης του μέσου ως προς τη μεταβλητή X
V :	Συντελεστής Cramer
t :	Παράμετρος student - t

Συμβολισμοί που χρησιμοποιούνται στο πρότυπο επιλογής μέσου:

ZONE:	Ζώνη προέλευσης μετακίνησης
DIST:	Απόσταση μετακίνησης
COST:	Κόστος μετακίνησης
PURP:	Σκοπός μετακίνησης
SEX:	Φύλο μετακινούμενου
AGE:	Ηλικία μετακινούμενου
AVAIL:	Διαθεσιμότητα Ι.Χ. αυτοκινήτου

3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

3.1. Το πρότυπο επιλογής μέσου

Σκοπός της μαθηματικής προσομοίωσης των μεταφορών είναι η πρόβλεψη της εξέλιξης της μεταφορικής ζήτησης, προκειμένου να εκτιμηθούν σενάρια βελτίωσης ή επέκτασης του μεταφορικού δικτύου. Συγκεκριμένα, στόχος των μαθηματικών προτύπων επιλογής μέσου είναι η πρόβλεψη της επιλογής του μεταφορικού μέσου από το μετακινούμενο με βάση τα κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά των μετακινουμένων, τα χαρακτηριστικά της μετακίνησης και τα χαρακτηριστικά των διαθέσιμων μεταφορικών μέσων.

Τα πιθανοτικά πρότυπα επιλογής μεταφορικού μέσου ερμηνεύουν πώς οι μετακινούμενοι επιλέγουν μεταξύ διαφόρων ανταγωνιστικών μέσων. Καθένα από τα μέσα αυτά περιγράφεται από μια συνάρτηση χρησιμότητας, στην οποία η πιθανότητα επιλογής του κάθε μέσου από το μετακινούμενο εκφράζεται μαθηματικά σε σχέση με τη χρησιμότητά του.

Η συνάρτηση χρησιμότητας κάθε μετακινούμενου i για το μέσο k δίνεται στη γενική της μορφή από τις παρακάτω σχέσεις [1], [13]:

$$U_{i,k} = U_{c,i,k} + e$$

$$U_{c,i,k} = a_0 + a_1 X_{1,k} + a_2 X_{2,k} + \dots + a_r X_{r,k} \quad (3.1)$$

όπου U_c : η χρησιμότητα για το κάθε μέσο, που εκτιμάται από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του X , πολλαπλασιασμένα με τους συντελεστές βαρύτητας a του μοντέλου και e το λάθος στην εκτίμηση.

Για την εργασία αυτή χρησιμοποιήθηκε το πολυωνυμικό λογαριθμικό πρότυπο, το οποίο δίνει την πιθανότητα επιλογής του μέσου k από το μετακινούμενο i , μέσω της σχέσης [1]:

$$P(k)_i = e^{U_k} / \sum_{i=1}^n e^{U_i} \quad (3.2)$$

όπου $U_{i,k}$ η συνάρτηση χρησιμότητας του μέσου k για το μετακινούμενο i και n το σύνολο των ανταγωνιστικών μέσων. Για την εκτίμηση των παραμέτρων, από τις οποίες εξαρτάται η επιλογή του μέσου (χαρακτηριστικά του μέσου, κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά του μετακινούμενου και χαρακτηριστικά της μετακίνησης), βάσει του πολυωνυμικού λογαριθμικού προτύπου χρησιμοποιείται η μέθοδος της μέγιστης πιθανοφάνειας (Maximum Likelihood) [13].

3.2. Η ελαστικότητα της ζήτησης

Οι ελαστικότητες, που εκτιμώνται μέσω του λογαριθμικού προτύπου, δίνουν τη δυνατότητα να εκτιμηθεί ο βαθμός ευαισθησίας της ζήτησης στη μεταβολή των διαφόρων παραγόντων που την επηρεάζουν και συνεπώς να αξιολογηθούν διάφορες πολιτικές που μπορούν να εφαρμοστούν στο χώρο των μεταφορών.

Για το πρότυπο η ελαστικότητα της ζήτησης ενός μέσου k ως προς μία μεταβλητή X , που εμφανίζεται στη συνάρτηση χρησιμότητάς του, προσδιορίζεται από τη σχέση [4]:

$$E^{P(k)}_{Xi} = [1 - P(k)] * X_i * a_i \quad (3.3)$$

όπου:

$P(k)$ = η πιθανότητα επιλογής για το μέσο k ,

a_i = ο συντελεστής βαρύτητας της μεταβλητής X_i στη συνάρτηση χρησιμότητας του μέσου k .

Βέβαια, η παραπάνω σχέση αποτελεί έκφραση της ελαστικότητας της ζήτησης για κάθε ένα άτομο χωριστά. Προκειμένου να εκτιμηθεί η μέση ελαστικότητα για το σύνολο του πληθυσμού, εφαρμόζεται η σχέση [4]:

$$E^{P(k)}_{ij} = \sum P(k) * E^{P(k)}_{Xi} / \sum P(k) \quad (3.4)$$

4. ΣΥΛΛΟΓΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

4.1. Γενικά

Στην προσπάθεια προσέγγισης και κατανόησης του τρόπου λήψης απόφασης για την επιλογή μεταφορικού μέσου των μετακινουμένων προς κέντρα επαρχιακών πόλεων, ήταν απαραίτητη η συγκέντρωση πληροφοριών από ένα δείγμα χρηστών του μεταφορικού δικτύου κάποιας επαρχιακής πόλης. Οι πληροφορίες αυτές συγκεντρώθηκαν με έρευνα που διεξήχθη στο κέντρο της πόλης του Αγρινίου. Η έρευνα έγινε με ερωτηματολόγια άμεσων απαντήσεων. Καθώς την επιλογή του μέσου μεταφοράς των κατοίκων επηρεάζουν παράγοντες, οι οποίοι διαφέρουν από πόλη σε πόλη, όπως ο πληθυσμός, το οδικό δίκτυο, το επίπεδο εξυπηρέτησης των δημοσίων συγκοινωνιών κ.τ.λ., κρίνεται σκόπιμη η παρακάτω παρουσίαση των ιδιαιτέρων γνωρισμάτων της πόλης του Αγρινίου.

Το Αγρίνιο βρίσκεται στο νομό Αιτωλοακαρνανίας και αποτελεί το μεγαλύτερο οικονομικό και εμπορικό κέντρο του νομού αλλά και συγκοινωνιακό κόμβο που συνδέει τη Νότια με τη Βορειοδυτική Ελλάδα. Σύμφωνα με τα στοιχεία της απογραφής της 17ης Μαρτίου του 1991, στο νομό Αιτωλοακαρνανίας απογράφησαν συνολικά 228.180 κάτοικοι, ενώ στην πόλη του Αγρινίου 40.934 κάτοικοι. Η ευρύτερη περιοχή χαρακτηρίζεται ως αγροτική. Ο πληθυσμός της πόλης είναι μικτός, ασχολείται με το εμπόριο, τη γεωργία και τη βιοτεχνία κυρίως, και με υπηρεσίες δευτερευόντως.

Η πόλη του Αγρινίου έχει επεκταθεί και συνεχίζει να επεκτείνεται ακτινωτά από το κέντρο προς την περιφέρεια. Οι δρόμοι, που εξυπηρετούν την κυκλοφορία στο κέντρο της πόλης, είναι αρκετά στενοί, οπότε και δημιουργούνται σοβαρά κυκλοφοριακά προβλήματα και προβλήματα στάθμευσης. Οι υπάρχουσες λεωφορειακές γραμμές δημιουργήθηκαν, προκειμένου να εξυπηρετούν τους κατοίκους των γειτονικών δήμων και κοινοτήτων που κινούνται προς το κέντρο του

Αγρινίου. Οι γραμμές αυτές εξυπηρετούν και τους κατοίκους της πόλης ακολουθώντας διαδρομή από το ένα άκρο της στο άλλο, αλλά δεν χρησιμοποιούνται από αυτούς.

Ιδιαίτερη μέριμνα για τη στάθμευση των αυτοκινήτων στην πόλη δεν υπάρχει. Η πλειοψηφία των επισκεπτών του κέντρου, που κινείται με Ι.Χ. αυτοκίνητο, σταθμεύει παρά το κράσπεδο. Σύμφωνα με τα παραπάνω, τα ιδιαίτερα γνωρίσματα της πόλης του Αγρινίου δεν φαίνεται να απέχουν από εκείνα ενός επαρχιακού αστικού κέντρου στην Ελλάδα.

4.2. Το ερωτηματολόγιο

Το ερωτηματολόγιο διαμορφώθηκε έτσι, ώστε να συλλέξει στοιχεία ως προς τα κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά του ερωτώμενου, τα χαρακτηριστικά της μετακίνησης που πραγματοποίησε και τα χαρακτηριστικά του μέσου που επέλεξε (στοιχεία στα οποία βασίζονται τα πιθανοτικά πρότυπα επιλογής μέσου, όπως αναφέρεται στην παράγραφο 3.1). Επιπλέον, προκειμένου να ευρεθεί η ελαστικότητα της ζήτησης για μετακινήσεις με Ι.Χ. αυτοκίνητο, υπήρχε ερώτηση σχετικά με τον τρόπο στάθμευσης στην περίπτωση που χρησιμοποιήθηκε. Έτσι καταρτίστηκε ένας βασικός σκελετός ερωτήσεων που στόχο τους είχαν να αντλήσουν τα παρακάτω στοιχεία:

1. Ως προς τα **κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά** του ατόμου:
 - ηλικία,
 - φύλο,
 - επάγγελμα,
 - ιδιοκτησία Ι.Χ.,
 - χρόνια διαμονής του στην ίδια συνοικία.
2. Ως προς τα **χαρακτηριστικά του μέσου** που χρησιμοποίησε ο μετακινούμενος:
 - χρόνος μετακίνησης,
 - κόστος μετακίνησης,
 - λόγος επιλογής του συγκεκριμένου μέσου.
3. Ως προς τα **χαρακτηριστικά της μετακίνησης**:
 - απόσταση που έχει διανύσει ο μετακινούμενος,
 - σκοπός για τον οποίο μετακινήθηκε,
 - ο αριθμός των διαφορετικών χώρων/τόπων που προβλέπεται να επισκεφθεί συνολικά ο μετακινούμενος πριν από την επιστροφή του,
 - η ώρα έναρξης της μετακίνησης και η συνολική διάρκεια παραμονής στο κέντρο της πόλης.

4.3. Η διεξαγωγή της έρευνας

Η έρευνα έγινε μια τυπική καθημερινή ημέρα έτσι, ώστε να αντιπροσωπεύει όσο το δυνατόν περισσότερο τις καθημερινές μετακινήσεις που γίνονται προς το κέντρο της πόλης.

Οι καιρικές συνθήκες ήταν καλές και συνεπώς δεν επηρέασαν το μεγάλο ποσοστό των μετακινούμενων που προτιμούν να κινούνται πεζοί. Η έρευνα ξεκίνησε στις 7:00 το πρωί και συνεχίστηκε μέχρι τις 17:00 το απόγευμα. Κάλυψε την περιοχή όπου συγκεντρώνεται η εμπορική, διοικητική (υπηρεσίες) και οικονομική δραστηριότητα της πόλης και η οποία αποτελεί και το κέντρο της.

Ο αριθμός των μετακινούμενων, που απάντησε στο ερωτηματολόγιο, ήταν 363, που αντιστοιχεί στο 40% των διανεμηθέντων ερωτηματολογίων.

5. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

5.1. Έλεγχος επάρκειας του δείγματος και έλεγχος ανεξαρτησίας των μεταβλητών

Βάσει της ακολουθούμενης πρακτικής σε δειγματοληψίες, το απαιτούμενο μέγεθος του δείγματος καθορίζεται από το αποδεκτό ποσοστό λάθους στη μετρώμενη μεταβλητή και το ζητούμενο επίπεδο σημαντικότητας βάσει της σχέσης:

$$n = N / [1 + (e^2(N-1)/z^2 pq)] \quad (3.5)$$

όπου n το απαιτούμενο μέγεθος του δείγματος, N το μέγεθος του πληθυσμού, e το απόλυτο σφάλμα, z η σταθερά της κανονικής κατανομής.

Κατά συνέπεια, για $e = 0,055$ και $p = q = 0,50$, και N ίσο με 14.000 (το μέγεθος του πληθυσμού N εκτιμήθηκε με βάση μελέτη που αφορούσε στις μετακινήσεις προς το κέντρο της Καρδίτσας και σύμφωνα με την οποία στη ζώνη με τις περισσότερες προσελκυσόμενες μετακινήσεις διενεργούνται καθημερινά 12.263 μετακινήσεις) προέκυψε το απαιτούμενο μέγεθος του δείγματος $n = 310$.

Μετά από επιτυχή έλεγχο επάρκειας του δείγματος, ακολουθήσε η επεξεργασία των στοιχείων που συνελέγησαν. Προκειμένου να γίνει μια πρώτη αναγνώριση των μεταβλητών που σχετίζονται με την επιλογή του μεταφορικού μέσου (και συνεπώς εκείνων που πρέπει να συμπεριληφθούν στις συναρτήσεις χρησιμότητας του μοντέλου), έγινε ο έλεγχος ανεξαρτησίας τους με την επιλογή μέσου. Ο έλεγχος αυτός έγινε με τη δημιουργία πινάκων συνάφειας και με την εφαρμογή του ελέγχου Test- X^2 . Παρακάτω παρουσιάζονται οι μεταβλητές, οι οποίες βρέθηκαν εξαρτημένες με την επιλογή του μεταφορικού μέσου, καθώς και ο συντελεστής Cramer V για κάθε μία από αυτές, ο οποίος δείχνει το βαθμό εξάρτησής τους.

1. απόσταση μετακίνησης $V=0.4219$,
2. φύλο μετακινούμενου $V=0.3838$,
3. λόγος επιλογής του μέσου μεταφοράς $V=0.3191$,
4. κόστος μετακίνησης $V=0.2856$,
5. σκοπός μετακίνησης $V=0.2709$,
6. χρόνος μετακίνησης $V=0.2457$,

7. επάγγελμα μετακινούμενου $V=0.2333$,
8. ηλικία μετακινούμενου $V=0.2195$,
9. προέλευση μετακίνησης $V=0.2038$.

5.2. Πρότυπο μετακινήσεων

Το πρότυπο μετακινήσεων, που περιγράφεται παρακάτω, προέκυψε βάσει των στοιχείων που συγκεντρώθηκαν με το ερωτηματολόγιο και με τη βοήθεια του προγράμματος ALOGIT Version 3F/2 (652). Βάσει του προγράμματος αυτού εκτιμήθηκαν οι συντελεστές a για τις διάφορες μεταβλητές και προέκυψαν οι συναρτήσεις χρησιμότητας για έξι εναλλακτικά μεταφορικά μέσα. Επίσης, εκτιμήθηκε ο συντελεστής student-t για την κάθε μεταβλητή, ο οποίος αποτελεί μέτρο για τη σημαντικότητα των συντελεστών a . Μέσω του συντελεστή r^2 κρίθηκε ο βαθμός προσαρμογής του προτύπου. Σημειώνεται ότι ένδειξη για το ποιες μεταβλητές συμπεριλαμβάνονται σε κάθε μία από τις συναρτήσεις χρησιμότητας αποτελεί ο συντελεστής a , ο συντελεστής student-t, καθώς και ο συντελεστής r^2 προσαρμογής του μοντέλου. Με διαδοχικές δοκιμές και χρησιμοποιώντας τις μεταβλητές που βρέθηκαν εξαρτημένες από την επιλογή μέσου (παράγραφος 5.1) προσδιορίστηκαν οι συναρτήσεις χρησιμότητας, οι οποίες έδωσαν και τη βέλτιστη προσαρμογή του προτύπου στο δείγμα.

Τα έξι εναλλακτικά μέσα/τρόποι μεταφοράς, που εξετάστηκαν στην εργασία αυτή, είναι τα εξής:

1. Ι.Χ. ως οδηγός,
2. Ι.Χ. ως επιβάτης,
3. Δίκυκλο,
4. Λεωφορείο,
5. Ταξί,
6. Βάδισμα.

Οι συναρτήσεις χρησιμότητας για ένα μετακινούμενο και για κάθε εναλλακτικό μέσο/τρόπο μεταφοράς προέκυψαν μετά την εκτίμηση των συντελεστών των μεταβλητών με εφαρμογή της μεθόδου της μέγιστης πιθανοφάνειας και έχουν ως εξής:

Εναλλακτικό μέσο 1: Ι.Χ. οδηγός

$$U_1 = 0.0986 - 0.337 \times \text{ZONE} + 0.1164 \times \text{DIST} - 0.2465 \times 10^{-2} \times \text{COSTA} + 1.092 \times \text{PURP1} + 0.3477 \times \text{PURP2} + 0.318 \times 10^{-1} \times \text{DURAT} - 0.7846 \times \text{SEX} + 0.9939 \times 10^2 \times \text{AVAIL}$$

Εναλλακτικό μέσο 2: Ι.Χ. επιβάτης

$$U_2 = -1.667 + 0.1406 \times \text{PURP2} + 0.3542 \times \text{SEX}$$

Εναλλακτικό μέσο 3: Δίκυκλο

$$U_3 = 0.8418 - 0.2465 \times 10^{-2} \times \text{COSTM} + 0.2846 \times \text{PURP3} - 0.6544 \times \text{AGE}$$

Εναλλακτικό μέσο 4: Λεωφορείο

$$U_4 = -1.016 - 3.21 \times \text{ZONE} + 0.0264 \times \text{DIST} -$$

$$0.2465 \times 10^2 \times \text{COSTB} + 1.120 \times \text{PURP3} + 1.843 \times \text{PURP4} - 0.05978 \times \text{AGE}$$

Εναλλακτικό μέσο 5: Ταξί

$$U_5 = -0.2465 \times 10^{-2} \times \text{COSTT} + 0.259 \times \text{SEX}$$

Εναλλακτικό μέσο 6: Βάδισμα

$$U_6 = 2.847 + 0.282 \times \text{ZONE} - 2.73 \times \text{DIST}$$

όπου:

ZONE: Προέλευση μετακίνησης

Σύμφωνα με τις απαντήσεις των μετακινούμενων, η μεταβλητή αυτή λαμβάνει τις εξής κωδικοποιημένες τιμές:

- 0: όταν ζώνη προέλευσης είναι συνοικία εκτός της πόλης,
- 1: όταν ζώνη προέλευσης είναι συνοικία εντός της πόλης.

DIST: Απόσταση μετακίνησης

Η μεταβλητή αυτή λαμβάνει τιμές σε μέτρα και παρουσιάζει την απόσταση της μετακίνησης από την προέλευση στον προορισμό, όπως δηλώθηκε από τον ερωτώμενο.

COSTA, COSTM, COSTB: Κόστος μετακίνησης για το Ι.Χ. ως οδηγός, το δίκυκλο και το λεωφορείο αντίστοιχα

Οι μεταβλητές αυτές λαμβάνουν τιμές σε δραχμές. Το κόστος μετακίνησης για το Ι.Χ. ως επιβάτης και για το βάδισμα ήταν μηδέν.

PURP: Σκοπός μετακίνησης

Συγκεκριμένα:

PURP1: ο σκοπός μετακίνησης, όταν αφορά σε εργασία ως ελεύθερος επαγγελματίας.

Κωδικοποίηση: $\text{PURP} = \text{PURP1}$, διαφορετικά = 0.

PURP2: ο σκοπός μετακίνησης, όταν αφορά σε εργασία ως υπάλληλος.

Κωδικοποίηση: $\text{PURP} = \text{PURP2}$, διαφορετικά = 0.

PURP3: ο σκοπός μετακίνησης, όταν αφορά σε σπουδές.

Κωδικοποίηση: $\text{PURP} = \text{PURP3}$, διαφορετικά = 0.

PURP4: ο σκοπός μετακίνησης, όταν αφορά σε άλλο λόγο (ψώνια, συναλλαγή με τράπεζα κ.τ.λ.).

Κωδικοποίηση: $\text{PURP} = \text{PURP4}$, διαφορετικά = 0.

SEX: Φύλο του μετακινούμενου

Η μεταβλητή αυτή, προκειμένου να συμπεριληφθεί στο παραπάνω πρότυπο, λαμβάνει, σύμφωνα με τις απαντήσεις των μετακινούμενων, τις εξής κωδικοποιημένες τιμές:

0: όταν το φύλο του μετακινούμενου είναι άντρας,

1: όταν το φύλο του μετακινούμενου είναι γυναίκα.

AGE: Ηλικία του μετακινούμενου

Η μεταβλητή αυτή, προκειμένου να συμπεριληφθεί στο παραπάνω πρότυπο, λαμβάνει, σύμφωνα με τις απαντήσεις των μετακινούμενων, τις εξής κωδικοποιημένες τιμές:

Πίνακας 1: Τιμές των συντελεστών των μεταβλητών και της παραμέτρου student-t.
Table 1: Values of the coefficients of variables and the student-t parameter.

Μέσο μετακίνησης	Μεταβλητή	Εκτιμηθέντες συντελεστές των μεταβλητών	Τιμή της παραμέτρου t
Ι.Χ.οδηγός	ZONE	-0.337	-0.6
	DIST	0.116	1.8
	COSTA	-0.002	-4.4
	PURP1	1.092	2.5
	PURP2	0.347	0.7
	DURAT	0.031	0.4
	SEX	-0.784	-2.5
	AVAIL	0.009	2.5
	CONST	0.098	0.1
Ι.Χ.επιβάτης	PURP2	0,141	0.3
	SEX	0.354	1.1
	CONST	-1.667	-2.9
Δίκυκλο	COSTM	-0.002	-4.4
	PURP3	0.284	0.5
	AGE	-0.654	-2.4
	CONST	0.841	1.1
Λεωφορείο	ZONE	-3.210	-2.8
	DIST	0.026	1.0
	COSTB	-0.002	-4.4
	PURP3	1.120	1.5
	PURP4	1.843	1.8
	AGE	-0.059	-0.2
	CONST	-1.016	-0.9
Ταξί	COSTT	-0.002	-4.4
	SEX	0.259	0.9
Βάδισμα	ZONE	0.282	0.3
	DIST	-2.730	-6.0
	CONST	2.847	2.6

- Age = 1, 2, 3, 4, 5 για τις ηλικίες “νεότερος από 20”, 20-29, 30-39, 40-49, “50 και πάνω”, αντίστοιχα.

AVAIL: Διαθεσιμότητα Ι.Χ. αυτοκινήτου σε ποσοστό επί τοις εκατό

Η μεταβλητή αυτή παίρνει, σύμφωνα με τις απαντήσεις των μετακινουμένων, τιμές σε ποσοστό επί τοις εκατό (π.χ. ένα Ι.Χ. σε μία οικογένεια τεσσάρων ατόμων αντιστοιχεί σε AVAIL=25%)

5.3. Προσαρμογή του μοντέλου

Οι μεταβλητές και οι αντίστοιχοι εκτιμηθέντες συντελεστές, που συμπεριλήφθηκαν στο πρότυπο, καθώς και οι τιμές της παραμέτρου student-t παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον πίνακα 1.

Το θετικό ή αρνητικό πρόσημο των συντελεστών των μεταβλητών σημαίνει την αύξηση ή τη μείωση, αντίστοιχα, της χρησιμότητας, όταν η τιμή της μεταβλητής αυξάνει.

Όπως αναφέρεται στη σχετική βιβλιογραφία, οι τιμές της

παραμέτρου student-t θα πρέπει να είναι σημαντικά διάφορες του μηδενός. Σύμφωνα, όμως, με πολλούς ερευνητές [13], [4], είναι δυνατόν να παραμείνουν στο πρότυπο μεταβλητές με σχετικά μικρό συντελεστή, αφού η μικρή αυτή τιμή δεν σημαίνει την αυτόματη απόρριψη της μεταβλητής.

Η προσαρμογή του μοντέλου στο δείγμα κρίνεται ικανοποιητική δεδομένης της τιμής του συντελεστή ρ^2 , η οποία και προέκυψε ίση με 0,3405. Τιμές, που κυμαίνονται γύρω στο 0,4, θεωρούνται πολύ ικανοποιητικές [13].

6. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Τα κυριότερα συμπεράσματα, που προκύπτουν από την ανάλυση των στοιχείων του προτύπου, είναι τα εξής:

Συνάρτηση χρησιμότητας για το μέσο 1: Ι.Χ. οδηγός

Η αρνητική τιμή του συντελεστή για τη ζώνη προέλευσης δηλώνει ότι με την αύξηση της κωδικοποιημένης τιμής της

ζώνης προέλευσης από 0, που αντιστοιχεί σε μετακινήσεις με προέλευση άλλους δήμους, σε 1, που αντιστοιχεί σε μετακινήσεις με προέλευση συνοικίες της πόλης, η χρησιμότητα του μέσου μειώνεται. Η χρησιμότητα λοιπόν του Ι.Χ. αυτοκινήτου είναι μεγαλύτερη για όσους κινούνται προς το κέντρο της πόλης και προέλευσή τους είναι άλλοι δήμοι. Το θετικό πρόσημο του συντελεστή για τη μεταβλητή της απόστασης σημαίνει την αύξηση της χρησιμότητας του μέσου με την ταυτόχρονη αύξηση της απόστασης που διανύει ο μετακινούμενος. Ομοίως, η χρησιμότητα του μέσου αυξάνει, αυξανόμενης της διάρκειας παραμονής στο κέντρο της πόλης και της διαθεσιμότητας Ι.Χ. αυτοκινήτου. Επίσης, αυξημένη είναι η χρησιμότητα του μέσου για όσους κινούνται με σκοπό την εργασία τους ως υπάλληλοι (PURP2) ή ως ελεύθεροι επαγγελματίες (PURP1). Αντίθετα, η χρησιμότητα του Ι.Χ. μειώνεται με την αύξηση του κόστους. Τέλος, μεγαλύτερη χρησιμότητα έχει το Ι.Χ. για τους άντρες, αφού αυξανόμενης της τιμής της αντίστοιχης παραμέτρου από 0 (άντρας) σε 1 (γυναίκα) η τιμή της συνάρτησης μειώνεται.

Συνάρτηση χρησιμότητας για το μέσο 2: Ι.Χ. επιβάτης

Η χρησιμότητα του Ι.Χ. για όσους κινούνται ως επιβάτες με αυτό είναι μεγαλύτερη για αυτούς που κινούνται με σκοπό την εργασία τους ως υπάλληλοι (PURP2). Έχει επίσης μεγαλύτερη χρησιμότητα για τις γυναίκες. Είναι χαρακτηριστική η διαφοροποίηση των μεταβλητών, που χαρακτηρίζουν τη συνάρτηση χρησιμότητας του μέσου αυτού, από αυτές της προηγούμενης συνάρτησης χρησιμότητας.

Συνάρτηση χρησιμότητας για το μέσο 3: Δίκυκλο

Η αύξηση του κόστους μετακίνησης με δίκυκλο μειώνει τη χρησιμότητά του. Το ίδιο ισχύει άλλωστε για όλα τα μέσα μετακίνησης, των οποίων το κόστος είναι μη μηδενικό. Η χρησιμότητά του είναι μεγαλύτερη για όσους κινούνται με σκοπό τις σπουδές (αφού κυρίως χρησιμοποιείται από αυτή την κατηγορία των μετακινουμένων), ενώ μειώνεται με την αύξηση της ηλικίας.

Συνάρτηση χρησιμότητας για το μέσο 4: Λεωφορείο

Η χρησιμότητα του λεωφορείου είναι μεγαλύτερη για τους μετακινούμενους με προέλευση άλλους δήμους. Η αύξηση της απόστασης συνεπάγεται την αύξηση της χρησιμότητας του λεωφορείου, ενώ η αύξηση του κόστους τη μείωσή της. Μεγαλύτερη, τέλος, χρησιμότητα έχει το λεωφορείο για τους μικρότερους στην ηλικία και για όσους κινούνται με σκοπό τις σπουδές ή με σκοπό μετακίνησης “άλλο” (ψώνια, συναλλαγή με τράπεζα κ.τ.λ.).

Συνάρτηση χρησιμότητας για το μέσο 5: Ταξί

Η χρησιμότητα αυτού του μέσου είναι μεγαλύτερη για τις γυναίκες και μειώνεται με την αύξηση του κόστους.

Συνάρτηση χρησιμότητας για το μέσο 6: Βάδισμα

Το βάδισμα βρέθηκε ότι είναι αρκετά σημαντικός τρόπος μετακίνησης για όσους κινούνται με προέλευση συνοικία της πόλης και σε αντίθεση με τα μηχανοκίνητα μέσα, η χρησιμότητά του μειώνεται με την αύξηση της απόστασης.

7. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΓΙΑ ΤΙΜΟΛΟΓΙΑΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ ΣΤΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ

7.1. Ελαστικότητα της ζήτησης μετακίνησης με Ι.Χ. αυτοκίνητο ως προς το κόστος της

Είναι προφανές ότι κάθε συγκοινωνιακό πρότυπο αναπτύσσεται, προκειμένου να διευκολύνει τους λαμβάνοντες αποφάσεις για συγκοινωνιακά θέματα, ώστε να προβλεφθούν οι επιπτώσεις από την εφαρμογή μιας συγκοινωνιακής πολιτικής. Στη συγκεκριμένη περίπτωση έγινε εφαρμογή του προτύπου που αναπτύχθηκε για την περίπτωση επιβολής τέλους στάθμευσης, στη στάθμευση παρά την οδό των Ι.Χ. αυτοκινήτων.

Αντικείμενο της διερεύνησης αποτέλεσε η μεταβολή της ζήτησης μετακίνησης με Ι.Χ. αυτοκίνητο προς το κέντρο της πόλης, σε μια πιθανή αύξηση του κόστους της μετακίνησης, που θα οφείλεται στην εφαρμογή ελεγχόμενης στάθμευσης στο κέντρο της πόλης με αντίστοιχη καταβολή τέλους στάθμευσης.

Από τη συνάρτηση χρησιμότητας, που προέκυψε για το Ι.Χ. αυτοκίνητο, υπολογίστηκε η πιθανότητα επιλογής για τον καθένα από τους μετακινούμενους, όπως δίνεται από το πρότυπο (3.2). Εφαρμόζοντας τη σχέση της άμεσης ελαστικότητας (3.3), υπολογίστηκε η ελαστικότητα για τον κάθε μετακινούμενο. Για το σύνολο του δείγματος, βάσει της σχέσης (3.5), προέκυψε τελικά η τιμή της ελαστικότητας της ζήτησης μετακίνησης με Ι.Χ. αυτοκίνητο σε σχέση με το κόστος ίση με $E = -0,311$.

Το αρνητικό πρόσημο της ελαστικότητας E εκφράζει το γεγονός ότι μια αύξηση του κόστους μετακίνησης για το Ι.Χ. αυτοκίνητο θα συνοδευόταν με μείωση της ζήτησης.

Η τιμή αυτή της ελαστικότητας δηλώνει επίσης ότι η ζήτηση είναι ανελαστική (απόλυτη τιμή μικρότερη της μονάδας), δηλαδή μια δεδομένη μεταβολή του κόστους (αύξηση) θα έχει ως αποτέλεσμα μικρότερη μεταβολή της ζήτησης (μείωση).

7.2. Εφαρμογή του προτύπου για διαφορετικά σενάρια χρέωσης της στάθμευσης

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζεται η μείωση του ποσοστού των μετακινούμενων με Ι.Χ. αυτοκίνητο προς το κέντρο της πόλης, για τα εξής σενάρια χρέωσης της στάθμευσης: 50 δρχ./ώρα, 100 δρχ./ώρα και 200 δρχ./ώρα, που

προέκυψαν εφαρμόζοντας τα αποτελέσματα της προηγούμενης παραγράφου.

Το ποσοστό μείωσης των μετακινουμένων με Ι.Χ. αυτοκίνητο προέκυψε από την παρακάτω σχέση, για τιμή της ελαστικότητας ίση με $E = -0,311$:

$$E = [(q_2 - q_1)/(p_2 - p_1)] \times [(p_1 + p_2)/(q_1 + q_2)] \quad (7.1)$$

όπου:

q_1 = το σημερινό ποσοστό των μετακινουμένων με Ι.Χ. αυτοκίνητο,

q_2 = το ποσοστό των μετακινουμένων μετά την εκάστοτε χρέωση της στάθμευσης,

p_1 = η μέση τιμή του κόστους μετακίνησης, όπως αυτή έχει σήμερα,

p_2 = η μέση τιμή του κόστους μετακίνησης, συμπεριλαμβανομένης και της αντίστοιχης χρέωσης της στάθμευσης (ανάλογα με το σενάριο τιμολογιακής πολιτικής).

- Για χρέωση της στάθμευσης 50 δρχ./ώρα

$$p_1 = 216,85$$

$$p_2 = 556,66$$

Βάσει της παραπάνω σχέσης προέκυψε: $q_2 = 0,761 q_1$ και άρα μείωση ποσοστού των μετακινουμένων με Ι.Χ. αυτοκίνητο ίση με 23%.

- Για χρέωση της στάθμευσης 100 δρχ./ώρα

$$p_1 = 216,85$$

$$p_2 = 896,48$$

Προέκυψε $q_2 = 0,681 q_1$ και άρα μείωση ποσοστού των μετακινουμένων με Ι.Χ. αυτοκίνητο ίση με 31%.

- Για χρέωση της στάθμευσης 200 δρχ./ώρα

$$p_1 = 216,85$$

$$p_2 = 1576,1$$

Προέκυψε $q_2 = 0,61 q_1$ και άρα μείωση ποσοστού των μετακινουμένων με Ι.Χ. αυτοκίνητο ίση με 38%.

Επισημαίνεται ότι οι τιμές p_1 και p_2 για τα παραπάνω σενάρια υπολογίστηκαν βάσει των απαντήσεων των μετακινουμένων του δείγματος και οι παραπάνω μειώσεις των μετακινήσεων εκτιμήθηκαν με τη βασική υπόθεση της μη ύπαρξης παράνομης στάθμευσης.

8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο άρθρο αυτό ερευνήθηκε ο τρόπος μετακίνησης των κατοίκων μιας επαρχιακής πόλης προς το κέντρο της. Τα απαραίτητα στοιχεία συνελέγησαν από δείγμα κατοίκων του Αγρινίου, οι οποίοι μετακινούνταν προς το κέντρο του. Βάσει των στοιχείων αυτών δημιουργήθηκε πρότυπο επιλογής μεταφορικού μέσου για έξι εναλλακτικούς τρόπους μετακίνησης (Ι.Χ. οδηγός, Ι.Χ. επιβάτης, δίκυκλο, λεωφορείο, ταξί, βάδισμα), με την εφαρμογή του οποίου εκτιμήθηκαν τα απο-

τελέσματα που θα είχε συγκεκριμένη τιμολογιακή πολιτική στάθμευσης στη ζήτηση μετακίνησης με Ι.Χ. αυτοκίνητο.

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα αυτά με έρευνα που έγινε σε άλλη επαρχιακή πόλη, τα Τρίκαλα [14], και αφορούσε στη συμπεριφορά των οδηγών ως προς τη στάθμευση στο κέντρο της πόλης, προέκυψε ότι η συνάρτηση χρησιμότητας της χρήσης Ι.Χ. στο κέντρο του Αγρινίου και η συνάρτηση χρησιμότητας της στάθμευσης του Ι.Χ. στο κέντρο των Τρικάλων επηρεάζονται από τις εξής κοινές μεταβλητές: την απόσταση της μετακίνησης, το φύλο του μετακινουμένου, τη διάρκεια της μετακίνησης και το κόστος της μετακίνησης (στάθμευσης αντίστοιχα). Επιπλέον, η αύξηση του κόστους στάθμευσης μειώνει και στις δύο περιπτώσεις την πιθανότητα χρήσης του Ι.Χ. στο κέντρο της πόλης.

Με την εφαρμογή του προτύπου της εργασίας αυτής που αφορά στο μέσο μετακίνησης προς το κέντρο του Αγρινίου, προέκυψε ότι με την ενδεχόμενη εγκατάσταση συστήματος ελεγχόμενης στάθμευσης στο κέντρο της πόλης και καταβολή τέλους στάθμευσης οι μετακινήσεις με Ι.Χ. αυτοκίνητο θα μειωθούν από 23% έως 38%, ανάλογα με το τέλος στάθμευσης που θα εφαρμοστεί. Μια τέτοια μείωση θα ανακούφιζε το κέντρο της πόλης από τις σημερινές συνθήκες άναρχης στάθμευσης που δημιουργούν προβλήματα τόσο στους οδηγούς όσο και στους πεζούς. Σημειώνεται δε ότι για την επίτευξη της μείωσης αυτής είναι απαραίτητες η αστυνόμευση της παράνομης στάθμευσης καθώς και η αναδιάρθρωση των λεωφορειακών γραμμών, προκειμένου να αποτελέσει το λεωφορείο εναλλακτικό τρόπο μετακίνησης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. C.S. Papacostas, P.D. Prevedouros, "Transportation Engineering and Planning", University of Hawaii at Manoa Honolulu, Hawaii, 1993.
2. Κ.Γ. Αμπακούμκιν, "Σχεδιασμός μεταφορικών συστημάτων", Αθήνα, 1990.
3. D. Tsamboulas, J. Golias & M. Vlahoyannis, "Model development for metro station access choice", Transportation 19:231-244, 1992.
4. Moshe Ben-Akiva & Steven R. Lerman, "Travel Behavior: Theories, Models and Prediction Methods", M.I.T., October 1980 (Revised, February 1981).
5. Παρμαξίσου Θ., "Επιλογή μέσου στις προαστικές μετακινήσεις Αξονας: Αθήνα - Χαλκίδα", διπλωματική εργασία Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, Ε.Μ.Π., Ιούνιος 1985.
6. Πάλλη Καλλιόπη, Πεταλά Μαριλένα, "Επιλογή μεταφορικού μέσου στην προαστική διαδρομή Αθήνας - Χαλκίδας", διπλωματική εργασία Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, Ε.Μ.Π., Φεβρουάριος 1992.
7. Κ.Γ. Αμπακούμκιν, Δ.Α. Τσαμπούλας, "Σημειώσεις για την αξιολόγηση συγκοινωνιακών έργων", Αθήνα, 1994.
8. Ροσσ. Ε. Φακιολάς, "Αρχές θεωρητικής και εφαρμοσμένης οικονομικής", Αθήνα, 1991.
9. Mark E. Hanson, "Economic Incentives and Mode Choice", Transportation Research Record, 1396, Washington D.C., 1992.
10. Τζαφέτας Γεώργιος, "Εισαγωγικά μαθήματα στατιστικής", Αθήνα, 1991.
11. B.S. Everitt, "The Analysis of Contingency Tables", London, 1997.
12. Murray R. Spiegel, "Πιθανότητες και στατιστική", Μετάφραση: Σωτήριος Κ. Περίδης, Αθήνα, 1977.

13. Juan De Dios Ortuzar, Luis G. Willumsen, “**Modelling Transport**”, John Wiley & Sons, U.S.A., 1994.

14. Μπακρή Ευφροσύνη, Τογέλος Βασίλειος, “**Διερεύνηση της συμπεριφοράς των οδηγών ως προς τη στάθμευση στο κέντρο των Τρικάλων**”, διπλωματική εργασία Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, Ε.Μ.Π., Μάρτιος 1998.

Δημήτριος Τσαμπούλας,

Επίκουρος καθηγητής Ε.Μ.Π., Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, Ηρώων Πολυτεχνείου 5, Ζωγράφου, Αθήνα.

Αγάπη Παπαδοπούλου,

Πολιτικός μηχανικός Ε.Μ.Π., Κανδάνου 14, Αθήνα.

Extended summary

Analysis and Modelling of Modal Choice in the Regional City of Agrinio and its Application on Parking Policy

D. TSAMBOULAS

Assistant Professor, N.T.U.A.

A. PAPADOPOULOU

Civil Engineer

Abstract

The choice of the travel mode is identified as one of the major components concerning the urban transportation-planning process. The objective of this work is to identify the factors that influence the mode choice in a small town. A survey with questionnaires was conducted in the center of Agrinio. The number of trip-makers who answered the questionnaire was a random sample of the population. Based on the data collected, a logit model was developed. Using the above model, the elasticity concerning the demand of the car use in the center of the town in relation with the increase of the car use cost was determined. The increase of the cost represents several scenarios of parking charges. The decrease (due to parking fees) of the demand of the car use, which is expected to result from the cost increase, was estimated.

1. INTRODUCTION

The majority of studies concerning the travel conditions and the mode choice have been focused on the trips within big cities or on suburban movements. However, in the recent years serious problems occurred concerning the travel conditions within small towns. The excessive use of the car even if for small distances is one of the main reasons which causes travel and parking problems, especially in the center of a town. The purpose of this study was to investigate the travel behavior concerning the choice of the travel mode in a small town. Based on the data collected by a questionnaire survey, a mathematical modal choice model was developed. In the following sections the research process is first described (data collection, data analysis) and the research results are then presented and discussed.

2. DATA COLLECTION

In order to collect the necessary data for this research, a survey was carried out in the center of Agrinio. The research technique which was adopted to carry out the survey was the self-administer questionnaire. The sample of the sur-

vey consists of the town residents who made a trip to the town center during the survey day. The response rate to the questionnaire was 40%, which is regarded after the necessary sample size test as satisfactory and not biased.

According to the theory, the mode-choice behavior of trip-makers can be explained by three categories of factors, the characteristics of the available modes, the socioeconomic status of the trip-maker and the characteristics of the trip. The questionnaire used for this research was designed to gather information concerning the above three categories of factors. Specifically, the questions were designed to collect the following information:

Socioeconomic characteristics of the trip-maker

1. age,
2. sex,
3. profession,
4. availability of private use car.

Characteristics of the mode selected by the trip-maker

1. duration of the trip,
2. cost of the trip,
3. reason for using the specific mode.

Characteristics of the trip

1. distance of the trip,
2. origin of the trip,
3. purpose of the trip,
4. number of different stops before the trip end,
5. trip start time and duration of staying at the center of the town before returning.

3. ANALYSIS AND INTERPRETATION OF THE RESULTS

The analysis of the collected data consisted of three phases. Firstly, a statistical analysis in terms of frequencies and per-

centages was carried out. The second phase included the development of a contingency table for each of the above mentioned variables. The purpose of this phase was to identify those factors that are relevant to the choice of the mode. The results of this contingency tables analysis indicated that the factors that influence the mode choice are the following:

1. distance of the trip,
2. sex of the trip-maker,
3. reason of choosing the specific mode,
4. cost of the trip,
5. purpose of the trip,
6. duration of the trip,
7. profession of the trip-maker,
8. age of the trip-maker,
9. origin of the trip.

The result of this phase was the first indication of the variables that should be included in the mathematical model of modal choice, which was finally (third phase of analysis) developed.

For the purpose of this study the multinomial logit model was used. This model uses the utility functions to calculate the proportion of trip-makers that will select a specific mode. A utility function is typically expressed as the linear weighted sum of the independent variables or their transformation, that is:

$$U = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_rX_r$$

where U is the utility derived from a choice defined by the magnitudes of the attributes X that are present in that choice and that are weighted by the model parameters a .

The multinomial logit model calculates the probability that a traveler will select a specific mode K according to the following relationship:

$$p(K) = e^{U_K} / \sum e^{U_x}$$

In this research six alternative travel modes were considered. These modes are:

1. driving,
2. riding with someone else,
3. driving a motorcycle,
4. taking the bus,
5. taking a taxi,
6. walking.

Using the program ALOGIT and considering the data collected from the questionnaire survey the following utility functions were developed.

Alternative mode 1: Driving

$$U_1 = 0,0986 - 0,337xZONE + 0,1164xDIST - 0,2465x10^{-2}$$

x COSTA+

$$1,092xPURP1 + 0,3477xPURP2 + 0,318x10^{-1}xDURAT - 0,746xSEX + 0,9939x10^{-2}xAVAL$$

Alternative mode 2: Riding with someone else

$$U_2 = -1,667 + 0,1406xPURP2 + 0,3542xSEX$$

Alternative mode 3: Driving a motorcycle

$$U_3 = 0,8418 - 0,2465x10^{-2}x$$

$$COSTM + 0,2846xPURP3 - 0,6544xAGE$$

Alternative mode 4: Taking the bus

$$U_4 = -1,016 - 3,21xZONE + 0,0264xDIST - 0,2465x10^{-2}xCOSTB + 1,120xPURP3 + 1,843xPURP4 - 0,05978xAGE$$

Alternative mode 5: Taking a taxi

$$U_5 = -0,2465x10^{-2}xCOSTT + 0,259xSEX$$

Alternative mode 6: Walking

$$U_6 = 2,847 + 0,282xZONE - 2,73xDIST$$

where:

ZONE: Origin of the trip

This factor takes the values 0 and 1:

- 0, when the origin of the trip is a district outside the town
1, when the origin of the trip is a district of the town.

DIST: Distance of the trip.

COSTA, COSTM, COSTB: The trip cost for driving a private car, driving a motorcycle and taking the bus respectively.

PURP: The purpose of the trip

Especially:

PURP1, the purpose of the trip is concerned with the work as a free-lancer (doing business on his own).

(PURP=PURP1, if different PURP=0).

PURP2, the purpose of the trip is concerned with being an employee.

(PURP=PURP2, if different PURP=0).

PURP3, the purpose of the trip is concerned with attending school, higher education etc.

(PURP=PURP3, if different PURP=0).

PURP4, the purpose of the trip is concerned with activities such as shopping, transaction with a bank etc.

(PURP=PURP4, if different PURP=0).

SEX: The sex of the trip maker.

This factor takes the values 0 and 1:

- 0, when the trip-maker's sex is male,
1, when the trip-maker's sex is female.

AGE: The age of the trip-maker.

This factor takes the values: 1, 2, 3, 4, 5.

- 1, when the trip-maker's age is under 20 years old.
- 2, when the trip-maker's age is between 20 and 29 years old.
- 3, when the trip-maker's age is between 30 and 39 years old.
- 4, when the trip-maker's age is between 40 and 49 years old.
- 5, when the trip-maker's age is over 50 years old.

AVAIL: The availability of a private use car (as a percentage)

A positive value of the parameter which proceed each variable in the utility function means that, an increase in the variable's value will also cause an increase to the utility of the specific mode. In reverse, where this parameter is negative, an increase of the variable's value will cause a decrease to the utility of the mode.

Applying the above described model the elasticity concerning the demand of the car use in the center of the town in relation with the increase in the value of the car use cost was determined. The increase of the cost represents several scenarios of parking charge. Hence, if the parking charge is 50, 100 and 200 drachmas for each hour, it is expected that a decrease of 23%, 31% and 38% respectively, will occur in the demand of using private car for traveling to the center of the town.

Thus, we have presented a model of modal choice in a small town, which could be used as policy tool, to assess different policy scenarios, as it is the case with parking fares, the latter being assessed with the model's application.

Dimitrios Tsaboulas,

Assistant professor N.T.U.A., Faculty of Civil Engineering, Department of Transportation Planning and Engineering, 5 Iroon Polytechniou, Zografou, Athens.

Agapi Papadopoulou,

Civil engineer N.T.U.A., 14 Kandanou str., Athens.